

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS – CAV
DOUTORADO EM CIÊNCIA DO SOLO

MARIA IZABEL WARMLING

**PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DE UVAS ‘MERLOT’ EM DOIS SISTEMAS
DE CONDUÇÃO E IRRIGAÇÃO NA SERRA CATARINENSE**

LAGES

2021

MARIA IZABEL WARMLING

**PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DE UVAS ‘MERLOT’ EM DOIS SISTEMAS
DE CONDUÇÃO E IRRIGAÇÃO NA SERRA CATARINENSE**

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo, área de concentração em Ciência do Solo.
Orientador: Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque
Coorientador: Prof. Dr. Álvaro Luiz Mafra

LAGES

2021

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

Warnling, Maria Izabel
Produtividade e composição de uvas "Merlot" em dois sistemas
de condução e irrigação na Serra Catarinense / Maria Izabel
Warnling. -- 2021.
85 p.

Orientador: Jackson Adriano Albuquerque
Coorientador: Alvaro Luiz Mafra
Tese (doutorado) -- Universidade do Estado de Santa Catarina,
Centro de Ciências Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação
em Ciência do Solo, Lages, 2021.

1. produtividade. 2. irrigação. 3. composição da uva. 4.
capacidade de campo. I. Albuquerque, Jackson Adriano. II. Mafra,
Alvaro Luiz. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro
de Ciências Agroveterinárias. Programa de Pós-Graduação em
Ciência do Solo. IV. Título.

MARIA IZABEL WARMLING

**PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DE UVAS ‘MERLOT’ EM DOIS SISTEMAS
DE CONDUÇÃO E IRRIGAÇÃO NA SERRA CATARINENSE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Ciência do Solo, área de concentração em Ciências Agrárias.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: _____

Dr. Jackson Adriano Albuquerque
CAV/UEDESC

Membros: _____

Dr. Paulo Cezar Cassol
CAV/UEDESC

Dr. Leonardo Cury da Silva
IFRS – Bento Gonçalves

Dra. Maria Sueli Heberle Mafra
Pesquisadora - Lages

Dra. Marlise Nara Ciotta
EPAGRI

Lages, 25 de agosto de 2021.

Dedico este trabalho a minha família, meu
porto seguro! E a minha filha, Julia Warmling
Zilli (*in memoriam*), tudo por você, com amor!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde e família que tenho.

A minha família, principalmente aos meus pais Isalina Beckhauser Warmling e Valter Warmling, pelo incentivo, confiança, suporte em toda a minha jornada. Aos meus irmãos, Juliano e Valter pelo companheirismo e afeto. A minha querida irmã Maria Tereza, que foi quem sempre me mostrou o melhor caminho, quem divide comigo os momentos de alegria e de aflição, sempre disposta a me ajudar. E aos meus queridos sobrinhos. Obrigada por tanto, amo vocês!

Ao meu orientador Jackson Adriano Albuquerque, que me acolheu como orientada de iniciação científica, mestrado e doutorado, me ensinou tanto! Obrigada pela paciência, dedicação, amizade e ensinamentos! Finalizo minha trajetória acadêmica com muita gratidão, e levo comigo muitos valores passados por ti! Sou grata!

Aos amigos e colegas que fiz no Departamento de Solos e Recursos Naturais, principalmente os amigos do Laboratório de Física e Manejo, obrigada pelo companheirismo, troca de saberes, bons momentos que vão ficar no meu coração. Em especial, agradeço ao meu amigo Jadiel, que foi meu “irmão” de longa data! Obrigada pela amizade, parte deste trabalho também foi seu!

Aos amigos, que principalmente nestes últimos anos, com a pandemia foram sinônimo de família, as conversas foram fundamentais para conseguir seguir!

A vinícola Serra do Sol, que nos recebeu de portas abertas para realização desta pesquisa e disponibilizou sua área de vinhedo.

A UDESC, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, professores e técnicos, pela disposição, auxílio e ensinamentos. Este lugar, além de tudo, foi minha segunda morada, onde passei a maior parte dos meus dias!

A Capes, Fapesc e CNPq pelo suporte à pesquisa, pelo auxílio e recursos para que a pesquisa pudesse continuar e acontecer!

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, vocês foram fundamentais!

Muito Obrigada!

RESUMO

A produção de vinhos finos nas regiões catarinenses de altitude tem se destacado. Assim, são necessárias pesquisas para aprimorar a produção e composição das uvas destinadas à vinificação. Apesar da precipitação anual sugerir suficiência à cultura da videira, ocorrem períodos de estiagem, fator que influencia nas diferentes fases de desenvolvimento da videira. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características produtivas e a composição da uva ‘Merlot’ submetidas à irrigação em dois sistemas de condução, durante três ciclos (2017/18, 2018/19 e 2019/20). A área experimental foi implantada em um vinhedo comercial no Planalto Catarinense, em Urubici - SC, onde o clima é classificado como Cfb e o solo como Cambissolo Húmico Alumínico típico. Foram conduzidos dois ensaios, com dois sistemas de condução, espaldeira e Y, e os tratamentos irrigado e não irrigado. Foram avaliados atributos químicos e físicos de solo em amostras coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. Na maturação completa das uvas, quantificou-se o número de cachos por planta, sendo colhidos três cachos por planta para avaliar suas características produtivas e físico-químicas, incluindo-se compostos fenólicos e cor da uva. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com quatro repetições, realizando-se a análise de variância (GLM) e teste de Duncan para comparação de médias entre os tratamentos irrigado e não irrigado. Foi realizada a análise de componentes principais para verificar a influência dos ciclos e irrigação nas variáveis das uvas. A irrigação aumentou a produtividade da uva apenas no sistema Y em 2019/20. A irrigação diminuiu o teor de sólidos solúveis, aumentou a intensidade e diminuiu a tonalidade, nos dois sistemas de condução. A concentração de antocianinas e polifenóis foi menor no tratamento irrigado, exceção no espaldeira em 2019/20, ciclo que teve deficiência hídrica. A análise dos componentes principais demonstrou que no ciclo 2019/20, com baixos volumes de chuva durante o desenvolvimento das bagas, houve forte relação das características produtivas e composição das bagas com os tratamentos de umidade do solo.

Palavras-chave: Produtividade. Irrigação. Composição da uva. Capacidade de Campo.

ABSTRACT

The production of fine wines in the highland regions of Santa Catarina has stood out, so research is needed to improve the production and composition of grapes destined for winemaking. Although the average annual rainfall in the region is considered sufficient for cultivating the vine, there are periods do drought, a factor that influences the different stages of development of the vine. This work evaluated the productive characteristics and composition of the Merlot grape subjected to irrigation in two training systems during three harvests (2017/18, 2018/19 and 2019/20). The local climate is classified as Cfb and soil is a Cambisol. The experimental area was set up in a commercial vineyard on the Santa Catarina Plateau, in Urubici. Two experiments were carried out, with two training systems 1- Vertical Shoot Position; 2 – Y shaped trellis, and the treatments were irrigated and not irrigated. For soil chemical and physical analysis, samples were collected in the 0-20 and 20-40 cm layers. At the complete maturation of the grapes, the number of bunches per plant was quantified and three bunches were collected per plant to evaluate the productive characteristics of each bunch, physicochemical characteristics of the phenolic compounds and grape color from the skin. The experimental design used was completely randomized with four replications. Analysis of variance (GLM) and Duncan's test was performed to compare means between moisture treatments. Principal component analysis was carried out to verify the influence of harvests and irrigation on grape variables. Irrigation increased grape productivity only in Y in 2019/20. Irrigation decreased the soluble solids content, increased the intensity and decreased the hue, in both training systems. The concentration of anthocyanins and polyphenols was lower in the irrigated treatment, except for the espalier in 2019/20, a cycle that had water deficit. The analysis of the main components showed that in the 2019/20 cycle, with low volumes of rain during the development of the berries, there was a strong relationship between the productive characteristics and composition of the berries with the soil moisture treatments.

Key-words: Productivity. Irrigation. Grape composition. Field Capacity.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Foto do experimento do sistema de condução espaldeira. | 20 |
| Figura 2 – Foto do experimento do sistema de condução Y. | 21 |
| Figura 3 – Localização do experimento em vinhedo no município de Urubici, Santa Catarina. | 26 |
| Figura 4 – Perfil de solo da área experimental em vinhedo com uvas Merlot, Urubici, SC. (ANEXO C e D) | 27 |
| Figura 5 – Curva de retenção de água no solo em vinhedo com uvas Merlot, Urubici – Santa Catarina..... | 29 |
| Figura 6 – Tratamentos de umidade do solo irrigado e não irrigado..... | 29 |
| Figura 7 – Média de temperatura máxima, mínima e precipitação pluviométrica dos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, no período de desenvolvimento das bagas de uvas Merlot, Urubici, SC | 40 |
| Figura 8 – Controle da umidade volumétrica do solo em experimento submetido a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) na camada de 0-40 cm em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC. Linha horizontal representa 90% da capacidade de campo. | 41 |
| Figura 9 – Evolução da maturação das uvas Merlot no sistema de condução espaldeira submetidas a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC. | 44 |
| Figura 10 – Características produtivas da uva Merlot no sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado) em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC. | 47 |
| Figura 11 – Composição da uva Merlot conduzida no sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado) durante três ciclos, Urubici, SC. | 50 |
| Figura 12 – Parâmetros de cor (intensidade, tonalidade e antocianinas) e polifenóis totais da uva Merlot conduzida no sistema de condução espaldeira submetida a irrigação por gotejamento em três ciclos (2017/18; 2018/19; 2019/20). | 52 |
| Figura 13 – Análise de componentes principais para as características produtivas, físico- químicas, parâmetros de cor e compostos fenólicos da uva Merlot em três ciclos (2017/18, 2018/19 e 2019/20), Urubici, SC. | 55 |

| | |
|---|----|
| Figura 14 – Precipitação pluviométrica e umidade volumétrica do solo em experimento submetido a dois tratamentos de umidade (irrigado e não irrigado) na camada de 0-40 cm em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC. Linha horizontal representa 90% da capacidade de campo. | 57 |
| Figura 15 – Evolução da maturação das uvas Merlot no sistema de condução Y submetidas a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC. | 60 |
| Figura 16 – Características produtivas da uva Merlot em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC. | 63 |
| Figura 17 – Composição da uva Merlot conduzida em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado) durante três ciclos, Urubici, SC. | 66 |
| Figura 18 – Parâmetros de cor (intensidade, tonalidade e antocianinas) e polifenóis totais da uva Merlot conduzida no sistema de condução Y submetida a irrigação por gotejamento em três ciclos (2017/18; 2018/19; 2019/20). | 68 |
| Figura 19 – Análise de componentes principais para as características produtivas, físico-químicas, parâmetros de cor e compostos fenólicos da uva Merlot em três ciclos (2017/18, 2018/19 e 2019/20), Urubici, SC. | 70 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 – Atributos físicos do Cambissolo Húmico Alumínico típico na camada de 0-20 e 20-40 cm do vinhedo com uvas Merlot, Urubici, SC. | 37 |
| Tabela 2 – Atributos químicos do solo na camada de 0-20 e 20-40 cm do vinhedo com uvas Merlot conduzidas em dois sistemas de condução (espaldeira e Y)..... | 38 |
| Tabela 3 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características produtivas da uva Merlot em sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado), Urubici, SC..... | 46 |
| Tabela 4 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características físico-químicas da uva Merlot em sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC..... | 49 |
| Tabela 5 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características de cor e compostos fenólicos da uva Merlot em sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC. | 52 |
| Tabela 6 – Porcentagem de contribuição das variáveis da uva Merlot no Eixo 01 e Eixo 02 da análise de componentes principais..... | 56 |
| Tabela 7 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características produtivas da uva Merlot em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC. | 62 |
| Tabela 8 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características físico-químicas da uva Merlot em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC..... | 65 |
| Tabela 9 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características de cor e compostos fenólicos da uva Merlot em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC. | 67 |
| Tabela 10 – Porcentagem de contribuição das variáveis da uva Merlot no Eixo 01 e Eixo 02 da análise de componentes principais..... | 71 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1 OBJETIVOS..... | 15 |
| 1.2 HIPÓTESES | 15 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA..... | 16 |
| 2.1 A CULTURA DA VIDEIRA..... | 16 |
| 2.2 VITIVINICULTURA NO BRASIL | 16 |
| 2.3 A VARIEDADE MERLOT..... | 18 |
| 2.4 SISTEMAS DE CONDUÇÃO | 19 |
| 2.5 INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO NA VIDEIRA..... | 21 |
| 2.6 CLIMA E UVA..... | 23 |
| 3 MATERIAL E MÉTODOS..... | 26 |
| 3.1 ÁREA DO ESTUDO | 26 |
| 3.1.1 Local..... | 26 |
| 3.1.2 Clima | 27 |
| 3.1.3 Solo..... | 27 |
| 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS | 28 |
| 3.3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO | 30 |
| 3.3.1 Determinação da umidade do solo..... | 30 |
| 3.4 ANÁLISE DE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO | 31 |
| 3.4.1 Atributos físicos do solo..... | 31 |
| 3.4.2 Atributos químicos do solo..... | 32 |
| 3.5 ANÁLISE DAS UVAS..... | 32 |
| 3.5.1 Características produtivas das uvas | 33 |
| 3.5.2 Características físico-químicas do mosto, composição fenólica e cor das cascas...33 | |
| 3.6 MICROVINIFICAÇÃO E ANÁLISE DO VINHO | 35 |
| 3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA..... | 35 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO E QUÍMICOS DO SOLO..... | 37 |
| 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA LOCAL..... | 38 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.3 | EXPERIMENTO 1: SISTEMA DE CONDUÇÃO ESPALDEIRA | 40 |
| 4.3.1 | Controle de umidade do solo | 40 |
| 4.3.2 | Evolução da maturação das uvas | 43 |
| 4.3.3 | Características produtivas | 46 |
| 4.3.4 | Características físico-químicas do mosto | 49 |
| 4.3.5 | Parâmetros de cor e compostos fenólicos | 51 |
| 4.3.6 | Análise de componentes principais para os três ciclos | 54 |
| 4.4 | EXPERIMENTO 2: SISTEMA DE CONDUÇÃO Y | 57 |
| 4.4.1 | Controle da umidade do solo | 57 |
| 4.4.2 | Evolução da maturação das uvas | 59 |
| 4.4.3 | Características produtivas | 61 |
| 4.4.4 | Características físico-químicas do mosto | 64 |
| 4.4.5 | Parâmetros de cor e compostos fenólicos | 66 |
| 4.4.6 | Análise de componentes principais para os três ciclos | 70 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 72 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 73 |
| | REFERÊNCIAS | 74 |

1 INTRODUÇÃO

O cultivo da videira teve início na Ásia Menor, considerada a região de origem da espécie. Posteriormente, foi extensivamente difundida na Europa e nas Américas (WEAVER, 1976). As uvas europeias pertencentes à espécie *Vitis vinifera* L. são consumidas in natura em todo mundo, sendo também utilizadas na elaboração de vinhos finos (LEÃO; SOARES, 2009).

No Brasil, as videiras foram introduzidas em 1532, com a chegada dos colonizadores portugueses, mas apenas a partir do século XIX, com a chegada dos imigrantes italianos no estado do Rio Grande do Sul, no ano de 1875 a cultura foi consolidada no país (KUHN, 2003).

Nas regiões de altitude do estado de Santa Catarina (entre 900 e 1.400 m) a viticultura tem adquirido importância no cenário nacional devido ao alto potencial para produzir vinhos finos (MALINOVSKI *et al.*, 2012). As uvas produzidas possuem características particulares e distintas de outras regiões do Brasil, com melhores condições para maturação fenológica completa, o que permite a elaboração de vinhos de qualidade (BRIGHENTI *et al.*, 2013).

A elaboração de vinhos finos em Santa Catarina é relativamente recente, quando comparadas com outras regiões produtoras como por exemplo o estado do Rio Grande do Sul e a região do Vale do Rio São Francisco. Desta forma, a maioria das técnicas de manejo empregadas nos vinhedos foram embasadas nas experiências de produtores e técnicos, bem como nos resultados de pesquisas provenientes de outros países e regiões desenvolvidas na área enológica (MARCON FILHO, 2016).

A qualidade da uva é afetada por diversos fatores, como as condições edafoclimáticas, o sistema de condução e as práticas de manejo adotadas. Após a definição do local para instalação do vinhedo, o manejo das plantas deve priorizar o equilíbrio entre o crescimento vegetativo e a produtividade, para obter uvas adequadas para a elaboração de vinhos (BORGHEZAN *et al.*, 2012).

O crescimento e o desenvolvimento das uvas são controlados por condições atmosféricas (JONES; GOODRICH, 2008). Portanto, as variáveis climáticas como temperatura, radiação solar, precipitação pluviométrica e disponibilidade de água influenciam o crescimento e desenvolvimento da videira, o que afeta o rendimento e a composição da uva para produção de vinho (MAKRA *et al.*, 2009; VAN LEEUWEN *et al.*, 2008).

Ao analisar as mudanças climáticas no sul do Brasil, (CERA; FERRAZ, 2015) salientam para algumas regiões do sul do Brasil que indicam maior número de eventos secos, o que

aumenta a preocupação com a manutenção de água nos reservatórios hídricos e sistemas de irrigação.

Sabe-se que tanto o déficit hídrico quanto o excedente afetam a composição das uvas. Portanto, a disponibilidade de água no solo deve ser adequada de acordo com cada estágio fenológico das videiras (COSTANZA *et al.*, 2004). Estratégias de irrigação vêm sendo adotadas para garantir um equilíbrio adequado entre o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, preservar os recursos hídricos e melhorar o rendimento e a composição das uvas. Todavia, as estratégias de irrigação nos vinhedos devem ser adaptadas a cultivar e a região onde é cultivada, bem como para cada sistema de condução (DRY *et al.*, 2001; INTRIGLIOLO; CASTEL, 2008).

Mesmo sendo uma atividade recente no Planalto Catarinense diversas pesquisas realizadas sobre viticultura na região, as quais abrangem temáticas como o estado nutricional, rendimento e qualidade de uva (MAFRA *et al.*, 2011), condições meteorológicas e tipo de solo na composição da uva (LUCIANO *et al.*, 2013; WARMLING *et al.*, 2018), uso de plantas de cobertura em vinhedos e relações com os atributos do solo (ZALAMENA *et al.*, 2013), sistemas de condução na produção e composição de uvas (MARCON FILHO *et al.*, 2017), desempenho viti-enológico de variedades viníferas em função da época de desfolha (WÜRZ *et al.*, 2018), variabilidade espacial do solo e efeito da ciclo sobre a produtividade e composição da uva e do vinho (WARMLING, 2017) entre outras.

Ao estudar o efeito do estresse hídrico no período de maturação da uva Cabernet Sauvignon em três níveis de umidade do solo (70, 85 e 100% da capacidade de campo) no Planalto Catarinense, Vieira *et al.* (2016) observaram que os níveis de umidade do solo alteraram as características produtivas da uva, e que o maior nível de umidade (100% da capacidade de campo) mantido por irrigação no período de virada de cor até a colheita aumentou a produtividade.

Entretanto, restam dúvidas sobre a implantação da irrigação na região do Planalto Catarinense em diferentes solos e sistemas de condução. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar como as características produtivas e a composição da uva ‘Merlot’ são influenciadas pela irrigação entre os períodos de novembro a março (pegamento dos frutos até a maturação fisiológica) nos sistemas de condução espaldeira e Y.

1.1 OBJETIVOS

Avaliar a produtividade e a composição de uvas de videiras da cultivar ‘Merlot’ conduzidas nos sistemas espaldeira e Y, submetidas à irrigação em comparação a precipitação natural.

1.2 HIPÓTESES

A suplementação de água no solo dos vinhedos através da irrigação durante o ciclo vegetativo das plantas aumenta a produtividade, tanto no sistema de condução espaldeira, como no Y, porém, diminui os sólidos solúveis e a concentração de polifenóis durante a maturação.

Videiras cultivadas em sistema de condução espaldeira possuem qualidade do mosto superior ao sistema de condução Y pois os cachos possuem maior exposição à radiação solar.

Em condições de déficit hídrico que causem estresse das plantas e comprometimento da fotossíntese, a irrigação é uma prática de manejo adequada para elevar a produtividade sem comprometer as características das uvas para a vinificação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA VIDEIRA

A videira é uma das frutíferas mais cultivadas em todo o mundo, com área aproximada de 7,6 milhões de hectares, e desenvolve-se em vários ambientes (OIV, 2015). As necessidades hídricas anuais da cultura variam entre 400 e 1.200 mm, dependendo do clima, duração do ciclo fenológico, cultivar, estrutura, profundidade do solo, práticas culturais, orientação solar, espaçamento e largura das fileiras (WINKLER *et al.*, 1974; WEAVER, 1976; DOORENBOS; PRUITT, 1977; MANDELLI, 1984; WILLIAMS; MATTHEWS, 1990; EVANS *et al.*, 1993).

Nas regiões de altitude entre 900 e 1100 m de Santa Catarina, as principais variedades de uvas viníferas são a Cabernet Sauvignon, com maior área, seguida pela Merlot e posteriormente pela Chardonnay (BRIGHENTI *et al.*, 2014). Essas necessitam de inverno frio, primavera com temperaturas amenas e verão quente e seco para produzir uvas com índices de maturação adequados (SANTOS *et al.*, 2011).

2.2 VITIVINICULTURA NO BRASIL

No Brasil, atualmente cerca de 75 mil hectares são ocupados pela viticultura (IBGE, 2021). A viticultura é bem diversificada e o cultivo de videiras para a elaboração de vinhos finos está em constante expansão. Em 2021 a produção de uva do país foi de 1,7 milhões de toneladas utilizadas para consumo in natura, sucos, vinhos entre outros produtos. A Região Sul do Brasil destaca-se como a maior produtora de uva e seus derivados, tendo produzido 1.066.046 toneladas de uva na safra de 2021, o que corresponde a 59 % da produção nacional (IBGE, 2021).

A produção de uvas para obtenção de vinhos finos é resultante das interações dos fatores climáticos, edáficos, genéticos e dos procedimentos culturais empregados. A incidência desse conjunto de fatores, com maior ou menor intensidade de cada um deles, define a exploração vitícola de um lugar (BONIN; BRIGHENTI, 2006).

No Brasil os tipos de clima ocorrentes nas regiões vitivinícolas produtoras de vinhos finos com uma colheita anual são do tipo temperado e subtropical. Contudo, vinhos finos

somente são produzidos em regiões que propiciem condições ambientais favoráveis (FALCÃO *et al.*, 2007).

As condições ambientais influenciam a qualidade do vinho, especialmente para a maturação da baga, para ocorrer o acúmulo de açúcar e redução da acidez (MANDELLI *et al.*, 2003). A maturação da uva é influenciada pela temperatura média do ar, tendo melhor desempenho dentro de uma faixa ótima de ocorrência, fora desta, o processo de maturação pode ganhar ou perder intensidade. De igual importância são os níveis de incidência da radiação solar, a dinâmica da água no sistema solo-planta-atmosfera, dentre outras variáveis (SANTOS *et al.*, 2011).

Em 1990, pesquisadores da Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural do Estado (EPAGRI), sediada no município de Videira, iniciaram pesquisas para identificar áreas do Estado com maior potencial para o cultivo de uvas viníferas com a finalidade de elaboração de vinhos finos (CORDEIRO, 2006). As regiões de altitude, localizadas acima de 900 m de altitude, foram consideradas promissoras, e em 2000, os primeiros vinhedos comerciais de Santa Catarina foram implantados (BRITO, 2005).

Segundo a Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude (ACAVITIS, 2017), a região do Planalto Catarinense é caracterizada por possuir as condições climáticas adequadas (maior amplitude térmica e menor precipitação pluviométrica na época da colheita) para o desenvolvimento das variedades *Vitis vinifera* L., com alta qualidade. Atualmente, estas regiões de altitude contam com aproximadamente 350 hectares de videiras europeias. Dentro das principais variedades produzidas entre as uvas brancas destacam-se Chardonnay e Sauvignon Blanc e, entre as uvas tintas, Pinot Noir, Merlot, Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon e Sangiovese (BORGHEZAN *et al.*, 2014).

Devido ao fato de a vitivinicultura ser uma atividade recente no Planalto de Santa Catarina e com perspectivas para expansão de uvas europeias, ainda há relativamente poucas informações técnico-científicas disponíveis em relação ao comportamento vitícola-enológico das variedades de videira sobre diferentes sistemas de condução (MARCON FILHO, 2016). A maioria dos estudos estão relacionados com as variedades Cabernet Sauvignon.

Por outro lado, a variedade Merlot é uma das variedades tintas com maior área plantada nesta região, porém há poucas pesquisas para o comportamento dessa variedade em relação ao manejo do solo e de práticas de condução e suprimento hídrico. Diante disso, este trabalho tem por finalidade estudar diferentes sistemas de condução submetidos a suplementação de água no solo com irrigação para ampliar as informações aos produtores, aumentar a produtividade dos vinhedos e produzir uvas com composição adequada para a produção de vinhos finos.

2.3 A VARIEDADE MERLOT

A variedade Merlot juntamente com outras variedades de *Vitis vinífera*, marcou o início da produção de vinhos finos varietais brasileiros (RIZZON; MIELE, 2003). Assim como a Cabernet Sauvignon, a Merlot é originária da região de Bordeaux, na França. Os vinhos Merlot, requerem um período menor de envelhecimento para que estejam prontos para o consumo (NAGEL; WULF, 1979).

Segundo (JONES; DAVIS, 2000) a variedade apresenta menor variação dos parâmetros de maturação da uva em relação à ciclo (variação interanual) do que a Cabernet Sauvignon. É caracterizada por apresentar um período de maturação intermediário (BRIGHENTI *et al.*, 2013; MANDELLI *et al.*, 2003), é a segunda mais cultivada no Planalto Sul de Santa Catarina. Vários autores relatam que essa variedade possui parâmetros de maturação ideais para vinificação, com teores de sólidos solúveis (SS) entre 21 e 24°Brix (BORGHEZAN *et al.*, 2011; BRIGHENTI *et al.*, 2013; GRIS *et al.*, 2010), além de altas concentrações de antocianinas e coloração intensa. Tais parâmetros ocorreram em anos principalmente com menores volumes de chuvas no final do período de maturação, o que possibilita a realização da colheita em meados de abril, entretanto, essa condição é um efeito de ciclo, que nem sempre é possível, devido principalmente às condições pluviométricas (ALLEBRANDT *et al.*, 2015).

A cultivar Merlot apresenta cachos de tamanho médio, formato cilíndrico, alado, solto, com pedúnculo fino, longo e lenhoso na inserção. O vinho Merlot é caracterizado pela sua coloração vermelho-violáceo e não apresenta aroma pronunciado típico como na Cabernet Sauvignon, impressiona pela maciez e equilíbrio, o que são aspectos positivos (RIZZON; MIELE, 2003).

Seus vinhos podem apresentar um caráter herbáceo se as uvas não estiverem completamente maduras, embora isso seja muito menos comum nas uvas Merlot quando comparado com a Cabernet Sauvignon. De forma geral, uma proporção de toda Merlot cultivada no mundo é misturada com um ou ambos os Cabernet (Sauvignon e Franc) para fornecer fruta e corpo para contrabalançar sua estrutura mais tânica (ROBINSON *et al.*, 2013). O sabor é discretamente tânico, seco e encorpado e, se envelhecido, apresenta um retrogosto amargo. Muitas vezes seu vinho tem baixa acidez e está apto para o consumo quando jovem (CALÒ *et al.*, 2001).

2.4 SISTEMAS DE CONDUÇÃO

A videira é uma trepadeira, e esta característica a diferencia das demais frutíferas cultivadas. Isso significa que a planta pode ser estruturada de diversas formas (PÉREZ-RECIO, 2007). A conformação espacial da planta afeta as características produtivas e qualitativas das uvas (DAL MAGRO; FOGAÇA, 2015).

O sistema de condução determina a disposição espacial das folhas e cachos e modifica o microclima do vinhedo. Isto reflete diretamente sobre a fisiologia da planta (SMART, 1985; PEDRO JÚNIOR *et al.*, 2013; REYNOLDS; VANDEN HEUVEL, 2009). A condução e a poda da videira devem manter o equilíbrio da planta para favorecer o desenvolvimento vegetativo e produtivo adaptado às condições edafoclimáticas de cada região para permitir uma colheita com uvas de boa sanidade e com índices de maturação adequados (SANZ *et al.*, 2010).

O microclima no dossel também é modificado, com mudanças de intensidade de luz e de temperatura que atuam nos processos metabólicos dos frutos, o que interfere em sua qualidade, avaliada pelo teor de sólidos solúveis totais, flavonóis e antocianinas (FAVERO *et al.*, 2010; KYRALEOU *et al.*, 2015).

O tipo de sistema de condução pode levar a diferenças na área foliar total e na porcentagem de área foliar exposta à luz (BAEZA *et al.*, 2005). Assim, a habilidade da videira fotossintetizar eficientemente depende do sistema de condução e do microclima das folhas. Além de alterar o microclima do dossel, o sistema de condução pode influenciar outras variáveis como a exposição dos cachos, o estado hídrico da videira e a transpiração foliar (NORBERTO *et al.*, 2008).

O sistema de condução por espaldeira (Figura 1) é um dos sistemas mais utilizados nas principais regiões vitivinícolas do mundo para o cultivo de videiras europeias, bem como no sul do Brasil e nas regiões de altitude de Santa Catarina com aproximadamente 88 % da área plantada (FALCÃO *et al.*, 2008). Nesse sistema, os ramos da videira ficam dispostos na forma vertical, sendo fixados em três fios de arame, com boa distribuição das folhas e favorecimento da interceptação da luz solar. Essas condições facilitam a realização das práticas de manejo e de colheita e contribuem para evolução da maturação das bagas e qualidade das bagas devido ao posicionamento dos cachos

No entanto, de acordo com Nachtigal (2001), o sistema espaldeira, apesar de seu baixo custo em relação aos outros sistemas de condução, produz menos e pode apresentar queimaduras das bagas pelo sol, fator desfavorável à qualidade da uva.

Figura 1 – Foto do experimento do sistema de condução espaldeira.



Fonte: Elaborado pela autora (2018/19).

Em Santa Catarina também foi adotado o uso do sistema de sustentação das videiras em Y na forma de ‘Ypsilon’ (EPAGRI, 2002) com aproximadamente 7,3% da área plantada, o qual tem sido utilizado em diferentes áreas vitícolas do País. Este sistema também é denominado de manjedoura. O arranjo estrutural do sistema em formato de Y aberto facilita a utilização de materiais de cobertura, permitindo o cultivo da videira em ambiente protegido. Apesar do seu maior custo de instalação, esse sistema tem se mostrado vantajoso ao viticultor por aumentar a produção e melhorar a qualidade dos cachos através da maior exposição à radiação solar (SCHUCK *et al.*, 2004).

Estudos com sistemas de condução em videiras têm mostrado que o Y aumenta a quantidade de ramos e a área foliar da videira, melhora a qualidade dos cachos e aumenta a produtividade (PALLIOTTI, 2012; HERNANDES *et al.*, 2013). Apesar do maior custo inicial de implantação, este sistema possui vantagens em relação a espaldeira como a redução de necessidade de amarrão dos ramos; aumento da eficiência nos tratamentos fitossanitários pela maior exposição da face inferior das folhas, maior altura dos cachos e maior distância entre cachos e, por fim, redução da mão de obra utilizada e dos custos de produção do vinhedo (HERNANDES; PEDRO JÚNIOR, 2011). No entanto, Sanchez-Rodriguez; Dias; Spósito (2016) ressaltam que faltam informações sobre a fisiologia e a produção das videiras nesses sistemas de condução.

Figura 2 – Foto do experimento do sistema de condução Y.



Fonte: Elaborado pela autora (2018/19).

2.5 INFLUÊNCIA DA IRRIGAÇÃO NA VIDEIRA

O conceito de equilíbrio da planta refere-se à relação ideal entre o crescimento vegetativo com a carga de frutos da planta, para obter ciclos com produtividade mais constante e uva com composição adequada (HOWELL, 2001).

Este equilíbrio afeta diretamente a composição final das uvas e também dos vinhos e é resultante de diversos fatores que compõe o ecossistema vitícola, sejam eles genéticos, ambientais e humanos, como: variedade (GIL; PSZCZÓLKOWSKI, 2007), intensidade de luz sob o dossel (HOWELL, 2001), potencial de crescimento do ponto de vista do solo e clima (SMART, 1985), sistemas de condução (KLEWER; DOKOOZLIAN, 2005) e manejo da copa (BRAVETTI *et al.*, 2012; KOK; BAL; CELIK, 2013).

A irrigação permite controlar a água disponível no solo para a planta obter a umidade ótima necessária para a qualidade das uvas. No entanto, as projeções climáticas sugerem redução global da disponibilidade de água na maioria das áreas produtoras de uvas. Essas complexas interações clima-agronômico-sociais definem os limites e transições para a

adaptação ao clima futuro a nível regional. A viticultura é um setor complexo que integra a quantidade de produção, qualidade, recursos hídricos e a indústria produtora de vinhos (SANTILLÁN *et al.*, 2019), a qual necessita estar em constantes adaptações às mudanças climáticas.

Na ocorrência de níveis não restritivos de água no solo, o crescimento vegetativo é excessivo o qual compete com as bagas por assimilados. Entretanto, um déficit hídrico muito severo pode afetar negativamente a produtividade e a qualidade da uva. Com relação à composição química da baga, se não houver excesso de precipitação pluvial, quanto mais elevada for a temperatura da região, dentro dos limites críticos, maior a concentração de açúcar, redução de ácido málico e favorecimento da maturação das uvas (TEIXEIRA *et al.*, 2002).

A cultura da videira pode ser explorada sob diferentes sistemas de irrigação, como gotejamento, microaspersão, aspersão e em sulcos, sendo que é recomendado os sistemas de irrigação por gotejamento e em sulcos para solos argilo-arenosos e argilosos, enquanto os sistemas por aspersão e microaspersão são mais adequados para solos arenosos e areno-argilosos (SOARES; COSTA, 2000). O sistema de gotejamento comparado com outros métodos de irrigação apresenta diversas vantagens, tais como uso racional da água que minimiza os desperdícios de água e nutrientes e eficiência de uso da água na ordem de 90% (SHRIVASTAVA *et al.*, 1994).

De acordo com Winkler *et al.* (1974), o consumo hídrico da videira cultivada na Califórnia, varia de 405 a 1.370 mm durante o seu ciclo. Ao avaliar o efeito da água no rendimento das culturas do Brasil, Doorenbos e Kassam (1994) afirmaram que o requerimento hídrico da videira varia de 500 a 1.200 mm, dependendo do clima, solo, cultivar e do manejo cultural.

Quando há deficiência hídrica durante o período inicial de crescimento da videira e na maturação das bagas, ocorrerá redução no tamanho dos cachos e atraso no seu amadurecimento, fator que afeta a coloração e favorece a queima pela radiação solar (ÁVILA NETTO *et al.*, 2000).

As regiões tradicionais produtoras de frutas de todo o mundo apresentam déficit hídrico e utilizam a irrigação como prática importante para garantir produtividade e qualidade das frutas. Isto acontece na Argentina, Chile, Estados Unidos, Espanha, Itália, Egito, Israel, bem como na região nordeste do Brasil. No Sul e Sudeste do Brasil, normalmente ocorrem precipitações em torno de 1.500 mm, porém nem sempre há boa distribuição das chuvas durante o ano. É comum acontecer estiagens durante os meses de dezembro, janeiro e no período de inverno. Estes períodos com falta de umidade do solo, ocasionam perdas nas colheitas, pois

provocam rachaduras e redução do tamanho das frutas, além de diminuir a absorção de nutrientes (FACHINELLO *et al.*, 2008).

O vigor adequado da parte aérea das videiras favorece o rendimento e a composição do mosto da uva fica mais adequado à vinificação (WHEELER; BLACK; PICKERING, 2005), o que possibilita a elaboração de vinhos com maior concentração de compostos fenólicos totais (XI *et al.*, 2010), favoráveis a características como cor, corpo e adstringência do vinho (XI *et al.*, 2011).

2.6 CLIMA E UVA

As condições climáticas influenciam as fases de desenvolvimento da videira, desde o período de dormência, no inverno, brotação, floração, frutificação e crescimento das bagas ao longo da primavera/verão, pela maturação das uvas, no verão, estendendo-se até a queda das folhas. As condições meteorológicas são determinantes na ocorrência de pragas e doenças e condicionam a adoção de práticas de manejo, como adubação, irrigação, controle de doenças e definição das datas de colheitas das uvas (TONIETTO; ALVES, 2018).

Os produtores de uva e a indústria do vinho utilizam muitas estratégias para se adaptarem ao ambiente, como por exemplo, irrigação, mudanças nos porta-enxertos, técnicas enológicas, novas práticas de gestão do vinhedo ou mesmo introdução de novas variedades de uvas. Por isso, é necessário adequar o manejo nos vinhedos das regiões produtoras de videiras em vista da mudança climática (RESCO *et al.*, 2016).

Incontestavelmente, o clima exerce a maior influência sobre a adequação do ambiente para exploração da cadeia vitivinícola e produção de vinhos de qualidade (HALL; JONES, 2010; LUCIANO *et al.*, 2013). Entretanto, até o momento, os estudos comparativos que usam estratégias de adaptação global (por exemplo, irrigação, porta-enxerto ou melhoria biotecnológica de plantas) no setor vitícola são limitados (SACCHELLI; FABBRIZZI; MENGHINI, 2016).

Os fatores ambientais e climáticos podem influenciar diretamente na duração dos estágios fenológicos da videira, desenvolvimento de cachos e na maturação das bagas. Assim, a qualidade das uvas e a produtividade das videiras são afetadas. Pode-se citar como principais fatores que influenciam a cultura da uva a precipitação, temperatura, umidade do ar e a radiação solar (GARDIN *et al.*, 2012).

O clima ideal para videira é aquele que apresenta inverno relativamente frio, para satisfazer as necessidades de repouso vegetativo. Temperaturas entre 10 a 23°C propiciam a maturação das bagas. Além disso, durante todo o ciclo vegetativo, sem estresse hídrico e a insolação deve satisfazer todos os estádios fenológicos da planta (BONIN; BRIGHENTI, 2006).

Segundo Jackson & Lombard (1993) temperaturas elevadas aceleram o crescimento e o amadurecimento e resultam em bagas com maior teor de sólidos solúveis e pH, menor acidez e conteúdo de antocianinas e precursores de aroma. O tamanho das bagas é um dos fatores que determinam a qualidade de uvas viníferas para elaboração de vinhos tintos e conseqüentemente, maior probabilidade de extração das cascas. Esse conceito baseia-se no fato de que a razão área:volume de bagas aproximadamente esféricas diminui com o aumento do tamanho da baga. Como as antocianinas e outros compostos fenólicos se localizam na casca, bagas menores apresentam maior relação soluto:solvente durante a maceração (CONDE et al., 2007). O tamanho da baga é influenciado pela disponibilidade hídrica do solo. Déficit hídrico geralmente resulta em bagas menores e modifica a composição do fruto (KENNEDY; MATTHEWS; WATERHOUSE, 2002).

Na região Sul do Brasil, a precipitação média anual oscila entre 1.250 e 2.000 mm, exceto no litoral do Paraná e oeste de Santa Catarina, onde é superior a 2.000 mm, e no norte do Paraná e pequena área litorânea de Santa Catarina, onde é inferior a 1.250mm (NERY, 2005).

Ao analisar os dados climáticos de 2015 a 2019/20 fornecidos pela EPAGRI (2020), nos períodos de desenvolvimento dos cachos e maturação das uvas (novembro a março) a cada quinzena, observou-se períodos com baixos volumes de chuva, como por exemplo, em novembro e na primeira quinzena de dezembro de 2015 choveu 32 mm, enquanto na segunda quinzena de dezembro de 2016 choveu 253 mm no município de Urubici. Assim, percebe-se variações na ocorrência de chuvas em escalas quinzenais, e que impactam as atividades agrícolas caso não sejam adotadas medidas de manejo.

Projeções futuras indicam a falta de água em determinados períodos, e assim será necessário desenvolver técnicas que possibilitem manter os níveis atuais de produção em todas as regiões do mundo. No entanto, segundo (SANTILLÁN et al., 2019) há a possibilidade de manter a qualidade da produção de vinhos nas regiões que se adequarem às mudanças climáticas. Desta forma, a suplementação de água no solo é determinante para a obtenção de

uvas com composição adequada (ACEVEDO-OPAZO; ORTEGA-FARIAS; FUENTES, 2010).

Para Esteban; Villanueva; Lissarrague (2002) para mesma acidez total, o pH é menor em condições de maior disponibilidade hídrica. O pH é dependente, além da acidez total, das concentrações relativas de ácidos málico e tartárico. Para Jackson & Lombard (1993), noites frias, associadas a elevada temperatura durante o dia, reduzem o pH e a degradação dos ácidos orgânicos quando comparada a regiões de cultivo com dias e noites quentes.

Em relação a disponibilidade hídrica, o excesso de água incrementa o crescimento vegetativo, incidência de doenças, disseminação de patógenos e diminui a qualidade das bagas quando ocorre na época de floração e de colheita (RODRIGUES *et al.*, 2008).

Em contrapartida, a seca pode alterar a qualidade das uvas, não somente pela diminuição da água ofertada à planta, mas pela combinação de altas temperaturas diurnas e temperaturas amenas noturnas, que auxiliam na transformação de carboidratos em açúcares. Assim, a restrição hídrica em algumas regiões é utilizada como estratégia potencial para aperfeiçoar a irrigação, visto que esse fator acarreta diminuição da produtividade quando ocasionada na floração, crescimento e enchimento de bagas (CHAVES *et al.*, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo foi avaliado os tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) em dois experimentos:

Experimento 1: Sistema de condução espaladeira

Experimento 2: Sistema de condução Y (Manjedoura)

3.1 ÁREA DO ESTUDO

3.1.1 Local

Os experimentos foram implantados em um vinhedo comercial, Vinícola Serra do Sol, no município de Urubici, na região do Planalto Sul Catarinense. A latitude do local é $27^{\circ}56'2''S$; a longitude $49^{\circ}34'18''W$ e a altitude média de 1.144m (Figura 3).

Figura 3 – Localização do experimento em vinhedo no município de Urubici, Santa Catarina.



Fonte: Google Earth (2021)

3.1.2 Clima

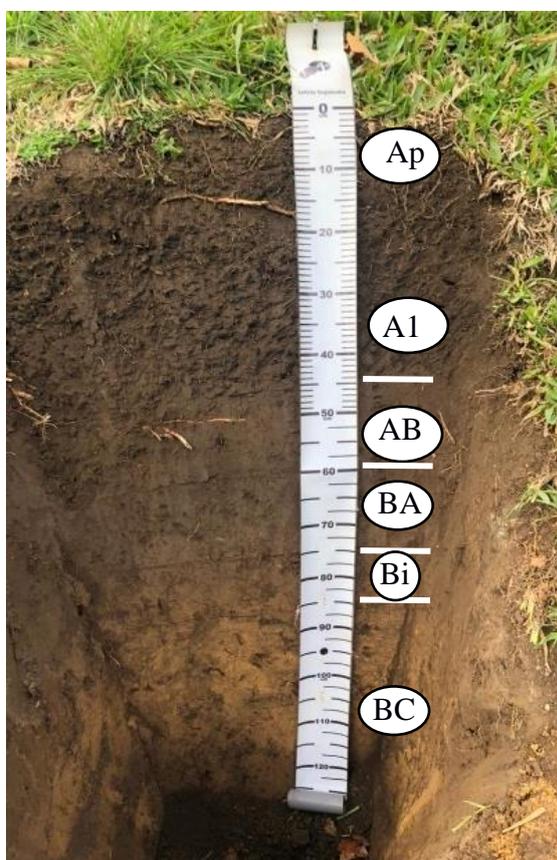
O clima do local segundo a classificação de Koppen (1928) é Cfb – temperado, sem estação seca e verão fresco, com precipitações anuais média de 1.575 mm, temperatura anual média de 16°C, anual mínima média de 11°C e anual máxima média de 21°C (INMET, 2020).

Os dados meteorológicos utilizados neste estudo, foram fornecidos pela EPAGRI/CIRAM no ano de 2020.

3.1.3 Solo

O município de Urubici compreende a Bacia do Paraná, ao longo da sua extensão territorial, a geologia possui áreas com formação Serra Geral, Botucatu, Rio do Rastro, Teresina e Serra Alta (CPRM, 2014) (ANEXO A e B). O solo onde o experimento foi implantado foi classificado como Cambissolo Húmico Alumínico típico (SANTOS *et al.*, 2018) (Figura 4).

Figura 4 – Perfil de solo da área experimental em vinhedo com uvas Merlot, Urubici, SC. (ANEXO C e D)



Fonte: elaborado pela autora (2021).

A paisagem da área tem relevo local ondulado e relevo regional forte ondulado. O solo possui características de boa a moderada drenagem e se situa em região com cobertura vegetal dominante de campo subtropical com araucárias. O horizonte superficial pouco espesso possui aporte de material orgânico e indícios de mobilização antrópica. Topo do horizonte B é mais escurecido, com presença de horizontes transicionais.

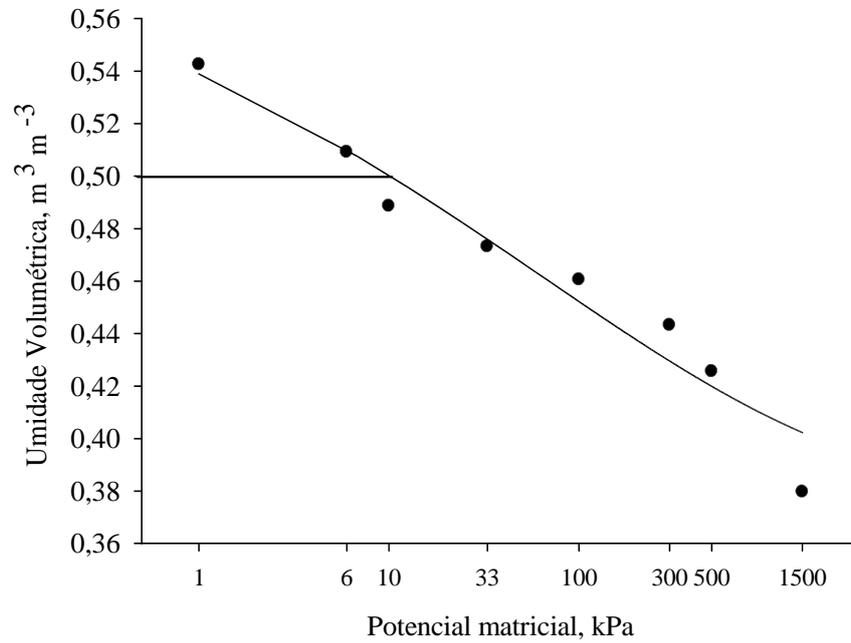
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS TRATAMENTOS

Em cada sistema de condução (espaldeira e Y), foram analisadas duas condições de umidade do solo (irrigado e não irrigado) em videiras Merlot durante três ciclos (2017/18, 2018/19 e 2019/20).

O tratamento irrigado foi definido com base na capacidade de campo do solo (CC-10 kPa) (Figura 5) e o Não irrigado é a umidade do solo variável com a precipitação de cada ciclo, ambos determinados na camada de 0-40 cm.

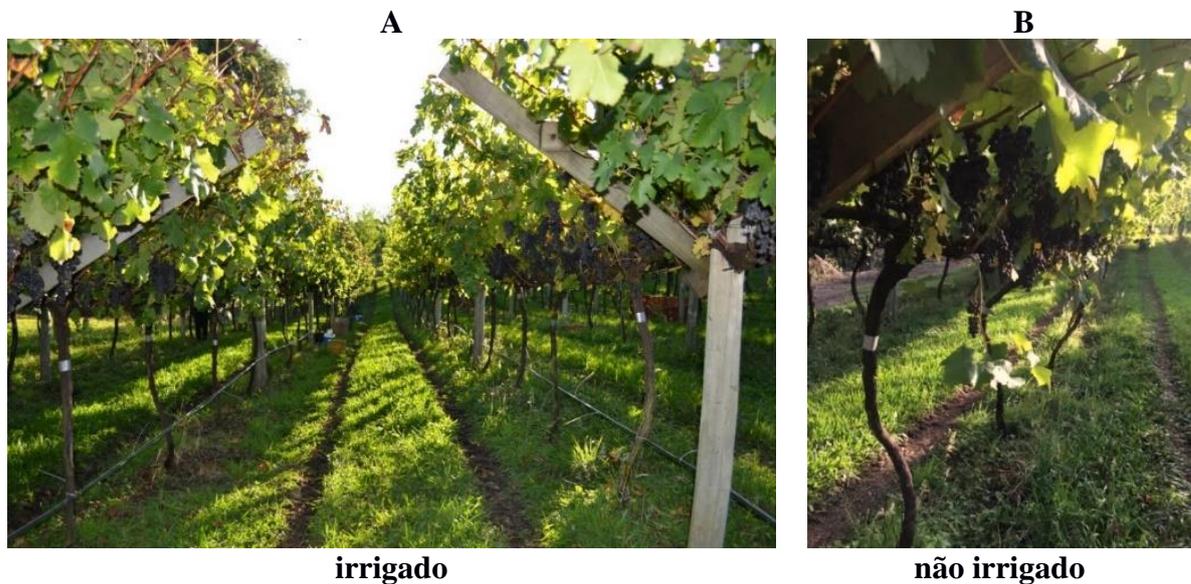
- a) Irrigado – a suplementação de água no solo foi realizada para atingir a umidade volumétrica do solo a 90% da CC, determinada através da curva de retenção de água no solo (Figura 5) a cada quinzena (Figura 6A).
- b) Não irrigado – foi realizado o monitoramento da umidade do solo correspondente a precipitação (Figura 6B) a cada quinzena.

Figura 5 – Curva de retenção de água no solo em vinhedo com uvas Merlot, Urubici – Santa Catarina.



Fonte: Elaborado pela autora (2020).

Figura 6 – Tratamentos de umidade do solo irrigado e não irrigado.



Fonte: Elaborado pela autora (2018/19).

As videiras foram implantadas em 2004 para realização de um experimento conduzido pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – (EPAGRI) e a

variedade escolhida foi a Merlot implantada sobre porta enxerto Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*), com videiras plantadas no espaçamento de 1,5 m entre plantas e 3,0 m entre fileiras, conduzidas em espaladeira e em Y.

Nos dois experimentos com diferentes sistemas de condução (espaladeira e Y), para cada tratamento de umidade (irrigado e não irrigado), foram selecionadas duas linhas, sendo cada linha composta por 12 plantas.

3.3 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

A irrigação foi realizada através do sistema de gotejamento, com espaçamento entre gotejadores de 0,6 m, num total de 30 gotejadores por linha (12 plantas espaçadas 1,5 m), com vazão de 1,8 L h⁻¹ em cada um. .

Devido a instalação do experimento ter sido realizada em janeiro de 2018, no ciclo 2017/18 a irrigação foi iniciada no final de janeiro (virada de cor) até março (maturação final). Nos ciclos 2018/19 e 2019/20 a irrigação teve início em novembro até a maturação final das uvas (março/abril). O período de irrigação foi a cada quinze dias

Para a determinação da umidade volumétrica do solo a campo e posterior determinação da lâmina de irrigação do tratamento irrigado da área, foi utilizado o método do microondas. As coletas foram realizadas em intervalos de quinze dias para os períodos destacados acima em cada ciclo.

3.3.1 Determinação da umidade do solo

Foram coletadas cinco subamostras (50g) de solo nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm, na linha das plantas, com o uso de um trado de rosca, para formar uma amostra composta (10g de solo). Esta amostra foi pesada em beckers e posteriormente submetido a potência máxima do micro-ondas por um período de 10 minutos. Após o resfriamento da amostra, o solo seco foi pesado, e em seguida, foi calculado o percentual da umidade com base em volume. Através da média da umidade volumétrica das duas camadas de solo obtida para o tratamento irrigado, foi estabelecida a lâmina de reposição de água para a profundidade do sistema radicular das plantas e camada pré-estabelecida (0-40 cm). O mesmo procedimento foi realizado para o não irrigado de ambos os sistemas de condução para fins de comparação da umidade a cada dia de coleta.

O tempo de irrigação para o irrigado foi estabelecido e calculado para cada aplicação da lâmina de água, de acordo com a umidade no dia da coleta.

Adicionalmente, a partir das amostras compostas (50g) de cada tratamento (irrigado e não irrigado) foi realizado a pesagem de amostras de solo (25g) em ambos os sistemas de condução (espaldeira e Y) para determinação da umidade do solo na estufa a 105°C como método padrão. As amostras foram armazenadas em latas de alumínio, totalmente vedadas e posteriormente levadas ao laboratório para determinação da massa úmida e massa seca do solo, obtendo a umidade gravimétrica e volumétrica quando multiplicada pela densidade do solo.

Para os três ciclos avaliados o método utilizado para a quantificação da umidade foi o método gravimétrico com o auxílio da estufa a 105°C. O método de determinação da umidade via microondas foi utilizado apenas para secar as amostras recém coletadas do campo para a finalidade específica de calcular a lâmina de irrigação nas datas estabelecidas.

3.4 ANÁLISE DE ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO

Para cada sistema de condução (espaldeira e Y) foram abertas quatro trincheiras em cada fila (2 filas com 12 plantas) nos tratamentos (irrigado e não irrigado) para coleta das amostras com estrutura preservada e não preservada de solo para a determinação dos atributos físicos e químicos do solo. A coleta de solo para as análises físicas e químicas foram realizadas no mês de maio de 2018.

3.4.1 Atributos físicos do solo

As amostras com estrutura preservada foram coletadas em trincheiras de 0,5 x 0,5 x 0,5 m, na porção média da camada de 0-20 cm e 20-40 cm, em anéis metálicos, levadas ao laboratório e saturadas em bandejas com água por um período de 48 h. Para determinar a curva de retenção de água, as amostras foram submetidas as tensões de 1, 6 e 10 kPa em mesa de tensão de areia e nas tensões de 33, 100, 300, 500 e 1500 kPa em câmaras de Richards, obtendo-se a umidade do solo para cada tensão aplicada. Aos pares de dados foi ajustada a equação de Van Genuchten (LIBARDI, 2005). A partir dessas amostras, foi calculada a porosidade total, macro e microporosidade, água disponível (EMBRAPA, 1997) e a densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986). A capacidade de campo foi considerada como a umidade volumétrica do solo

na tensão de 10 kPa, e o ponto de murcha permanente como a umidade volumétrica na tensão de 1500 kPa.

As amostras com estrutura alterada foram peneiradas em malha de 2 mm para obter a terra fina seca ao ar (TFSA). A distribuição do tamanho de partículas (granulometria) foi determinada pelo método da pipeta (GEE; BAUDER, 1986).

3.4.2 Atributos químicos do solo

A partir das amostras com estrutura alterada, o solo foi deixado secar ao ar e posteriormente foi tamisado em peneira de malha de 2 mm para determinação dos atributos químicos.

Parte da amostra de TFSA foi moída em almofariz de ágata e tamisada em peneira de malha 0,053 mm para a determinação do carbono orgânico total (COT). A determinação foi feita por via seca, por combustão em forno de grafite a 800 °C com leitura de CO₂ e convertido em porcentagem de C e N total na amostra.

Para cada ponto de coleta, foram determinados os atributos químicos do solo: pH em H₂O, cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) trocáveis, fósforo (P) e potássio extraíveis (K⁺), sódio (Na⁺) e alumínio trocáveis (Al³⁺). A determinação do pH em água foi realizada na relação 1:1 com leituras em potenciômetro com eletrodo combinado; Ca²⁺ e Mg²⁺ foram extraídos com solução salina neutra de KCl 1 mol L⁻¹, sendo Ca²⁺ e Mg²⁺ determinados por espectrofotometria de absorção atômica; K⁺ trocável e P disponível e Na⁺ foram extraídos pelo método do extrator duplo ácido (Mehlich 1) com solução ácida de HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹, sendo K⁺ e Na⁺ quantificados por fotometria de chama e o P quantificado com leitura da absorbância em espectrofotômetro UV-VIS (TEDESCO et al., 1995).

3.5 ANÁLISE DAS UVAS

Para a determinação das características produtivas, físico-químicas e composição fenólica da uva, em cada ciclo foram identificados quatro cachos médios por planta no período de pós-florescimento, a fim de garantir a colheita de três cachos representativos de cada planta na maturação completa das uvas. As datas das colheitas dos ciclos foram as seguintes: 14/03/2018 (ciclo 2017/18), 02/04/2019 (ciclo 2018/19) e 07/03/2020 (ciclo 2019/20). Os cachos foram acondicionados em sacos plásticos, armazenados em caixas plásticas para

posterior realização das análises das características produtivas, físico-químicas e os componentes fenólicos.

Durante o período de maturação das uvas de cada ciclo foi realizada a coleta de bagas para análise da evolução dos parâmetros sólidos solúveis totais e acidez titulável do mosto a partir da virada de cor, nas mesmas datas que era realizado a irrigação, porém, estas coletas eram feitas antes de iniciar a suplementação. Em cada experimento (sistema de condução – espaldeira e Y), a cada seis plantas das linhas analisadas (12 plantas) foram coletadas 100 bagas de diferentes posições dos cachos de cada tratamento (irrigado e não irrigado). Vale ressaltar que estas bagas que formavam as amostras da evolução da maturação foram retiradas dos cachos que não foram selecionados para a colheita na maturação final, afim de reservar os cachos selecionados para posteriores análises.

3.5.1 Características produtivas das uvas

Para cada sistema de condução (espaldeira e Y) e seus respectivos tratamentos de umidade (irrigado e não irrigado), na maturação final foram colhidos três cachos de cada planta avaliada (ex: espaldeira irrigado: 24 plantas x 3 = 72 cachos) para a determinação das características produtivas.

As características produtivas avaliadas foram: comprimento do cacho, massa do cacho, massa da ráquis, número de bagas, número de cachos por planta, diâmetro de bagas, índice de compactação e produtividade. O comprimento do cacho foi determinado com o uso de régua graduada (mm). Determinou-se a massa do cacho e massa da ráquis com o uso de balança analítica com precisão de 0,01 g. O número de bagas foi realizado pela contagem total de cada cacho analisado. O número de cachos foi determinado a partir da contagem em cada planta de todos os tratamentos (24 plantas/tratamento). O diâmetro de bagas foi medido a partir da média de 20 bagas de cada cacho. A produtividade (Mg ha^{-1}) dos ciclos foi estimada através da multiplicação da produção por planta pela densidade de plantio.

3.5.2 Características físico-químicas do mosto, composição fenólica e cor das cascas

Após a determinação das características produtivas dos cachos, foi realizado a separação do mosto e das cascas das bagas dos cachos.

A partir do mosto das bagas determinou-se o teor de sólidos solúveis totais (°Brix), acidez titulável (meq L^{-1}) e o pH do mosto, conforme metodologia proposta pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2009).

Os sólidos solúveis totais foram determinados em um refratrômetro digital, no qual os resultados eram expressos em °Brix. A acidez titulável foi obtida através da titulação do mosto com solução alcalina padronizada de hidróxido de sódio 0,1 N, e como indicador a fenolftaleína. Os resultados foram expressos em meq L^{-1} . O pH do mosto foi determinado através de leituras diretas do mosto com auxílio de um potenciômetro de bancada.

A partir das cascas, foi realizado um processo de extração para a obtenção da concentração de polifenóis totais, antocianinas (RIBÉRAU-GAYON *et al.*, 1998) intensidade e tonalidade de cor (RIZZON, 2010). A solução extrato foi obtida conforme metodologia adaptada por Marcon Filho *et al.* (2015). A concentração de polifenóis totais na casca foi determinada pelo método de espectrofotometria, conforme método descrito por (SINGLETON; ROSSI, 1965), com o reagente Folin-Ciocalteu e o ácido gálico como padrão, com leituras da absorbância em 760 nm. A curva de calibração foi construída nas concentrações de 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600 e 1000 mg L^{-1} . A concentração de antocianinas e a determinação de cor foram feitos pelo método de espectrofotometria.

A concentração de antocianinas na casca foi determinada pelo método de espectrofotometria, baseado na diferença de coloração das antocianinas em relação ao pH. Este método prevê a preparação de duas amostras. A primeira amostra (Ácida) foi composta por 1 mL de solução extrato (vinho), 1 mL de etanol com 0,1% de ácido clorídrico e 10 mL de ácido clorídrico a 2% (pH = 0,8). A segunda amostra (Tampão) conteve 1 mL de solução extrato (vinho), 1 mL de etanol com 0,1% de ácido clorídrico e 10 mL de solução tampão (pH = 3,5), preparada com fosfato dissódico 0,2 M e ácido cítrico 0,1 M. A leitura da absorbância foi realizada a 520 nm. A concentração de antocianina livre foi obtida por:

$$\text{Antocianinas (mg L}^{-1}\text{)} = 388 \times \Delta d.$$

Onde: Δd = diferença de leitura entre as duas amostras (Ácida – Tampão).

A cor foi realizada pelo método descrito por (RIZZON, 2010). O extrato foi diluído na proporção 1:10 e analisado em espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 420, 520 e 620 nm. A cor foi avaliada pelos parâmetros de intensidade e tonalidade de cor, obtida através das fórmulas:

$$\text{Intensidade} = \text{Abs}420 + \text{Abs}520 + \text{Abs}620 \text{ nm}$$

$$\text{Tonalidade} = 420/520 \text{ nm.}$$

3.6 MICROVINIFICAÇÃO E ANÁLISE DO VINHO

A microvinificação foi realizada na cantina experimental da Enologia (Fruticultura) da Universidade do Estado de Santa Catarina e foi seguido o protocolo adaptado de Ppszczólkowski; Lecco (2011) e Makhotkina et al. (2013).

Nas datas de colheita de cada ciclo, para cada experimento e tratamentos de umidade foram colhidos 30 kg de uva para elaboração dos vinhos. As bagas foram separadas da ráquis com a utilização de desengaçadeira. As bagas foram colocadas em recipientes de vidro para a adição de Metabissulfito de Potássio e leveduras secas ativas (*Saccharomyces cerevisiae*). Foram realizadas duas remontagens por dia, em um período de aproximadamente sete dias, para o processo de maceração. Após este período, foi realizada a descuba do vinho (retirada das cascas), para a realização da fermentação alcoólica. Para esta etapa os recipientes com os vinhos ficaram em sala com temperatura entre 23°C a 25°C até a finalização da fermentação malolática. Foram realizadas três trasfegas das amostras de vinho para os ciclos. Entretanto, estas trasfegas foram realizadas em períodos diferentes para cada ciclo, devido a mudança nas datas de colheitas.

Finalizada a fermentação malolática, as amostras foram levadas para câmara fria a 0 °C (± 1 °C) por um período de aproximadamente 25 dias para a estabilização tartárica. No final desta etapa, os vinhos foram envasados e foram separadas as amostras para a realização das análises. Foi determinada a acidez titulável total (meq L^{-1}), pH, cor (Abs 420nm) e polifenóis nas amostras de vinho, conforme as metodologias citadas para composição do mosto.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental para os dois experimentos (sistemas de condução – espaldeira e Y) foi inteiramente casualizado. Para verificar a homogeneidade das variâncias foi utilizado o teste de Levene e para a normalidade dos resíduos foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk ao nível de 5% de significância. Quando necessário foi realizada a transformação de Box-Cox. Como procedimento da ANOVA foi realizado o GLM (Modelo Linear Generalizado), e o teste F a 5% de probabilidade de erro. Quando a ANOVA indicou diferença significativa as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

A análise estatística foi realizada para os dois experimentos (espaldeira e Y). Os dois tratamentos Irrigado e Não irrigado foram analisados em cada ciclo (2017/18, 2018/19 e 2019/20) separadamente, pois o efeito das condições meteorológicas de cada ano é muito diferente. O programa estatístico utilizado foi o SAS versão 9.0.

Para verificar o efeito dos ciclos nas características das uvas para cada experimento (espaldeira e Y) foi realizada a análise de componentes principais (PCA) com o auxílio do programa Fitopac 2.1 (SHEPHERD, 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICO E QUÍMICOS DO SOLO

Foi realizada a caracterização dos atributos físicos (Tabela 1) e químicos (Tabela 2) do solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm da área experimental.

Tabela 1 – Atributos físicos do Cambissolo Húmico Alumínico típico na camada de 0-20 e 20-40 cm do vinhedo com uvas Merlot, Urubici, SC.

| Camada | Argila | Silte | Areia | PT | Macro | Micro | CC | PMP | AD | DS | Ksat |
|----------|----------------------------------|-------|-------|--|-------|-------|------|------|------|--------------------|--------------------|
| | ----- g 100g ⁻¹ ----- | | | ----- m ³ m ⁻³ ----- | | | | | | Mg m ⁻³ | mm h ⁻¹ |
| 0-20 cm | 28 | 42 | 30 | 0,59 | 0,09 | 0,50 | 0,48 | 0,38 | 0,11 | 1,13 | 474 |
| 20-40 cm | 30 | 40 | 30 | 0,60 | 0,09 | 0,51 | 0,49 | 0,39 | 0,10 | 1,11 | 494 |

Argila, Silte, Areia; PT: Porosidade Total, Macro: Macroporosidade, Micro: Microporosidade, CC: Capacidade de Campo, PMP: Ponto de Murcha Permanente, AD: Água Disponível; DS: Densidade do Solo; Ksat: Condutividade hidráulica saturada.

A classe textural da área nas camadas de 0-20 e 20-40 cm foi classificada como franco argilosa (Tabela 1). Os solos franco argilosos possuem maior disponibilidade de água, devido a sua distribuição granulométrica de proporção semelhante para teor de argila, silte e areia e neste caso alto teor de carbono orgânico total (COSTA *et al.*, 2013).

A porosidade total, macro e microporosidade foi semelhante para duas camadas de solo, próximo de 0,59 m³ m⁻³ para porosidade total, 0,09 m³ m⁻³ para macroporos e 0,50 m³ m⁻³ para microporos. A macroporosidade crítica é de 0,10 m³ m⁻³, onde abaixo deste valor prejudica a aeração do solo e o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

Parâmetros da curva de retenção de água como capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) são utilizados para a prática da irrigação. A CC média das duas camadas encontrada foi de 0,485 m³ m⁻³ e o PMP de 0,385 m³ m⁻³. A densidade do solo média encontrada foi 1,12 g cm⁻³ e a condutividade hidráulica saturada média do solo de 484 mm h⁻¹ (Tabela 1).

A partir da análise dos atributos químicos do solo, pode-se constatar que o solo possui altos teores de matéria orgânica (>5%) nas duas camadas. O pH em água está abaixo do pH de referência para a cultura da videira, que é pH 5,5 na camada de 20-40 cm, sendo que devem ser

feitas correções da acidez do solo principalmente para zonas de pH abaixo de 5,2 para não ocorrer toxidez por alumínio e baixa disponibilidade dos nutrientes às plantas.

Tabela 2 – Atributos químicos do solo na camada de 0-20 e 20-40 cm do vinhedo com uvas Merlot conduzidas em dois sistemas de condução (espaldeira e Y).

| Camada | COT g kg ⁻¹ | MO % | pH | Al | Ca | Mg | Na | K | P |
|----------|---------------------------|---------|-----|--|-----|-----|-----|-----|---------------------|
| | | | | ----- cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | mg kg ⁻¹ |
| 0-20 cm | 40 | 6,9 | 5,7 | 1,2 | 3,6 | 3,0 | 1,9 | 0,2 | 3,9 |
| 20-40 cm | 34 | 5,8 | 5,0 | 4,9 | 1,1 | 1,7 | 0,4 | 0,1 | 1,8 |

COT: carbono orgânico total; MO: matéria orgânica (COT * 1,72); Al: alumínio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; Na: sódio; K: potássio; P: fósforo.

O teor de cálcio é médio na camada de 0-20 cm (2,0 - 4,0 cmol_c dm⁻³) e baixo na camada de 20-40 cm (< 2,0 cmol_c dm⁻³). O teor de magnésio é alto em ambas as camadas de solo (>1,0 cmol_c dm⁻³). Segundo o Manual de Calagem e Adubação da Comissão de Química e Fertilidade do Solo - CQFS (2016), consideram-se satisfatórios os teores destes nutrientes situados na classe “alto”, embora para algumas culturas teores “médios” de cálcio e magnésio sejam suficientes para o adequado desempenho agrônômico.

Para classificar o teor de fósforo do solo, foi classificado o teor de argila das duas camadas de solo, que resultou na classe 3 (21-40 g 100g⁻¹) (Tabela 1), conforme o Manual da CQFS (2016). Desta forma, o teor de fósforo para este solo, nas duas camadas, foi considerado como muito baixo (≤ 6,0 mg dm⁻³).

O teor de potássio extraível segundo Manual da CQFS (2016), na camada de 0-20 cm foi classificado como baixo (0,1- 0,2 cmol_c dm⁻³) e muito baixo (≤ 0,1 cmol_c dm⁻³) na camada de 20-40 cm (Tabela 1).

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA LOCAL

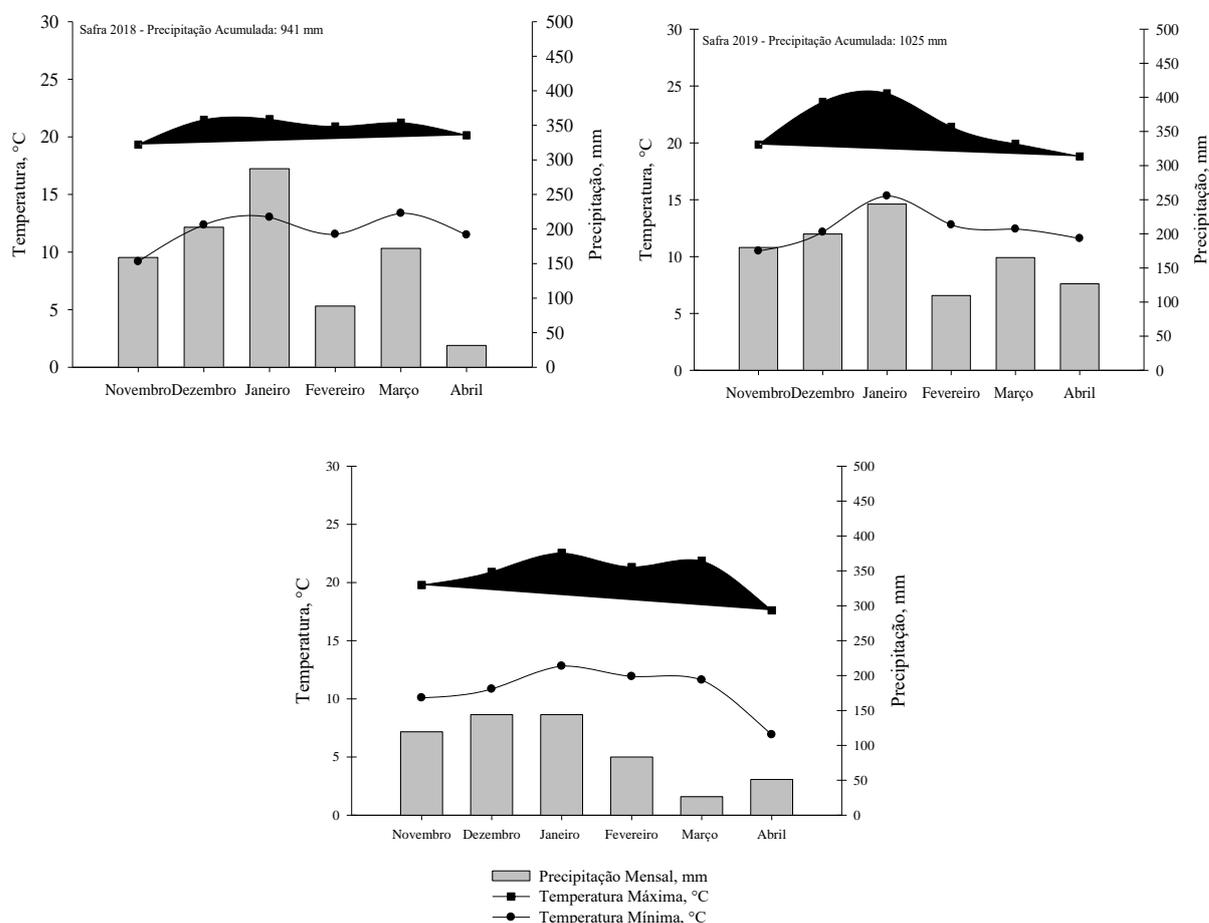
Como as condições meteorológicas são distintas para cada ciclo, avaliou-se de forma isolada os principais componentes do clima, em destaque a precipitação pluviométrica e temperatura do ar.

Ao analisar a precipitação acumulada de novembro a abril nos ciclos, observa-se que choveu um total de 941 mm (2017/18), 1.025 mm (2018/19) e 568 mm (2019/20), o que demonstra que do ciclo 2017/18 para 2018/19 houve um incremento de 84 mm, e do ciclo 2018/19 para 2019/20 houve um decréscimo de 457 mm (Figura 7).

Entre o início de novembro até a virada de cor (final de janeiro), o total de precipitação foi semelhante para os ciclos 2017/18 e 2018/19 com volumes de chuvas de 649 e 623 mm respectivamente e para o ciclo 2019/20 foi menor, 407 mm. O mesmo comportamento ocorreu entre a virada de cor até o final da maturação dos ciclos, pois ao considerar as datas de colheitas dos ciclos 2017/18 (14/03/2018), 2018/19 (02/04/2019) e 2019/20 (07/03/2020) de fevereiro até as respectivas datas choveu 132, 280 e 85 mm. Mesmo havendo discrepância no número de dias, pode-se perceber as variações nos volumes de chuvas para os diferentes ciclos. As diferentes datas de colheita para cada ciclo se devem principalmente ao comportamento dos parâmetros da maturação das uvas que são avaliados no campo (sólidos solúveis e acidez do mosto) em relação as condições climáticas.

Em relação a temperatura, a máxima média no período entre novembro e abril nos ciclos 2017/18 e 2019/20 foi de 21°C, enquanto no ciclo de 2018/19 houve um acréscimo da temperatura, tendo máxima média de 22°C. No ciclo de 2018/19 os meses de dezembro e janeiro tiveram máximas mais elevadas que as demais ciclos. A temperatura mínima seguiu o mesmo padrão de comportamento para os três ciclos, sendo que entre os meses de novembro a abril, a temperatura mínima média foi de 12°C para os ciclos 2017/18 e 2018/19 e 11°C no ciclo 2019/20 (Figura 7). Observa-se queda da temperatura máxima e mínima em abril de 2020. A temperatura média do ar nos ciclos neste mesmo período foi de 15°C nos ciclos 2017/18 e 2019/20 e 16°C no ciclo 2018/19 (EPAGRI, 2020). Com estas informações, percebe-se que o ciclo 2018/19 teve maior temperatura média e máxima em relação aos demais ciclos, enquanto nos ciclos 2017/18 e 2019/20 foram semelhantes para este período.

Figura 7 – Média de temperatura máxima, mínima e precipitação pluviométrica dos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, no período de desenvolvimento das bagas de uvas Merlot, Urubici, SC



Fonte: Dados obtidos EPAGRI-CIRAM (2020), adaptados pela autora.

A região é considerada apta para a produção de vinhos de qualidade, pois conforme Hall e Jones (2010), as regiões se tornam recomendáveis quando a temperatura média do ar durante o período de desenvolvimento da cultura encontra-se entre 13 e 21°C. Somente nos meses de dezembro e janeiro de 2018/19 as médias foram superiores a 21°C.

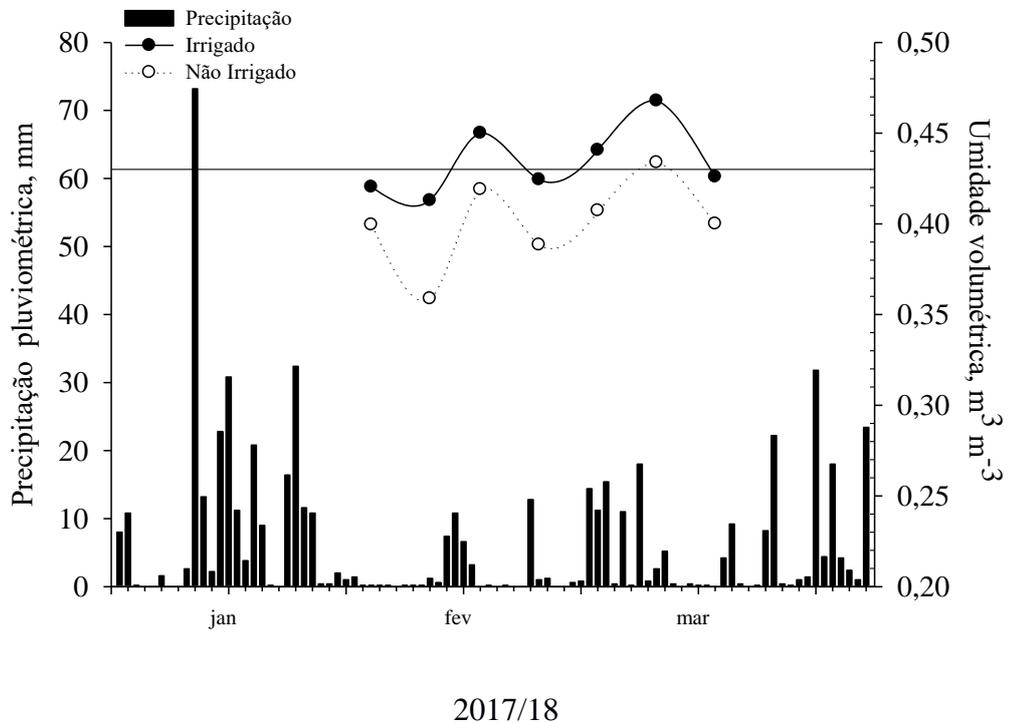
4.3 EXPERIMENTO 1: SISTEMA DE CONDUÇÃO ESPALDEIRA

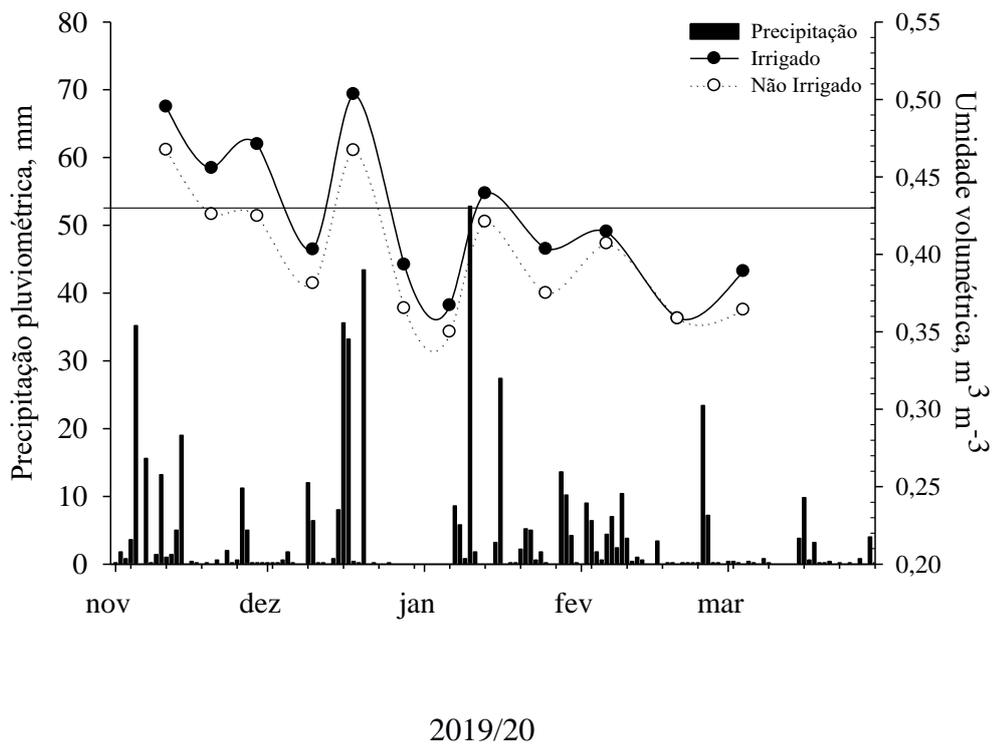
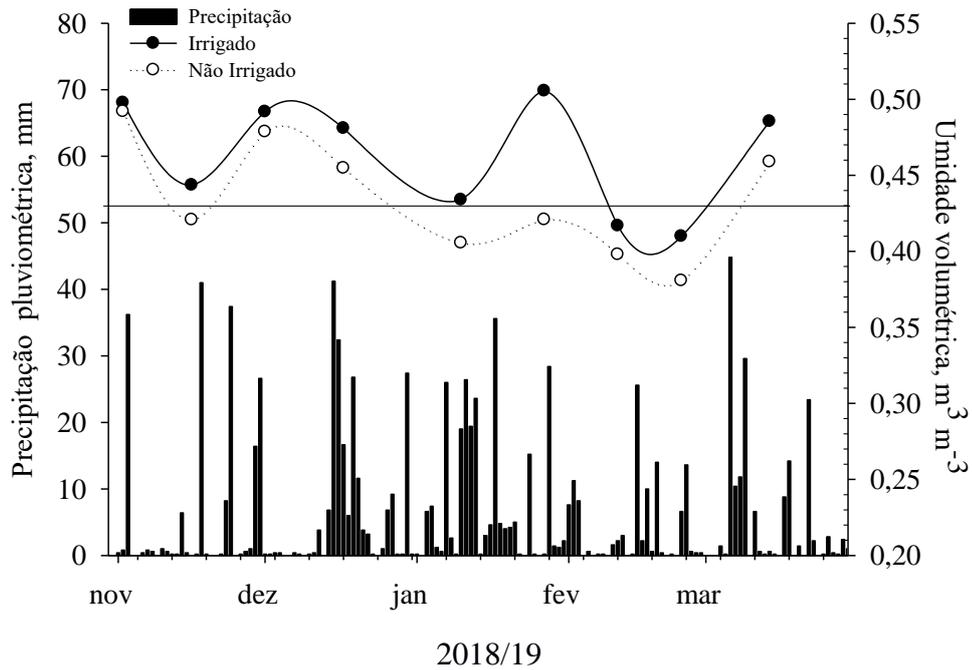
4.3.1 Controle de umidade do solo

No ciclo 2017/18, as determinações de umidade iniciaram na virada de cor, a umidade volumétrica do solo estava abaixo de 90% da CC nas duas primeiras determinações (Figura 8).

Quando havia uma sequência de dias sem chuva, a umidade do solo permanecia inferior a 90% da CC, enquanto que quando havia uma sequência de dias com precipitação diária média entre 10 e 20 mm, a umidade volumétrica ficava acima de 90% da CC (Figura 8).

Figura 8 – Controle da umidade volumétrica do solo em experimento submetido a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) na camada de 0-40 cm em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC. Linha horizontal representa 90% da capacidade de campo.





Fonte: elaborado pela autora, dados de precipitação fornecidos pela EPAGRI (2021)

No ciclo 2018/19, a precipitação pluviométrica teve melhor distribuição ao longo do período analisado (início de novembro a final de março), e devido à ocorrência de maiores volumes de precipitação diária neste período, a umidade do solo ficou acima de 90% da CC em boa parte do período analisado. Apenas em fevereiro houve redução no volume de chuvas em

dias que antecederam duas datas de coleta, assim, a umidade volumétrica foi inferior a 90% da CC.

No ciclo 2019/20, entre os meses de novembro e dezembro, foram meses com maior volume de chuva (no máximo chuvas de 45 mm) dentre os dias avaliados. Assim, apenas no dia 10/12, a umidade do solo estava abaixo de 90% da CC, isso porque no período que antecedeu esta coleta, houve um período de dias sem ocorrência de precipitação e uma chuva de aproximadamente 15 mm nos dias antecedentes a coleta, a qual não foi suficiente para elevar a umidade a 90% da CC nesta camada. Na data seguinte (28/12) a umidade foi superior a 90% da CC e posteriormente, observou-se um longo período de dias sem ocorrência de chuvas em janeiro. As demais chuvas diárias, ao longo da maturação, foram de baixo volume, com exceção de três dias com chuvas de aproximadamente 55, 30 e 25 mm. Esta condição fez com que nos meses de janeiro, fevereiro e março a umidade fosse inferior a 90% da CC. Vale ressaltar que devido ao baixo volume de chuvas neste período, houve a condição de déficit hídrico, onde a umidade volumétrica chegou a ficar próximo e, em algumas datas, abaixo do ponto de murcha permanente, condição a qual limita a disponibilidade de água para as plantas se não for utilizado a técnica da irrigação.

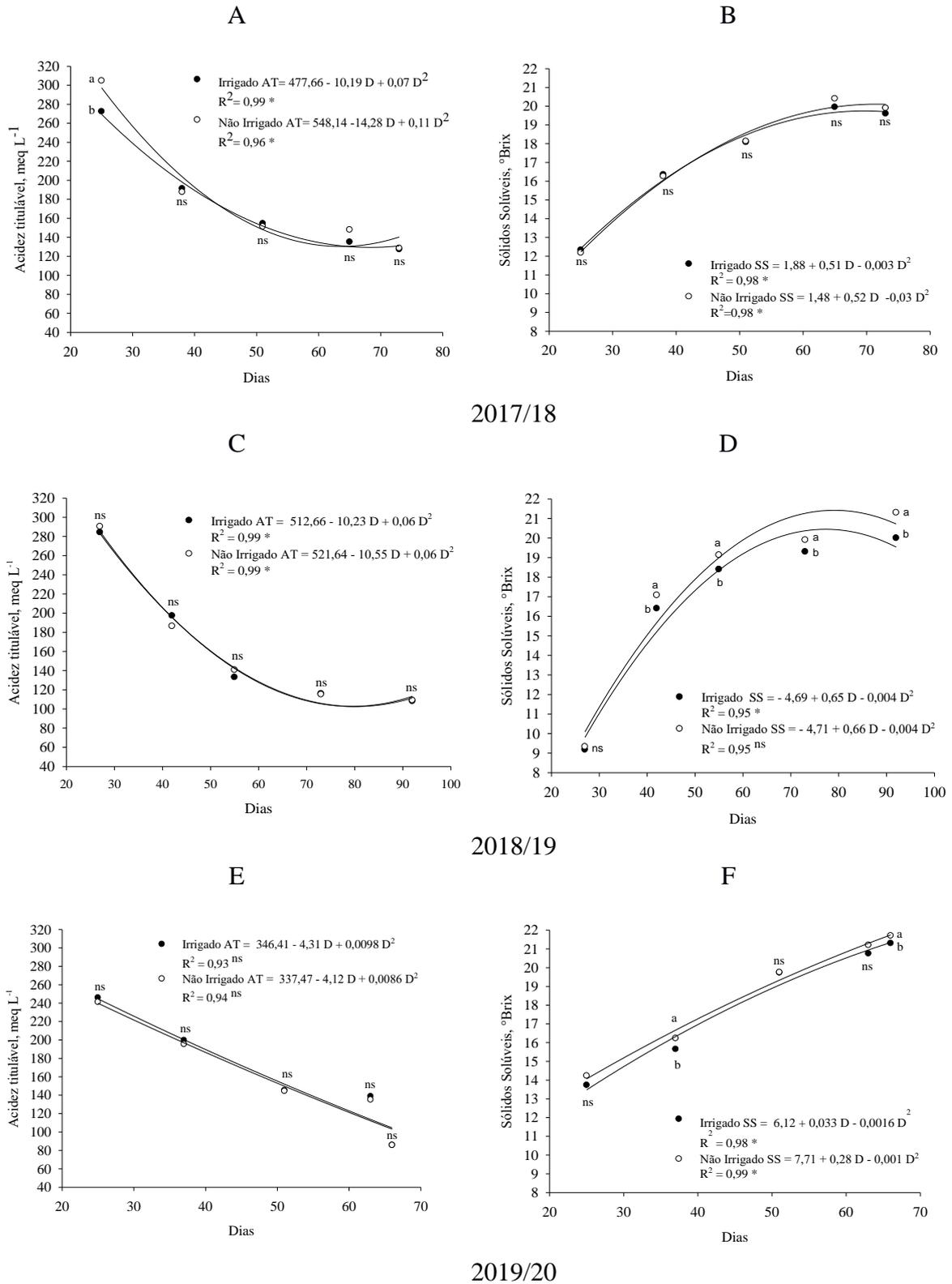
Nos três ciclos, conforme planejado, a umidade no sistema irrigado foi superior ao sistema não irrigado. Entretanto, esta diferença foi menor no período de stress hídrico ao final do ciclo de 2019/20.

4.3.2 Evolução da maturação das uvas

Como componentes da maturação das uvas foi avaliada a acidez titulável e os sólidos solúveis desde o período de virada de cor até a colheita.

O início da avaliação da maturação das uvas no ciclo 2017/18 foi no dia 25 de janeiro de 2018. Houve diferença para acidez titulável entre os tratamentos de umidade do solo apenas na primeira data de coleta de bagas, com média de 305 meq L⁻¹ no não irrigado e 272 meq L⁻¹ no irrigado (Figura 9A). O teor de sólidos solúveis foi muito semelhante entre os tratamentos, com média de 12,3 °Brix no momento de virada de cor e 19,4 °Brix no final da maturação (Figura 9B). Os sólidos solúveis não diferiram no irrigado e não irrigado ao longo da maturação neste ciclo (Figura 9).

Figura 9 – Evolução da maturação das uvas Merlot no sistema de condução espaldeira submetidas a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2020)

No ciclo 2018/19 não houve influência da irrigação na acidez titulável durante a maturação das uvas (Figura 9C). Já o teor de sólidos solúveis foi influenciado pela umidade do solo desde a segunda coleta de bagas, com maior °Brix no não irrigado. Na maturação final (última coleta de bagas) o teor de sólidos solúveis no não irrigado foi de 21,3 °Brix e no irrigado 20,0 °Brix (Figura 9D), ou seja, diferença de 1,3 °Brix entre os tratamentos.

No ciclo 2019/20, na virada de cor (25 de janeiro de 2020), observou-se que a acidez titulável foi mais baixa em relação aos ciclos anteriores, com uma média de 244 meq L⁻¹, mas não houve diferença entre os tratamentos de umidade (Figura 9E). Já, o teor de sólidos solúveis foi mais alto em relação aos ciclos anteriores na virada de cor, com média de 14 °Brix. Próximo da data de colheita a acidez titulável também foi menor em relação aos demais ciclos, 86 meq L⁻¹ para os dois tratamentos de umidade e o teor de sólido solúveis foi de 21,7 °Brix no não irrigado e 21,3 °Brix no irrigado (Figura 9). Brighenti et al. (2010) ao avaliarem a cultivar Merlot encontraram teor de sólidos solúveis semelhante ao do presente estudo, com médias de 21,5 °Brix em 2006 e 21,4 °Brix em 2007.

As alterações observadas na acidez titulável e no teor de sólidos solúveis são influenciadas pelas condições de temperatura e precipitação que ocorrem em cada ciclo. Períodos com precipitações contínuas ou em altos volumes favorecem o aumento do ácido tartárico e a diminuição do teor de sólidos solúveis (JUBILEU; SATO; ROBERTO, 2010), condição semelhante aos ciclos 2017/18 e 2018/19 (Figura 8).

No sistema de condução espaldeira as uvas Merlot destinadas para vinificação apresentaram em ambos os tratamentos de umidade, parâmetros de maturação (SS e AT) adequados para vinificação. Destaque para o ciclo 2019/20, o qual apresentou menor acidez titulável das uvas e maior teor de sólidos solúveis desde o início da avaliação da maturação em relação aos demais ciclos.

Condições de déficit hídrico controlado após a virada de cor das uvas são de extrema importância para o desenvolvimento da maturação e para os processos de sobrematuração da uva, causando efeitos positivos na qualidade. Por isso em safras que ocorrem períodos de estiagem é importante a avaliação da necessidade da irrigação, para amenizar déficits extremos. Ao avaliar a maturação tecnológica e qualidade da uva 'Itália' em cultivo protegido sob distintos manejos hídricos, Silva *et al.* (2015) verificaram que foi possível reduzir 17% do conteúdo de água disponível no solo sem comprometer a produção e a qualidade da uva e que em condições mais drásticas, como entre 53 a 30% da CAD houve comprometimento da

produção, tamanho de bagas e acúmulo de carboidratos totais para baga, apesar da elevação de sólidos solúveis pela redução do conteúdo de água no tecido das bagas. Alves; Zanus; Tonietto (2020) observaram que, como resultado das condições meteorológicas diferenciadas da safra 2019/20, com baixos volumes de precipitação pluviométrica na maturação das uvas, estas foram colhidas sadias e com elevados níveis de maturação no Planalto Catarinense, o que a caracteriza como uma safra da classe “Excepcional”.

4.3.3 Características produtivas

A irrigação do solo influenciou as variáveis produtivas no sistema espaldeira como comprimento do cacho e diâmetro médio de bagas do ciclo 2018/19. Nas demais não houve efeito da umidade do solo (não irrigado x irrigado) (Tabela 3).

Tabela 3 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características produtivas da uva Merlot em sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado), Urubici, SC.

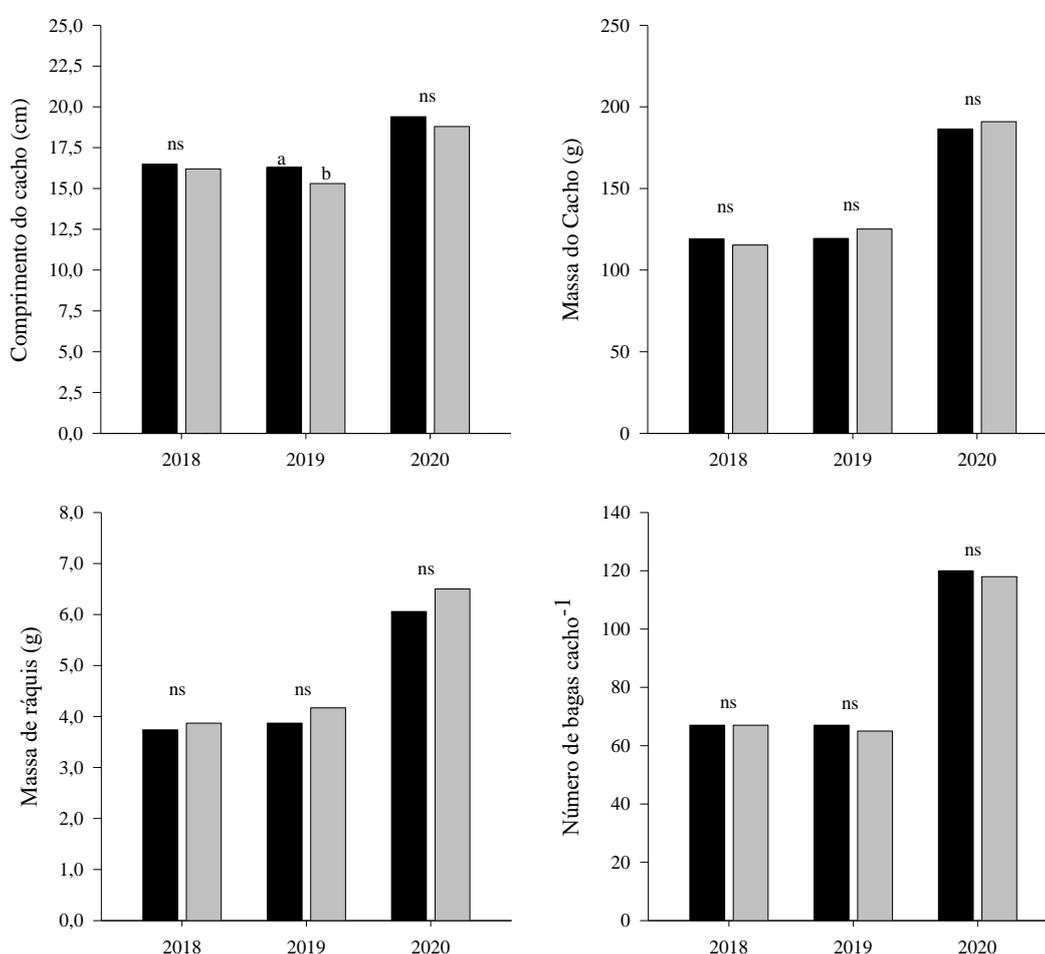
| Variáveis | Teste F | | |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 |
| Comprimento do cacho (cm) | ns | * | ns |
| Massa do cacho (g) | ns | ns | ns |
| Massa da ráquis (g) | ns | ns | ns |
| Número de bagas cacho ⁻¹ | ns | ns | ns |
| Número de cachos planta ⁻¹ | ns | ns | ns |
| Diâmetro de bagas (cm) | ns | * | ns |
| Produtividade (Mg ha ⁻¹) | ns | ns | ns |

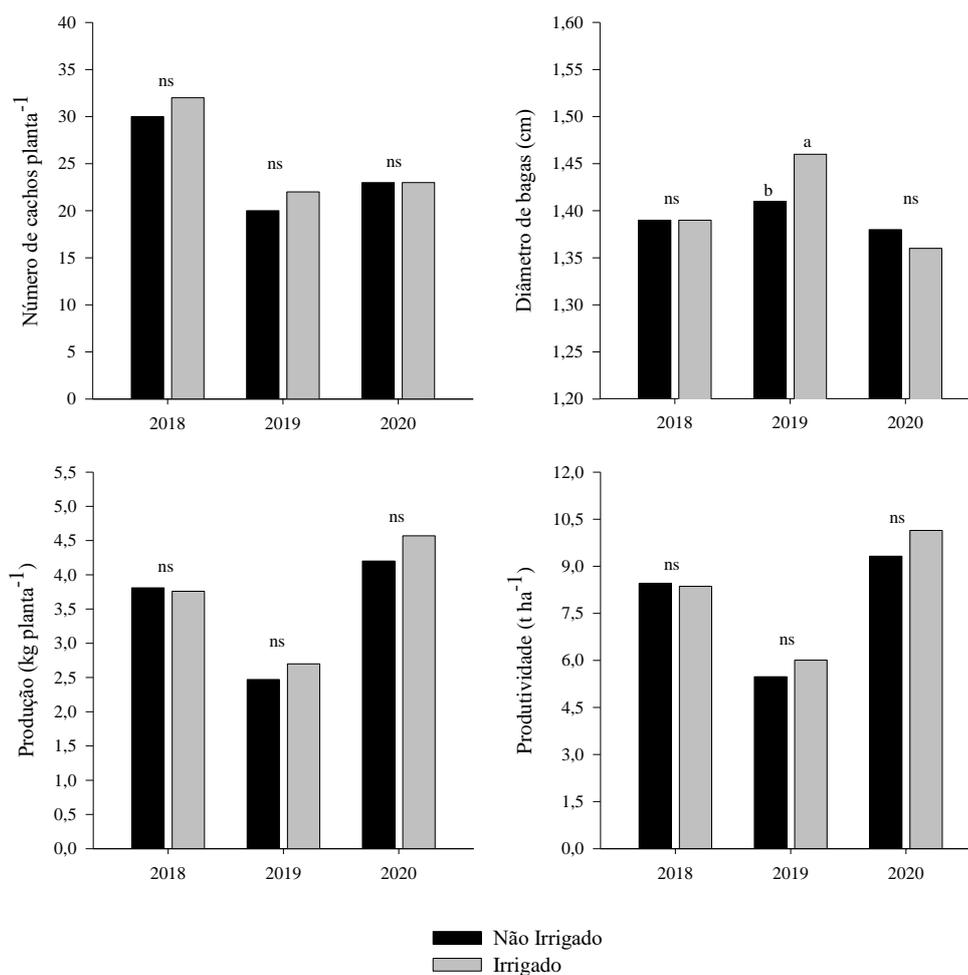
* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$) e ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

As características físicas dos cachos foram pouco influenciadas pelos tratamentos de umidade nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20 (Figura 10). A variável diâmetro de bagas foi influenciada no ciclo 2018/19 pelo tratamento de umidade do solo, sendo que as bagas das uvas produzidas no tratamento irrigado (1,46 cm) tiveram médias maiores em relação ao não irrigado (1,41 cm) (Figura 10). Isso pode estar relacionado com a disponibilidade hídrica, característico das condições meteorológicas do ciclo, que não apresentou períodos longos de déficit hídrico. A literatura ressalta que em condições de déficit hídrico, o principal efeito na videira está relacionado com a diminuição do tamanho de bagas (UBALDE *et al.*, 2010; VAN LEEUWEN *et al.*, 2009).

Conforme será detalhado com uso da análise multivariada em tópico específico, pode-se perceber a similaridade das médias entre os tratamentos de umidade. Entretanto, no ciclo 2019/20, aquele com maior deficiência hídrica, teve maior comprimento de cacho, massa de cacho, massa de ráquis e conseqüentemente maior número de bagas por cacho, independente do sistema de irrigação.

Figura 10 – Características produtivas da uva Merlot no sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado) em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC.





Fonte: elaborado pela autora (2021)

Ao avaliar os diferentes níveis de irrigação da uva Cabernet Sauvignon conduzidas em espaldeira no Planalto Catarinense, Vieira (2018) observou maior diâmetro de bagas no tratamento que manteve maior umidade do solo (100% da CC) comparado aos com menor umidade (85% da CC), o que demonstra que com maior disponibilidade de água no solo as bagas tendem a ter maior diâmetro.

Como a produção por planta é calculada pelo número e massa de cachos, o ciclo 2019/20 teve a maior produção por planta, reflexo do tamanho e da massa dos cachos. No ciclo 2018/19 as médias do número de cachos por planta foram semelhantes aos de 2019/20, mas a produção por planta foi menor (Figura 10). A produção por planta e produtividade no ciclo 2018/19 foi semelhante ao observado no ciclo 2010/11 por Malinovski *et al.* (2017), os quais encontraram para uvas Merlot conduzidas em espaldeira na região do Planalto Catarinense, 5,9 Mg ha⁻¹.

Nos três ciclos (2017/18, 2018/19 e 2019/20), a produtividade média dos tratamentos foi de 8,5; 5,8 e 9,7 Mg ha⁻¹ (Figura 10).

A irrigação não alterou de forma significativa a maioria das características produtivas no sistema de condução espaldeira, com exceção das variáveis comprimento do cacho e diâmetro de bagas na safra 2018/19.

4.3.4 Características físico-químicas do mosto

Foi observado efeito do tratamento de umidade para sólido solúveis e pH do mosto. No ciclo 2017/18 houve efeito de tratamento para pH, e nos ciclos 2018/19 e 2019/20 para sólidos solúveis. A acidez titulável não foi influenciada em nenhum dos ciclos avaliados pela umidade do solo (Tabela 4).

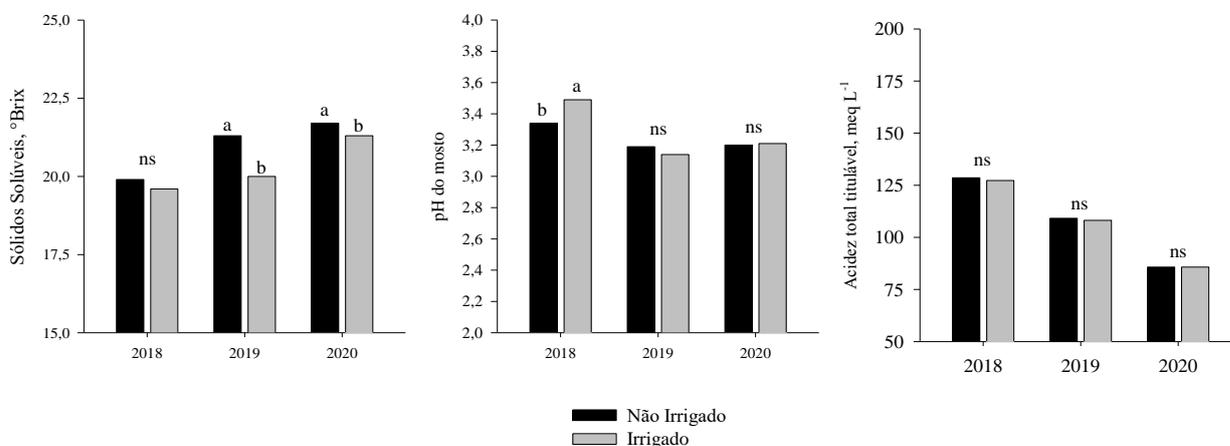
Tabela 4 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características físico-químicas da uva Merlot em sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC.

| Variáveis | Teste F | | |
|---|---------|---------|---------|
| | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 |
| Sólidos Solúveis (°Brix) | ns | * | * |
| pH | * | ns | ns |
| Acidez titulável (meq L ⁻¹) | ns | ns | ns |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$) e ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

O teor de sólidos solúveis foi influenciado pela umidade nos ciclos 2018/19 e 2019/20 (Tabela 4). As maiores médias para sólidos solúveis foram no tratamento não irrigado, com incremento de 1,3° Brix em relação ao irrigado no ciclo 2018/19 e 0,4° Brix no ciclo 2019/20 (Figura 11).

Figura 11 – Composição da uva Merlot conduzida no sistema de condução espaladeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado) durante três ciclos, Urubici, SC.



Fonte: elaborado pela autora (2021)

A média de sólidos solúveis no ciclo 2017/18 foi de 19,8° Brix. No ciclo 2018/19 houve o efeito de tratamento da umidade do solo (Tabela 4), no qual a média para o não irrigado foi de 21,3°Brix, enquanto no irrigado foi 20,0°Brix (Figura 11). Já para a ciclo 2019/20, observou-se as maiores médias no não irrigado (21,7°Brix) em relação ao irrigado (21,3°Brix) (Figura 11). Esta variável tem relação com a disponibilidade de água no solo, pois em épocas de menor precipitação pluviométrica (maturação do ciclo 2019/20) (Figura 8) houve maior acúmulo de sólidos solúveis no mosto das bagas, principalmente no não irrigado, o que a difere de ciclos de maior disponibilidade hídrica na maturação (2018/19). (Figura 8), que ocorre diluição dos carboidratos nas bagas.

Percebeu-se uma redução significativa dos sólidos solúveis nas bagas das uvas no tratamento irrigado das safras 2018/19 e 2019/20. A utilização da irrigação pós virada de cor em níveis próximos da capacidade de campo do solo manteve os aparatos fotossintéticos ativos, mantendo a fotossíntese máxima em condições de déficit hídrico (ciclo 2019/20), entretanto, o excesso hídrico aumenta a diluição dos sólidos solúveis nas bagas e pode afetar a qualidade do vinho elaborado ao reduzir a concentração alcoólica e por vezes a concentração fenólica.

Ao avaliar as uvas Cabernet Sauvignon no Planalto Catarinense em dois solos (Cambissolo Húmico e Háplico) em três safras (2009, 2010 e 2011), Luciano *et al.* (2013) observaram que a disponibilidade de água para as plantas, provavelmente, seja a variável com maior efeito sobre a composição da uva, e em solos com maior disponibilidade de água

(Cambissolo Húmico), a média de sólidos solúveis foi menor. Isso porque após a virada de cor, a água em excesso no solo passa a ser um fator que reduz a qualidade da uva.

Para pH do mosto houve efeito da irrigação apenas no ciclo 2017/18, com maior pH no irrigado (pH 3,5) em relação ao não irrigado (pH 3,3). Nos ciclos 2018/19 e 2019/20 o pH do mosto não foi influenciado pela umidade do solo e a média dos tratamentos foi de pH 3,2 (Figura 11). Independente do efeito de umidade do solo, o pH do mosto foi adequado para a produção de vinhos, pois é ideal que esteja na faixa de pH 3,0 a 3,5.

A acidez titulável não foi influenciada pela umidade do solo em nenhuma dos ciclos avaliadas (Tabela 4), mas observou-se variação das médias entre os ciclos, o que demonstra que tem relação com o volume de chuvas que ocorre em cada ciclo (Figura 7).

Ao avaliar a resposta da composição das bagas de Merlot, em relação a sólidos solúveis e acidez a diferentes níveis de irrigação em três ciclos no sudeste de Idaho, Shellie (2006) observaram redução da acidez titulável em condição de déficit hídrico nos três ciclos avaliados e um leve incrementos nos sólidos solúveis em apenas um dos ciclos avaliadas.

De maneira geral, para a elaboração de vinhos tintos de qualidade recomenda-se para o mosto, teores de sólidos solúveis acima de 20 °Brix, acidez total menor que 135 meq L⁻¹ e pH menor que 3,5 (JACKSON, 2020). Cabe ressaltar que para as uvas produzidas nas regiões de altitudes elevadas de Santa Catarina, a alta acidez, por vezes superiores a 135 meq L⁻¹, é uma característica intrínseca do terroir da região. As características físico-químicas avaliadas em todas os ciclos e tratamentos estudados se enquadraram dentro das faixas de recomendação para a vinificação de qualidade.

4.3.5 Parâmetros de cor e compostos fenólicos

A intensidade de cor foi afetada pelos tratamentos nos ciclos 2017/18 e 2019/20 (Tabela 5) e em ambos os ciclos foi maior no irrigado. Em 2017/18 o irrigado teve intensidade de 10,6 enquanto o não irrigado teve intensidade média de 6,8. No ciclo 2019/20 as médias foram superiores ao primeiro ciclo, 26,3 no irrigado e 14,5 no não irrigado. No ciclo de 2018/19, a intensidade foi de 9,8 no irrigado e 8,9 no não irrigado (Tabela 5). A intensidade de cor, que é obtida através do somatório das 3 tonalidades (420, 520 e 620 nm), é influenciada pelo pH, pois quanto menor o pH, maior a intensidade de cor (MATEUS; FREITAS, 2006), o que se comprova na ciclo 2019/20 (Figura 12).

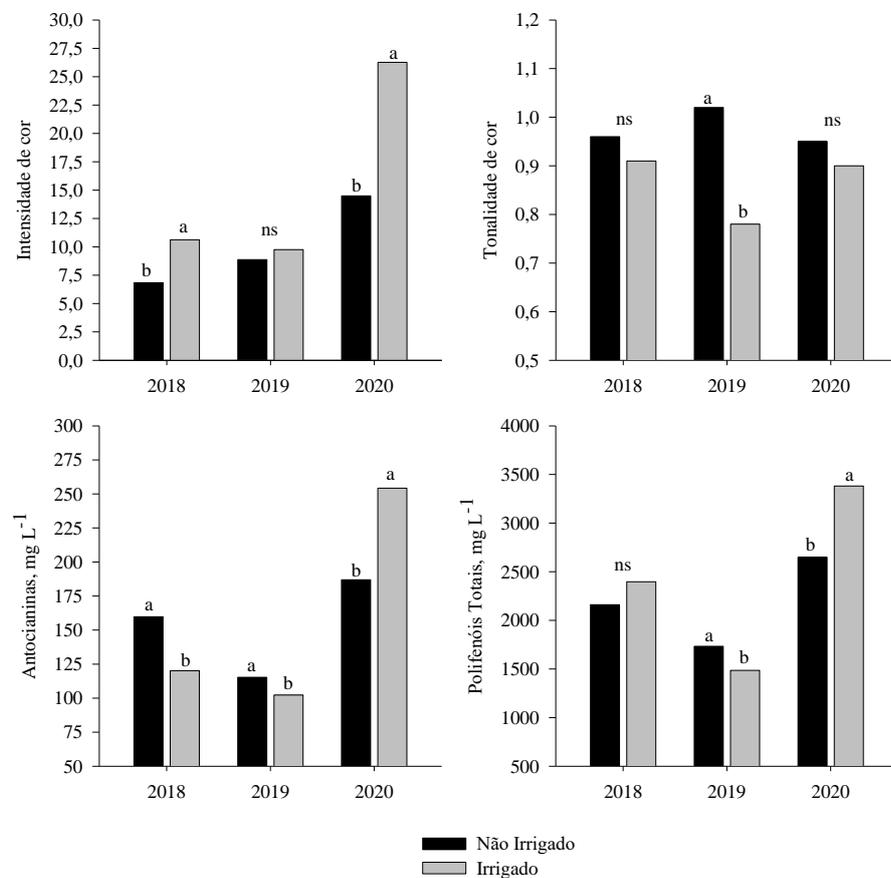
Tabela 5 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características de cor e compostos fenólicos da uva Merlot em sistema de condução espaldeira submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC.

| Teste F | | | |
|---|---------|---------|---------|
| Variáveis | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 |
| Intensidade de cor | * | ns | * |
| Tonalidade de cor | ns | * | ns |
| Antocianinas (mg L ⁻¹) | * | * | * |
| Polifenóis Totais (mg L ⁻¹) | ns | * | * |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$) e ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

Para tonalidade da cor, houve influência da umidade do solo no ciclo 2018/19 (Tabela 5). O tratamento não irrigado apresentou tonalidade de 1,02 e o irrigado de 0,78, com diferença de 0,24 entre os tratamentos. (Figura 12). Assim, observa-se que no irrigado as uvas têm maior intensidade de cor, mas menor tonalidade, as quais variam com o ciclo.

Figura 12 – Parâmetros de cor (intensidade, tonalidade e antocianinas) e polifenóis totais da uva Merlot conduzida no sistema de condução espaldeira submetida a irrigação por gotejamento em três ciclos (2017/18; 2018/19; 2019/20).



Fonte: elaborado pela autora (2021)

As antocianinas, associadas aos grupos de pigmentos da uva, estão presentes somente nas variedades tintas, sendo responsáveis pela coloração dos vinhos tintos e rosados, e os principais compostos identificados nas bagas e nos vinhos são: malvidina, cianidina, peonidina, petunidina, delphinidina, com predominância de malvidina-3-glicosídeo (AMERINE; OUGH, 1980).

Houve efeito de tratamento de umidade do solo para antocianinas em todas os ciclos avaliados (Tabela 5). Nos ciclos 2017/18 e 2018/19 a irrigação reduziu as antocianinas nas cascas, no irrigado as médias foram de 120 e 102 mg L⁻¹ e no não irrigado as médias foram de 160 e 115 mg L⁻¹, respectivamente (Figura 12). Já no ciclo 2019/20, maior concentração de antocianinas foi observado no irrigado (254 mg L⁻¹) em relação ao não irrigado (187 mg L⁻¹). As maiores diferenças foram nos ciclos 2017/18 (40 mg L⁻¹) e 2019/20 (67 mg L⁻¹) (Figura 12).

Percebeu-se que nos ciclos 2017/18 e 2018/19, que houve maior ocorrência de precipitação pluviométrica além da suplementação com irrigação para manter a umidade a 90% da CC (Figura 8), a concentração de antocianinas foi menor em relação ao ciclo 2019/20, com médias abaixo de 160 mg L⁻¹. Já no ciclo 2019/20, com menor precipitação pluviométrica, houve maior teor de antocianinas nos tratamentos, com médias acima de 175 mg L⁻¹ (Figura 12).

Ao analisar a influência do déficit hídrico aplicado antes e após a virada de cor na composição das uvas da cultivar Syrah, Ojeda *et al.* (2002) relataram que a concentração de antocianinas foi inversamente correlacionada com a quantidade de água disponível no solo. Entretanto, no ciclo 2019/20 que houve condição climática adversa as demais, com períodos de déficit hídrico na maturação, as maiores médias foram no irrigado, o que demonstra que a irrigação foi positiva no incremento de antocianinas, possivelmente pelo fato de as plantas não sofrerem um stress severo. Já nos demais ciclos, que houve maior ocorrência de chuvas durante a maturação, no não irrigado houve aumento da concentração de antocianinas nas cascas, o que corrobora com a literatura. Nos ciclos 1989/1990 e 1991/1992, Ide; Daudt (1993) observam para Merlot conduzida em espaldeira, que no ciclo de 1991, com condições de baixa umidade, pouca chuva e muita luminosidade, houve aumento da intensidade de cor e antocianinas.

Em relação aos polifenóis totais, houve influência da irrigação nos ciclos 2018/19 e 2019/20, com comportamentos opostos entre as ciclos, tendo as maiores médias de polifenóis no ciclo 2018/19 no não irrigado (1733 mg L⁻¹) em relação ao irrigado (1486 mg L⁻¹) e no ciclo

2019/20 maior concentração de polifenóis totais no irrigado (3381 mg L^{-1}) em relação ao não irrigado (2649 mg L^{-1}) (Figura 12).

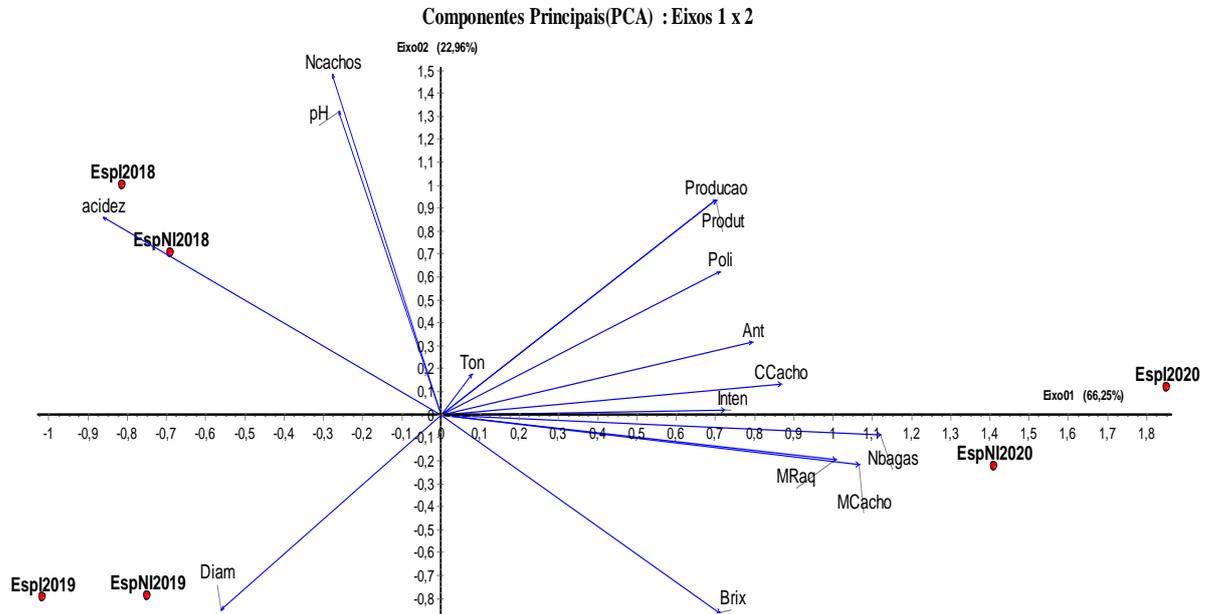
Ao avaliar diferentes estratégias de irrigação (déficit de irrigação, irrigação com déficit controlado e irrigação plena) da cultivar Syrah em Petrolina, Nascimento *et al.* (2011) não verificaram diferenças entre os tratamentos para intensidade e tonalidade de cor, mas em relação a polifenóis e antocianinas as maiores médias foram no tratamento com déficit de irrigação, seguido do tratamento com irrigação plena e as menores médias na irrigação com déficit controlado. Os autores relatam que essas variações podem ser explicadas pela idade das plantas, por serem muito jovens, com 16 meses, estão ainda em formação (REYNIER, 2007)

As variáveis extraídas das cascas tiveram as maiores médias de intensidade, antocianinas e polifenóis totais no ciclo 2019/20, provavelmente pela ocorrência da seca que aconteceu neste ciclo, entretanto, cabe ressaltar que o uso da irrigação quando as plantas estão sob stress hídrico mais intenso aumentou a intensidade da cor e a concentração de antocianinas e polifenóis no sistema de condução espaldeira.

4.3.6 Análise de componentes principais para os três ciclos

A partir da análise de componentes principais das características produtivas, físico-químicas, parâmetros de cor e compostos fenólicos das uvas Merlot ,produzidas no sistema de condução espaldeira nos três ciclos avaliados (2017/18, 2018/19 e 2019/20) e seus respectivos tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado), foi possível observar que os eixos 01 e 02 explicaram 89% da variabilidade total dos dados (Figura 13).

Figura 13 – Análise de componentes principais para as características produtivas, físico-químicas, parâmetros de cor e compostos fenólicos da uva Merlot em três ciclos (2017/18, 2018/19 e 2019/20), Urubici, SC.



Legenda: EspI – espaldeira irrigado; EspNI – espaldeira não irrigado; Ncachos: número de cachos; Producao: produtividade estimada; Poli: polifenóis totais; Ant: antocianinas; CCacho: comprimento de cacho; Inten: intensidade de cor; Ton: tonalidade de cor; Nbagas: número de bagas; MRaq: massa de ráquis; MCacho: massa de cachos; Brix: sólidos solúveis; Diam: diâmetro de bagas. Eixo 01: 66,2%; Eixo 02: 22,9%.

O eixo 01 modelou 66% da variância e claramente separou em grupos as médias do ciclo 2019/20 dos ciclos 2017/18 e 2018/19. No somatório das variâncias, as características que mais contribuíram no eixo 01 foram: massa do cacho e número de bagas (7% cada), comprimento do cacho e massa de ráquis (6% cada), sólidos solúveis, acidez, antocianinas, polifenóis totais e intensidade de cor (5% cada). Já no eixo 02 foram: número de cachos (4%), pH do mosto (3%) produção e produtividade, diâmetro, sólidos solúveis, acidez e polifenóis totais (2% cada) (Tabela 6).

Tabela 6 – Porcentagem de contribuição das variáveis da uva Merlot no Eixo 01 e Eixo 02 da análise de componentes principais

| Característica | Eixo 01 | Eixo 02 |
|-----------------------------|---------|---------|
| | % | |
| Comprimento de cacho | 6 | 0,3 |
| Massa de cacho | 7 | 0,6 |
| Massa de ráquis | 6 | 0,5 |
| Número de bagas por cacho | 7 | 0,2 |
| Diâmetro de bagas | 4 | 2,2 |
| Número de cachos por planta | 2 | 3,8 |
| Produção | 4 | 2,4 |
| Produtividade | 4 | 2,4 |
| Sólidos Solúveis | 5 | 2,2 |
| Acidez Titulável | 5 | 2,2 |
| pH do mosto | 2 | 3,4 |
| Antocianinas | 5 | 0,8 |
| Polifenóis totais | 5 | 1,6 |
| Tonalidade de cor | 1 | 0,5 |
| Intensidade de cor | 5 | 0,0 |
| Total | 66 | 23 |

O ciclo 2017/18 apresentou alta relação com a variável acidez titulável, e com o pH do mosto e número de cachos. No ciclo 2018/19, a variável que teve relação com os tratamentos de umidade foi diâmetro de bagas. E o ciclo 2019/20 foi o que demonstrou maior relação tanto com variáveis relacionadas as características produtivas (produtividade, comprimento do cacho, número de bagas, massa do cacho e massa de ráquis) quanto com as relacionadas a composição das uvas (polifenóis totais, antocianinas, intensidade de cor e sólidos solúveis) (Figura 13).

A partir da análise de componentes principais foi possível observar a influência dos ciclos nas variáveis das uvas no sistema de condução espaldeira, pois houve forte influência das condições do ciclo 2019/20 nas características produtivas como na composição das uvas em relação as demais (2017/18 e 2018/19) (Figura 13). Este fato demonstra que ciclos com ocorrência de déficit hídrico, como foi o ciclo 2019/20 e a utilização da irrigação se mostrou positiva principalmente em relação as características produtivas e características extraídas das cascas (polifenóis totais, antocianinas e intensidade de cor). Já o não irrigado teve maior relação com o teor de sólidos solúveis, característica também importante para as uvas que são destinadas a vinificação.

4.4 EXPERIMENTO 2: SISTEMA DE CONDUÇÃO Y

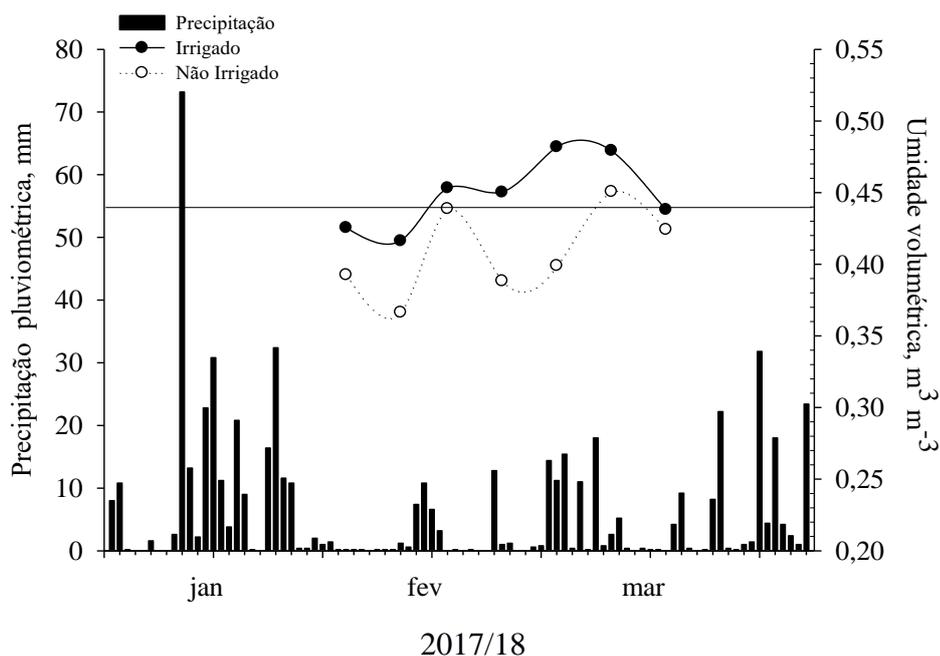
4.4.1 Controle da umidade do solo

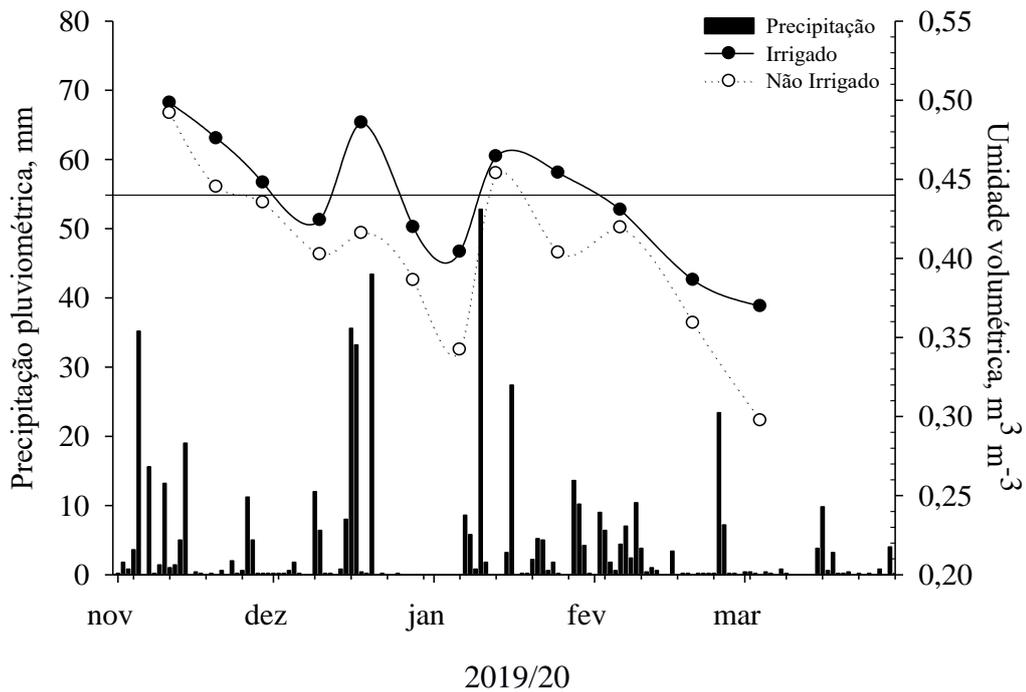
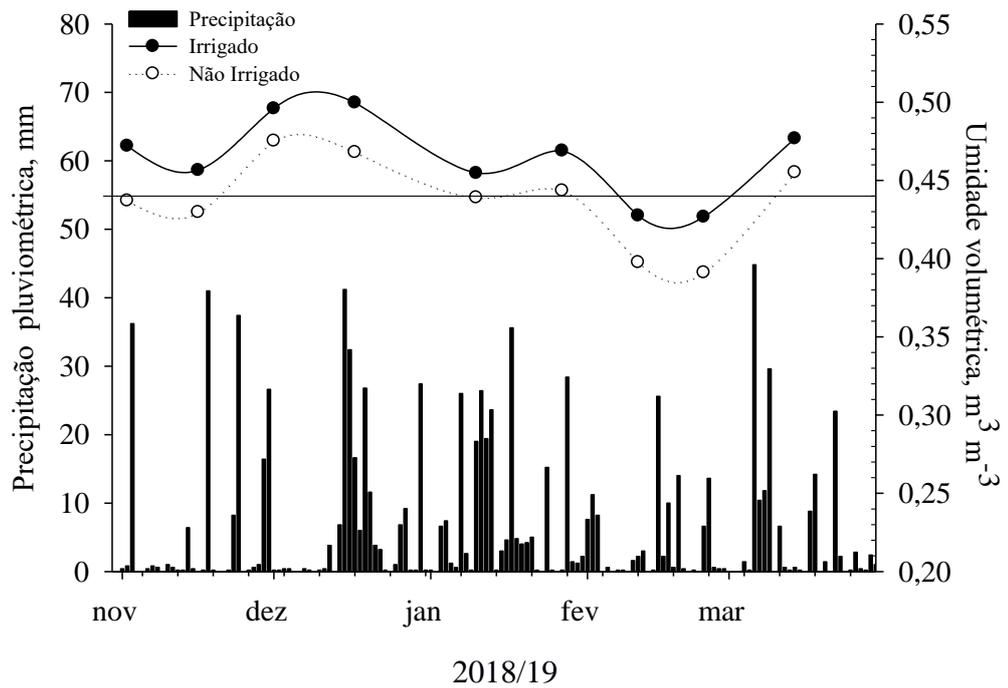
No final de janeiro e início de fevereiro de 2018 houve um período mais seco, sem ocorrência de chuvas. Nas duas primeiras determinações (31/01 e 07/02) a umidade volumétrica estava abaixo de 90% da CC. Após estas datas, os volumes de chuva que ocorreram até o final da maturação, foram suficientes para manter a umidade do solo acima de 90% da CC (Figura 14)

Figura 14).

No ciclo 2018/19 a umidade volumétrica se manteve acima de 90% da CC do início de novembro até final de janeiro, devido à ocorrência regular de precipitação pluviométrica neste período, sem longos períodos sem chuva. Apenas nos dias 11 e 24 de fevereiro a umidade ficou abaixo de 90% da CC, devido à redução no volume de chuvas nos dias que antecederam estas determinações. Para este ciclo, na maior parte do período analisado, a umidade volumétrica no tratamento irrigado na camada de 0-40 cm ficou entre os 90 e 100% da CC (Figura 14).

Figura 14 – Precipitação pluviométrica e umidade volumétrica do solo em experimento submetido a dois tratamentos de umidade (irrigado e não irrigado) na camada de 0-40 cm em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC. Linha horizontal representa 90% da capacidade de campo.





Fonte: elaborado pela autora, dados de precipitação fornecidos pela EPAGRI (2019/20)

No ciclo 2019/20 o solo no tratamento irrigado apresentou médias de umidade volumétrica abaixo de 90 %, principalmente, no início de janeiro, em um período que ficou vários dias sem ocorrência de chuvas e também entre 06 de fevereiro até 04 de março, pois o volume de chuvas que ocorreu neste período foi muito baixo (Figura 14

Figura 14).

4.4.2 Evolução da maturação das uvas

No ciclo 2017/18 houve diferença para acidez titulável entre os tratamentos de umidade apenas na última data de coleta, próxima da colheita comercial, na qual as uvas produzidas no não irrigado apresentaram maior acidez titulável (118 meq L^{-1}) em relação ao irrigado (112 meq L^{-1}) (

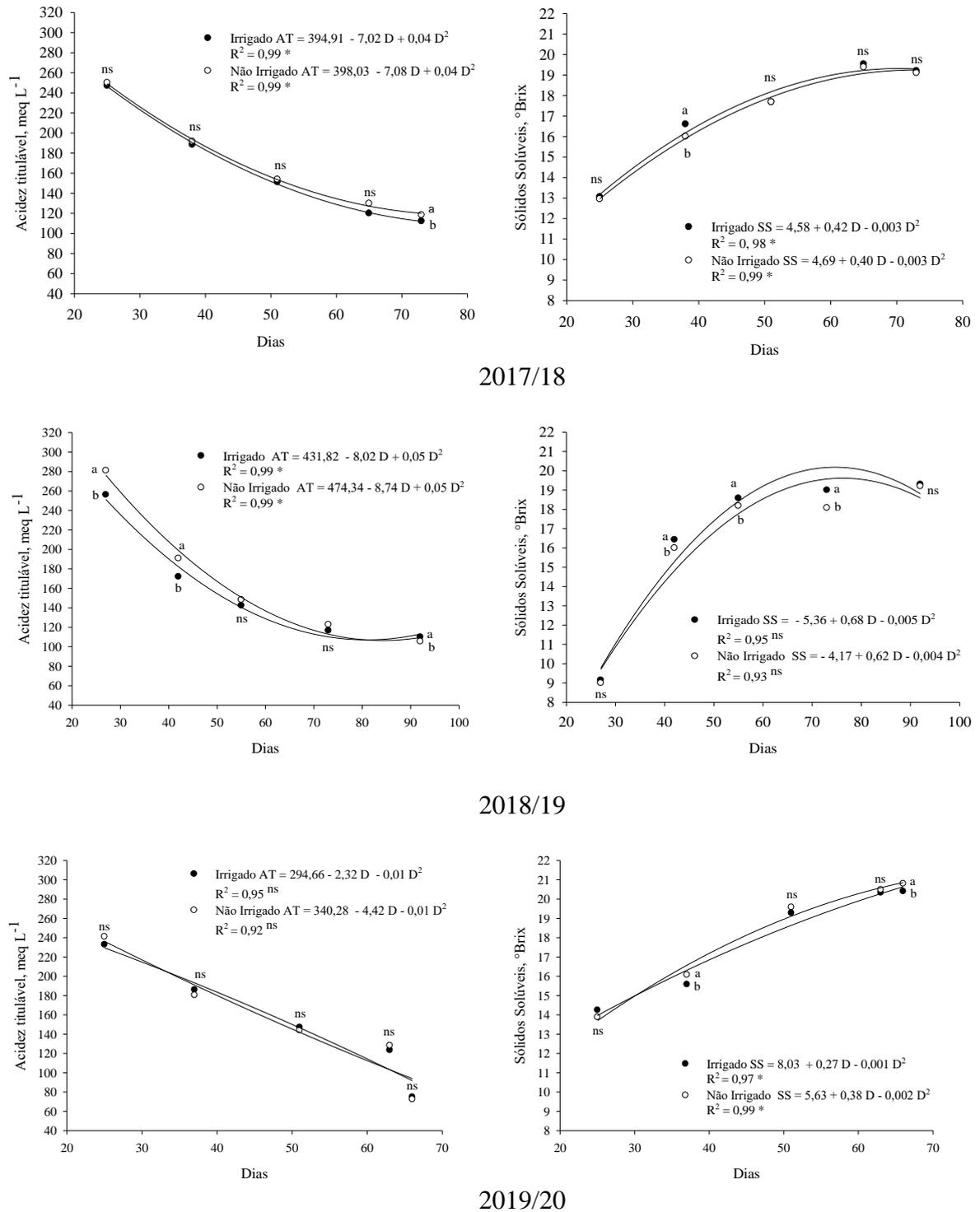
Figura 15). O teor de sólidos solúveis foi muito semelhante para ambos os tratamentos, e não diferiu entre os tratamentos de umidade. No início das avaliações a média dos tratamentos foi de 13,1° Brix e no fim da maturação alcançou 19,2 °Brix (

Figura 15).

No ciclo 2018/19, no início da maturação, as uvas possuíam maior acidez titulável em relação aos demais ciclos, 281 meq L⁻¹ no não irrigado e 256 meq L⁻¹ no irrigado. Entretanto, ao longo do processo de maturação a acidez reduziu de forma significativa para 106 meq L⁻¹ e 110 meq L⁻¹ (

Figura 15), respectivamente.

Figura 15 – Evolução da maturação das uvas Merlot no sistema de condução Y submetidas a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2018/19)

No ciclo 2019/20, não houve diferença entre os tratamentos para acidez titulável, com média de 237 meq L⁻¹ no início das avaliações e no final da maturação a média foi de 74 meq L⁻¹

(

Figura 15). Quanto ao teor de sólidos solúveis, observou-se maiores médias que dos demais ciclos, tanto no início quanto no final da maturação. No não irrigado aumentou de 13,9 para 20,8°Brix e no irrigado de 14,3 para 20,4°Brix (

Figura 15).

As concentrações de açúcares são afetadas pelas práticas de manejo adotadas nos vinhedos e é favorecida pela redução da disponibilidade hídrica e da temperatura, melhor exposição solar e sanidade das uvas (KUHN *et al.*, 2014).

Devido ao déficit hídrico que ocorreu durante o desenvolvimento das uvas do ciclo 2019/20, observou-se redução da acidez titulável no final do período de maturação, com médias abaixo de 100 meq L^{-1} e para os sólidos solúveis observou-se as maiores médias no ciclo 2019/20 em relação as demais (

Figura 15).

A condição de déficit hídrico (ciclo 2019/20) foi benéfica para os parâmetros relacionados a maturação das uvas, entretanto, mesmo com maior ocorrência de precipitação pluviométrica nos outros ciclos (2017/18 e 2018/19) as uvas apresentaram condições adequadas de acidez titulável (menor que 135 meq L⁻¹) e teor de sólidos solúveis do mosto (próximos de 20°Brix) para destinar as uvas a vinificação.

4.4.3 Características produtivas

No sistema de condução Y no ciclo 2017/18 não houve influência da irrigação para as características produtivas. No ciclo 2018/19 houve efeito da irrigação para massa do cacho, massa da ráquis, número de bagas e diâmetro de bagas. No ciclo 2019/20 houve efeito da irrigação para número de cachos, diâmetro de bagas, produção por planta e produtividade (Tabela 7)

Tabela 7).

Tabela 7 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características produtivas da uva Merlot em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC.

| Variáveis | Teste F | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|
| | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 |
| Comprimento do cacho (cm) | ns | ns | ns |
| Massa do cacho (g) | ns | * | ns |

| | | | |
|--|----|----|----|
| Massa da ráquis (g) | ns | * | ns |
| Número de bagas cacho ⁻¹ | ns | * | ns |
| Número de cachos planta ⁻¹ | ns | ns | * |
| Diâmetro de bagas (cm) | ns | * | * |
| Produção planta ⁻¹ (kg planta ⁻¹) | ns | ns | * |
| Produtividade (Mg ha ⁻¹) | ns | ns | * |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$) e ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

O comprimento de cachos não teve influência do tratamento de umidade do solo em nenhuma dos ciclos avaliadas (Tabela 7

Tabela 7). As médias foram de 17,8 cm no ciclo 2017/18, 14,6 cm no ciclo 2018/19 e 18,2 cm no ciclo 2019/20 (Figura 16). A massa de cachos não foi influenciada pelo tratamento de umidade do solo nos ciclos 2017/18 e 2019/20 (Tabela 7

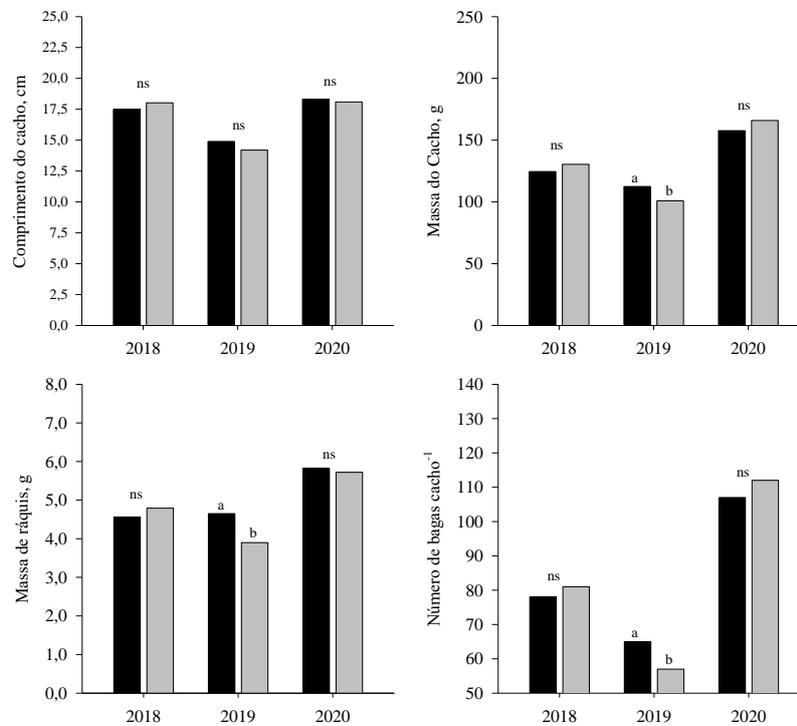
Tabela 7), e as médias encontradas foram de 128 g no ciclo 2017/18 e 162 g no ciclo 2019/20. No ciclo 2018/19 o não irrigado teve maior massa de cachos, com média de 112 g enquanto no irrigado teve média de 101 g (Figura 16).

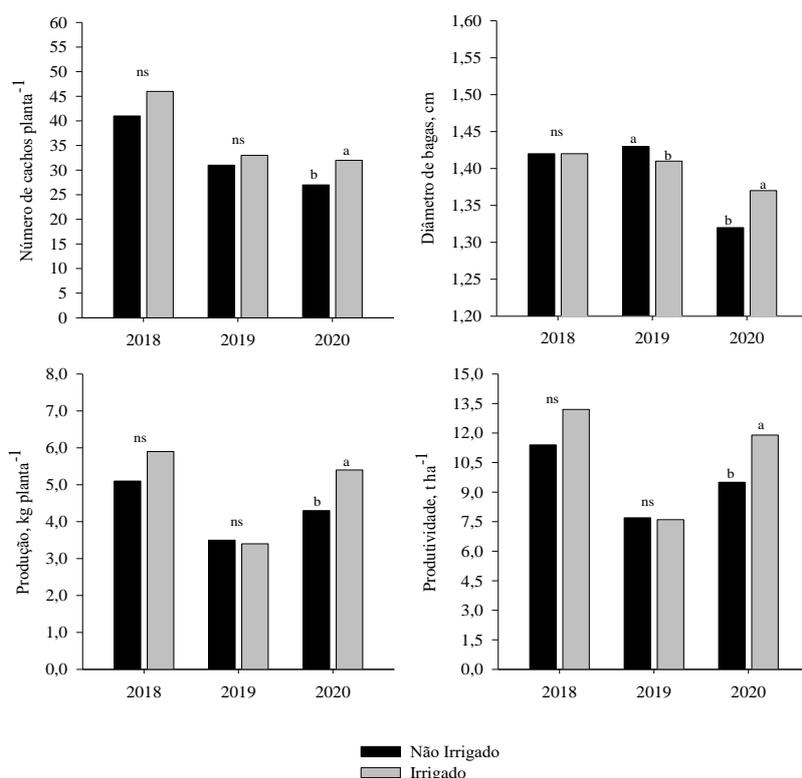
A massa de ráquis também teve efeito da irrigação no ciclo 2018/19, com as maiores médias para o não irrigado (4,6 g) em relação ao irrigado (de 3,9 g). Nos demais ciclos não houve efeito da irrigação e as médias no ciclo 2017/18 de 4,7 g e no ciclo 2019/20 de 5,8 g (Figura 16).

O número de bagas por cacho foi influenciado pela umidade do solo apenas no ciclo 2018/19, com as maiores médias no não irrigado, sendo 65 bagas por cacho no não irrigado e

no irrigado 57 bagas por cacho, diferença de 8 bagas entre os tratamentos. Nos ciclos 2017/18 e 2019/20 não houve efeito da irrigação, com as médias de 80 bagas por cacho no ciclo 2019/20 a média foi de 100 bagas nos tratamentos (Figura 16).

Figura 16 – Características produtivas da uva Merlot em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (irrigado e não irrigado) em vinhedo de altitude nos ciclos 2017/18, 2018/19 e 2019/20, Urubici/SC.





Fonte: elaborado pela autora (2021)

Para a variável número de cachos por planta não houve efeito da umidade do solo nos ciclos 2017/18 e 2018/19, e as médias obtidas para estes ciclos foram de 44 e 32 cachos por planta, respectivamente. No ciclo 2019/20 houve influência da irrigação, com maior número de cachos no irrigado (32 cachos por planta) em relação ao não irrigado (27 cachos por planta) (Figura 16).

O diâmetro médio de bagas foi influenciado pela irrigação nos ciclos 2018/19 e 2019/20, mas o comportamento foi antagônico entre os ciclos. No ciclo 2018/19 a média foi maior no não irrigado (1,43 cm) em relação ao irrigado (1,41 cm), já no ciclo 2019/20, foi menor no não irrigado (1,32 cm) em relação ao irrigado (1,37 cm). No ciclo 2017/18 não houve efeito da irrigação (média de 1,42 cm) (Figura 16). Este efeito no diâmetro das bagas é diretamente relacionado com o superávit hídrico que ocorreu na maturação do ciclo 2018/19, no qual o aumento de água no solo fez com que as bagas tivessem maior diâmetro e ao déficit hídrico na maturação do ciclo 2019/20, no qual o tratamento irrigado apresentou as maiores médias por disponibilizar água para as bagas em um período de restrição.

Para produção e consequentemente para produtividade houve diferença somente no ciclo 2019/20. Nos ciclos 2017/18 a média dos tratamentos foi de 12,3 Mg ha⁻¹ e no ciclo

2018/19 a produtividade bem mais baixa, com média de 7,7 Mg ha⁻¹. No ciclo 2019/20, a maior média foi observada no irrigado (11,9 Mg ha⁻¹) em relação ao não irrigado (9,5 Mg ha⁻¹) (Figura 16), com uma diferença de 2,4 Mg ha⁻¹, resultando num aumento de 25% na produtividade do irrigado em relação ao não irrigado neste ciclo.

Pode-se perceber que a irrigação influenciou principalmente as características produtivas do sistema de condução Y, com destaque para o ciclo 2019/20, pois houve um incremento significativo na produtividade neste sistema.

4.4.4 Características físico-químicas do mosto

Para as características físico-químicas do mosto também foram observados efeito do tratamento de umidade do solo. Nos ciclos 2017/18 e 2018/19 houve efeito para acidez titulável e no ciclo 2019/20 para o teor de sólidos solúveis das uvas Merlot conduzidas no sistema de condução Y (Tabela 8).

O teor de sólidos solúveis não foi afetado pela irrigação nos ciclos 2017/18 e 2018/19 (Tabela 8). Para estes dois ciclos o teor de sólidos solúveis foi muito semelhante para os tratamentos de umidade do solo. No ciclo 2017/18 no não irrigado a média foi de 19,2°Brix e no ciclo 2018/19 foi de 19,3°Brix. Já no ciclo 2019/20 a maior teor de sólidos solúveis foi no não irrigado com 20,8°Brix e menor no irrigado com 20,4°Brix (

Figura 17). Percebe-se incremento de aproximadamente 2°Brix quando analisa o último ciclo em relação aos demais no não irrigado e 1°Brix para o irrigado, o que reforça o efeito das condições meteorológicas de cada ciclo para esta variável.

Tabela 8 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características físico-químicas da uva Merlot em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC.

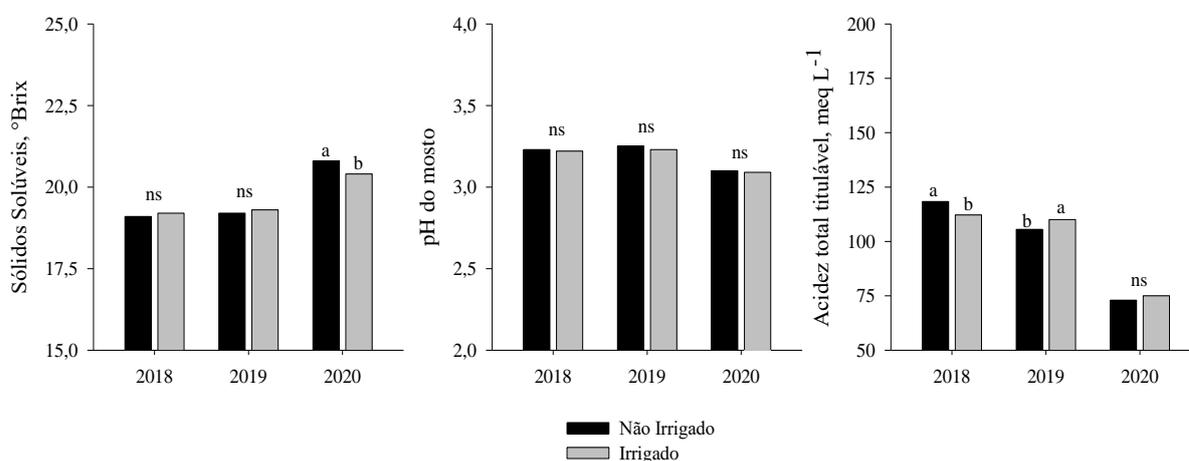
| Variáveis | Teste F | | |
|---|---------|---------|---------|
| | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 |
| Sólidos Solúveis (°Brix) | ns | ns | * |
| pH | ns | ns | ns |
| Acidez titulável (meq L ⁻¹) | * | * | ns |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$) e ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

Em relação ao pH do mosto, não foi observado efeito dos tratamentos de umidade do solo nos três ciclos (Tabela 8). As médias foram muito semelhantes para os ciclos 2017/18 e 2018/19, entre 3,2 a 3,3 enquanto no ciclo 2019/20 o pH foi 3,1 (

Figura 17). Da mesma forma que no sistema de condução espaldeira, o pH de ambos os tratamentos e ciclos foi adequado para produção de vinhos finos (menor que 3,5).

Figura 17 – Composição da uva Merlot conduzida em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado) durante três ciclos, Urubici, SC.



Fonte: elaborado pela autora (2021)

Houve efeito de tratamento para a acidez titulável nos ciclos 2017/18 e 2018/19 (Tabela 8), mas com comportamento diferente para os dois ciclos. Em 2017/18 maior acidez titulável foi observada no não irrigado (118 meq L⁻¹) em relação ao irrigado (112 meq L⁻¹), enquanto em 2018/19 o não irrigado apresentou menor acidez titulável (106 meq L⁻¹) em relação ao irrigado (110 meq L⁻¹). No ciclo 2019/20 não houve efeito do tratamento de umidade para esta variável, e a acidez foi menor que nos demais ciclos (

Figura 17).

Ao estudar diferentes porta enxertos da cultivar Merlot conduzida em Y em Urubici nos ciclos 2012/13 e 2013/14, Allebrandt et al. (2015) relataram média de 19,2 °Brix, pH do mosto de 3,2 e acidez titulável de 96 meq L⁻¹. Constata-se que foram semelhantes ao presente estudo

nos ciclos 2017/18 e 2018/19. Já no ciclo 2019/20 houve um incremento dos sólidos solúveis e redução do pH e acidez titulável em comparação com os demais ciclos.

4.4.5 Parâmetros de cor e compostos fenólicos

Houve efeito de tratamento da umidade do solo no ciclo 2017/18 para intensidade e tonalidade de cor e antocianinas, com exceção dos polifenóis totais; no ciclo 2018/19 houve efeito para todas as variáveis (intensidade, tonalidade de cor, antocianinas e polifenóis). E no ciclo 2019/20 não houve efeito dos tratamentos para estas variáveis (

Tabela 9).

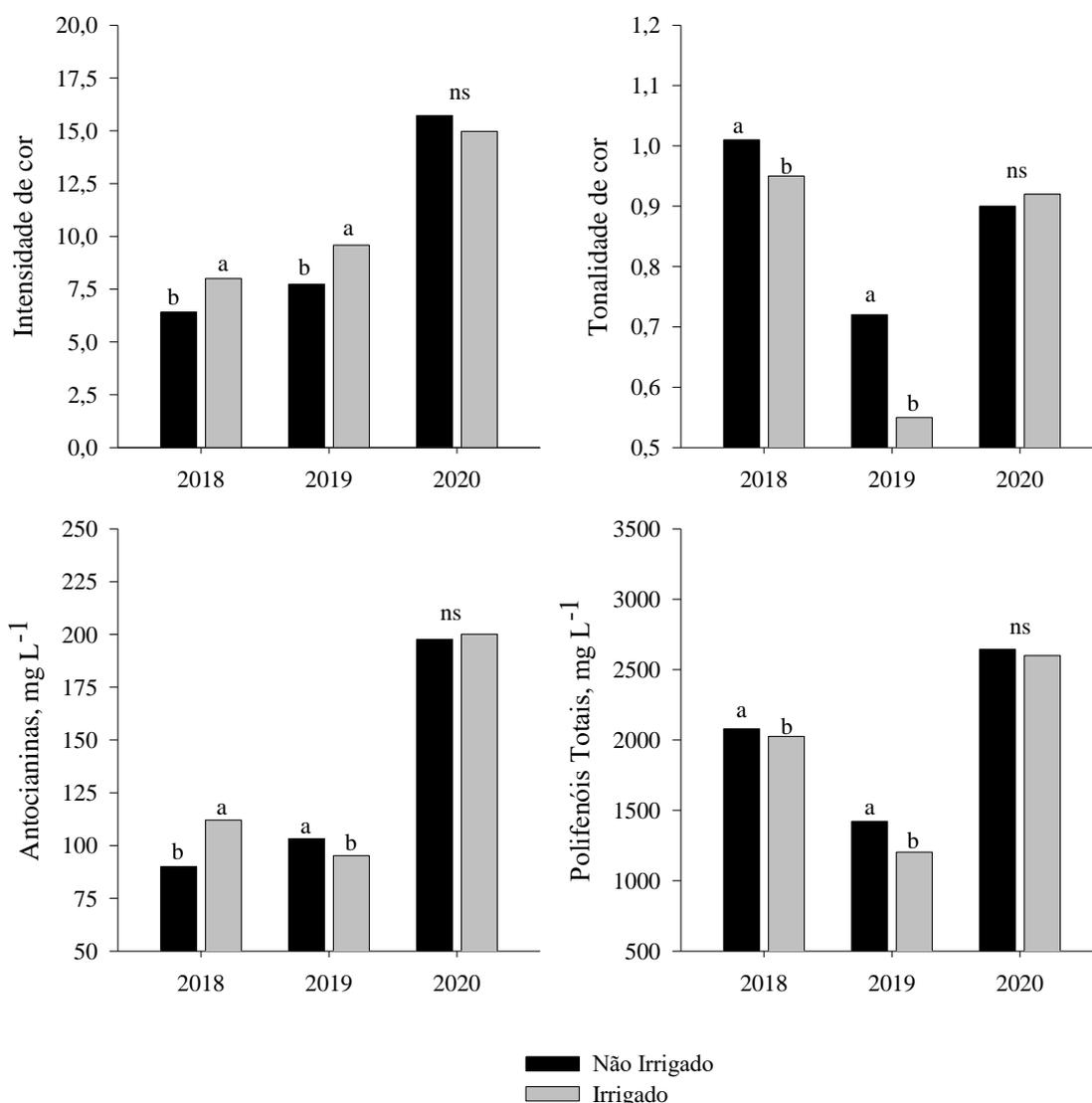
Tabela 9 – Resumo do teste F através do Modelo Linear Generalizado para as características de cor e compostos fenólicos da uva Merlot em sistema de condução Y submetida a dois tratamentos de umidade do solo (não irrigado e irrigado), Urubici, SC.

| Variáveis | Teste F | | |
|---|---------|---------|---------|
| | 2017/18 | 2018/19 | 2019/20 |
| Intensidade de cor | * | * | ns |
| Tonalidade de cor | * | * | ns |
| Antocianinas (mg L ⁻¹) | * | * | ns |
| Polifenóis Totais (mg L ⁻¹) | Ns | * | ns |

* significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$) e ns não significativo ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

A irrigação influenciou de forma significativa a intensidade de cor nos ciclos 2017/18 e 2018/19. As maiores médias foram no irrigado, com intensidade de 8,0 no ciclo 2017/18 e 9,6 no ciclo 2018/19, enquanto o não irrigado apresentou médias de 6,4 e 7,7 respectivamente (Figura 18), melhorando as características de cor. Para tonalidade de cor as maiores médias foram no não irrigado nos ciclos 2017/18 e 2018/19. No ciclo 2017/18 a média de tonalidade de cor no não irrigado foi 1,01 e no irrigado 0,95; no ciclo 2018/19 houve maior variação entre os tratamentos, com média de tonalidade de 0,72 no não irrigado e 0,55 no irrigado (Figura 18), neste caso percebe-se que a irrigação diminuiu a tonalidade de cor, principalmente na ciclo de 2018/19, onde a tonalidade de cor apresenta discrepância entre os demais ciclos.

Figura 18 – Parâmetros de cor (intensidade, tonalidade e antocianinas) e polifenóis totais da uva Merlot conduzida no sistema de condução Y submetida a irrigação por gotejamento em três ciclos (2017/18; 2018/19; 2019/20).



Fonte: elaborado pela autora (2021)

Houve efeito de tratamento de umidade do solo para antocianinas nos ciclos 2017/18 e 2018/19. Em 2017/18 a concentração de antocianinas foi maior no irrigado (112 mg L⁻¹) em relação ao não irrigado (90 mg L⁻¹), enquanto no ciclo 2018/19 maior concentração de antocianinas foi no não irrigado (103 mg L⁻¹) em relação ao irrigado (95 mg L⁻¹). No ciclo 2019/20 não houve efeito de tratamento e a média foi de 199 mg L⁻¹ (Figura 18).

Ao analisar os mesmos parâmetros de cor para a cultivar Isabel Precoce em Petrolina nos sistemas de condução espaldeira e latada irrigadas por gotejamento, Pereira *et al.* (2018) observaram maior intensidade e concentração de antocianinas e menor tonalidade de cor no

sistema de condução latada em relação ao espaldeira, sendo que o sistema de condução latada teve concentração de antocianinas e intensidade de cor 56% e 25 % maiores do que o espaldeira.

Conforme Sanchez-Rodriguez; Dias; Spósito (2016), sistemas de condução que permitem maior sombreamento dos cachos proporcionam temperaturas mais baixas das bagas, principalmente no período diurno, o que favorece o acúmulo de antocianinas e colorações mais intensas. Isso porque, apesar da intensidade da coloração depender da intensidade de luz, devido ao seu efeito na síntese de antocianinas, as temperaturas afetam a formação da cor (RIBEIRO; DE LIMA; ALVES, 2012). Ubalde *et al.* (2010) afirma que as condições meteorológicas de São Joaquim, que também é um município do Planalto Catarinense, favorecem a maturação fenólica das uvas, pois o acúmulo de antocianinas durante a maturação apresenta correlação negativa com altas temperaturas e positiva com baixas.

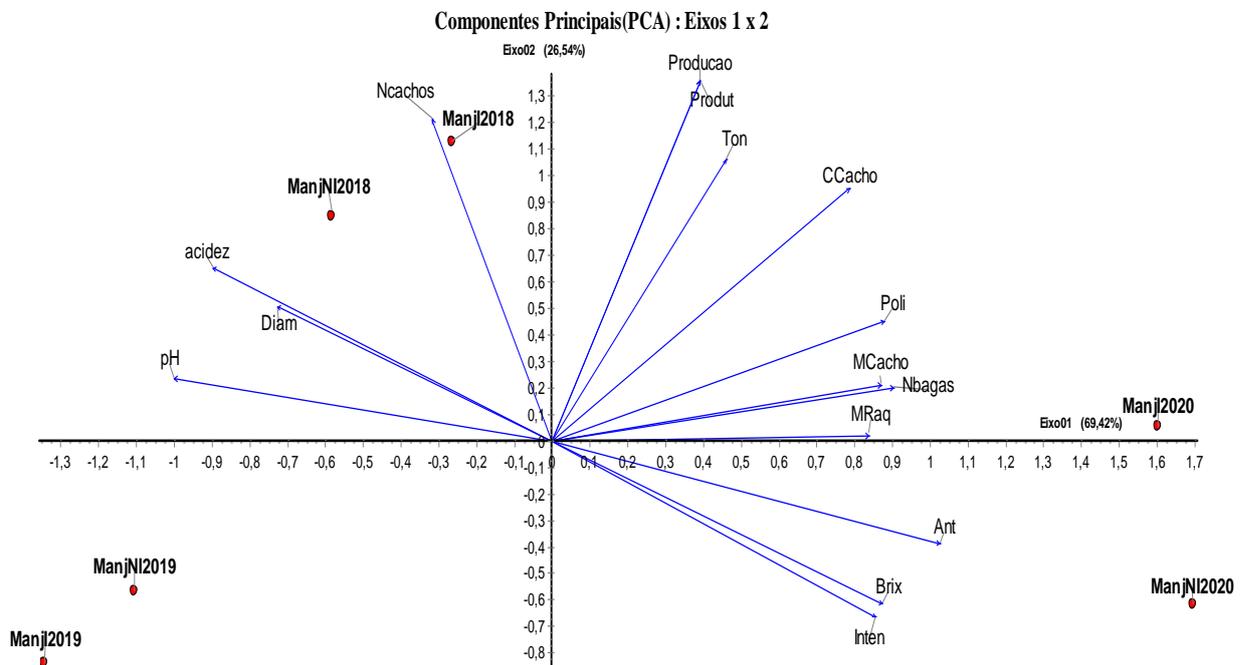
Os polifenóis totais das uvas produzidas nos ciclos 2017/18 e 2018/19 tiveram influência da umidade do solo, com as maiores médias no não irrigado. No ciclo 2017/18 a média no não irrigado foi de 2079 mg L⁻¹ e no irrigado 2025 mg L⁻¹. No ciclo 2018/19 a diferença entre os tratamentos foi um pouco maior, com média de 1422 mg L⁻¹ no não irrigado e 1204 mg L⁻¹ no Irrigado, com diferenças de 54 mg L⁻¹ no primeiro ciclo e 218 mg L⁻¹ na segunda (Figura 18). Observou-se, no entanto, que no ciclo 2019/20, embora não houvesse diferença entre os tratamentos, os teores de polifenóis são maiores que nos outros ciclos. Deve-se ressaltar que este atributo pode ser fortemente influenciado pelo regime hídrico, já que a umidade volumétrica do solo neste sistema (Y) no final do ciclo estava na ordem de 0,30 e 0,37 m³.m⁻³, portanto abaixo do limite da PMP definido no material e métodos (0,385 m³.m⁻³). Enquanto nos ciclos 2017/18 e 2018/19 foi próximo de 0,44 e 0,48 m³.m⁻³, próximos da CC. Os teores de polifenóis do ciclo de 2020 foi em torno de 50% maior que no ciclo 2017/18 e o dobro no ciclo de 2018/19.

O comportamento das variáveis que foram extraídas das cascas das uvas no sistema de condução Y seguiu a mesma tendência do sistema de condução espaldeira, com maiores médias para a ciclo 2019/20, entretanto, neste sistema de condução a irrigação não foi efetiva no incremento da intensidade de cor, antocianinas e polifenóis totais. Outros fatores como a umidade volumétrica efetiva do solo nos dias que antecederam a colheita podem ter influenciado mais que a diferença entre os tratamentos.

4.4.6 Análise de componentes principais para os três ciclos

A análise de componentes principais demonstrou que o eixo 01 e o eixo 02 explicaram 96% da variabilidade total dos dados das características das uvas Merlot avaliadas neste estudo nos três ciclos. O eixo 01 modelou 69% da variância, enquanto o eixo 02, 27% (Figura 19).

Figura 19 – Análise de componentes principais para as características produtivas, físico-químicas, parâmetros de cor e compostos fenólicos da uva Merlot em três ciclos (2017/18, 2018/19 e 2019/20), Urubici, SC.



Legenda: ManjI – Y Irrigado; ManjNI – Y Não irrigado; Ncachos: número de cachos; Producao: produtividade estimada; Poli: polifenóis totais; Ant: antocianinas; Ccacho: comprimento de cacho; Inten: intensidade de cor; Ton: tonalidade de cor; Nbagas: número de bagas; MRaq: massa de ráquis; MCacho: massa de cachos; Brix: sólidos solúveis; Diam: diâmetro de bagas. Eixo 01: 69,42%; Eixo 02: 26,54%.

Em relação ao eixo 01, com proximidade dos tratamentos do ciclo 2019/20, as variáveis com maior contribuição foram: número de bagas, acidez titulável, pH do mosto e antocianinas com 6% de variância para cada atributo, posteriormente, comprimento e massa do cacho, massa de ráquis, diâmetro de bagas, sólidos solúveis, polifenóis totais e antocianinas com 5% cada. Para o eixo 02 destacou-se: produção e produtividade (4%), número de cachos, comprimento do cacho e tonalidade de cor (3% cada) (Tabela 10/Tabela 10).

Tabela 10 – Porcentagem de contribuição das variáveis da uva Merlot no Eixo 01 e Eixo 02 da análise de componentes principais

| Característica | Eixo 01 | Eixo 02 |
|-----------------------------|---------|---------|
| | % | |
| Comprimento de cacho | 5 | 2,6 |
| Massa de cacho | 5 | 0,6 |
| Massa de ráquis | 5 | 0,1 |
| Número de bagas por cacho | 6 | 0,5 |
| Diâmetro de bagas | 5 | 1,4 |
| Número de cachos por planta | 2 | 3,3 |
| Produção | 2 | 3,7 |
| Produtividade | 2 | 3,7 |
| Sólidos Solúveis | 5 | 1,7 |
| Acidez Titulável | 6 | 1,7 |
| pH do mosto | 6 | 0,6 |
| Antocianinas | 6 | 1,0 |
| Polifenóis totais | 5 | 1,2 |
| Tonalidade de cor | 3 | 2,9 |
| Intensidade de cor | 5 | 1,8 |
| Total | 69 | 27 |

Observou-se que para o ciclo 2017/18 houve maior relação das variáveis número de cachos, produção e produtividade com o tratamento irrigado e acidez, diâmetro e pH com o tratamento não irrigado, já para safra 2018/19 não houve relação com as variáveis (Figura 19).

Os tratamentos de umidade do solo no ciclo 2019/20 demonstraram que o não irrigado teve maior relação com as características de composição das bagas, que se referem a qualidade das uvas destinadas a vinificação (antocianinas, sólidos solúveis e intensidade de cor), enquanto o irrigado se relacionou principalmente com as características produtivas, tonalidade e polifenóis totais (Figura 19).

5 CONCLUSÕES

A irrigação aumenta a produtividade da uva Merlot no sistema de condução Y em ciclos com déficit hídrico.

A irrigação diminuiu o teor de sólidos solúveis, aumenta a intensidade e diminui a tonalidade de cor, nos dois sistemas de condução.

A irrigação para aumentar a umidade do solo em períodos de estiagem, favorece a produtividade no sistema de condução Y e também a qualidade das uvas destinadas a vinificação, especialmente no sistema de condução espaldeira.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos ciclos avaliados neste estudo, notou-se que a adoção de irrigação em anos com boa distribuição hídrica não afeta significativamente as características produtivas das videiras cultivadas em espaldeira e Y, entretanto, na ocorrência de períodos de déficit hídrico, a produtividade aumentou no sistema Y.

Geralmente, a irrigação diminui o teor de sólidos solúveis nos dois sistemas de condução. Entretanto, esta redução não deve prejudicar o processo de vinificação. Em anos com maior disponibilidade hídrica houve redução da tonalidade de cor, antocianinas e polifenóis nos dois sistemas de condução com irrigação, e em anos de menor disponibilidade hídrica a irrigação influenciou no aumento de antocianinas e polifenóis totais.

Tendo em vista o cenário das mudanças climáticas, com maior ocorrência de eventos extremos que afetam a agricultura, e como há poucos estudos relacionados a adoção de estratégias de irrigação no Planalto Catarinense, salienta-se a importância na continuidade das pesquisas nesta área, com estudos que analisem estratégias de irrigação para as variedades que mais são cultivadas na região.

REFERÊNCIAS

- ACAVITIS, Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude. Disponível em: www.acavitis.com.br. Acessado em: 17 nov. 2017.
- ACEVEDO-OPAZO, C.; ORTEGA-FARIAS, S.; FUENTES, S. Effects of grapevine (*Vitis vinifera* L.) water status on water consumption, vegetative growth and grape quality: An irrigation scheduling application to achieve regulated deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 7, p. 956–964, 2010.
- ALLEBRANDT, R. et al. Fenologia da variedade Merlot produzida sobre três porta-enxertos em elevadas altitudes de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, v. 7, n. 7, p. 36–43, 2015.
- ALVES, M. E. B.; ZANUS, M. C.; TONIETTO, J. **Condições meteorológicas e sua influência na ciclo vitícola de 2020 em regiões produtoras de vinhos finos do Sul do Brasil. Embrapa**. Disponível em: <www.embrapa.br/fale-conosco/sac>.
- AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Methods for analysis of musts and wines**. New York: John Wiley, 1980. 341 p.
- ÁVILA NETTO, J. et al. Exigências hídricas da videira na Região do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p. 1559–1566, 2000.
- BAEZA, P., et al. Ecophysiological and agronomic response of Tempranillo grapevines to four training systems. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 56, n.2, p.129-138, 2005.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk Density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of Soil Analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v. 1p. 363–382.
- BONIN, V.; BRIGHENTI, E. **Aspectos climáticos e produção de vinhos finos na serra catarinense**. In: Encontro nacional sobre fruticultura de clima temperado, 7, 2006. Fraiburgo. Anais. Fraiburgo: Epagri, p.368, 2006.
- BORGHEZAN, M. et al. Efeito da área foliar sobre a composição da uva e a qualidade sensorial dos vinhos da variedade merlot (*Vitis vinifera* L.) cultivada em são joaquim, sc, brasil. **Ciencia e Tecnica Vitivinicola**, v. 26, n. 1, p. 1–9, 2011.
- BORGHEZAN, M. et al. Shoot growth of Merlot and Cabernet Sauvignon grapevine varieties. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 200–207, 2012.
- BORGHEZAN, M. et al. 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, n. 06, p. 321–335, 2014.
- BRAVETTI, B. et al. Canopy Density Modification and Crop Control Strategies on ‘Montepulciano’ (*Vitis vinifera* L.). **Acta Horticulturae**. v. 931, p. 331-337, 2012.
- BRIGHENTI, A. F. et al. Desponte dos ramos da videira e seu efeito na qualidade dos frutos 'Merlot' sobre os porta-enxertos 'Paulse 1103' e 'Courderc 3309'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.1, 2010.

- BRIGHENTI, A. F. et al. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina - Brasil. **Ciencia Rural**, v. 43, n. 7, p. 1162–1167, 2013.
- BRIGHENTI, A. F. et al. Desempenho vitícola de variedades autóctones Italianas em condição de elevada altitude no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 465–474, 2014.
- CALÒ A.; SCIENZA, A.; COSTACURTA. A. **Vitigni d'Italia**. Bologna, Itália, Edagricole, 2001. 831 p.
- CERA, J. C.; FERRAZ, S. E. T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 81–88, 2015.
- CHAVES, M. M. et al. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. **Annals of Applied Biology**, v. 150, n. 2, p. 237–252, 2007.
- CONDE, C. et al. Biochemical Changes throughout Grape Berry Development and Fruit and Wine Quality. **Global Science Books**, 2007.
- CORDEIRO, W. C. **A vitivinicultura em São Joaquim - SC: uma nova atividade no município**. [s.l.] Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.
- COSTA, A. DA et al. Pedotransfer functions to estimate retention and availability of water in soils of the state of Santa Catarina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 4, p. 889–910, 2013.
- COSTANZA, P. et al. 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.
- CQFS - Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2016) **Manual de calagem e adubação para os Estados de Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 376p
- CPRM- SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL.. 2014. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/17996?show=full>. Acesso em: 19 abr. 2021.
- DAL MAGRO, L., FOGAÇA, M. A. F. Efeito dos diferentes tipos de poda seca na produção e na qualidade da uva Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Viticultura e Enologia**, n.7, p.28-34, 2015.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Guidelines for predicting crop water requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper**, v. 24, p. 144, 1977.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Roma: FAO, **Irrigation and Drainage Paper**, v. 33, p. 306, 1994.
- DRY, P. R. et al. Strategic irrigation management in Australian vineyards. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 35, n. 3, p. 129–139, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2 ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EPAGRI. **Sistema de sustentação da videira na forma de “Y” ou “Manjedoura” com cobertura plástica**. 2002.

ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R. Relationships between different berry components in Tempranillo (*Vitis vinifera* L) grapes from irrigated and non-irrigated vines during ripening. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 82, n. 10, p. 1136–1146, 2002.

EVANS, R. G. et al. Water use of *Vitis vinifera* grapes in Washington. **Agricultural Water Management**, v. 23, n. 2, p. 109–124, 1993.

FACHINELLO, J.C. et al. Manejo do solo e irrigação em pomares. In: FACHINELLO, J.C.; NACHTIGAL, J.C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.53-70, 2008.

FALCÃO, L. D. et al. A survey of seasonal temperatures and vineyard altitude influences on 2-methoxy-3-isobutylpyrazine, C13-norisoprenoids, and the sensory profile of Brazilian Cabernet Sauvignon wines. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 9, p. 3605–3612, 2007.

FALCÃO, L. D. et al. Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. **Ciencia e Investigacion Agraria**, v. 35, n. 3, p. 271–282, 2008.

FAVERO, A. C. et al. Resposta fisiológica e produção do vinhedo de “Syrah” em função dos sistemas de condução. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 3, p. 267–273, 2010.

GARDIN, J. P. P. et al. Ácido Abscísico e Etefom: Influência Sobre a Maturação e Qualidade das Uvas Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 321–327, 2012.

GEE, G.; BAUDER, J. Particle size analysis. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of Soil Analysis**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v. 1p. 383–411.

GIL, G.; PSZCZÓLKOWSKI, P. Viticultura, Fundamentos para Optimizar Producción y Calidad. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 34, n. 3, p. 99, 2007.

GRIS, E. F. et al. 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, n. 2, p. 61–75, 2010.

HALL, A.; JONES, G. V. Spatial analysis of climate in winegrape-growing regions in Australia. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 16, n. 3, p. 389–404, 2010.

HOWELL, G. S. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 52, n.3, p. 165-174, 2001.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J. **Sistema de condução em manjedoura na forma de “Y” e cultivo protegido para a videira**. **Boletim Técnico IAC**, 2011. Campinas.

HERNANDES, J. L. et al. Comportamento produtivo da videira ‘Niagara Rosada’ em diferentes sistemas de condução, com e sem cobertura plástica, durante as safras de inverno e de verão. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 35, n. 1, p. 123-130, 2013.

IBGE. Dados de Previsão de Ciclo - Produção - Brasil - março 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>>. Acesso em: 11 abril. 2021.

IDE, G. M.; DAUDT, C. E. Evolução Da Cor Durante a Maturação Das Uvas Tintas. **Ciência Rural**. 1993.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Dados Meteorológicos – Estações

Automáticas. Disponível em:

<<[Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTg0NQ==>>>></p></div><div data-bbox=)

INTRIGLILOLO, D. S.; CASTEL, J. R. Effects of irrigation on the performance of grapevine cv. Tempranillo in Requena, Spain. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 59, n. 1, p. 30–38, 2008.

JACKSON, D.; LOMBARD, P. Environmental and Management Practices Affecting Grape Composition and Wine Quality - A Review. v. 44, n. 4, p. 409–430, 1993.

JACKSON, R. S. **Wine Science: principles and applications**. ELSEVIER, 5. ed., 1017p., 2020.

JONES, G. V.; DAVIS, R. E. Climate influences on grapevine phenology, grape composition, and wine production and quality for Bordeaux, France. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 51, n. 3, p. 249–261, 2000.

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**, v. 35, n. 3, p. 241–254, 2008.

JUBILEU, B. DA S.; SATO, A. J.; ROBERTO, S. R. Caracterização fenológica e produtiva das videiras “Cabernet sauvignon” e “Alicante” (*Vitis vinifera* L.) produzidas fora de época, no Norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 15, 2010.

KENNEDY, J. A.; MATTHEWS, M. A.; WATERHOUSE, A. L. Effect of maturity and vine water status on grape skin and wine flavonoids. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 4, p. 268–274, 2002.

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.

KOK, D.; BAL, E.; CELIK, S. Influences of various canopy management techniques on wine grape quality of *V. vinifera* L. cv. Kalecik Karasi. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 19, n. 6, p. 1247–1252, 2013.

KUHN, G.B. **Uva para processamento: produção**. Brasília: Embrapa Informação

Tecnológica (Frutas do Brasil, 34). Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 134 p, 2003.

KUHN, N. et al. Berry ripening: Recently heard through the grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 16, p. 4543–4559, 2014.

KYRALEOU, M. et al. Effect of vine training system on the phenolic composition of red grapes (*Vitis vinifera* L. cv. Xinomavro). **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 49, n. 1, p. 71–84, 2015.

LEÃO, P.C.S.; SOARES, J.M. **A vitivicultura no Semiárido Brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa Semiárido: Petrolina, p. 294–347, 2009.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 344 p.

LUCIANO, RODRIGO V. et al. Condições meteorológicas e tipo de solo na composição da uva “cabernet sauvignon”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, p. 97–104, 2013.

MAFRA, M. S. H. et al. Atributos químicos do solo e estado nutricional de videira Cabernet Sauvignon (*Vitis vinifera* L.) na Serra Catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 10, n. 1, p. 44–53, 2011.

MAKHOTKINA, O. et al. Influence of Sulfur Dioxide Additions at Harvest on Polyphenols, C 6 -Compounds, and Varietal Thiols in Sauvignon blanc. p. 203–213, 2013.

MAKRA, L. et al. Wine quantity and quality variations in relation to climatic factors in the Tokaj (Hungary) winegrowing region. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 60, n. 3, p. 312–321, 2009.

MALINOVSKI, L. I. et al. Highlands of Santa Catarina/Brazil: A region with high potential for wine production. **Acta Horticulturae**, v. 931, n. March, p. 433–440, 2012.

MALINOVSKI, L. I. et al. Effect of crop load per leaf area ratio on the quality of “Merlot” and “Syrah” grown in high altitude in Santa Catarina, Brazil. **Acta Horticulturae**, v. 1157, p. 393–398, 2017.

MANDELLI, F. **Comportamento fisiológico das principais cultivares *Vitis vinifera* L. para a região de Bento Gonçalves, RS**. Piracicaba: ESALQ. 125p, 1984.

MANDELLI, F. et al. Fenologia da videira da Serra Gaúcha. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 9, n. 1–2, p. 129–144, 2003.

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

MARCON FILHO, J. L. **Sistemas de condução na produção de uvas viníferas e composição química e aromática de vinhos da região de altitude de Santa Catarina**. [s.l.] Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016.

MARCON FILHO, J. L. et al. Lyre and trellis training systems on the berry composition of “Cabernet Sauvignon” in the Brazilian highlands. **Acta Horticulturae**, v. 1157, p. 417–422, 2017.

MATEUS, N.; FREITAS, V. DE. ÚLTIMOS PROGRESSOS CIENTIFICOS SOBRE OS PIGMENTOS DO VINHO. n. Figura 2, p. 1–5, 2006.

NAGEL, C.W.; WULF, L.W. Changes in the anthocyanins, flavonoids and hydroxycinnamic acid esters during fermentation and aging of Merlot and Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 30, n. 2, 1979.

NASCIMENTO, R. L. et al. Efeitos de diferentes estratégias de irrigação sobre as características físico-químicas de vinhos tropicais Syrah. p. 369–377, 2011.

NACHTIGAL, J.C. **Propagação e instalação da cultura da videira**. In: Simpósio brasileiro sobre uvas de mesa, 1. Ilha Solteira. Anais.. Ilha Solteira: UNESP, p.81-97, 2001.

NERY, J. T. Dinâmica Climática Da Região Sul Do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 61–75, 2005.

NORBERTO, P. M. et al. Influência do sistema de condução na produção e na qualidade dos frutos das videiras folha de figo e Niagara Rosada em caldas, MG. v. 32, p. 450–455, 2008.

OIV. OIV report on the world vitivinicultural situation. Disponível em: <<http://www.oiv.int/public/medias/2246/press-release-2015-bilan-vin-en-oiv.pdf>>. Acesso em: 8 mar. 2016.

OJEDA, H. et al. Influence of pre- and postveraison water deficit on synthesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *Vitis vinifera* cv. Shiraz. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 53, n. 4, p. 261–267, 2002.

PALLIOTTI, A. A new closing Y-shaped training system for grapevines. **Australian Journal of Grape and Wine Research**. v. 18, p. 57–63, 2012.

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

PÉREZ-RECIO, G. **Operaciones manuales en viñedo**. Servicio de Formación Agraria e Iniciativas. Junta de Castilla y León, España, 2007.

PSZCZÓLKOWSKI, P.; LECCO, C. C. DE. Manual de Vinificación : Guía práctica para la elaboración de vinos. 2011.

RESCO, P. et al. Exploring adaptation choices for grapevine regions in Spain. v. 16, p. 979–993, 2016.

REYNIER, A. **Manuel de viticulture**. 10. éd. [Paris]: Tec & Doc Editions, 2007. 532 p.

REYNOLDS, A. G.; VANDEN HEUVEL, J. E. Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 60, n. 3, p. 251–268, 2009.

RIBEIRO, T. P.; DE LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E. Maturação e qualidade de uvas para suco em condições tropicais, nos primeiros ciclos de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 8, p. 1057–1065, 2012.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. **Traité d'oenologie 2: Chimie du vin: stabilisation et traitements**. Paris: Dumond. v.2, 1998, 519 p.

RIZZON, L. A. Metodologia para análise de vinho. In: RIZZON, L. A.; SALVADOR, M. B. G. (Eds.). **EMBRAPA**. 1. ed. Brasília. 2010. p. 120.

RIZZON, L. A.; MIELE, A. Avaliação da cv. Merlot para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 156–161, 2003.

RODRIGUES, M. L. et al. Hydraulic and chemical signalling in the regulation of stomatal conductance and plant water use in field grapevines growing under deficit irrigation. **Functional Plant Biology**, v. 35, n. 7, p. 565–579, 2008.

SACCHELLI, S.; FABBRIZZI, S.; MENGHINI, S. Climate change effects and adaptation strategies in the wine sector: a quantitative literature review. **Wine Economics and Policy**, v. 5, n. 2, p. 114–126, 2016.

SANCHEZ-RODRIGUEZ, L. A.; DIAS, C. T. DOS S.; SPÓSITO, M. B. Fisiologia e produção da videira “Niágara Rosada” nos sistemas de condução em espaldeira e em Y. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 1948–1956, 2016.

SANTILLÁN, D. et al. Vineyards in transition: A global assessment of the adaptation needs of grape producing regions under climate change. **Science of the Total Environment**, v. 657, p. 839–852, 2019.

SANTOS, A. O. et al. Composição da produção e qualidade da uva em videira cultivada sob dupla poda e regime microclimático estacional contrastante. p. 1135–1154, 2011.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SANZ, S. M. et al. **Guía de buenas prácticas agrícolas para las explotaciones vitícolas**. Agencia Ca ed. Generalitat de Catalunya, 2010.

SHEPHERD, G. J. Fitopac. Versão 2.1. Campinas, SP: Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, 2010.

SCHUCK, E.; CALIARI, V.; ROSIER, J.P. Uso da plasticultura na melhoria da qualidade de frutas. In: ENFRUTE, 7., 2004, Fraiburgo. Anais... 8p

SHELLIE, K. C. Vine and berry response of merlot (*Vitis vinifera* L.) to differential water stress. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 57, n. 4, p. 514–518, 2006.

SHRIVASTAVA, P. K. et al. Effect of drip irrigation and mulching on yield, water-use efficiency and economics of tomato. **Plant, Soil and Environment**, v. 25, p. 179–184, 1994.

SILVA, L. C. et al. Maturação tecnológica e qualidade da uva ‘Itália’ em cultivo protegido sob distintos manejos hídricos. **Ciência Rural**. 2015, v. 45, n. 02, p. 252-259.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. J. Colorimetry to total phenolics with phosphomolybdic acid reagents. **American journal of enology and viticulture**, v. 16, n. 48, p. 144–58, 1965.

SMART, R. E. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A Review. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 36, n. 3, p. 230-239, 1985.

SOARES, J.M.; COSTA, F.F. da. **Irrigação da cultura da videira**. In: SOUZA LEÃO, P. C. S.; SOARES, J. M. (Org.). A viticultura no semi-árido brasileiro. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. v. 1, p. 147-212.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de Solo, Plantas e Outros Materiais**. Porto Alegre. 1995.

TEIXEIRA, A. H. DE C. et al. Aptidão agroclimática da cultura da videira no Estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 107–111, 2002.

TONIETTO, J.; ALVES, M. E. B. **Condições meteorológicas e sua influência na ciclo vitícola de 2018 em regiões produtoras de vinhos finos do Sul do Brasil**. EMBRAPA Uva e Vinho. Bento Gonçalves. 2018.

UBALDE, J. M. et al. Effects of soil and climatic conditions on grape ripening and wine quality of Cabernet Sauvignon. **Journal of Wine Research**, v. 21, n. 1, p. 1–17, 2010.

VAN LEEUWEN, C. et al. Heat requirements for grapevine varieties is essential information to adapt plant material in a changing climate. **7. Congrès International des Terroirs Viticoles**, 2008.

VAN LEEUWEN, C. et al. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 43, n. 3, p. 121–134, 2009.

VIEIRA, J. M. S. S. Controle da umidade do solo na composição da uva Cabernet Sauvignon cultivada na região serrana de SC. Tese. Lages, SC. 2018.

WARMLING, M. I. Variabilidade espacial do solo e efeito da ciclo sobre a produtividade e composição da uva e do vinho no Planalto Catarinense. Dissertação. Lages, SC. 2017.

WARMLING, M. T. et al. Effect of soil classes and climatic conditions on the productive characteristics and composition of cabernet sauvignon grapes. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 6, p. 1–14, 2018.

WEAVER, R.J. **Grape growing**. New York: J. Wiley, 1976. 371p.

WHEELER, S. J.; BLACK, A. S.; PICKERING, G. J. Vineyard floor management improves wine quality in highly vigorous vitis vinifera 'cabernet sauvignon' in New Zealand. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v. 33, n. 3, p. 317–328, 2005.

WILLIAMS, L.E; MATTHEWS, M.A. Grapevine. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. (Ed.). Irrigation of agricultural crops. Madison: **American Society of Agronomy**, 1990. p.1019-1055. (ASA. Monograph, 30).

WINKLER, A.J. et al. **General viticulture**. 2.ed. Berkeley: University of California Press, 1974. 710p.

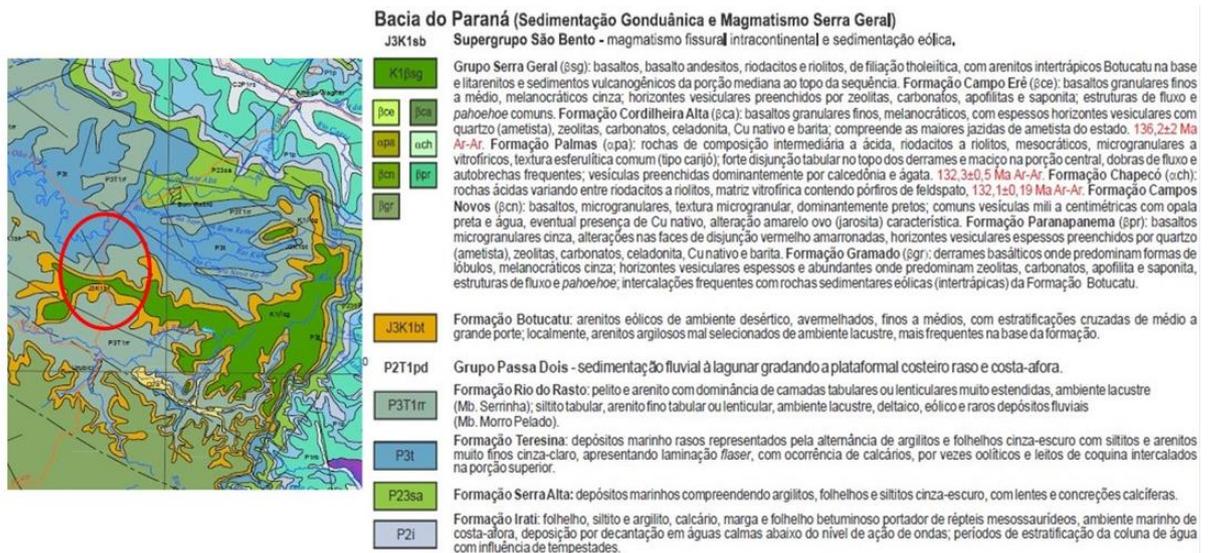
WÜRZ, D. A. et al. Época de desfolha e sua influência no desempenho vitícola da uva ‘Sauvignon Blanc’ em região de elevada altitude. **Revista de Ciências Agroveterinarias**, v. 17, n. 1, p. 91–99, 2018.

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

XI, Z. MEI et al. The Effect of Vineyard Cover Crop on Main Monomeric Phenols of Grape Berry and Wine in *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. **Agricultural Sciences in China**, v. 9, n. 3, p. 440–448, 2010.

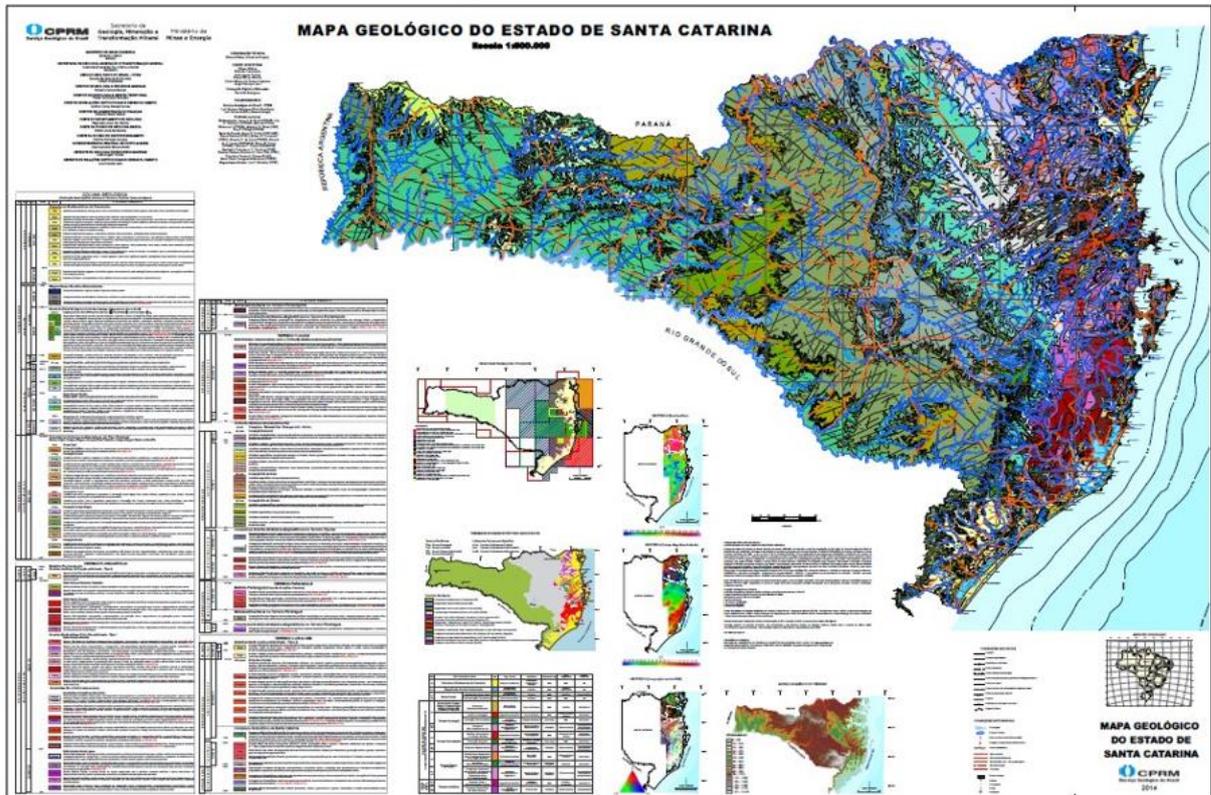
ZALAMENA, J. et al. Estado nutricional, vigor e produção em videiras cultivadas com plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, n. 4, p. 1190–1200, 2013.

ANEXO A – PARTE DO MAPA GEOLÓGICO (CPRM, 2014) DO MUNICÍPIO DE URUBICI



Fonte: elaborado pela autora, com base no mapa CPRM (2014)

ANEXO B – MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DE SANTA CATARINA – CPRM (2014)



Fonte: elaborado pela autora, com base no mapa CPRM (2014)

ANEXO C – PERFIL DE SOLO

DATA: 13/04/2021

CLASSIFICAÇÃO: Cambissolo Húmico Alumínico típico

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS:

Sentido Lages a Urubici, 16 km da BR 282, 500 metros após a entrada da Pousada Kiriri Etê, Urubici, Santa Catarina, 27° 56' 02,3" S, 49° 34' 15,2 O (SIRGAS, 2000)

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL: relevo ondulado sob cultivo de uvas viníferas.

ALTITUDE: 1.100 m

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: arenito

PREDEGOSIDADE: ausente

ROCHOSIDADE: ausente

RELEVO LOCAL: ondulado

RELEVO REGIONAL: ondulado e forte ondulado

EROSÃO: ausente

DRENAGEM: moderadamente drenado

USO ATUAL: fruticultura (videiras)

CLIMA: Cfb

DESCRITO E COLETADO POR: Maria Izabel Warmling e Gustavo Eduardo Pereira

**ANEXO D - CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA E FÍSICA DO PERFIL - Cambissolo
Húmico Aluminico típico.**

| Horizonte | Profundidade | Cor Úmida | Areia grossa | Areia fina | Areia Total | Silte | Argila | COT | pH | pH | Al |
|-----------|--------------|-----------|---------------------------------|------------|-------------|-------|--------|-----|-------|-----|------------------------------------|
| | cm | | -----g 100g ⁻¹ ----- | | | | | | áágua | SMP | cmol _c dm ⁻³ |
| Ap | 0 - 10 | 10YR 2/1 | 33 | 28 | 61 | 25 | 14 | 6,7 | 5,0 | 5,4 | 0,7 |
| A1 | 10 - 45 | 10 YR 2/1 | 29 | 23 | 52 | 27 | 21 | 6,1 | 5,9 | 5,8 | 0,2 |
| AB | 45 - 60 | 10 YR 2/2 | 29 | 23 | 53 | 25 | 22 | 4,5 | 4,5 | 4,4 | 7,3 |
| BA | 60 - 75 | 10 YR 3/4 | 26 | 21 | 47 | 26 | 28 | 3,9 | 4,3 | 4,4 | 7,6 |
| Bi | 75 - 85 | 10YR 4/4 | 20 | 16 | 36 | 28 | 36 | 3,2 | 4,5 | 4,4 | 6,7 |
| BC | 85 - 135+ | 10YR 5/6 | 23 | 21 | 44 | 28 | 28 | 2,2 | 4,2 | 4,7 | 7,8 |

| Horizonte | Profundidade | Ca | Mg | Na | K | H + Al | S | CTC _{pH7} | CTC _{efe} | V | m |
|-----------|--------------|---|-----|-----|-----|--------|-----|--------------------|--------------------|----|----|
| | cm | -----cmol _c dm ⁻³ ----- | | | | | | | | % | |
| Ap | 0 - 10 | 3,3 | 2,3 | 0,1 | 0,2 | 5,9 | 5,9 | 11,8 | 6,6 | 50 | 11 |
| A1 | 10 - 45 | 3,3 | 2,4 | 0,1 | 0,2 | 5,2 | 6,0 | 11,2 | 6,2 | 54 | 3 |
| AB | 45 - 60 | 0,2 | 1,3 | 0,1 | 0,2 | 8,8 | 1,8 | 10,6 | 9,1 | 17 | 81 |
| BA | 60 - 75 | 0,0 | 0,5 | 0,1 | 0,2 | 8,9 | 0,8 | 9,7 | 8,4 | 8 | 90 |
| Bi | 75 - 85 | 0,0 | 0,4 | 0,1 | 0,2 | 8,8 | 0,7 | 9,5 | 7,4 | 7 | 91 |
| BC | 85 - 135+ | 0,0 | 0,3 | 0,1 | 0,2 | 7,8 | 0,4 | 8,2 | 8,2 | 5 | 95 |