

MARIA IZABEL WARMLING

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO SOLO E EFEITO DA SAFRA SOBRE A
PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DA UVA E DO VINHO NO PLANALTO
CATARINENSE**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em
Ciência do Solo, da Universidade do Estado de Santa
Catarina – UDESC, como requisito parcial para obtenção do
grau de Mestre em Ciência do Solo.

Orientador: Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque

Coorientador: Prof. Dr. Leo Rufato

LAGES, SC

2017

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

Warmling, Maria Izabel
VARIABILIDADE ESPACIAL DO SOLO E EFEITO DA SAFRA
SOBRE A PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DA UVA E DO
VINHO NO PLANALTO CATARINENSE / Maria Izabel
Warmling. - Lages , 2017.
95 p.

Orientador: Jackson Adriano Albuquerque
Co-orientador: Leo Rufato
Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Do Solo, Lages, 2017.

1. Geoestatística. 2. Cabernet Sauvignon. 3.
Composição Fenólica. I. Albuquerque, Jackson Adriano
. II. Rufato, Leo. , .III. Universidade do Estado
de Santa Catarina, Centro de Ciências
Agroveterinárias, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Do Solo. IV. Título.

MARIA IZABEL WARMLING

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO SOLO E EFEITO DA SAFRA SOBRE A
PRODUTIVIDADE E COMPOSIÇÃO DA UVA E DO VINHO NO PLANALTO
CATARINENSE**

Dissertação apresentada ao curso 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 grau de Mestre em Ciência do Solo.

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Prof. Dr. Jackson Adriano Albuquerque
Universidade do Estado de Santa Catarina

Membro:



Prof. Dr. Rodrigo Vieira Luciano
Instituto Federal do Rio Grande do Sul

Membro: _____

Prof. Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Universidade do Estado de Santa Catarina

Lages, 22 de fevereiro de 2017.

A toda minha família, mas principalmente ao meu anjo
mais lindo, quem me motiva e me faz seguir em frente,
Julia Warmling Zilli (*in memoriam*), dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por toda iluminação e saúde durante esta etapa.

A minha família, principalmente aos meus pais Valter Warmling e Isalina Beckhauser Warmling por estarem sempre ao meu lado, me apoiando e incentivando para seguir sempre em frente, vencendo todas as dificuldades que aparecem no caminho. E também aos meus irmãos, Valter e Juliano que mesmo longe estão sempre presentes.

Ao meu orientador Jackson Adriano Albuquerque, que desde o início da minha graduação em Agronomia me aceitou como orientada e sempre foi muito dedicado e paciente para ensinar. Obrigada pela paciência, amizade e todo ensinamento transmitido, sou muito grata.

Aos amigos e colegas do Laboratório de Física e Manejo do Solo, por todo companheirismo, ajuda no laboratório, horas de estudo e lazer, vocês foram fundamentais.

A todo o grupo do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, professores, amigos e técnicos que estiveram sempre dispostos a auxiliar em tudo que foi preciso, vocês fazem com que a UDESC seja a minha segunda casa.

A minha irmã Maria Tereza Warmling e ao meu pequeno José Henrique, por serem meu porto seguro, com quem divido os momentos de alegria e tristeza todos os dias da minha vida. Não quero vocês longe de mim nunca, obrigada por tudo!

A Villa Francioni, por disponibilizar sua área de vinhedo para realização do experimento.

A Capes, Fapesc e CNPq por disponibilizarem recursos e auxílio para execução das pesquisas.

Enfim, a todos que contribuíram de alguma forma para que este trabalho fosse realizado, muito obrigada.

RESUMO

A vitivinicultura de altitude é uma atividade recente e que está em processo de expansão no Planalto Serrano Catarinense. Os solos desta região têm grande variabilidade em seus atributos, podendo ser um entrave para o rendimento dos vinhedos. O trabalho teve como objetivo avaliar a variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos de um Nitossolo Bruno de altitude, e seus efeitos sobre a composição da uva para vinificação. O experimento foi conduzido na cidade de São Joaquim – SC, a uma altitude média de 1260 m, clima do tipo mesotérmico úmido, com verão ameno e precipitação anual média de 1600 mm. O vinhedo foi implantado em 2002, com a variedade Cabernet Sauvignon (*Vitis vinífera* L.) sobre porta-enxerto Paulsen 1103, conduzido em espaldeira. Foram avaliados 54 pontos na área nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, para determinar os atributos físicos e químicos do solo. Em cada ponto, duas videiras foram selecionadas para quantificar o número de cachos e foram colhidos dois cachos por planta. A partir destes cachos foram avaliadas as características produtivas, físico-químicas e os compostos fenólicos da uva nas safras 2014/2015 e 2015/2016. Os dados foram submetidos à análise exploratória descritiva, geoestatística e confecção de mapas de isolinhas. As médias das características das uvas nas duas safras foram comparadas pelo teste “t”. Foi realizada análise de correlação entre as características do solo e da uva. Foi observada dependência espacial para a maioria dos atributos físicos e químicos do solo, com grau de dependência entre moderado e forte. Ocorreram diferenças nas características produtivas das uvas entre as safras, sendo que na safra 2014/2015 a produtividade foi menor, entretanto a composição da uva e do vinho diferiu pouco entre as safras. Foi observada relação entre os atributos do solo com as características produtivas e com a composição da uva Cabernet Sauvignon, porém as condições meteorológicas exercem maior influência na videira do que as do solo.

Palavras-chave: Geoestatística. Cabernet Sauvignon. Composição Fenólica.

ABSTRACT

The altitude wine industry is a recent activity and is in process of expansion in the Planalto Serrano Catarinense. The soils of the region present great variability in their attributes, and can be an obstacle to the yield of the vineyards. The objective of this study was to evaluate the spatial variability of the chemical and physical attributes of a Nitossolo Bruno of highlands, and its effects on grape composition for vinification. The experiment was conducted in the city of São Joaquim - SC, at an average altitude of 1260 m, humid mesothermic climate, with mild summer and average annual precipitation of 1600 mm. The vineyard was implanted in 2002, with Cabernet Sauvignon variety (*Vitis vinifera* L.), on rootstock Paulsen 1103, conducted in a cordon training system. Were evaluated 54 points in the area in the 0-10 and 10-20 cm layers to determine the physical and chemical attributes of the soil. At each point, two vines were selected to quantify the number of bunches and two bunches were collected per plant. From these bunches the productive characteristics, the physical-chemical attributes and the phenolic compounds of the grape were evaluated in the 2014/2015 and 2015/2016 harvests. The data were submitted to descriptive exploratory, geostatistical analysis and mapping of isolines. The means of the characteristics of the grapes in the two harvests were compared by the "t" test. Correlation analysis was performed between soil and grape characteristics. Spatial dependence was observed for most of the soil physical and chemical attributes, with a moderate to strong dependence degree. There were differences in the productive characteristics of the grapes between the harvests, and in the 2014/2015 harvest the productivity was lower, however the composition of the grape and wine differed little between the harvests. It was observed a relation between the attributes of the soil with the productive characteristics and the composition of the Cabernet Sauvignon grape, however the meteorological conditions exert a greater influence on the grapevine than the soil

Keywords: Geostatistical. Cabernet Sauvignon. Phenolic composition.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Mapas de isolinhas para a fração argila (g kg^{-1}) em um Nitossolo Bruno na camada de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.....45
- Figura 2 – Mapas de isolinhas do teor de carbono orgânico (g kg^{-1}) em um Nitossolo Bruno na camada de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.46
- Figura 3– Mapas de isolinhas para microporosidade ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) em um Nitossolo Bruno na camada de 0-10 cm (A) e na camada de 10-20 cm (B) e densidade do solo (g cm^{-3}) na camada de 0-10 cm (C) e na camada de 10-20 cm (D) nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.....47
- Figura 4 – Mapas de isolinhas para macroporosidade ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (A) e porosidade total ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (B) em um Nitossolo Bruno na camada de 0-10 cm nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.....48
- Figura 5 – Mapas de isolinhas para pH do solo na camada de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) em um Nitossolo Bruno nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.53
- Figura 6 – Mapas de isolinhas para fósforo (mg kg^{-1}) na camada de 0-10 cm de em um Nitossolo Bruno nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.....53
- Figura 7–Mapas de isolinhas para cálcio e magnésio ($\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$) na camada de 0-10 cm (A, C) e 10-20 cm (B,D) em um Nitossolo Bruno nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.55
- Figura 8 - Precipitação pluviométrica média mensal (mm) e Temperatura média mensal ($^{\circ}\text{C}$) das safras 2014/2015 e 2015/2016; S.H: série histórica (30 anos).....65
- Figura 9 - Insolação média (horas) das safras 2014/2015 e 2015/2016; S.H: série histórica (30 anos).69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva dos atributos e indicadores de qualidade física em um Nitossolo Bruno em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertadas sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, São Joaquim (SC), 2015. N (54 pontos amostrais).	40
Tabela 2 - Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos e indicadores de qualidade física de um Nitossolo Bruno em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, São Joaquim (SC), 2015.	44
Tabela 3- Estatística descritiva dos atributos químicos de um Nitossolo Bruno em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, São Joaquim (SC), 2015. n (54 pontos amostrais).	50
Tabela 4- Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos químicos de em um Nitossolo Bruno em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, São Joaquim (SC), 2015.	52
Tabela 5 - Estatística descritiva do número de cachos, características físicas dos cachos, das características físicas das bagas e da produtividade de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Nitossolo Bruno, São Joaquim (SC). n (54 pontos amostrais).	57
Tabela 6- Estatística descritiva dos atributos físico-químicos e dos compostos fenólicos de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Nitossolo Bruno, São Joaquim (SC). n (54 pontos amostrais).	60
Tabela 7 – Características analíticas dos vinhos produzidos nas safras 2014/2015 e 2015/2016, provenientes de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, São Joaquim (SC).	62
Tabela 8 – Precipitação, temperaturas médias e insolação nos períodos de brotação a mudança da cor das bagas (Setembro-Janeiro) e no período de maturação da uva (Fevereiro-Março), São Joaquim (SC), 2016.	64
Tabela 9- Correlação entre as características físicas e a produtividade da uva Cabernet Sauvignon na safra 2014/2015 e 2015/2016, São Joaquim, SC, 2016.	71
Tabela 10 – Correlação entre as características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva nas safras 2014/2015 e 2015/2016, São Joaquim, SC, 2016.	72
Tabela 11 – Correlação entre os atributos físicos e químicos do solo e as características produtivas da uva das safras 2014/2015 e 2015/2016.	74
Tabela 12 - Correlação dos atributos físicos do solo com as características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva na média das safras 2014/2015 e 2015/2016.	75

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 OBJETIVO	20
1.2 HIPÓTESES	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 PANORAMA DA VITICULTURA.....	21
2.2 CLASSES DE SOLO EM SÃO JOAQUIM - SC	24
2.3 INFLUÊNCIA DO SOLO NA COMPOSIÇÃO DA UVA	25
2.3.1 Influência das características físicas do solo no desenvolvimento das videiras.....	26
2.3.2 Influência das características químicas do solo no desenvolvimento das videiras	27
2.4 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS DO SOLO	29
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	32
3.2 COLETA DE SOLO E DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS	33
3.3 COLETA E ANÁLISES DA UVA	34
3.4 MICROVINIFICAÇÃO	35
3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
3.5.1 Estatística descritiva exploratória.....	36
3.5.2 Análise de correlação	36
3.5.3 Análises geoestatísticas	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	39
4.2 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	42
4.3 MAPAS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	45
4.4 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	48
4.5 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	51
4.6 MAPAS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	52
4.7 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DA UVA ..	55
4.8 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DA UVA.....	58
4.8.1 Atributos físico-químicos e compostos fenólicos dos vinhos	61
4.9 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.....	63
4.10 INFLUÊNCIA DO CLIMA NAS CARACTERÍSTICAS DAS UVA	64
4.10.1 Influência do clima nas características produtivas e na produtividade da uva.....	64

4.10.2	Influência do clima nas características físico-químicas e compostos fenólicos da uva.	67
4.11	CORRELAÇÕES	70
4.11.1	Correlação entre as características produtivas da uva	70
4.11.2	Correlação entre as características físico-químicas e composto fenólicos.....	71
4.11.3	Correlação entre os atributos físicos e químicos do solo com as características produtivas da uva.....	73
4.11.4	Correlação entre os atributos físicos e químicos do solo com as características físico-químicas e a composição fenólica da uva	74
5	CONCLUSÕES	77
	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICE	94

1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma viticultura diversificada e o cultivo de videiras para a elaboração de vinhos finos está em constante expansão. No estado de Santa Catarina as uvas americanas ou híbridas são amplamente cultivadas e representam a maior parte da produção do estado. Grande interesse tem surgido pelas regiões vitivinícolas do Planalto Catarinense. A altitude superior a 900 metros acima do nível do mar confere um clima diferenciado, o qual interfere no ciclo da videira, pois retarda a brotação e as demais fases, aumenta a duração do ciclo fenológico e permite melhor maturação fenólica das uvas (PROTAS; CAMARGO, 2011).

As regiões de altitude do Estado de Santa Catarina já são reconhecidas como regiões para elaboração de vinhos finos. Atualmente, estas regiões contam com aproximadamente 350 hectares de videiras europeias. Dentro das principais variedades produzidas, Chardonnay e Sauvignon Blanc destacam-se entre as uvas brancas, e Pinot Noir, Merlot, Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon e Sangiovese entre as uvas tintas (BORGHEZAN et al., 2014).

Apesar das condições favoráveis relacionadas ao clima, alguns solos não são adequados para o cultivo da videira. Em alguns, ocorre grande variabilidade dos atributos, ou seja, diferem muito entre si, mesmo dentro de uma mesma classe de solo. Desta forma, estas diferenças implicam, muitas vezes, a necessidade de manejo diferenciado para obter a melhor resposta fisiológica, produtiva e qualitativa das videiras.

A descrição detalhada do conjunto de atributos físicos e químicos dos solos de altitude, e dos atributos relacionados a composição da variedade Cabernet Sauvignon, bem como de variáveis do espaço físico terrestre, são indispensáveis para analisar e compreender as interações que ocorrem entre a água, o solo e a planta. Entretanto, as relações dessas variáveis dentro de uma topossequência são complexas e devem ser consideradas para melhor utilização dos solos (ALVARENGA; PAULA, 2000).

O conhecimento da variabilidade dos atributos e do teor de água dos solos de altitude é de fundamental importância para avaliar os tipos de solos para a implantação de novos vinhedos (LUCIANO, 2012). Entretanto, estudos são necessários para avaliar o efeito da variabilidade espacial dos atributos físicos, químicos e físico-hídricos, de forma a gerar informações que permitam à implantação e manejo de vinhedos, sem comprometer a produção, as características físicas, físico-químicas e os compostos fenólicos das uvas viníferas, entre elas a variedade Cabernet Sauvignon.

Desta forma, este estudo objetivou avaliar a variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos de um Nitossolo Bruno cultivado com videira e identificar as relações dos atributos de solo com a produtividade e a composição da uva para a vinificação.

1.1 OBJETIVO

Avaliar a variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo de área cultivada com videira e relacionar com a produtividade e a composição da uva para a vinificação.

Avaliar quais os principais atributos dos solos são mais importantes no monitoramento de áreas de vinhedos no Planalto Catarinense.

1.2 HIPÓTESES

Nos solos de altitude do Planalto Catarinense a variabilidade espacial influencia a produtividade e a composição da uva produzida para vinificação. Locais bem drenados e com teor adequado de nutrientes produzem uvas de composição mais adequada.

Além do solo, as condições meteorológicas exercem efeito importante na composição da uva e do vinho, portanto, são atributos dependentes da safra avaliada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PANORAMA DA VITICULTURA

A viticultura no Brasil ocupa atualmente 79.094 hectares de área cultivada, e em 2015 a produção de uva do país foi de cerca de 1,49 milhões de toneladas para o consumo in natura, sucos, vinhos entre outros produtos (MELLO, 2016).

As principais regiões produtoras de uvas no Brasil são as regiões Sul, Sudeste e Nordeste, com destaque para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Pernambuco (MELLO, 2013).

O Brasil ocupa a décima quinta posição na produção mundial de uva, sendo a Itália e a China os maiores produtores desse fruto. Da produção nacional, na safra de 2015, 57% (853.462 t) das uvas foram destinadas à fabricação de vinhos, sucos e derivados e 43% (643.840 t) para a comercialização como uva de mesa (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016).

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 obtidos em regiões que propiciem condições ambientais favoráveis (FALCÃO, 2007). Segundo a associação catarinense dos produtores de vinhos finos de altitude (ACAVITIS, 2016), na região do Planalto Catarinense são encontradas as condições climáticas favoráveis (maior amplitude térmica e menor precipitação pluviométrica na época da colheita) para o desenvolvimento das variedades *Vitis vinifera* L., com alto padrão de qualidade, principalmente, nos municípios de São Joaquim, Caçador e Campos Novos.

Em Santa Catarina, no ano de 2015, a área cultivada com videiras foi de 4.846 hectares, com uma produção aproximada de 876 toneladas (IBGE, 2016), que representou 6% da produção nacional. Segundo dados da Superintendência Federal da Agricultura de SC, foram produzidos 21,2 milhões de litros de vinhos. Desse volume, 73% referem-se a vinhos de mesa. No Planalto Sul Catarinense, São Joaquim é o município que impulsionou a vitivinicultura de vinhos finos, sendo importante para o desenvolvimento da atividade o conhecimento dos fatores que regem a produção dos vinhedos (BONIN; BRIGHENTI, 2005).

As uvas produzidas na região de São Joaquim exibem características próprias e distintas das demais regiões produtoras do Brasil, pois o verão é mais ameno, assim, o ciclo vegetativo da videira é maior com maturação fenológica completa, o que permite a elaboração de vinhos de alta qualidade (BRIGHENTI; TONIETTO, 2004; BORGHEZAN et al., 2011). Além disso,

o Planalto Serrano é uma região vitícola recente que apresenta características geográficas particulares, como: altitude superior a 900 m, proximidade do Oceano Atlântico (cerca de 150 km) e latitude de 28°S (BORGHEZAN et al., 2011).

O município de São Joaquim, devido às suas condições climáticas particulares, favorece o cultivo de variedades de uvas *Vitis vinifera* L., as quais atingem índices de maturação que permitem fornecer matéria prima para elaboração de vinhos diferenciados por sua intensa coloração, aroma e equilíbrio gustativo (GRIS et al., 2010). Parte dessas características ocorre devido a altitude da região, a qual proporciona maior amplitude térmica, com temperaturas noturnas amenas. A temperatura amena modifica o metabolismo da videira, reduz o crescimento das plantas, retarda o amadurecimento dos frutos e permite maturação mais completa da uva (ROSIER, 2006).

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).

Grande parte da diversidade encontrada nos vinhos das diferentes regiões, relacionada aos aspectos qualitativos e de tipicidade, é devida ao efeito exercido pelo clima. Dessa forma, o clima é um dos fatores importantes na definição do potencial das uvas cultivadas nas regiões, pois possui forte influência sobre a planta. Ele interage com o solo, com a variedade e com as técnicas de cultivo da videira (KUHN, 2003). Segundo Mandelli (2006) o desenvolvimento e composição das uvas destinadas à elaboração de vinhos são diretamente influenciados pelas variáveis meteorológicas, principalmente pela temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica. Todos os estádios fenológicos da videira são influenciados, sendo o período da maturação o mais importante para a composição das uvas. Para a obtenção de uvas sadias e de qualidade, com equilibrada relação açúcar/acidez e com cascas, polpa e sementes em estágio ideal de maturação, são fundamentais dias ensolarados, com temperaturas amenas e baixa precipitação (GUERRA et al., 2005).

O clima ideal para adequada maturação das bagas videira é aquele que apresenta inverno relativamente frio, para satisfazer as necessidades de repouso vegetativo. Primavera com temperaturas crescentes dos 10 °C aos 23 °C e verão longo e seco. Além disso, durante todo o ciclo é importante que a videira não sofra stress hídrico e tenha insolação para desempenhar de forma eficaz todos os estádios fenológicos da planta (BONIN; BRIGHENTI, 2006).

Nestas condições meteorológicas, as bagas podem sintetizar mais açúcares, antocianinas, taninos, substâncias aromáticas e seus precursores. A restrição da absorção de

água pela planta produz frutos com maior concentração de substâncias orgânicas, minerais e açúcares. As temperaturas mais amenas, principalmente as noturnas, têm efeito na cor dos vinhos, pois a síntese de compostos fenólicos é favorecida. Além disso, as baixas temperaturas contribuem ao adequado pH dos vinhos, pois não ocorre a degradação dos ácidos orgânicos presentes na uva, com conseqüente aumento do pH e diminuição da acidez (GUERRA et al., 2005). O conteúdo de antocianinas é diretamente influenciado pelas condições climáticas. Assim, temperatura e luminosidade excessivamente baixas ou elevadas não são favoráveis, sendo que a temperatura ótima para a síntese destes compostos é de 17 °C a 26 °C (MOTA et al., 2006).

No geral, quanto maior a luminosidade, melhor a composição da uva, pois aumenta o teor de açúcares e diminui de ácidos. Normalmente, as videiras necessitam de 1.200 a 1.400 horas de sol durante o seu período vegetativo (GIOVANNINI, 1999). No período final de maturação, são necessárias temperaturas próximas a 30 °C, para diminuir a acidez da uva (GIOVANNINI, 1999). O grau de maturação da uva é um dos fatores mais determinantes para a composição do vinho, sendo diretamente dependente das condições do meio, como o clima, a região de cultivo, o tipo de solo e a variedade de uva. O comportamento das videiras é diferente em cada safra, em função das condições meteorológicas, região ou vinhedo, devido às condições locais do meio. Essas variáveis conduzem a modificações da composição química e na cinética da maturação da uva, na evolução dos vinhedos e na previsão da data de colheita (RIBÉREAU-GAYON et al., 2003).

As condições climáticas podem ser afetadas pela altitude onde o vinhedo está implantado, uma vez que impacta diretamente a temperatura, umidade e outros fatores ambientais que afetam a maturação das uvas (MATEUS et al., 2002). Mateus et al. (2001) avaliando os compostos fenólicos de variedades tintas de *Vitis vinifera* L. em função da altitude, observaram menor intensidade da cor e níveis mais elevados de antocianinas nos vinhos elaborados com uvas produzidas em altitude mais elevada e também ressaltaram que o clima tem importante influência na maturação e na composição fenólica das uvas.

No Brasil, poucos são os microclimas que tem semelhanças com estas condições climáticas. Dentre as regiões do país com potencialidades, Santa Catarina como a região de São Joaquim, no Planalto Sul Catarinense, Água Doce no Meio Oeste e Campos Novos no Planalto, tem despertado o interesse empresarial pela vitivinicultura (BACK et al., 2013).

As variedades ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Merlot’ e ‘Chardonnay’, cultivadas sobre os porta enxertos Paulsen 1103 e SO4, são encontradas em maior quantidade (ROSIER, 2006). A uva Cabernet Sauvignon é um híbrido natural de ‘Cabernet Franc’ x ‘Sauvignon Blanc’,

originária da região de Bordeaux, França. É uma uva de sabor herbáceo, que origina vinhos tintos varietais com aromas característicos, intensa coloração, riqueza em taninos e complexidade de aroma e buquê, os quais suportam longo envelhecimento. Apresentam geralmente teores de açúcares de 16 a 18 °Brix e acidez total titulável de 80 a 100 meq L⁻¹. É uma variedade relativamente vigorosa, de média produção e elevada qualidade para vinificação, caracterizada por brotação e maturação tardias, atingindo sua maturação desde a segunda quinzena de fevereiro até a segunda quinzena de abril (GIOVANNINI, 1999; RIZZON; MIELE, 2002; GUERRA et al., 2005). Está em todas as regiões vinícolas brasileiras e tem diferentes características devido à sua adaptação aos *terroirs* e ao nosso regime de chuvas, que às vezes prejudica sua maturação lenta. Na Serra Gaúcha, os varietais de Cabernet tendem a ter um estilo mais europeu, com menor grau alcoólico, delicada estrutura e mais cor. Já na Campanha Gaúcha, os vinhos que são mais trabalhados podem ter características particulares, com coloração mais suave e mais alcoólica (GIOVANNINI, 1999).

Em Santa Catarina, entre as características da Cabernet Sauvignon estão: maior potencial de envelhecimento; acidez mais alta e taninos mais firmes. Um dos desafios encontrados consiste em atingir a maturação completa dos cachos, para amenizar os aromas desagradáveis da piracina (COPELLO, 2008).

2.2 CLASSES DE SOLO EM SÃO JOAQUIM - SC

São Joaquim é um município localizado no Planalto Serrano, com uma extensão territorial de 1.892 km². (IBGE, 2016). As principais classes de solos que ocorrem nesta região são os Cambissolos, Neossolos e em menor proporção os Nitossolos. A região do Planalto Sul Catarinense é composta por dezenove municípios com extensão territorial de 16.293 km², onde estão distribuídas as classes de Cambissolos (47%); Neossolos Litólicos (42%); Nitossolos (9,5%); Gleissolos (0,1%); Latossolos (0,4%) e outras (1%). O município de São Joaquim (SC) está localizado na porção sudeste da região, sendo que 78% representam as classes dos Neossolos Litólicos e 20% dos Cambissolos (EPAGRI, 2002).

Os Cambissolos compreendem solos com horizonte B incipiente, subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido a heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, existem solos desde fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura (SANTOS et al., 2013).

Os Neossolos compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico, pouco espesso, que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário, isso devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos, seja em razão de características inerentes ao próprio material de origem ou em razão da influência dos demais fatores de formação (clima, relevo ou tempo), que podem impedir ou limitar a evolução dos solos (SANTOS et al., 2013).

Os Nitossolos compreendem os solos com horizonte B nítico, de textura argilosa ou muito argilosa desde a superfície do solo, com cerosidade expressiva, podendo ter superfícies de compressão nas faces dos agregados e caráter retrátil. São solos profundos, bem drenados, de coloração variando de vermelha a brunada e geralmente são moderadamente ácidos a ácidos (SANTOS et al., 2013).

Todas as classes de solos que ocorrem na região possuem baixa fertilidade natural, com elevado teor de alumínio trocável; desta maneira, necessitam correção da acidez, realização da adubação para melhorar a fertilidade do solo e suprir as necessidades nutricionais da videira.

Estes solos ocorrem em diversas condições de relevo e podem apresentar restrições físicas, físico-hídricas e químicas, sendo necessários estudos das condições de solo, para que possa ser feito o manejo adequado para implantação de novos vinhedos, já que São Joaquim é uma região que vem aumentando a produção de uvas para elaboração de vinhos finos.

2.3 INFLUÊNCIA DO SOLO NA COMPOSIÇÃO DA UVA

Dentro do contexto de desenvolvimento de uma região vitícola, o clima e o solo são elementos de fundamental importância na composição da uva, principalmente na qualidade enológica. Dentre os principais elementos que atuam sobre o crescimento e a produção de videiras pode-se destacar: a radiação solar, temperatura, umidade, precipitações pluviais, granulometria, nutrição e outros (MULLINS et al., 1992).

A associação entre a qualidade do vinho e os fatores ambientais estimulam novas pesquisas e geram discussão. Os fatores do solo, geralmente, são considerados secundários na determinação da produtividade da videira e da composição das uvas e, em última instância, do vinho (LANYON et al., 2004).

Dentre os diversos componentes do sistema de produção da videira para obter uvas de elevada qualidade, o manejo do solo deve ser correto. A atenção ao preparo do solo antes da implantação, o seu manejo a cada ciclo, a cobertura vegetal nas fases de desenvolvimento da planta, o uso dos fertilizantes orgânicos e minerais afetam não somente a produtividade e a

qualidade do produto final, mas sobretudo impactam a sustentabilidade ambiental da viticultura (EMBRAPA, 2016).

2.3.1 Influência das características físicas do solo no desenvolvimento das videiras

A principal parte da videira que é afetada pelas propriedades do solo é o sistema radicular. A maior parte das necessidades de água e nutrientes da videira são as raízes que absorvem e conduzem para as demais partes da planta (RICHARDS, 1983). No entanto, um sistema radicular bem desenvolvido favorece principalmente o desempenho do dossel vegetativo da planta (SMART, 1995; SOUTHEY, 1992). O vigor da videira tem um impacto negativo na composição das bagas. Por outro lado, videiras com uma raiz restrita também não é desejado (VAN HUYSSTEEN; WEBER, 1980; ZALAMENA, 2012). Consequentemente, para produção de bagas de alta qualidade, é necessário menor vigor do dossel vegetativo.

Os vinhos finos são produzidos em vários tipos de solos e nem sempre é possível estabelecer uma relação direta entre solo e composição do vinho (SEGUIN, 1983), mas algumas classes de solos são mais propensas e favoráveis ao cultivo das videiras (VAUDOUR et al., 2005; LUCIANO, 2012). A profundidade do solo e a capacidade de retenção de água são importantes características relacionadas com a oferta de nitrogênio para as videiras e para a composição do vinho (CHONE et al., 2001).

O requerimento de água das videiras varia nos diferentes estádios de desenvolvimento (ÁVILA NETO et al., 2000). De acordo com Hardie; Considine (1976), as características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva que são importantes para o processo de elaboração de vinhos, quando submetidos a déficit hídrico moderado no processo de maturação, podem melhorar a composição da uva.

Um dos efeitos mais comuns do déficit hídrico na videira é a diminuição do tamanho das bagas. Van Leeuwen; Seguin (1994) relataram que a concentração de açúcar é fortemente influenciada pela dimensão das bagas. Quanto maior as bagas, menor é a concentração de açúcar devido o efeito da diluição. Roby et al. (2005) relataram que, independentemente do nível de estresse hídrico da videira Cabernet Sauvignon, há relação entre dimensão da baga e concentração de açúcar.

Com relação aos tipos de solos, os processos de formação do solo são os principais responsáveis pelas diferenças na profundidade, granulometria e capacidade de retenção de água (UBALDE et al., 2007). A granulometria do solo tem impacto na massa das bagas, no mosto e na composição do vinho, além de desempenhar um papel importante nos atributos sensoriais

do vinho (REYNOLDS et al., 2007). Martinez-Casasnovas et al. (2009) indicaram que as variáveis do solo mais relacionadas com o rendimento são a granulometria das camadas superficiais e a umidade volumétrica do solo. Além disso, White (2002) considerou a profundidade, a drenagem e a granulometria do solo como os principais fatores na escolha de áreas para produção de uvas devido aos seus efeitos sobre a profundidade de enraizamento e a disponibilidade de água.

De acordo com Trought et al. (2008) os sólidos solúveis das uvas e o pH do mosto foram mais elevados e a acidez total mais baixa quando as videiras cresceram em solos rasos. Os autores relacionaram essas diferenças a temperatura mais alta do solo no início da estação de crescimento, o que altera a composição do fruto na colheita. No entanto, Luciano et al. (2013) observaram que as características físicas e físico-químicas da uva são dependentes do solo e do clima, com efeito mais pronunciado do clima.

2.3.2 Influência das características químicas do solo no desenvolvimento das videiras

Para atender às exigências nutricionais da videira, a disponibilidade de nutrientes no solo deve ser adequada, tanto seus teores quanto as relações entre si, sempre evitando a deficiência de algum nutriente por carência ou por antagonismo. Apesar da adubação dos vinhedos recomendar doses elevadas de nutrientes, diversos fatores como porta-enxerto, cultivar, características genéticas e o regime de chuvas influenciam a absorção de nutrientes pela videira, podendo limitar a disponibilidade desses para a planta (MAFRA, 2009).

A composição química do fruto pode ser estimada através de macro e micronutrientes, pH, sólidos solúveis totais, acidez total, ácidos orgânicos, antocianinas, polifenóis totais, vitaminas, etc. (CHADHA; SHIKHAMANY, 1999). A qualidade dos frutos deve respeitar as normas para o mercado de produtos que serão comercializados in natura, o seu armazenamento ou a transformação dos frutos. Consequentemente, a gestão da fertilização deve ser adequada ao destino final (BRUNETTO et al., 2015).

O estado nutricional do solo afeta todas as partes da videira, desde o crescimento e distribuição das raízes no solo até o crescimento do dossel vegetativo e da composição da uva. No entanto, os estudos que relacionam o estado nutricional do solo com o desempenho da videira são escassos (GIOVANNINI, 2014). A dificuldade em relacionar a composição nutricional e a concentração do solo com o desempenho pode ser parcialmente atribuível à complexidade do sistema raiz-solo.

Muitos fatores afetam a disponibilidade de nutrientes do solo para as plantas. Um nutriente específico pode ser considerado "abundante" no solo quando medido por um método particular, mas deficiente na videira quando medida no pecíolo ou outra análise tecidual (LANYON et al., 2004). Além disso, a nutrição do solo pode ser modificada pela aplicação de fertilizantes. No entanto, a eficácia dos fertilizantes aplicados é influenciada pelo tempo de colocação, o padrão de enraizamento da videira, a irrigação e a precipitação, e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Entretanto, há poucas informações sobre as ligações entre a química do solo e seu desempenho nutricional na videira. Além disso, sendo esta uma planta perene com órgãos de armazenamento que têm conteúdo de nutrientes variáveis, interpretações de testes de solo em relação a um rendimento previsto anual, podem ser incertos (LANYON et al., 2004).

Por outro lado, a aplicação de fertilizantes nos vinhedos e, conseqüentemente, a sua forma trocável no solo pode afetar a composição do mosto, teor de açúcares (90% dos quais estão representados pelos sólidos solúveis totais - TSS), valores de pH e valores de acidez titulável, polifenóis e antocianinas (BOONTERM; SILAPAPUN, 2013).

Em geral, a disponibilidade de cada nutriente depende do pH do solo. Seguin (1986) argumenta que o pH do solo não tem muita influência na composição dos vinhos, pois vinhos de qualidade são produzidos em diferentes condições de pH. Entretanto, as videiras não apresentam um bom desempenho quando o pH do solo é inferior a cerca de 5,0 devido a toxidez por alumínio (CONRADIE, 1983).

Até 50% do total de K absorvido pelas videiras são acumuladas nas bagas. Suas funções nos frutos estão relacionados a reações de síntese e ativação de enzimas, contribuem diretamente para a maturação do fruto, síntese de açúcar e a manutenção do turgor de células. Além disso, através da sua mobilidade no floema e xilema, o K é importante no transporte de solutos na síntese de polifenóis responsáveis pela cor e aroma dos frutos. Contudo, o excesso de K pode ser indesejável para atingir o pH e acidez total titulável adequados no mosto (Kodur, 2011). Ciotta et al., (2016) também observaram que seu incremento no solo não aumentou a produção de uva, mas modificou sua composição.

O fósforo é um elemento necessário para a formação das membranas celulares, metabolismo de carboidratos, síntese protéica, fotossíntese, respiração, metabolismo do açúcar, armazenamento e transferência de energia (FREGONI, 2005). Em geral, a demanda por fósforo e a quantidade exportada na colheita é pequena. Além do que, a simbiose mutualista entre as raízes das plantas e fungos endomicorrízicos pode facilitar a aquisição de P e limitar a necessidade de fertilização (SIQUEIRA; MOREIRA, 2001). No Brasil, os solos têm um baixo

conteúdo, devido a isso quando a análise do solo mostrar deficiência de P, fertilizantes fosfatados são aplicados durante o pré-plantio e ao longo do ciclo de produção. Se a quantidade de P no solo não é suficiente para atender às necessidades da planta, podem apresentar sintomas de deficiência, tais como baixo vigor, amarelecimento ou vermelhidão nas partes basais das folhas e queda precoce de folhas.

O calcário é frequentemente aplicado antes do plantio da uva para aumentar o teor de Ca e Mg no solo e reduzir a toxicidade de Al. Alguns estudos relatam que em solos com níveis elevados de K, pode ocorrer sintomas de deficiência de Mg nas folhas de uva e dessecação da raquis, e resultar em perturbação fisiológica e menor rendimento (Hall et al., 2011).

Os principais componentes químicos que interferem na caracterização das uvas e vinhos de cada região são os elementos minerais, os ácidos orgânicos e os compostos fenólicos. Os elementos minerais encontrados nas uvas e nos vinhos são absorvidos do solo através do sistema radicular da videira. Encontram-se, principalmente, nas cascas, sementes e parede celular da polpa da uva (MARCON FILHO, 2012).

2.4 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS DO SOLO

A formação do solo não é homogênea ao longo do tempo ou do espaço e as variações nas propriedades do solo não ocorrem por acaso, dependem de fatores de espaço e tempo (BERNER et al., 2007).

A heterogeneidade é propriedade inerente do solo que tipifica sua anisotropia. Numa paisagem natural, o solo apresenta ampla variabilidade dos seus atributos, tanto no sentido espacial como no volumétrico, resultante da interação dos processos que comandam os fatores de sua formação. Além disso, o solo cultivado revela fontes adicionais de heterogeneidade, originadas exclusivamente do efeito antrópico da agricultura. Por outro lado, os princípios básicos da experimentação, estabelecidos por meio do método estatístico clássico, consideram que a variabilidade do solo ocorre de forma inteiramente aleatória, admitindo-se que seus atributos apresentem distribuição de frequência do tipo normal (SANTOS; VASCONCELOS, 1987).

Comparando a estatística clássica com a geoestatística, pode-se dizer que a primeira necessita da normalidade e independência espacial entre os dados enquanto que a geoestatística requer a autocorrelação espacial. A estatística clássica assume que os pontos de observação são independentes, o que, na maioria dos casos, não acontece nos estudos envolvendo as ciências

da terra (SRIVASTAVA, 1996). Vieira et al. (2002) demonstraram que a variabilidade espacial do solo pode ser adequadamente avaliada utilizando-se a geoestatística.

A geoestatística é uma ferramenta que permite estabelecer um modelo de semivariograma que melhor descreve a variabilidade espacial dos dados, para que possa ser usado no processo de interpolação. É importante que o modelo ajustado represente a tendência da semivariância em relação à distância, sendo a krigagem o método de interpolação que confere maior exatidão às estimativas obtidas (JOHANN et al., 2004).

Os principais semivariogramas existentes são o esférico, o exponencial, o gaussiano, que são modelos com patamar, sendo o semivariograma linear, considerado como sem patamar (GUERRA, 1988).

A geoestatística é utilizada na agricultura para analisar as variáveis físicas, químicas e biológicas do solo e das plantas, com foco na localização e mapeamento de áreas heterogêneas e sua correlação com o manejo adotado, principalmente para camadas superficiais de solo (MARQUES JR. et al., 2000). Como consequência, o uso da geoestatística no estudo da variabilidade espacial das propriedades físicas e químicas do solo e dos rendimentos das culturas aumentou nos últimos anos (MONTANARI et al., 2013).

Caracterizando a variabilidade espacial das propriedades do solo, particularmente em áreas cultivadas, pode-se fornecer informações relevantes para um uso e manejo mais racionais do solo (MONTEZANO et al., 2006). Nesse caso, caracterizar a variação espacial das propriedades do solo torna possível definir áreas de manejo diferenciadas, o que pode aumentar a eficiência do uso de fertilizantes e esquemas de amostragem.

Este conhecimento também é importante para a definição da intensidade de amostragem do solo e para sua caracterização, possibilitando reduzir o erro-padrão da média, maximizando a eficiência da amostragem, bem como reduzir os custos e a mão-de-obra do trabalho (CORÁ et al., 2004).

O reconhecimento da importância da dependência espacial de atributos físicos, químicos e biológicos do solo e o uso de ferramentas de geoestatística estão multiplicando o número de estudos ligados ao tema em diferentes culturas agrícolas, inclusive em culturas semiperenes e perenes, como cana-de-açúcar, café, citros, videira (CORÁ et al., 2004; SILVA et al., 2007; SOUZA et al., 1997; FLORES, 2005).

Os fatores que determinam a variabilidade da produtividade das culturas podem ser divididos quanto à sua origem entre os que são de origem natural e os que resultam da intervenção do homem. Nos fatores de origem natural incluem-se a reserva de água facilmente utilizável do perfil do solo, o tipo de solo, a orientação do declive e padrões de drenagem

natural, o padrão de incidência de pragas e doenças, entre outros. Quanto aos fatores que resultam da intervenção do homem há inúmeras fontes de variabilidade: material de propagação de má qualidade; porta enxertos ou clones diferentes; aplicação não uniforme de água e/ou fertilizantes; inadequadas práticas de poda, etc. Na maior parte das situações o que se verifica é que existe variabilidade espacial e temporal, mas com magnitudes relativas bastante diversas (FLORES et al., 2011).

Na região do Planalto Serrano de Santa Catarina, Luciano (2012) estudou a variabilidade espacial de duas classes de solos que ocorrem em grande escala na região, Cambissolo Húmico e Cambissolo Háptico, e a relação dos atributos do solo com a composição da uva Cabernet Sauvignon. O autor verificou diferenças na composição das uvas e relacionou principalmente ao armazenamento de água no solo em conjunto com as condições climáticas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado em um vinhedo comercial no município de São Joaquim, na região do Planalto Sul Catarinense. A latitude do local é 28° 1' 5" S, a longitude de 49° 57' 5" W e a altitude média de 1.260 m. O clima do local, segundo a classificação de Köppen é Cfb, mesotérmico, constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco (< 22°C). A temperatura média anual é em torno de 13 a 14°C, a precipitação anual média é de 1600 mm e a precipitação máxima em 24 horas é de 180 mm. A umidade relativa do ar média varia de 80 a 82% (EPAGRI, 2003).

Antes da implantação do vinhedo, as glebas do estudo eram mantidas com campo natural e, a partir de 2000, foram preparadas com aração a 30 cm de profundidade e gradagem. Em seguida, foi realizada a correção da acidez e da fertilidade do solo. A acidez foi corrigida com a aplicação de 25 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT a 100%) visando atingir pH 6,0 e, neutralizar os efeitos tóxicos do alumínio. Na adubação de implantação foi aplicado 450 kg ha⁻¹ de fósforo (superfosfato triplo) e de 300 kg ha⁻¹ de potássio (cloreto de potássio). A adubação de cobertura seguiu as recomendações do manual da Comissão de Química e Fertilidade do Solo dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O solo onde está localizado o experimento foi classificado como Nitossolo Bruno Distrófico húmico (SANTOS et al., 2013). A declividade média da área é de 15%, havendo uma particularidade no relevo. Na região mais baixa da área, e fora da área de estudo, existe uma depressão, fator que favorece a drenagem do solo onde está instalado o vinhedo.

As videiras (*Vitis vinifera* L.) da variedade Cabernet Sauvignon foram implantadas em 2002 sobre porta-enxerto Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*), conduzidas em espaldeira vertical, com espaçamento entre plantas de 1,2 m e entre linhas de 3 m, com cobertura anti-granizo.

O trabalho de levantamento das áreas em campo consistiu de um caminhamento, a partir do qual foram demarcados 54 pontos amostrais. Foram selecionadas seis linhas distantes seis metros (uma linha selecionada a cada três linhas) e em cada linha foram demarcados nove pontos, espaçados 7,2 m entre sí. Assim, foi demarcado uma malha que resultou em um retângulo de 30 x 57,6 m (1.728 m²). Em cada ponto foram abertas trincheiras para coleta das amostras físicas do solo, sendo coletado dois anéis em cada camada (0-10 e 10-20 cm). Para a análise dos atributos químicos, foram realizadas cinco tradagens, com trado tipo holandês,

próximas de cada ponto na linha de plantio e em ambas as camadas, sendo posteriormente homegeinizadas.

3.2 COLETA DE SOLO E DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

As amostras de solo com estrutura preservada foram coletadas em duas profundidades, na porção média das camadas 0 a 0,10 e 0,10 a 0,20 m, em anéis metálicos com volume de 70 cm³. As amostras preservadas foram saturadas em bandejas com água por um período de 48 h, e drenadas nas tensões de 1, 6 e 10 kPa, e levadas para as câmaras de Richards para aplicar as tensões de 30, 100, 300 e 500 kPa, obtendo-se a umidade volumétrica em cada tensão aplicada.

A porosidade total foi calculada pela diferença entre a massa de solo saturado e a massa de solo seco em volume conhecido. O volume de microporos foi determinado por meio da retenção de água após saturação da amostra do solo e submetidas às tensões de 6 kPa em mesa de tensão de areia, conforme EMBRAPA (1997). O volume de macroporos foi obtido pela diferença entre o volume total de poros e o de microporos. A densidade foi determinada pela relação massa/volume, em base seca a 105 °C, com auxílio de um anel volumétrico (BLAKE; HARTGE, 1986).

As amostras com estrutura alterada foram peneiradas em malha de 2 mm e secas ao ar para obter a terra fina seca ao ar (TFSA). A distribuição do tamanho de partículas foi determinada segundo Gee; Bauder (1986), através do método da pipeta para obter o teor de argila e o peneiramento (53 µm) para obter o teor de areia. A fração silte foi calculada.

Nas análises químicas do solo, as amostras com estrutura alterada foram homogeneizadas no campo e posteriormente secas em estufa a 60 °C, moídas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm. Os atributos químicos do solo determinados foram: acidez (pH em H₂O), teores de fósforo (P), potássio (K⁺), cálcio (Ca²⁺), magnésio (Mg²⁺) e carbono orgânico total (C).

A determinação do pH em água foi realizada na relação 1:1 com leituras em potenciômetro com eletrodo combinado; potássio trocável e fósforo disponível 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 que o potássio foi quantificado por fotometria de chama e a determinação do teor de fósforo foi realizada por colorimetria, em espectrofotômetro de absorção molecular, conforme metodologia proposta por Murphy & Riley, (1962); Ca²⁺ e Mg²⁺ trocáveis foram extraídos com solução salina neutra de KCl 1 mol L⁻¹ sendo determinados por

espectrofotometria de absorção atômica conforme Tedesco et al. (1995). O teor de carbono orgânico foi determinado pela quantificação elementar pelo equipamento MULTI N/C, 2100.

3.3 COLETA E ANÁLISES DA UVA

A colheita da uva foi realizada na fase de maturação em duas safras. A primeira colheita dos cachos foi no dia 30 de março de 2015 e a segunda no dia 28 de março de 2016. Nos mesmos pontos que foram realizadas as coletas de solo, também foram colhidos dois cachos médios por planta, sendo duas plantas por ponto. Os cachos foram acondicionados em sacos plásticos, armazenados em caixas plásticas para posterior realização das análises físicas, físico-químicas e os componentes fenólicos.

As características produtivas avaliadas foram: número de cachos, massa do cacho, massa da ráquis, relação ráquis/cacho, comprimento do cacho, número de bagas, massa de 50 bagas, produção e produtividade estimada. A massa do cacho, massa da ráquis e a massa de 50 bagas foram determinadas com o uso de balança analítica com precisão de 0,01 g. O comprimento do cacho determinado com o uso de régua graduada. A produtividade ($t\ ha^{-1}$) das safras foi estimada através da multiplicação da produção por planta pela densidade de plantio ($2778\ plantas\ ha^{-1}$).

As análises físico-químicas avaliadas foram: sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e pH do mosto; e as análises dos compostos fenólicos avaliadas foram: polifenóis totais, antocianinas e taninos.

A partir do mosto das bagas foram determinados o teor de sólidos solúveis ($^{\circ}Brix$), a acidez titulável ($meq\ L^{-1}$) e o pH do mosto, conforme metodologia proposta pela Organização Internacional da Vinha e do Vinho (OIV, 2008). Os sólidos solúveis foram determinados utilizando um refratrômetro digital, marca Atago – Modelo B427286. A acidez titulável foi obtida através da titulação do mosto com solução alcalina padronizada de hidróxido de sódio 0,1 N, utilizando como indicador o azul de bromotimol. O pH foi obtido através de leituras do mosto com auxílio de um potenciômetro.

Com as cascas que foram separadas das bagas, foi realizado um processo de extração para a obtenção da concentração de compostos fenólicos e de cor da casca.

As soluções extratos foram obtidas seguindo a metodologia descrita por Marcon Filho et al. (2015), com a seguinte proporção casca e extrato: 40 g de cascas foram separadas a partir das amostras de bagas, as quais foram adicionados 16 mL de solução hidroalcoólica de metanol 50% v v⁻¹, e mantidas a 30 °C (+ 0,5 °C) por 24 horas. Posteriormente, o extrato “a quente” foi

separado e as cascas foram enxaguadas com 5 mL da solução de metanol. Após isto, foi adicionado novamente 16 mL da solução extratora de metanol às cascas, que em seguida foram colocadas em BOD, para a extração à 0 °C (+ 0,5 °C) por mais 24 horas. O extrato “a frio” foi homogeneizado com o extrato “a quente”, e repetiu-se o enxágue das cascas com mais 5 mL de solução de metanol. A solução extrato foi filtrada ao final do processo.

A partir do extrato obtido foi determinada a concentração de polifenóis totais, antocianinas e cor. A concentração de polifenóis totais na casca foi determinada pelo método de espectrofotometria, descrito por Singleton & Rossi (1965), utilizando o reagente Folin-Ciocalteu (Vetec) e o ácido gálico como padrão, com leituras da absorbância em 760 nm. A curva de calibração foi construída utilizando-se concentrações de 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600 e 1000 mg L⁻¹. Os resultados foram expressos em mg L⁻¹ de ácido gálico.

O teor de antocianinas foi determinado pelo método de espectrofotometria, descrito por Rizzon (2010), baseado na diferença de coloração das antocianinas em relação ao pH, visto que a variação da intensidade corante em dois valores de pH é proporcional ao teor de antocianina. Este método prevê a preparação de duas amostras para leitura em espectrofotômetro. A primeira amostra (Ácida) foi composta por 1 mL de solução extrato, 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, 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: Antocianina (mg L⁻¹) = 388 x Δd. Onde: Δd = diferença de leitura entre as duas amostras (Ácida – Tampão).

A determinação de cor foi realizada pelo método de espectrofotometria, descrito por Rizzon (2010).

3.4 MICROVINIFICAÇÃO

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

As uvas colhidas foram mantidas em câmara fria por 24h à temperatura de 5 a 8 °C. Após, foi padronizado 30 kg de uva por tratamento para iniciar o processo de vinificação. Os cachos passaram por desengaçadeira, separando as bagas das ráquis, e no recipiente em que recebeu as bagas se adicionou 100 mg L⁻¹ de SO₂ a partir de uma solução com 10% de

metabissulfito de potássio. As bagas parcialmente inteiras foram divididas em repetições de igual volume e colocadas em fermentadores de vidro adaptados com batoque hidráulico, nos quais foram adicionadas enzimas pectolíticas ($0,02 \text{ g kg}^{-1}$), nutriente para levedura ($0,3 \text{ g kg}^{-1}$) e leveduras hidratadas ativas (*Saccharomyces cerevisiae*) na proporção de $0,2 \text{ g L}^{-1}$. O tempo de maceração foi de 7 dias, com duas remontagens diárias. A fermentação alcoólica ocorreu em uma sala climatizada com temperatura controlada a 20°C ($+ 2^{\circ}\text{C}$). Após a descuba, o vinho foi trasfegado três vezes, até que se observou o fim da fermentação malolática.

Finalizada a fermentação malolática, em cada repetição foi adicionado 60 mg L^{-1} de SO_2 , mediante uma solução de metabissulfito a 10%, e após armazenadas em câmara fria a 0°C ($+ 1^{\circ}\text{C}$) por 21 dias para estabilização tartárica.

Ao final, foram congelados à -80°C , 50 mL de vinho de cada repetição para análises de acidez total (meq L^{-1}), pH, cor, conteúdo de polifenóis e taninos; o restante do vinho foi envasado para garrafas de 375 mL que foram armazenadas em sala climatizada a 18°C .

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

3.5.1 Estatística descritiva exploratória

A análise exploratória dos dados é um procedimento importante na introdução da análise geoestatística e foi aplicada para conhecer e resumir as variáveis dos atributos químicos e físicos do solo e da composição e atributos relacionados a produtividade das uvas. Foram realizados os cálculos da média, mediana, valores mínimo e máximo, desvio padrão, coeficiente de assimetria e curtose e coeficiente de variação.

A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância. O software utilizado para as análises descritivas foi o ASSISTAT (SILVA, 2017).

Foram comparadas as características da uva e do vinho nas safras 2014/2015 e 2015/2016, através do teste “t”, ao nível de 5% de probabilidade.

3.5.2 Análise de correlação

O coeficiente de correlação mede o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas. Foi utilizado este coeficiente para correlacionar as variáveis do solo com as

características da uva, entre os compostos fenólicos, características produtivas e físico-químicas da uva entre si e também entre as características físicas e químicas do solo.

3.5.3 Análises geoestatísticas

Para caracterizar a variabilidade espacial dos atributos do solo, os dados foram analisados utilizando métodos geoestatísticos através do estudo de semivariogramas.

O semivariograma é considerado um “medidor” da dependência espacial entre as amostras (VIEIRA et al., 1983), partindo das pressuposições de estacionaridade da hipótese intrínseca:

$$\gamma^*(h) = (1/2N(h)) \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $Z(x_i)$, $Z(x_i+h)$, separados por um vetor h (JOURNEL & HUIJBREGTS, 1978).

Com o ajuste dos modelos matemáticos, foram definidos os parâmetros dos semivariogramas: a) efeito pepita (C_0); b) alcance da dependência espacial (A); e c) patamar (C_0+C_1). Caso o semivariograma apresentasse constante e igual ao patamar, este foi identificado como efeito pepita puro (ausência total de dependência espacial).

A qualidade de ajuste dos modelos matemáticos aos semivariogramas foi realizada usando-se o método dos mínimos quadrados ponderados, verificando através da técnica de ajuste do software GS +, analisando o maior coeficiente de determinação (R^2) e a menor soma de quadrados de resíduos (RSS).

Para expressar a dependência espacial de uma variável, foi utilizado o grau de dependência espacial (GD), que mede a proporção do efeito pepita (C_0) em relação ao patamar ($C_0 + C_1$), pela seguinte equação:

$$GD = (C_0/C_0 + C_1) \times 100$$

De acordo com Cambardella et al. (1994), o GD pode ser utilizado para classificar a dependência espacial em forte ($GD < 25\%$), moderada ($26 < GD < 75\%$) e fraca ($GD > 75\%$).

Quando comprovada a dependência espacial dos dados, foram criados os mapas de distribuição espacial utilizando a krigagem como técnica de interpolação. A krigagem é uma técnica usada na geoestatística para estimar valores para locais não amostrados que resulta em valores sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 2000).

As análises geoestatísticas foram realizadas fazendo uso do *software* GS+ Gamma Design Software®. Na construção dos mapas de isolinhas foi utilizado o *software* Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

As frações granulométricas argila e silte tiveram distribuição normal. Carbono orgânico, areia, macroporosidade e densidade do solo tiveram distribuição normal na camada 0-10 cm, porém na camada abaixo resultaram em distribuição diferente da normal, e o inverso ocorreu para microporosidade. Porosidade total foi diferente da normal nas duas camadas (Tabela 1). Quando um atributo do solo tiver distribuição de frequência normal, a média é a medida de tendência central mais adequada para representá-lo. No entanto, quando a distribuição de frequência observada for diferente da normal a mediana é a medida mais adequada (ANDRADE, 2010).

A maioria dos atributos físicos na camada de 0-10 cm apresentaram distribuição normal, com exceção da porosidade total e da microporosidade, porém foi observado que os coeficientes de assimetria foram positivos e próximos de zero, tendo uma média e mediana muito próximas (Tabela 1). A proximidade entre a média e a mediana indica que não há assimetria acentuada (LEÃO et al., 2010) e que, com a ocorrência de valores semelhantes, os dados se aproximam ou apresentam distribuição normal (LITTLE & HILLS, 1978). Entretanto, na camada de 10-20 cm foi observada distribuição normal apenas para o teor de argila, silte e microporosidade, porém os coeficientes de assimetria também não foram acentuados, com exceção do carbono orgânico (Tabela 1).

O coeficiente de assimetria (C_s) indica o afastamento da variável em relação a um valor central. Sendo que para $C_s > 0$ tem-se a distribuição assimétrica a direita e $C_s < 0$ a distribuição é assimétrica a esquerda. Se $C_s = 0$ a distribuição é simétrica (GUIMARÃES, 2004).

Os valores negativos de assimetria para a argila, microporosidade e densidade do solo na camada de 10-20 cm indicam que ocorre maior frequência de valores acima da média. Portanto, com maior frequência de valores acima da média de microporos nesta camada, em conjunto com a maior quantidade de silte e argila, significa que pode haver maior retenção de água em relação a camada superficial.

Em relação ao coeficiente de curtose foi observado que na camada de 0-10 cm, para a maioria dos atributos, ocorreu distribuição de forma platicúrtica ($C_k < 0$), com exceção do carbono orgânico. Na camada de 10-20 cm houve predomínio da distribuição leptocúrtica ($C_k > 0$), com exceção da argila, silte e microporosidade (Tabela 1).

Tabela 1 - Estatística descritiva dos atributos e indicadores de qualidade física em um Nitossolo Bruno em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertadas sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, São Joaquim (SC), 2015. N (54 pontos amostrais).

Atributo	Média	Mediana	Valores		Desvio	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.	Padrão	CV	Assim.	Curt.	
0-10 cm									
CO	54	52	36	86	9,9	18	0,72	0,91	0,10 ^{ns}
Argila	386	378	298	529	52,1	14	0,35	-0,20	0,08 ^{ns}
Silte	382	390	245	505	60	16	-0,21	-0,06	0,09 ^{ns}
Areia	232	236	117	348	51,9	22	-0,004	-0,48	0,05 ^{ns}
Pt	0,64	0,64	0,58	0,72	0,03	5	0,22	-0,46	0,12 [*]
Macro	0,22	0,22	0,12	0,34	0,05	24	-0,10	-0,66	0,08 ^{ns}
Micro	0,42	0,41	0,33	0,52	0,04	10	0,29	-0,01	0,12 [*]
Ds	0,91	0,89	0,70	1,13	0,10	10	0,18	-0,55	0,12 ^{ns}
10-20 cm									
CO	39	37	22	75	8,3	21	2,47	9,11	0,17 [*]
Argila	446	446	308	589	65,1	15	-0,04	-0,03	0,09 ^{ns}
Silte	383	378	240	538	67,2	18	0,25	-0,21	0,09 ^{ns}
Areia	171	166	100	275	37,2	22	0,80	0,56	0,13 [*]
Pt	0,62	0,62	0,57	0,70	0,03	5	0,40	0,10	0,13 [*]
Macro	0,15	0,14	0,07	0,28	0,05	35	0,88	0,44	0,13 [*]
Micro	0,48	0,48	0,39	0,53	0,04	8	-0,38	-0,68	0,11 ^{ns}
Ds	0,99	0,99	0,78	1,18	0,08	8	-0,69	0,62	0,15 [*]

Mín. = valor mínimo; Máx. = valor máximo; CV = coeficiente de variação (%); Assim. = coeficiente de assimetria; Curt. = coeficiente de curtose; K-S = teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5%; * significativo (diferente da normal) e ns = não significativo (normal); CO = carbono orgânico total, g kg⁻¹; Argila, Silte e Areia = g kg⁻¹; Pt = porosidade total, cm³ cm⁻³; Macro = macroporosidade, cm³ cm⁻³; Micro = microporosidade, cm³ cm⁻³; Ds = densidade do solo, g cm⁻³.

Avaliando as medidas de tendência central, a média do teor de carbono orgânico foi classificada segundo a Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (CQFS-RS/SC, 2016) como alto (> 29 g kg⁻¹) nas duas camadas. Na camada de 0-10 cm foi observado apenas a ocorrência de teores altos, entretanto na camada de 10 -20 cm o mínimo encontrado de carbono foi de 22 g kg⁻¹, que corresponde a um teor médio (15 a 29 g kg⁻¹) (Tabela 1). Elevados teores de matéria orgânica podem aumentar o vigor, prejudicar a produtividade e a composição do mosto para vinificação e aumentar a suscetibilidade a doenças (MARSCHNER, 1995).

Em relação as frações granulométricas, o teor médio de argila foi menor na camada de 0-10 cm (386 g kg⁻¹) em relação a camada de 10-20 cm (446 g kg⁻¹). O teor médio de silte

encontrado foi semelhante nas duas camadas avaliadas (382 e 383 g kg⁻¹). Já o teor médio de areia de 0-10 cm foi de 232 g kg⁻¹, diminuindo para 171 g kg⁻¹ de 10-20 cm (Tabela 1).

De acordo com Denardin et al. (2001), em um estudo com Latossolos no Sul do Brasil, o calcário aplicado superficialmente pode atuar na dispersão dos solos em microagregados ou em partículas unitárias. A água de percolação promove a eluviação dos minerais de argila dispersos na camada superficial do solo, bem como o rearranjo dessas partículas em camadas mais profundas, obstruindo a porosidade natural do solo e elevando a densidade. Sendo que foi observado este fato no solo pois ocorreu uma pequena redução da porosidade total e aumento da densidade do solo.

A porosidade total média foi 0,64 e 0,62 cm³ cm⁻³ respectivamente na camada de 0-10 e 10-20 cm. Para macroporosidade foi observado o mesmo comportamento, reduzindo de 0,22 para 0,15 cm³ cm⁻³ (Tabela 1). Tal comportamento ocorre, pois na camada superficial o teor de matéria orgânica é maior, o que proporciona melhor agregação das partículas e aumento da macroporosidade. Em relação a microporosidade e densidade do solo ocorreu o inverso, as maiores médias foram na camada de 10-20 cm, aumentado a microporosidade de 0,42 para 0,48 cm³ cm⁻³ e a densidade do solo de 0,91 para 0,99 g cm⁻³ (Tabela 1).

Ao comparar as modificações nas propriedades físicas de um Nitossolo Vermelho, promovidas por dois sistemas de manejo do solo (preparo convencional e plantio direto) comparado com a mata nativa, Albuquerque et al. (2001) observaram que a densidade do solo média na mata foi de 0,79 g cm⁻³, enquanto que no preparo convencional a densidade teve variações entre 1,01 a 1,13 g cm⁻³ nas diferentes camadas avaliadas. Luciano et al. (2012) estudando a densidade máxima de dois Nitossolos na região do Planalto Catarinense, observam densidade máxima de 1,30 g cm⁻³ em um Nitossolo Bruno na cidade de Painele e densidade máxima de 1,10 g cm⁻³ em um Nitossolo Vermelho na cidade de Bom Retiro.

Portanto, pode-se observar que nas duas camadas avaliadas em relação a densidade do solo o mínimo de densidade encontrado foi de 0,70 g cm⁻³, muito próximo as densidades de mata e o máximo de densidade foi de 1,18 g cm⁻³ (Tabela 1), o que indica que o solo apresenta boas condições para o desenvolvimento do sistema radicular nas duas camadas, porém os uso de práticas de manejo para conservação do solo são importantes.

A variabilidade de um atributo pode ser classificada conforme a amplitude do seu coeficiente de variação. Este tem a vantagem de permitir a comparação da dispersão entre os atributos do solo, pois não considera as unidades de medidas envolvidas (LUCIANO, 2012).

Considerando a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1967), o menor coeficiente de variação foi para porosidade total (5%) e maior para macroporosidade (35%) na camada de

10-20 cm (Tabela 1). Os altos coeficientes de variação para macroporosidade podem ser atribuídos ao fato de este parâmetro ser determinado de forma indireta, pela diferença entre porosidade total e microporosidade, ambos determinados em laboratório e conseqüentemente a propagação de erros se somam na macroporosidade (GUIMARÃES et al., 2016).

O coeficiente de variação foi classificado como: baixo para porosidade total (5 e 5%), microporosidade (10 e 8%) e densidade do solo (10 e 8%); médio para argila (14 e 15%) e silte (16 e 18%) nas duas camadas avaliadas, e para carbono orgânico (18%) na camada de 0-10 cm; alto para macroporosidade (24%) na camada de 0-10 cm, para areia (22 e 22%) nas duas camadas e para carbono orgânico (21%) na camada de 10-20 cm; e muito alto para macroporosidade (35%) na camada de 10-20 cm (Tabela 1).

Estudando a variabilidade espacial da porcentagem de brotação de videiras e fazendo associação com algumas propriedades de solo, Li et al. (2016) também observaram coeficientes de variação médio para argila (15%) e alto para carbono orgânico (21%) em um vinhedo localizado numa região árida no noroeste da China.

As propriedades como granulometria e estrutura de uma classe de solo podem variar de uma região para outra de acordo com os fatores de formação dos solos (SANTOS, 2013). O clima e o relevo influenciam a formação dos solos, assim como as variações do material de origem. Os agentes ativos do clima, como por exemplo as altas precipitações pluviométricas que ocorrem no Planalto Serrano, promovem o intemperismo e a lixiviação das bases, modificam a mineralogia da argila e a fertilidade química dos Nitossolos (TESKE, 2010).

O relevo é uma variável que define a distribuição de atributos do solo e da planta ao longo da paisagem e tem apresentado correlação com a produtividade de culturas e atributos do solo (SIQUEIRA et al., 2010). Portanto, o material de origem, o clima e o relevo são fatores que podem influenciar na ocorrência da variabilidade natural dos solos. Aliado a isto, o conjunto de práticas de manejo que são necessárias nas áreas agrícolas, também contribuem para o aumento da variabilidade dos atributos dos solos.

4.2 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Os semivariogramas que tiveram o melhor ajuste para os atributos físicos do solo foram o esférico e o exponencial. Para alguns atributos foi observado efeito pepita puro, nos quais não é possível identificar a estrutura da sua variabilidade e dependência espacial (Tabela 2). McBratney; Webster (1986) estudaram modelos de ajuste de semivariogramas para as

propriedades do solo e relataram que os modelos esférico e exponencial são os mais frequentemente encontrados.

Na camada de 0-10 cm houve predomínio do ajuste do modelo esférico, sendo o carbono orgânico total, argila, areia, microporosidade e densidade do solo ajustados por este modelo. Já na camada de 10-20 cm para silte, porosidade total e macroporosidade foi observado efeito pepita puro (Tabela 2). Alta porcentagem obtida para o efeito pepita reflete que a variabilidade ocorre para distâncias menores que a amostrada. Para detectar esta variabilidade a amostragem deve ser realizada a distâncias menores que a utilizada neste estudo (LAMPARELLI et al., 2001).

O alcance de um atributo garante que todos os pontos dentro de um círculo com este raio são tão similares que podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles (MACHADO et al., 2007). O alcance variou de 12 m para porosidade total a 57 m para macroporosidade na camada de 0-10 cm. Na camada de 10-20 cm a variação foi de 8 m para argila a 39 m para microporosidade (Tabela 2).

Souza et al. (2006), estudando a variabilidade espacial de um Latossolo, observaram para os atributos físicos alcances entre 20 a 35 m em diferentes pedoformas, na camada de 0-20 cm. Foi observado, para a maioria dos atributos físicos do solo, redução da dependência espacial em profundidade, ou seja, menor variabilidade na camada de 0-10 cm (Tabela 2).

O Grau de Dependência foi mensurado de acordo com Cambardella et al. (1994), os quais propuseram intervalos para avaliar a porcentagem da variância do efeito pepita. Se $GD \leq 25\%$ - possui forte dependência espacial; entre 25 e 75% - moderada dependência espacial; e $\geq 75\%$ - fraca dependência espacial.

Tabela 2 - Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos e indicadores de qualidade física de um Nitossolo Bruno em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, São Joaquim (SC), 2015.

	Modelo	C ₀	C ₀ +C	A ₀	R ²	RRS	GD
0-10 cm							
CO	Esférico	0,1000	63,22	15	0,96	15,7	Forte
Argila	Esférico	18	1757	16	0,87	36112	Forte
Silte	Exponencial	1191	2907	21	0,71	85666	Moderado
Areia	Esférico	1014	2588	24	0,99	5959	Moderado
Pt	Exponencial	0,000	0,001	12	0,73	6,27E-9	Forte
Macro	Exponencial	0,001	0,003	57	0,91	6,83E-8	Moderado
Micro	Esférico	0,000	0,001	33	0,98	1,01E-8	Moderado
Ds	Esférico	0,002	0,011	39	0,97	7,2E-7	Forte
10-20 cm							
CO	Esférico	0,0100	17,09	9	0,89	0,2	Forte
Argila	Esférico	10	4190	8	0,51	3011	Forte
Silte	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Areia	Exponencial	68	1359	18	0,98	2257	Forte
Pt	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Macro	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Micro	Esférico	0,001	0,005	39	0,99	3,22E-8	Moderado
Ds	Esférico	0,002	0,007	22	0,92	6,20E-7	Moderado

C₀=efeito pepita; C₀+C = patamar; A₀= alcance, m; R²= coeficiente de determinação; RRS= soma de quadrados de resíduos; GD = grau de dependência espacial, %; CO = carbono orgânico total, g kg⁻¹; Argila, Silte e Areia= g kg⁻¹; Pt = porosidade total, cm³ cm⁻³; Macro = macroporosidade, cm³ cm⁻³; Micro = microporosidade, cm³ cm⁻³; Ds = densidade do solo, g cm⁻³.

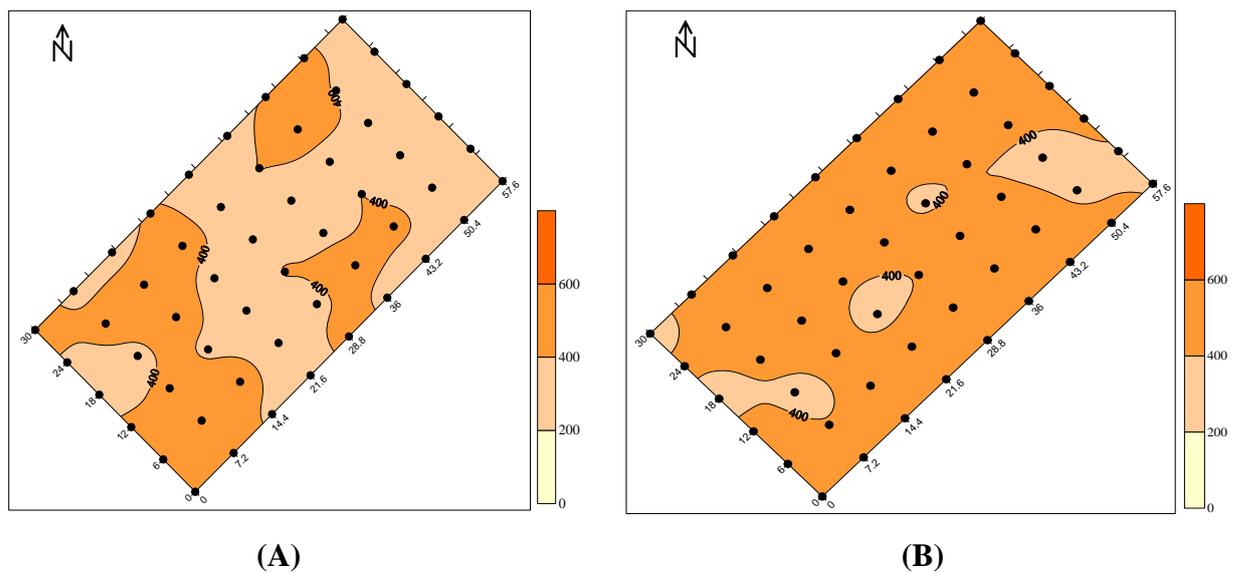
Foi observado que para carbono, argila e porosidade total houve forte dependência espacial; para silte, areia, macroporosidade e microporosidade o grau de dependência foi moderado na camada de 0 a 10 cm. Na camada de 10 a 20 cm houve forte dependência para carbono, argila e areia, enquanto que para microporosidade e densidade do solo foi observada moderada dependência espacial (Tabela 2). Segundo Cambardella et al. (1994), uma dependência espacial forte dos atributos do solo pode ser atribuída a fatores inerentes ao solo, tais como material de origem e relevo, enquanto que uma dependência espacial fraca pode ser atribuída a fatores externos, como práticas de manejo.

4.3 MAPAS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Para os atributos que tiveram dependência espacial, foram criados os mapas de isolinhas utilizando a krigagem como técnica de interpolação.

Observa-se que na camada de 0-10 cm, a média do teor de argila é de 386 g kg^{-1} e de 10-20 cm é de 446 g kg^{-1} (Tabela 1). Foi possível observar através dos mapas de isolinhas as variações do teor de argila, com poucas manchas de teores de argila entre 200 a 400 g kg^{-1} na camada de 10-20 cm (Figura 1).

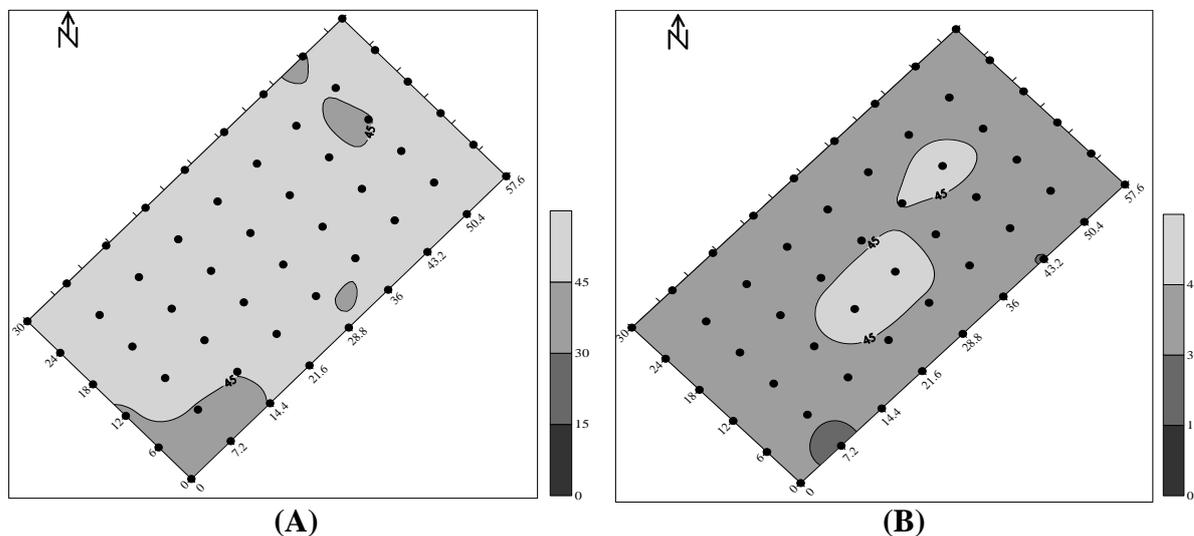
Figura 1 – Mapas de isolinhas para a fração argila (g kg^{-1}) em um Nitossolo Bruno na camada de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Analisando os mapas, foi possível observar que em praticamente toda a área o teor de carbono orgânico foi alto ($>29 \text{ g kg}^{-1}$) e nos pontos com maiores quantidades de carbono orgânico o teor de argila foi menor em ambas as camadas (Figura 2), pois foi observada correlação negativa entre o teor de argila e carbono orgânico do solo na camada de 0-10 cm ($r=-0,49$) e na camada de 10-20 cm ($r=-0,38$) (Apêndice A).

Figura 2 – Mapas de isolinhas do teor de carbono orgânico (g kg^{-1}) em um Nitossolo Bruno na camada de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

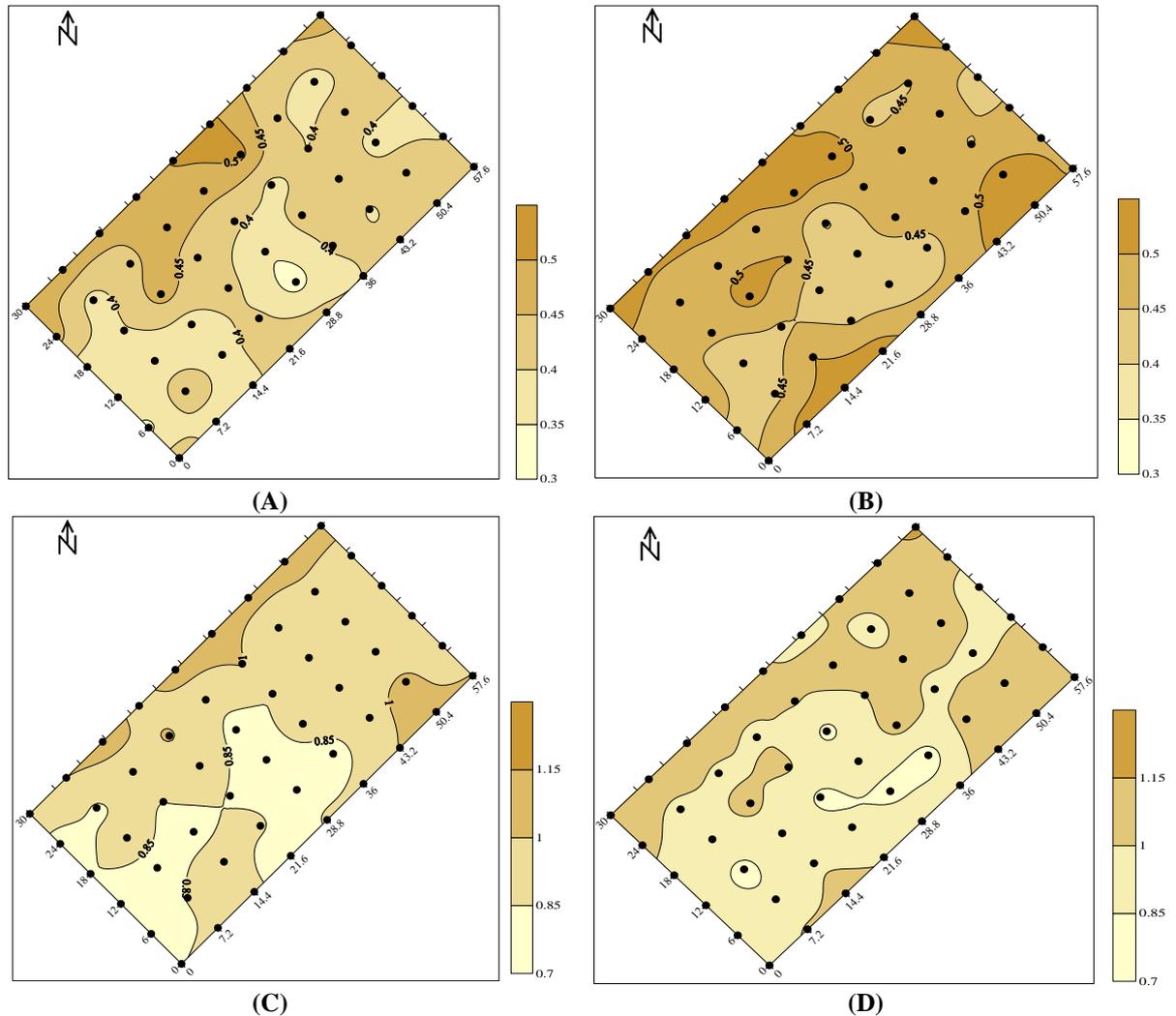
A matéria orgânica e o teor de argila são agentes de agregação e influenciam a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. Mesmo sendo observada correlação negativa entre carbono e argila, este solo se classifica como argiloso e possui um alto conteúdo de matéria orgânica em ambas as camadas, o que não vem a ser fator limitante para o desenvolvimento das videiras.

A microporosidade aumentou em profundidade na maioria dos pontos. Foi possível verificar que mais ao norte da área, na camada de 0-10 cm, há maior microporosidade. O mesmo ocorreu na camada de 10-20 cm, tendo também maior microporosidade na parte sudeste e leste da área (Figura 3). Estes pontos com maior microporosidade são responsáveis pela maior retenção de água no solo.

Foi observada correlação positiva entre densidade do solo e microporosidade na camada de 0-10 cm ($r=0,58$) e de 10-20 cm ($r= 0,78$) (Apêndice A). Tal fato ficou visível ao observar os mapas, pois em grande parte dos pontos que havia menor ou maior microporosidade, o mesmo ocorria para a densidade do solo.

Da mesma forma que para microporosidade, também houve aumento da densidade do solo em profundidade. Isto foi possível de ser visualizado através dos mapas de isolinhas, analisando a similaridade dos mapas nas diferentes camadas. Houve a presença de manchas de menor microporosidade e densidade do solo principalmente na região central da área e no sentido sul (Figura 3).

Figura 3– Mapas de isolinhas para microporosidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) em um Nitossolo Bruno na camada de 0-10 cm (A) e na camada de 10-20 cm (B) e densidade do solo (g cm^{-3}) na camada de 0-10 cm (C) e na camada de 10-20 cm (D) nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.



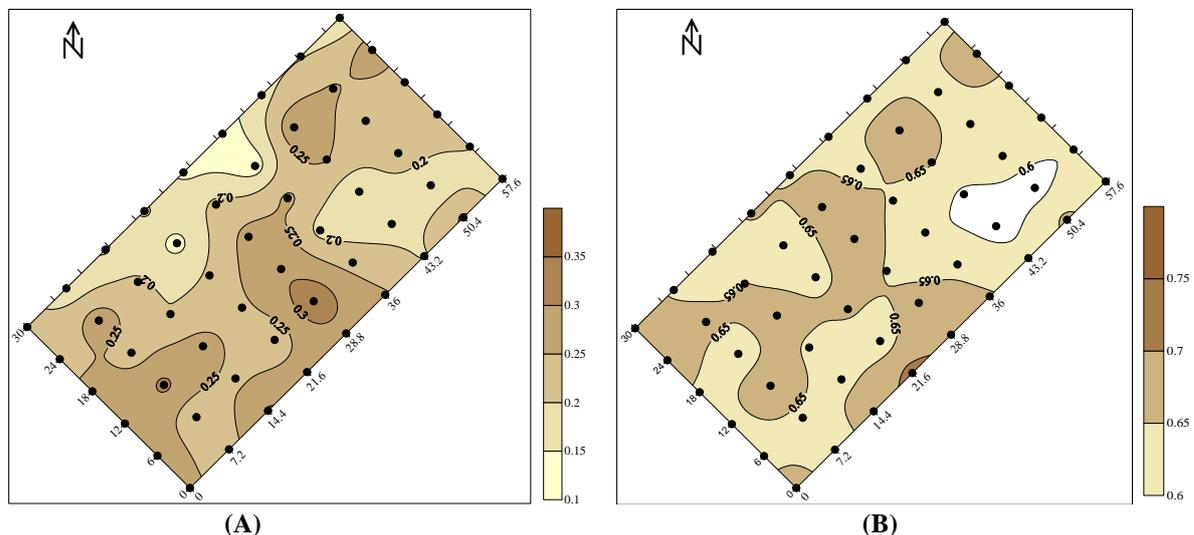
Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

O aumento da microporosidade e da densidade do solo e a diminuição da porosidade total em profundidade pode estar relacionado ao menor conteúdo de matéria orgânica na camada de 10-20 cm e também ao adensamento que ocorre com as partículas do solo.

Outra correlação observada foi da porosidade total com a macroporosidade na camada de 0-10 cm (Apêndice A). Foi possível realizar a modelagem apenas dos mapas para a camada de 0-10 cm, pois não houve dependência espacial para porosidade total e macroporosidade na camada de 10-20 cm.

Através dos mapas pode-se observar manchas e presença de pontos com menor macroporosidade ($0,12$ e $0,16 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) na camada de $0-10 \text{ cm}$ (Figura 4), e analisando a estatística clássica desta área, a média da camada $10-20 \text{ cm}$ para macro foi de $0,15 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, com variações entre $0,07$ e $0,28 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ (Tabela 1), o que demonstra que se o solo não for bem manejado, pode ocorrer problemas relacionados a drenagem e aeração. Isto porque quando os poros de drenagem, representados pelos macroporos são inferiores a $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$, a aeração do solo fica prejudicada (SILVA et al., 1994) bem como a drenagem da água da chuva.

Figura 4 – Mapas de isolinhas para macroporosidade ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (A) e porosidade total ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) (B) em um Nitossolo Bruno na camada de $0-10 \text{ cm}$ nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

4.4 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os atributos químicos do solo pH em água, teor de potássio, cálcio e magnésio apresentaram distribuição normal nas duas camadas. Porém os teores de fósforo do solo apresentaram distribuição diferente da normal nas duas camadas (Tabela 3). Silva et al. (2010) estudando a variabilidade espacial dos atributos químicos de um Latossolo Vermelho cultivado com café também observaram distribuição normal para maioria dos atributos químicos. O teor de fósforo teve coeficiente de assimetria positiva (Tabela 3), o que indica que a média é maior que a mediana e esta maior que a moda (ASSIS et al., 1996). Os demais atributos apresentaram coeficiente de assimetria negativo, com exceção do magnésio de $10-20 \text{ cm}$ (Tabela 3).

Os coeficientes de variação foram: baixo para pH em água (6%) na camada de 0-10 cm; médio para cálcio (13%) e magnésio (15%) na camada de 0-10 cm; alto para potássio (28%) na camada de 0-10 cm e para cálcio (27%) na camada de 10-20 cm; e muito alto para fósforo nas duas camadas avaliadas (47 e 31%), e para potássio (33%) e magnésio (32%) na camada de 10-20 cm (Tabela 3). Em estudo para avaliar a presença de variabilidade espacial de atributos de acidez do solo e a existência de áreas com necessidades diferenciadas de corretivo, por meio de diferentes métodos de cálculo da necessidade de calagem, Hurtado et al. (2009) encontraram coeficientes de variação semelhantes.

Foi observada alta variabilidade da maioria dos atributos químicos do solo, e este fato pode estar relacionada com a forma de correção e fertilização do solo, gerando maior variação dos nutrientes nas linhas de plantio da videira.

O coeficiente de curtose (C_k) é utilizado para caracterizar a forma da distribuição de frequências em relação ao seu “achatamento”. Em alguns programas computacionais existe padronização do valor de C_k , sendo que o valor de comparação é zero. Se C_k for zero tem-se distribuição mesocúrtica, se $C_k < 0$ a distribuição é platicúrtica e se $C_k > 0$ tem-se distribuição leptocúrtica.

Na camada de 0 a 10 cm fósforo, cálcio e magnésio tiveram distribuição platicúrtica, e os demais atributos químicos distribuição leptocúrtica. Porém, na camada de 10 a 20 cm, potássio e magnésio tiveram coeficientes de curtose negativos, o que indica que a distribuição é platicúrtica. pH em água, fósforo e cálcio são classificados como distribuição leptocúrtica (Tabela 3).

Em relação as medidas de tendência central, o pH em água do solo em ambas as camadas foi considerado como alto de acordo com a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2016). Nos diferentes pontos da área a variação foi entre 5,1 a 7,6. A média foi de 6,4 e 6,3 nas camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente (Tabela 3). O pH condiciona a disponibilidade de vários nutrientes as plantas, e recomenda-se que a correção do pH seja feita para atingir 6,0. Esta ampla variação do pH no solo, desde baixo a muito alto pode ter ocorrido devido à alta quantidade de calcário que foi adicionada na implantação do vinhedo e que, por variações que ocorrem no solo de forma temporal, como as práticas de manejo e a quantidade de chuvas, originou a variabilidade existente. Entretanto, são produzidos vinhos de qualidade em solos de pH desde 5,5 a 8,0 (GIOVANINNI, 2014). Em um Cambissolo Húmico próximo ao local deste estudo, Luciano (2012) verificou variações similares de pH, entre 5,3 a 7,7 na camada de 0-15 cm e entre 5,2 a 7,6 na camada de 15-30 cm.

Os teores médios de fósforo do solo foram muito alto (26 mg kg^{-1}) na camada de 0-10 cm e médio (8 mg kg^{-1}) na camada 10-20 cm (CQFS, RS/SC, 2016) (Tabela 3). Mafra et al. (2011) estudando o estado nutricional de solos em alguns vinhedos na Serra Catarinense, observaram teores de fósforo na camada de 0-20 cm entre 4 a 57 mg kg^{-1} , com média de 15 mg kg^{-1} , com alto coeficiente de variação, similar aos resultados encontrados neste estudo.

Tabela 3– Estatística descritiva dos atributos químicos de um Nitossolo Bruno em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, São Joaquim (SC), 2015. n (54 pontos amostrais).

Atributo	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
			0-10		cm				
pH água	6,4	6,4	5,5	7,5	0,4	6	-0,07	0,14	0,08 ^{ns}
Fósforo	26	24	6	57	12	47	0,78	-0,09	0,14*
Potássio	147	150	35	225	40	28	-0,48	0,45	0,06 ^{ns}
Cálcio	12,7	12,7	8,7	15,7	1,6	13	-0,12	-0,55	0,06 ^{ns}
Magnésio	5,2	5,2	3,7	6,6	0,8	15	-0,03	-0,92	0,08 ^{ns}
			10-20		cm				
pH água	6,3	6,4	5,1	7,6	6,6	8	-0,04	0,33	0,07 ^{ns}
Fósforo	8	8	4	17	3	31	0,77	0,72	0,16*
Potássio	72	73	17	117	24	33	-0,37	-0,11	0,07 ^{ns}
Cálcio	8,4	8,3	3,7	13,0	2,2	27	-0,03	0,28	0,06 ^{ns}
Magnésio	4,0	3,9	1,3	6,8	1,3	32	0,13	-0,22	0,06 ^{ns}

Mín. = valor mínimo; Máx. = valor máximo; CV = coeficiente de variação, %; Assim. = coeficiente de assimetria; Curt.= coeficiente de curtose; K-S = teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5%; * significativo (diferente da normal) e ns = não significativo (normal); Fósforo: mg kg^{-1} ; Potássio: mg kg^{-1} ; Cálcio: $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Magnésio: $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Os teores de potássio foram altos (147 mg kg^{-1}) na camada de 0-10 cm e baixos (72 mg kg^{-1}) na camada de 10-20 cm (Tabela 3). As variações que ocorrem nos teores de fósforo e potássio têm relação com a forma que é realizada a adubação nas linhas de plantio das videiras, podendo ser de forma não homogênea na área conforme relatado por Mafra et al. (2011).

Os teores médios de cálcio e magnésio foram respectivamente de 12,7 e $5,2 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na camada de 0-10 cm, e de 8,4 e $4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na camada de 10-20 cm, classificados como alto em ambas as camadas (CQFS, RS/SC, 2016) (Tabela 3). Zalamena (2012) estudando os atributos químicos de um vinhedo na região de São Joaquim também observou altos teores de cálcio e magnésio nas mesmas camadas avaliadas. Estes teores de cálcio e magnésio

influenciam o pH do solo, pois na implantação dos vinhedos é necessário fazer a correção da acidez com a adição de calcário. Quanto aos teores de fósforo e potássio na camada superficial, também foram observados teores altos, o que indica que houve a aplicação de doses elevadas de adubos na área.

Em grande parte dos estudos realizados nos solos dos vinhedos do Planalto Catarinense (MAFRA, 2009; LUCIANO, 2012; ZALAMENA, 2012; MIKALOVICZ, 2014) foi observado que na maioria dos vinhedos a adubação e calagem que é realizada na implantação dos vinhedos, juntamente com as adubações de manutenção resultam por vezes em teores muito elevados, o que, de certa forma, favorece o crescimento vegetativo da videira.

4.5 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os modelos com melhor ajuste para os atributos químicos foram o exponencial e o esférico (Tabela 4). Silva Neto et al. (2011) também observaram melhor ajuste destes modelos para os atributos químicos do solo.

Para pH em água o modelo ajustado foi o exponencial nas duas camadas avaliadas, com alcance de 19 m na camada de 0-10 cm e 18 m na camada de 10-20 cm. Para teor de fósforo, na camada de 0-10 cm o modelo ajustado foi o exponencial, com alcance de 12 m, e na camada de 10-20 cm não houve dependência espacial. Para teor de potássio não foi observada estrutura de dependência espacial nas duas camadas. Isso significa que o espaçamento das coletas não foi adequado para detectar a variabilidade espacial (Tabela 4).

Os semivariogramas de cálcio e magnésio foram ajustados ao modelo esférico e exponencial nas camadas avaliadas, sendo que para cálcio o alcance foi igual a 15 m em ambas as camadas e para magnésio houve redução do alcance de 22 para 9 m, tendo maior dependência espacial para este atributo na camada de 0-10 cm (Tabela 4). Carvalho et al. (2010), trabalhando com um Latossolo Amarelo também observaram que o modelo esférico teve o melhor ajuste para cálcio e magnésio.

De acordo com Cambardella et al. (1994), o grau de dependência foi classificado como forte ($\leq 25\%$) para os atributos químicos do solo (Tabela 4). Estudando a variabilidade espacial de atributos do solo como subsídio para produção integrada de frutas no nordeste do Brasil, Bolfe et al. (2007) observaram grau de dependência espacial entre moderado a forte para os atributos químicos do solo em diferentes camadas.

Tabela 4- Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos químicos de em um Nitossolo Bruno em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-10 e 10-20 cm, São Joaquim (SC), 2015.

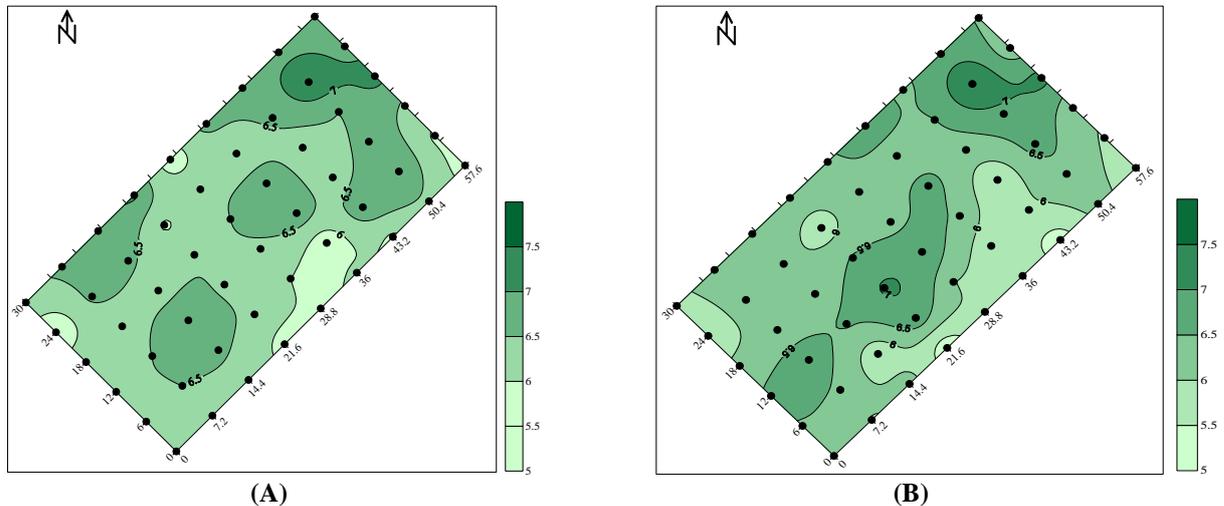
	Modelo	C_0	$C_0 + C$	A_0	R^2	RRS	GD
<u>0-10 cm</u>							
pH em água	Exponencial	0,02	0,18	19	0,81	2,41E-04	Forte
Fósforo	Exponencial	10,8	141,1	12	0,88	52,5	Forte
Potássio	Efeito pepita	-	-	-	-	-	-
Cálcio	Esférico	0,001	2,40	15	0,98	0,011	Forte
Magnésio	Exponencial	0,06	0,78	22	0,96	2,21E-03	Forte
<u>10-20 cm</u>							
pH em água	Exponencial	0,03	0,25	18	0,97	6,99E-05	Forte
Fósforo	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Potássio	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Cálcio	Esférico	0,46	5,00	15	0,95	0,118	Forte
Magnésio	Esférico	0,001	0,91	9	0,90	6,51E-04	Forte

C_0 =efeito pepita; $C_0 + C$ = patamar; A_0 = alcance, m; R^2 = coeficiente de determinação; RRS= soma de quadrados de resíduos; GD = grau de dependência espacial, %; Fósforo: mg kg⁻¹; Potássio: mg kg⁻¹; Cálcio: cmol_c kg⁻¹; Magnésio: cmol_c kg⁻¹.

4.6 MAPAS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

O pH do solo foi adequado para o desenvolvimento das videiras (pH>6,0) na maior parte da área avaliada. Na camada de 0-10 cm foi observado algumas áreas com pH entre 5,5 a 6,0, mas esta acidez não afeta o desenvolvimento da videira, pois não há níveis tóxicos de alumínio. Entretanto, na camada de 10-20 cm, áreas na parte sudeste-leste tiveram pH entre 5,0 e 5,5 (Figura 5).

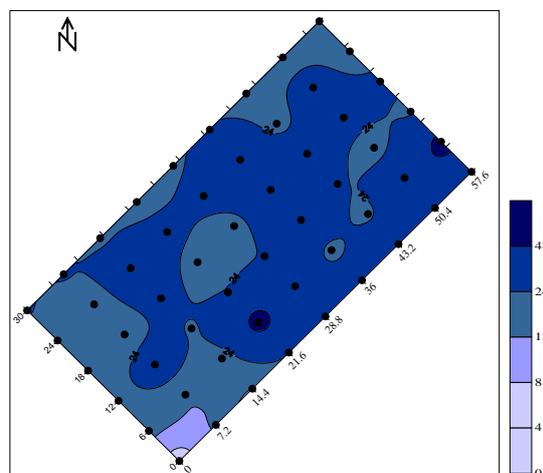
Figura 5 – Mapas de isolinhas para pH do solo na camada de 0-10 cm (A) e 10-20 cm (B) em um Nitossolo Bruno nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

O teor de fósforo na camada de 0-10 cm teve um alcance de 12 m, enquanto que na camada de 10-20 cm não foi observada dependência espacial (Tabela 4). Com a visualização do mapa, pode-se identificar a alta variabilidade no teor de fósforo, ocorrendo áreas com teores entre baixo e médio ($4,1-12,0 \text{ mg kg}^{-1}$), altos ($12,1-24,0 \text{ mg kg}^{-1}$) e muito alto ($> 24 \text{ mg kg}^{-1}$) na camada de 0-10 cm (Figura 6).

Figura 6 – Mapas de isolinhas para fósforo (mg kg^{-1}) na camada de 0-10 cm de em um Nitossolo Bruno nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

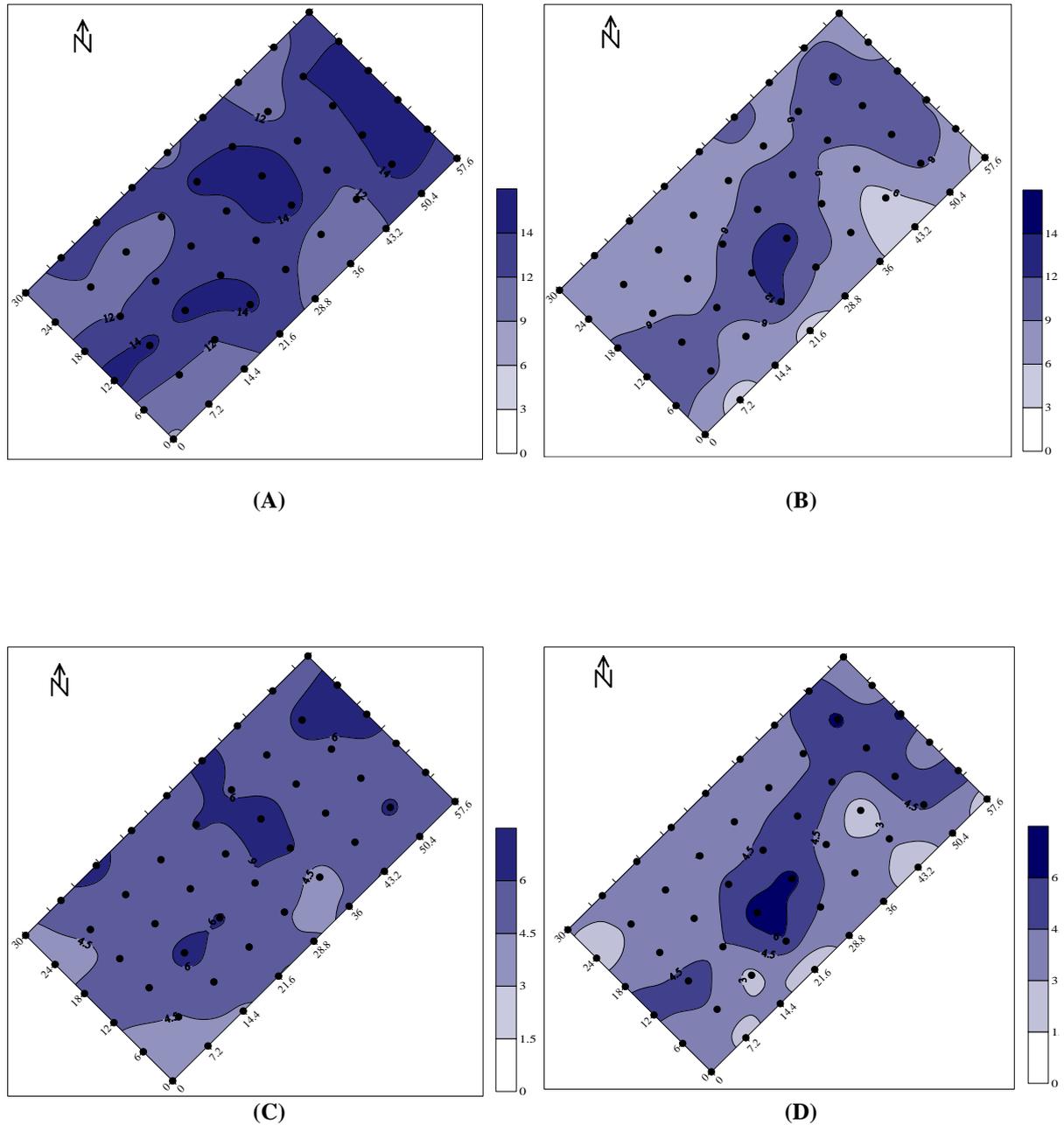
Ocorreu correlação negativa entre o fósforo e o teor de argila na camada de 0-10 cm ($r=-0,29$). Tal comportamento ocorre, pois, em solos argilosos há incremento de fósforo na forma associada com os oxi-hidróxidos de ferro e alumínio (GAMA-RODRIGUES et al., 2014). Ao relacionar os mapas de argila e fósforo deste trabalho foi possível observar que em alguns pontos onde ocorrem os menores conteúdos de argila, corroboraram com os maiores teores de fósforo disponível. O método utilizado para a determinação de fósforo (Mehlich 1) pode ter influenciado a correlação entre teor de argila e fósforo, pois em solos mais argilosos ele reduz a capacidade de extração do fósforo.

Em relação ao potássio, não foram gerados os mapas de isolinhas, pois não houve dependência espacial com o espaçamento utilizado neste experimento (Tabela 4).

Foi observada correlação positiva entre cálcio e magnésio na camada de 10-20 cm ($r=0,89$) (Apêndice C), os quais tiveram altos teores em toda a área (Figura 7), pois o solo foi corrigido na implantação do vinhedo com a aplicação de calcário. Houve diminuição dos teores de cálcio e magnésio em profundidade. Para cálcio na camada de 0-10 cm foi observado em toda a área teores altos de acordo com a CQFS, RS/SC (2016) ($>4 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), mas na camada de 10 - 20 cm ocorreram pequenas áreas no sentido sudeste-leste com teores menores que $4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Figura 7).

Para magnésio o comportamento foi similar, com altos teores ($>1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) em toda a área na camada 0-10 cm e pequenas manchas com teores entre $1,0$ a $2,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ na mesma região que para cálcio (sudeste-leste) na camada de 10-20 cm (Figura 7).

Figura 7–Mapas de isolinhas para cálcio e magnésio ($\text{cmol}_c\text{kg}^{-1}$) na camada de 0-10 cm (A, C) e 10-20 cm (B,D) em um Nitossolo Bruno nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2015.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

4.7 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS DA UVA

A maioria das características produtivas da uva tiveram distribuição normal, com exceção da relação ráquis/cacho nas duas safras e produção na safra 2015/2016 (Tabela 5).

Ao analisar as safras a maioria das características produtivas foi maior na safra 2015/2016 (Tabela 5), com exceção da relação ráquis/cacho, o que reforça o importante efeito das condições meteorológicas nestas características.

O número de cachos por planta na safra 2014/2015 foi de 21 cachos por planta, variando de 10 a 36 cachos. Na safra 2015/2016 este parâmetro foi maior em relação à safra anterior, com média de 33 cachos por planta, com variação entre 20 a 49 cachos. Em ambas as safras a variação deste atributo é alta (29 e 21%) (Tabela 5). Marcon Filho (2016), trabalhando com a variedade Cabernet Sauvignon na região de São Joaquim-SC, observou nas safras de 2012 a 2015 média de 37 cachos por planta, com um baixo coeficiente de variação para esta variável.

A massa do cacho média foi maior (138 g) na safra 2015/2016 em relação à safra anterior (113 g), com coeficiente de variação médio (14%) para ambas as safras. Massa da ráquis e relação ráquis/cacho também tiveram coeficientes de variação considerados como médios em ambas as safras (18 e 12% para massa da ráquis; 14 e 15% para a relação ráquis/cacho) (Tabela 5). Mikalovicz (2014) estudando as características produtivas da Cabernet Sauvignon em três classes de solos (Nitossolo Bruno, Cambissolo Húmico e Cambissolo Háplico), observou maior massa do cacho nas uvas cultivadas no Nitossolo Bruno, mesma área utilizada para este estudo, com média de 103 g entre nas safras 2011/2012 e 2012/2013.

A massa da ráquis na safra 2014/2015 teve média de 5,4 g com variações entre 3,4 a 8,5 g, e na safra 2015/2015 teve média de 5,6 g, com mínimo de 2,9 e máximo de 7,8 g (Tabela 5).

O comprimento do cacho não diferiu entre as safras, com média de 16,6 cm na safra 2014/2015 e 16,3 cm na safra 2015/2016. Em ambas as safras o coeficiente de variação para comprimento do cacho foi classificado como baixo (9 e 8%) (Tabela 5). Zalamena et al. (2013) avaliando o estado nutricional, o vigor e a produção de uva Cabernet Sauvignon, em videiras consorciadas com espécies de plantas de cobertura do solo submetidas a diferentes manejos, observaram comprimento de cachos médio de 13,5 cm e massa de cacho média de 116 g. O coeficiente de variação para comprimento do cacho também foi baixo e para massa do cacho foi considerado médio.

O número de bagas médio na safra 2014/2015 foi de 81, com amplitude de 53 a 103. Na safra da 2015/2016 a média foi de 92, variando de 61 a 129 bagas por cacho avaliado (Tabela 5). O coeficiente de variação foi classificado como médio (12 e 14%) para ambas as safras. Wurz (2016) avaliando a cultivar Cabernet Sauvignon, observou para a safra 2014/2015 e 2015/2016 média respectivamente de 58 e 76 bagas com coeficiente de variação de 12 e 15%.

Tabela 5 - Estatística descritiva do número de cachos, características físicas dos cachos, das características físicas 129das bagas e da produtividade de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Nitossolo Bruno, São Joaquim (SC). n (54 pontos amostrais).

Atributo	Safr	Média	Mediana	Valores		Desvio	Coeficiente			K-S
				Mín	Máx	Padrão	CV	Assim.	Curt.	
Número de Cachos	2014/2015	21 b	21	10	36	6	29	0,38	-0,46	0,08 ^{ns}
	2015/2016	33 a	34	20	49	7	21	-0,03	-0,82	0,10 ^{ns}
Massa do Cacho	2014/2015	113 b	113	68	144	16	14	-0,29	0,25	0,8 ^{ns}
	2015/2016	138 a	136	93	181	20	14	-0,19	-0,26	0,06 ^{ns}
Massa da Ráquis	2014/2015	5,4 ns	5,5	3,4	8,5	1	18	0,37	1,08	0,10 ^{ns}
	2015/2016	5,6 ns	5,6	2,9	7,8	0,8	14	-0,24	2	0,09 ^{ns}
Ráquis/Cacho	2014/2015	4,9 a	4,8	3,8	6,5	0,6	12	0,63	0,28	0,14*
	2015/2016	4,1 b	4,1	3,1	7,4	0,6	15	3,23	18,14	0,18*
Comprimento do Cacho	2014/2015	16,6 ns	16,8	13,8	19,9	1,5	9	-0,15	-0,49	0,08 ^{ns}
	2015/2016	16,3 ns	16,3	13,9	19,1	1,2	8	0,13	-0,19	0,07 ^{ns}
Número de Bagas	2014/2015	81 b	81	53	103	10	12	-0,32	0,28	0,08 ^{ns}
	2015/2016	92 a	92	61	129	13	14	-0,1	0,82	0,07 ^{ns}
Massa de 50 Bagas	2014/2015	66 b	66,5	52,4	76	5	7	-0,44	0,65	0,11 ^{ns}
	2015/2016	77 a	77,4	65,1	86,5	5	6	-0,3	-0,01	0,09 ^{ns}
Produção (kg planta ⁻¹)	2014/2015	2,4 b	2,4	1,1	4,5	0,8	32	0,5	0,4	0,09 ^{ns}
	2015/2016	4,6 a	4,4	2,7	8,2	1,2	26	0,91	0,99	0,12*
Produtividade (t há ⁻¹)	2014/2015	6,6 b	6,7	3,1	12,5	2,1	32	0,5	0,4	0,09 ^{ns}
	2015/2016	12,7 a	12,4	7,4	22,9	3,3	26	0,91	0,99	0,11 ^{ns}

Mín. = valor mínimo; Máx. = valor máximo; CV = coeficiente de variação (%); Assim. = coeficiente de assimetria; Curt = coeficiente de curtose; K-S = teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; * significativo (diferente da normal) e ns = não significativo (normal) ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Massa do Cacho, Massa da Ráquis, Massa de 50 Bagas (g); Comprimento do cacho (cm); Produção (kg planta⁻¹); Produtividade (t há⁻¹).

As médias foram comparadas pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade.

A massa de 50 bagas foi maior (77 g) na safra 2015/2016 em relação à safra anterior (66 g), e em ambas as safras o coeficiente de variação foi baixo (7 e 6%) (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Brighenti et al. (2011), estudando o desempenho vitícola da variedade Cabernet Sauvignon com diferentes porta-enxertos em São Joaquim nas safras 2007/2008 e 2009/2010 com massa média de 50 bagas de 74 e 70 g respectivamente.

A produtividade média foi maior na safra 2015/2016 (12,7 t há⁻¹) comparada com a safra 2014/2015 (6,6 t há⁻¹). O CV da produtividade foi muito alto (32%) na safra 2014/2015, variando de 1,1 a 4,5 kg planta⁻¹ e alto (26%) na safra 2015/2016, variando de 2,7 a 8,2 kg planta⁻¹ (Tabela 5).

Em estudo com a variedade Cabernet Sauvignon na Argentina, implantada em um Aridisol, com diferentes grupos de características físicas do solo, Apcarian et al. (2006) observam produtividades entre 5,3 a 9,8 t ha⁻¹. Isso demonstra que em conjunto com as condições climáticas, as diferentes condições de solo como profundidade do perfil, espessura e resistência a penetração podem influenciar a produtividade das videiras e também a sua composição.

A safra 2015/2016 em relação à safra 2014/2015, teve maior número de cachos, massa de cachos, número de bagas, massa de 50 bagas e conseqüentemente teve maior produtividade. Esta diferença na produtividade pode estar atribuída a vários fatores, como manejo do vinhedo, ocorrência de doenças e condições climáticas. Entretanto, é importante ressaltar, que o manejo do vinhedo é muito semelhante entre as safras avaliadas. Assim, posteriormente será discutida a influência do clima e dos atributos do solo nas características produtivas da Cabernet Sauvignon nas safras estudadas.

4.8 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DA UVA

A maioria das características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva tiveram distribuição diferente da normal. Exceção foram sólidos solúveis, polifenóis e intensidade na safra 2014/2015 e acidez, antocianinas e tonalidade na safra 2015/2016. De maneira geral o coeficiente de variação foi baixo, sendo os maiores para polifenóis (33%) e antocianinas (29%) (Tabela 6).

Uma característica monitorada pelos agricultores no período de maturação é o teor de sólidos solúveis, pois ele afeta a quantidade dos açúcares fermentáveis que irão resultar no teor alcoólico do vinho. Cerca de 90% dos sólidos solúveis do mosto é composto de glicose e frutose (AMERINE; OUGH, 1976). A média dos sólidos solúveis foi maior (20,4° Brix) na safra 2014/2015 em relação à safra 2015/2016 (19,6° Brix), com baixo coeficiente de variação (4 e 5%) nas duas safras (Tabela 6).

Segundo Rosier (2006), o acúmulo de açúcares na uva produzida na região de São Joaquim fica em torno de 16 a 20° Brix. Estas concentrações relativamente pouco elevadas podem ser consideradas normais para o tipo de clima desta região, uma vez que as baixas temperaturas no final do período de maturação não estimulam a produção de açúcar pela via das hexoses, favorecendo a via das pentoses na produção de compostos fenólicos.

A média da acidez titulável foi igual nas duas safras avaliadas (153 meq L^{-1}). Na safra 2014/2015 variou de 120 a 190 meq L^{-1} e na safra 2015/2016 de 124 a 196 meq L^{-1} (Tabela 6). O clima frio das regiões de altitude faz com que a degradação dos ácidos seja mais lenta e, como consequência, a acidez titulável é mais elevada nas uvas e vinhos produzidos nesse local (MARCON FILHO, 2016).

A recomendação de um pH ideal para a elaboração de vinhos não é precisa. Entretanto, normalmente entre 3,3 e 3,6 garante melhor estabilidade microbológica e físico-química (JACKSON, 2014). De maneira geral, em pH menor pode haver dificuldades na fermentação e pH maior a conservação do vinho pode ser prejudicada (GIOVANNINI, 2014).

O pH do mosto na safra 2014/2015 teve média de 3,1, variando entre 2,9 e 3,3; na safra 2015/2016, foi de 3,5 variando entre 3,2 e 3,6 (Tabela 6). Foi possível observar que na safra 2014/2015 o pH foi abaixo do recomendado (3,3), porém, valores mais baixos são preferidos, devido ao aumento do pH durante e após a fermentação (MARCON FILHO, 2016). Würz (2016) estudando na mesma região deste estudo a variedade Cabernet Sauvignon, também encontrou pH próximo de 3,1 na safra 2014/2015.

Avaliando o desenvolvimento fenológico de sete variedades de uvas viníferas durante três safras consecutivas na região de São Joaquim – SC, Brighenti et al. (2013) observaram para sólidos solúveis média de $20,9^\circ \text{Brix}$, acidez titulável de 123 meq L^{-1} e pH do mosto médio de 3,4, todos os parâmetros com baixo coeficiente de variação ($<10\%$), e em todas as safras as uvas produzidas apresentaram características adequadas para a produção de vinhos finos.

O teor de polifenóis totais não diferiu entre as safras. Foi de 1290 mg L^{-1} na safra 2014/2015 e de 1337 mg L^{-1} na safra 2015/2016. O coeficiente de variação na safra de 2014/2015 foi de 33%, classificado como muito alto, com variação de 564 a 2563 mg L^{-1} . Na safra 2015/2016 foi médio (18%), com variação de 913 a 2138 mg L^{-1} (Tabela 6).

Tabela 6– Estatística descritiva dos atributos físico-químicos e dos compostos fenólicos de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Nitossolo Bruno, São Joaquim (SC). n (54 pontos amostrais).

Atributo	Safr	Média	Mediana	Valores		Desvio	Coeficiente		Curt.	K-S
				Mín	Máx	Padrão	CV	Assim.		
Sólidos Solúveis	2014/2015	20,4 a	20,5	18,2	22,1	0,7	4	-0,33	0,57	0,09 ^{ns}
	2015/2016	19,6 b	19,8	15,5	20,7	0,9	5	-2,25	8,1	0,15*
Acidez titulável	2014/2015	153 ns	150	120	190	14	9	0,67	1,06	0,1*
	2015/2016	153 ns	151	124	196	13	8	0,53	1,6	0,08 ^{ns}
SS/Acidez Titulável	2014/2015	19 a	19	14	24	2	10	-0,4	0,71	0,18*
	2015/2016	18 b	19	14	23	2	9	0,12	0,61	0,15*
pH do Mosto	2014/2015	3,1 b	3,1	2,9	3,3	0,1	2	0,99	3,14	0,32*
	2015/2016	3,5 a	3,5	3,2	3,6	0,1	3	-0,25	-0,06	0,21*
Polifenóis totais	2014/2015	1290 ns	1253	564	2563	424	33	0,61	0,34	0,09 ^{ns}
	2015/2016	1337 ns	1299	913	2138	244	18	1,29	2,79	0,13*
Antocianinas	2014/2015	116 b	113	49	183	33	29	0,28	-0,81	0,13*
	2015/2016	138 a	137	100	203	22	16	1	1,16	0,11 ^{ns}
Intensidade	2014/2015	7,0 b	7	3,9	10,9	0,2	24	0,34	-0,34	0,10 ^{ns}
	2015/2016	9,4 a	9,1	6,7	15,3	1,6	17	1,52	4,24	0,14*
Tonalidade	2014/2015	0,97 ns	0,95	0,43	1,51	0,2	23	0,63	1,33	0,17*
	2015/2016	0,93 ns	0,94	0,79	1,03	0,05	5	-0,4	0,32	0,09 ^{ns}

Mín. = valor mínimo; Máx. = valor máximo; CV = coeficiente de variação, %; Assim. = coeficiente de assimetria; Curt. = coeficiente de curtose; K-S = teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov; * significativo (diferente da normal) e ns = não significativo (normal) ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Sólidos Solúveis (°Brix); Acidez Titulável (meq L⁻¹); Polifenóis Totais (mg L⁻¹); Antocianinas (mg L⁻¹).

As médias foram comparadas pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade.

As concentrações de antocianinas foram maiores na safra 2015/2016, com média de 138 mg L⁻¹, enquanto que na safra 2014/2015 a média foi de 116 mg L⁻¹. O coeficiente de variação foi alto (29%) na safra 2014/2015 e médio (16%) na safra 2015/2016 (Tabela 6). Analisando as safras de 2010 a 2013, Felippeto et al. (2016) observaram média de antocianinas de 128 meq L⁻¹, com variações entre 102 a 166 meq L⁻¹. Para polifenóis totais a média foi de 1244 mg L⁻¹, variando entre 1178 a 1298 mg L⁻¹. Os autores relatam que o clima é um fator de forte influência na composição fenólica das uvas e essas variações provavelmente ocorrem devido à variabilidade das condições meteorológicas entre as safras.

As concentrações elevadas de polifenóis e antocianinas em regiões de altitude ocorrem devido às baixas temperaturas noturnas, que diminuem os processos metabólicos como a respiração e favorecem o acúmulo de açúcar e substâncias fenólicas (ROSIER, 2006).

A cor dos vinhos é um atributo muito importante tanto sua tonalidade como intensidade, pois através do seu aspecto são obtidas informações sobre suas qualidades e restrições, pois a cor é consequência das particularidades das variedades, da maturação, das características edafoclimáticas, da sua forma de elaboração, conservação e de evolução com o tempo (FREITAS, 2006).

A intensidade de cor foi maior na safra 2015/2016 com média de 9,4, com variações entre 6,7 e 15,3 e coeficiente de variação médio (17%). Na safra 2014/2015 a intensidade média foi de 7,0 e variou de 3,9 a 10,9, e coeficiente de variação alto (24%) (Tabela 6).

Para tonalidade de cor não foi observada diferença entre as safras, sendo que na safra 2014/2015 a média da tonalidade foi de 0,97, com variações entre 0,43 e 1,51 e na safra 2015/2016 a tonalidade média foi de 0,93, com variações entre 0,79 e 1,03 (Tabela 6). A tonalidade é um índice de maturidade das uvas tintas. Quando o índice de maturidade é próximo de 1, as amostras de uvas são consideradas saudáveis e não muito maduras. Por outro lado, se as amostras apresentam índice de maturidade inferior a 0,4 são consideradas uvas maduras e saudáveis (CORREIA, 2014). A partir desta relação, observa-se que as uvas avaliadas em sua maioria podem ser consideradas como saudáveis e não muito maduras, tal fato ocorre, porque em muitas vinícolas são considerados os parâmetros de maturação industrial, que é traduzida pelo valor máximo da relação entre açúcares acumulados na baga e a acidez total.

4.8.1 Atributos físico-químicos e compostos fenólicos dos vinhos

Em relação a composição do vinho, foi observado que seguiu a tendência da composição da uva, demonstrando que os procedimentos realizados na vinificação influenciaram pouco estas características. Da mesma forma que ocorreu na composição do mosto, as composições dos vinhos nas duas safras foram similares.

Foi observado que na safra 2015/2016 a média do pH do vinho se manteve estável, 3,5 no mosto e no vinho, enquanto na safra 2014/2015 aumentou de 3,1 (mosto) para 3,2 (vinho) A acidez permaneceu semelhante nas duas safras. Polifenóis e antocianinas foram maiores na safra 2015/2016, decorrente da maior concentração na uva (Tabela 7). No vinho, as antocianinas coexistem sob quatro formas químicas diferentes: catiônica, quinônica, base carbinol e chalcona. Essas formas são dependentes do pH. A pH 1,0, 100% das antocianinas estão sob a forma catiônica, que é a única colorida. A pH 3,2 a forma catiônica representa cerca de 15% do total das antocianinas do vinho, ao passo que a pH 4,0 esse percentual diminui para menos de

10% (MAZZA; MINIATTI, 1992). Por essa razão, vinhos com pH elevado tendem a evoluir mais rapidamente ou envelhecer precocemente.

No Brasil, a vinificação do vinho tinto compreende: desengace, esmagamento suave das bagas, maceração pré-fermentativa a frio, maceração média a longa, modulação dos procedimentos de agitação da massa vinária durante a fase de maceração (mais intensos e/ou numerosos nos primeiros dias e mais suaves no final), controle e modulação da temperatura de fermentação e passagem por barricas de carvalho. Nessas condições, obtêm-se vinhos com boa estrutura polifenólica e altos teores de antocianinas (GUERRA et al., 2007).

Tabela 7 – Características analíticas dos vinhos produzidos nas safras 2014/2015 e 2015/2016, provenientes de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, São Joaquim (SC).

Característica	Safras	
	2014/2015	2015/2016
pH	3,2	3,5
Acidez titulável	73	75
Polifenóis totais	1342	1603
Antocianinas	46	66
Intensidade	10,2	9,9
Tonalidade	0,54	0,76
Taninos	2,7	2,4

Acidez titulável (meq L⁻¹); Polifenóis totais (mg L⁻¹); Antocianinas (mg L⁻¹); Taninos (mg g⁻¹).

A intensidade de cor foi muito semelhante nos vinhos das duas safras, já a tonalidade foi maior na safra 2015/2016 (Tabela 7). Os vinhos tintos exibem tonalidades que variam da púrpura ao alaranjado, passando, ao longo do tempo, por fases rubi, bordô e terracota. A coloração púrpura está relacionada comumente aos vinhos jovens, enquanto cores rubis e bordôs aos vinhos maduros. Os tons de vermelho terracota ou alaranjado são frequentemente associados aos vinhos envelhecidos (OLIVEIRA et al., 2011).

Quanto aos taninos sua maior quantidade ocorreu na safra 2014/2015 (Tabela 7). As suas principais funções são antioxidantes e relacionadas às características sensoriais, tanto no corpo do vinho como nos aspectos visuais e olfativos. Associando-os aos polissacarídeos e pigmentos, os taninos tornam-se mais equilibrados e podem gerar uma sensação de doçura tânica (ZAMORA, 2003), além de contribuir para a estrutura do vinho e estabilidade de cor (BURNS et al., 2000).

Ao analisar as características analíticas de vinhos tintos de Veranópolis -RS, Rizzon; Miele (2011) observaram características semelhantes as que foram encontradas neste estudo, e os autores afirmaram que o resultado médio de acidez está de acordo com os padrões de

identidade e qualidade estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 1998).

4.9 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

O ano de 2015 teve precipitação de 2.373 mm, temperatura média máxima de 19,2°C e temperatura média mínima de 9,7°C, enquanto 2016 teve precipitação de 2.224 mm, temperatura média máxima de 19,1°C e temperatura média mínima de 10,1°C (Tabela 8).

Em relação a temperatura média em ambas as safras foram muito próximas nos principais períodos de desenvolvimento da videira. Entre a brotação e a mudança de cor das bagas (setembro a final de janeiro), a temperatura média na safra 2014/2015 foi de 15,7°C e na safra 2015/2016 foi de 15,4°C. No período de maturação, onde ocorre o acúmulo de açúcares, antocianinas e polifenóis, na safra 2014/2015 a temperatura média foi de 16,5°C e na safra 2015/2016 foi de 16,9°C (Tabela 8).

Durante o processo de brotação até a mudança de cor nas bagas, de setembro a janeiro, na safra 2014/2015 a precipitação pluviométrica foi menor (1.089 mm) em relação à safra 2015/2016 (1.225 mm). No período de maturação da uva, que compreende os meses de fevereiro e março, menor precipitação também foi registrada na safra 2014/2015 (300 mm) em relação a 2015/2016 (337 mm) (Tabela 8).

Estes índices de precipitação podem ser considerados elevados para o desenvolvimento da videira, de setembro a março, uma vez que, durante todo o ciclo fenológico, o ideal é que a precipitação fique próximo de 700 a 800 mm (JACKSON; LOMBARD, 1993). Assim, em 2014/2015 a precipitação foi de 1.389 mm e em 2015/2016 foi de 1.562 mm em todo ciclo da videira, que compreendeu os meses de setembro a março. Na quinzena que antecedeu a colheita na safra 2014/2015, que foi no dia 30 de março, foi observada precipitação de 60 mm. Nesta quinzena da safra 2015/2016, com a colheita no dia 28 de março, a precipitação foi de 51 mm.

Como na safra 2014/2015 foram registradas as menores precipitações, a insolação foi maior com um total de 866 horas no período de brotação até a mudança de cor das bagas e de 379 horas no período da maturação. Para a safra de 2015/2016 foram, respectivamente, 699 e 341 horas (Tabela 8).

De acordo com Monteiro et al. (2012), períodos mais secos e com boa insolação, principalmente na época de maturação, favorecem a produção de uvas de melhor qualidade. Porém houve muita similaridade entre as safras avaliadas em relação as condições climáticas, como ocorrência de excesso de chuvas em todo o ciclo produtivo da videira, que é característico

da região de altitude do estudo, com redução dos índices pluviométricos no período final da maturação e temperatura médias similares em ambas as safras.

Tabela 8 – Precipitação, temperaturas médias e insolação nos períodos de brotação a mudança da cor das bagas (Setembro-Janeiro) e no período de maturação da uva (Fevereiro-Março), São Joaquim (SC), 2016.

Safras	Insolação (horas)			Temperatura Média (°C)			Precipitação (mm)		
	Set-Jan	Fev-Mar	Ano	Set-Jan	Fev-Mar	Ano	Set-Jan	Fev-Mar	Ano
2014/2015	866	379	2.008	15,7	16,5	14,2	1.089	300	2.373
2015/2016	699	341	1.744	15,4	16,9	14,1	1.225	337	2.224

Safras	Temperatura Mínima (°C)			Temperatura Máxima (°C)		
	Set-Jan	Fev-Mar	Ano	Set-Jan	Fev-Mar	Ano
2014/2015	11,0	11,8	9,7	21,2	21,9	19,2
2015/2016	11,3	12,9	10,1	20,4	22,1	19,1

Set-Jan = Setembro-Janeiro; Fev-Mar. = Fevereiro-Março; Dados fornecidos pelo CIRAN-EPAGRI, 2016.

A amplitude térmica de São Joaquim, diferença entre as temperaturas máximas e mínimas, fica entre 9 e 10 °C, sendo considerada ótima para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da videira *Vitis vinifera* (BRIGHENTI; TONIETTO, 2004). A safra 2014/2015 teve amplitude térmica de aproximadamente 10°C e na safra 2015/2016 foi observada redução para 9°C (Tabela 8).

4.10 INFLUÊNCIA DO CLIMA NAS CARACTERÍSTICAS DAS UVA

4.10.1 Influência do clima nas características produtivas e na produtividade da uva

A vitivinicultura é uma atividade influenciada pelo clima, o qual é importante na definição das potencialidades das regiões. A fisiologia da videira é influenciada por diversos fatores meteorológicos, como temperatura, precipitação, evapotranspiração potencial, horas de insolação e vento. Esses fatores interagem com os demais componentes do sistema de produção, como solo, cultivar e técnicas agrônomicas aplicadas no cultivo, os quais influenciam a produção da uva e a composição do vinho (DAL BÓ, 2007)

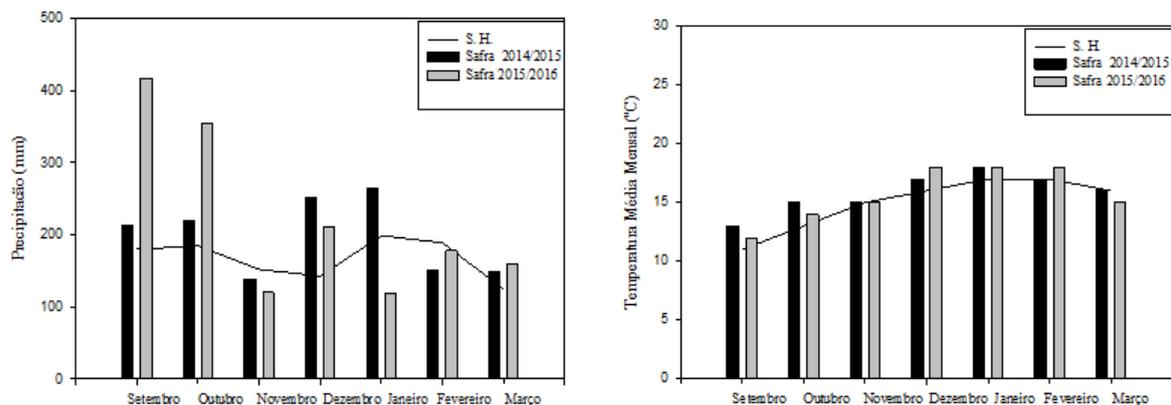
O volume de chuvas a partir de setembro (brotação) até o final de março (colheita) na safra 2014/2015 (1.389 mm) foi menor em relação à safra 2015/2016 (1.562 mm) e maior que

a média histórica (1.173 mm – 30 anos) de precipitação para este período em São Joaquim, SC (Tabela 8).

No período de brotação até a mudança de cor das bagas na safra 2014/2015 a precipitação pluviométrica foi de 1.089 mm e na safra 2015/2016 foi de 1.225 mm. Quanto a precipitação durante o período de maturação, a safra 2014/2015 teve média menor (300 mm) que a média histórica (30 anos) que é de 314 mm. Na safra 2015/2016 a precipitação foi maior, com um total de 337 mm (Tabela 8).

As características número de cachos e massa de cachos influenciam a produtividade da uva, e através dos resultados pode-se perceber que a safra 2015/2016 teve produção aproximadamente 92% maior que a safra 2014/2015. A maior massa de bagas e número de bagas foi maior na safra 2015/2016 (Tabela 5). De acordo com Brighenti et al. (2011), isto pode ser associado a melhoria no percentual de frutificação efetiva, pois neste período esta safra apresentou condições meteorológicas melhores, com menor precipitação e maior temperatura média.

Figura 8 - Precipitação pluviométrica média mensal (mm) e Temperatura média mensal (°C) das safras 2014/2015 e 2015/2016; S.H: série histórica (30 anos).



Fonte: Dados fornecidos pelo EPAGRI – CIRAM (2016).

Segundo Back et al. (2013) a elevada precipitação durante o período de florescimento causa falhas na frutificação. A maior quantidade de chuvas entre os meses de novembro, dezembro e janeiro (Figura 8) pode ter sido o principal fator limitante na produtividade da safra 2014/2015, pois afetou de forma negativa as características produtivas das uvas.

De acordo com Wurz (2016), ocorreram condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da podridão cinzenta nas duas safras na mesma empresa que este estudo foi realizado. No período crítico que compreende os meses de dezembro a março, a temperatura

média foi de 16,8°C, e o volume de chuvas acumulado foi de 816 mm e umidade relativa média de 82% na safra 2014/2015. Já para a safra 2015/2016, a temperatura média para o mesmo período foi de 17,3°C e o volume acumulado de chuvas foi de 669 mm e umidade relativa média de 83%. O autor afirma que esse maior volume de chuva na safra 2014/2015 proporcionou ambiente favorável ao desenvolvimento da podridão cinzenta, resultando em elevada incidência e severidade de podridão cinzenta na safra 2014/2015. A doença ataca folhas, ramos e inflorescências, mas os danos mais severos são nos cachos. Em regiões de alta umidade relativa, o fungo deteriora os frutos na pré e/ou pós-colheita (SILVA-RIBEIRO et al., 1994).

A infecção de um modo geral se dá a partir das cicatrizes deixadas pela queda das peças florais, sépalas, pétalas e estames ou por outros ferimentos. Portanto, a infecção do patógeno na planta ocorre na fase da floração, e permanece em estado de latência até a maturação dos frutos, quando, então, ocorre o desenvolvimento da infecção propriamente (SÔNEGO et al., 2005; LIMA et al., 2009). As condições que fazem com que as infecções latentes se tornem ativas e causem as podridões nas bagas, ainda não estão bem compreendidas, embora alta umidade relativa, alta concentração de nitrogênio na baga e alta quantidade de água na baga são fatores que favorecem este processo (WILCOX, 2014).

As práticas de manejo adotadas no vinhedo associados as condições meteorológicas também são fatores que influenciam as características produtivas da uva, porém não foram abrangidas neste estudo. Dentre estes fatores pode-se destacar os diferentes sistemas de condução das plantas e as épocas de desfolha. Marcon Filho (2016) estudando os sistemas de condução ípsilon e espaldeira, observou que o sistema de condução ípsilon é alternativa de utilização nas regiões de altitude de Santa Catarina pois favorece a insolação e aumenta a produtividade da variedade Cabernet Sauvignon, devido ao maior número de cachos por planta. Wurz (2016) estudando as épocas de desfolha da Cabernet Sauvignon na mesma região de altitude deste estudo, relatou maior produtividade em plantas desfolhadas nos estádios fenológicos “grão ervilha” e “virada de cor”.

De maneira geral, o manejo adotado na área nas safras estudadas seguiu o mesmo padrão, sendo realizado sempre conforme as necessidades que eram demandadas. Como as práticas de manejo são realizadas conforme as condições climáticas e necessidades da planta, pode-se observar que as características produtivas da videira sofreram forte influência destes fatores em ambas as safras. A ocorrência da alta precipitação pluviométrica associado a umidade relativa do ar, proporcionou condições ideais para a ocorrência de doenças que afetaram o desempenho produtivo da videira na safra 2014/2015, resultando em uma menor produtividade.

4.10.2 Influência do clima nas características físico-químicas e compostos fenólicos da uva.

O desenvolvimento biológico da videira pode ser acelerado ou retardado pelas condições climáticas. Durante a maturação da uva, a temperatura, a exposição solar (BERGQVIST et al., 2001) e o balanço hídrico (VAN LEEUWEN et al., 2004) são os principais fatores que controlam a composição do vinho.

A temperatura do ar é um fator que afeta a composição da uva durante o período de amadurecimento, pois afeta a composição de açúcar e antocianinas, bem como o aroma. A fotossíntese ocorre durante o dia e os produtos da fotossíntese são translocados das folhas para os frutos durante a noite. A amplitude térmica favorece o acúmulo de açúcares e restringe o crescimento vegetativo, o que eleva a atividade respiratória em variações acima de 10°C (MORI et al., 2007).

O teor de sólidos solúveis e a relação sólidos solúveis/acidez foram maiores na safra 2014/2015, podendo estar associado a maior amplitude térmica nesta safra, que foi de aproximadamente 10°C, enquanto que na safra 2015/2016 a amplitude térmica foi de 9°C (Tabela 8). Segundo Rosier (2006), a concentração de açúcares nas bagas é favorecida pela ocorrência de dias com maior amplitude térmica, pois proporcionam menores perdas por respiração e menor crescimento da parte aérea. Associado a maior amplitude térmica, outro fator que pode ter elevado a concentração de açúcares nas bagas foi a menor precipitação pluviométrica nos meses de fevereiro e março de 2015 (Figura 8).

A acidez titulável, os polifenóis totais e a tonalidade não diferiram entre as safras, porém o pH do mosto, as antocianinas e a intensidade de cor foram maiores na safra 2015/2016 (Tabela 6).

Os ácidos orgânicos, principalmente o málico, são degradados e utilizados como fonte de energia durante a fase de maturação, e seu nível é significativamente reduzido até a colheita (CONDE et al., 2007). Essa degradação é o resultado da ação de enzimas cuja ativação é influenciada pela temperatura do ar (LAKSO; KLIEWER, 1975). Sendo assim, pode-se presumir que as baixas temperaturas, características da região de São Joaquim, proporcionem condições para um consumo lento dos ácidos orgânicos nas uvas, podendo ter maior acidez nos vinhos desta região.

Para ambas as safras foi observada a mesma média de acidez total, tal fato pode ter ocorrido devido à similaridade da temperatura média entre os períodos de maturação em ambas as safras, sendo que na safra 2014/2015 a temperatura média no período de maturação foi de

14,2°C e na safra 2015/2016 foi de 14,1°C (Tabela 8). Em geral, teores aceitáveis de acidez total para uvas viníferas ficam entre 90 e 120 meq.L⁻¹. No entanto, quando ultrapassa 110 meq.L⁻¹, a fermentação malolática se faz necessária como alternativa para reduzir o teor de ácido málico nos vinhos (FELIPPETO et al., 2016).

A concentração dos compostos fenólicos aumenta continuamente desde o início do desenvolvimento da uva, porém o maior aumento ocorre no início do crescimento das bagas (PINTO, 2002). As médias de polifenóis totais nas safras avaliadas foram de 1.290 mg L⁻¹ e 1.337 mg L⁻¹ (Tabela 6). Segundo Stockham et al. (2013) o teor de polifenóis totais está diretamente relacionado com a precipitação anual. Juntamente com a precipitação, outra variável importante é a temperatura do ar. Porém, as diferenças na quantidade de chuva e a temperatura média das duas safras avaliadas, não influenciaram a quantidade de polifenóis totais e acidez total, pois tiveram padrões similares nas duas safras, e estes parâmetros são considerados adequados para destinar a uva para vinificação.

O pH possui grande importância nas características físico-químicas, biológicas e sensoriais dos vinhos, bem como pode potencializar alguns defeitos, sendo o pH e a acidez titulável duas propriedades importantes no equilíbrio ácido no mosto das uvas (ZOECKLEIN et al., 2001).

Na safra 2015/2016 foi observado maior pH do mosto (Tabela 6), sendo que nesta safra ocorreram as maiores precipitações durante o processo de maturação das uvas (Tabela 8). Este mesmo comportamento foi observado por Luciano et al. (2013), estudando a variedade Cabernet Sauvignon nas safras 2009/2010 e 2010/2011 na mesma região deste estudo. Este aumento do pH do mosto pode ter sido influenciado com relação as condições de drenagem e armazenamento de água (VAN LEEUWEN et al., 2004).

Para uma mesma acidez total, o pH geralmente é menor em condições de maior disponibilidade hídrica. O pH é dependente, além da acidez total, das concentrações relativas de ácidos málicos e tartárico e do grau de formação de sais ácidos, que, por sua vez, depende do conteúdo de potássio na baga (ESTEBAN et al., 2002).

A biossíntese de antocianina na uva é normalmente influenciada pela exposição à luz solar, radiação ultravioleta, temperatura do ar e precipitação, assim como a variedade da uva e as práticas vitícolas utilizadas. Estes fatores podem modificar significativamente a composição das antocianinas da baga da uva, e o teor final no vinho (HE et al., 2010).

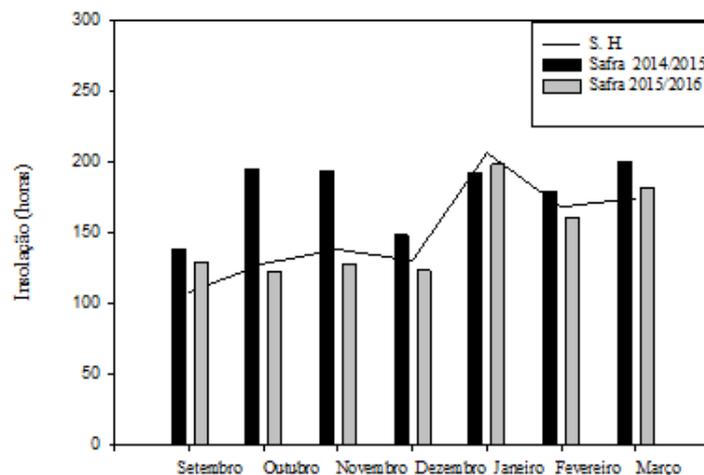
A concentração de antocianinas foi maior na safra 2015/2016 (Tabela 6), mesmo ocorrendo maiores precipitações no período de maturação (Tabela 8). Um fator que pode ter influenciado o acúmulo de antocianinas nesta safra foi a menor insolação durante o processo de

maturação (Figura 9), pois temperaturas amenas e menor insolação são fatores que favorecem o acúmulo de antocianinas. (VAN LEEUWEN et al., 2004; REGULES et al., 2006).

O acúmulo de compostos fenólicos, especialmente as antocianinas e os taninos conferem aos vinhos do Planalto Catarinense coloração mais intensa, com aroma mais rico, de maior volume em boca, equilibrados em álcool e acidez, de sabor complexo e persistente (EMBRAPA, 2004).

A intensidade de cor também foi maior na safra 2015/2016 e este aumento ocorreu devido ao aumento das concentrações de antocianinas (Tabela 6), como também foi observado por IDE (1992), proporcionando ideia do desenvolvimento e da quantidade relativa dos compostos fenólicos da uva, principalmente as antocianinas. A coloração das antocianinas é influenciada pela substituição dos grupos hidroxila e metoxila na molécula. Incrementos no número de grupos hidroxila aumentam a intensidade do azul, enquanto incrementos de grupos metoxilas aumentam a intensidade do vermelho (LÓPEZ et al., 2000).

Figura 9 - Insolação média (horas) das safras 2014/2015 e 2015/2016; S.H: série histórica (30 anos).



Fonte: Dados fornecidos pelo EPAGRI – CIRAM (2016).

Segundo Mateus et al. (2002) a altitude afeta as condições climáticas, uma vez que impacta diretamente a temperatura, umidade e outros fatores ambientais que afetam a maturação das uvas. Avaliando os compostos fenólicos de diferentes variedades tintas de *Vitis vinifera* L. em função da altitude, Mateus et al. (2001a) observaram maior intensidade de cor e maiores níveis de antocianinas nos vinhos elaborados com uvas oriundas de altitude mais

elevada, e que o clima de altitude influencia na maturação e na composição fenólica das uvas (MATEUS et al., 2001b).

Durante o período de maturação das bagas, em que ocorrem as principais reações que vão definir a composição da uva para futura vinificação (açúcares, acidez, pH do mosto, polifenóis, antocianinas e características relacionadas a cor) foi observado que não houve grandes diferenças entre as safras avaliadas em relação a estes parâmetros. A safra 2015/2016 apresentou melhores condições relacionadas a coloração dos vinhos, devido a maior concentração de antocianinas e intensidade de cor. Em ambas as safras foi atingido a maturação fisiológica, com o teor de açúcar, acidez e pH do mosto adequados.

O clima tem um papel importante no período de maturação, pois afeta a composição da uva pelos seus diferentes fatores como temperatura, insolação e precipitação. A região de São Joaquim é caracterizada pelo excesso de chuvas e alta amplitude térmica, porém isso não significa que as uvas produzidas tenham qualidade inferior as demais regiões produtoras. Pelo contrário, a região tem se destacado no mercado, e o microclima característico é um dos principais fatores que influenciam a composição dos vinhos produzidos. Porém, é importante que tenha um conjunto de práticas de manejo aliado as condições climáticas nos vinhedos para assim obter uvas com composição adequada para vinificação.

4.11 CORRELAÇÕES

4.11.1 Correlação entre as características produtivas da uva

Ocorreu correlação positiva semelhante entre as características produtivas da uva em ambas as safras, influenciando principalmente a produtividade (Tabela 9).

A massa do cacho teve correlação com massa da ráquis, comprimento do cacho, número de bagas, massa de 50 bagas e produtividade em ambas as safras (Tabela 9). Na mesma vinícola, mas em safras anteriores, Luciano (2012) estudando as características produtivas da Cabernet Sauvignon cultivada em duas classes de solos (Cambissolo Húmico e Cambissolo Háplico), também encontrou relação entre estes parâmetros.

Tabela 9– Correlação entre as características físicas e a produtividade da uva Cabernet Sauvignon na safra 2014/2015 e 2015/2016, São Joaquim, SC, 2016.

	Massa Ráquis	Ráquis/Cacho	Comp. Cacho	n° Bagas	Massa 50 Bagas	Produtividade
Safra 2014/2015						
n° Cachos		0,28*	0,29*			0,89**
Massa do Cacho	0,76**		0,45**	0,91**	0,52**	0,45**
Massa Ráquis		0,63**	0,56**	0,77**		0,52**
Ráquis/Cacho			0,37**		-0,31*	
Comp. Cacho				0,49**		0,43**
n° Bagas						0,37**
Massa 50 Bagas						
Safra 2015/2016						
n° Cachos						0,81**
Massa do Cacho	0,65**	-0,40**	0,56**	0,85**	0,41**	0,49**
Massa Ráquis		0,40**	0,50**	0,57**		
Ráquis/Cacho				-0,35**	-0,27*	-0,31*
Comp. Cacho				0,60**		0,29*
n° Bagas						0,40**
Massa 50 Bagas						0,28*

n° cachos: número de cachos; Massa dos Cachos, Massa das Ráquis (g); Comp. Cacho: Comprimento dos Cachos (cm); n° bagas: número de bagas; massa de 50 bagas (g); produtividade (t ha⁻¹).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 < p < 0,05$).

As características que se relacionaram com a produtividade em ambas as safras foram o número de cachos por planta, massa dos cachos, número de bagas e comprimento dos cachos, sendo o número de cachos e a massa dos cachos as características com maior correlação com a produtividade, justamente pelo fato de serem as características que são utilizadas para a obtenção da mesma.

4.11.2 Correlação entre as características físico-químicas e composto fenólicos

Foi observada correlação entre a relação sólidos solúveis/acidez e os compostos fenólicos da uva. A concentração de polifenóis teve correlação negativa com a acidez na safra 2014/2015 e positiva com a relação SS/Acidez, antocianinas e intensidade de cor em ambas as safras. A concentração de antocianinas teve correlação positiva com polifenóis e com a intensidade de cor em ambas as safras e com SS/Acidez em 2015/2016 (Tabela 10). Isto ocorre, porque o acúmulo de açúcar durante o processo de maturação é responsável por originar os compostos fenólicos como polifenóis, antocianinas entre outros compostos relacionados ao aroma (ABE et al., 2007).

Tabela 10 – Correlação entre as características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva nas safras 2014/2015 e 2015/2016, São Joaquim, SC, 2016.

	SS/Acidez	pH mosto	Polifenóis	Antocianinas	Intensidade	Tonalidade
Safra 2014/2015						
SS	0,53**					-0,29*
Acidez	-0,94**	-0,32*	-0,34**		-0,50**	-0,34**
SS/Acidez			0,36*		0,49 **	
pH mosto						0,35 **
Polifenóis				0,55**	0,66 **	
Antocianinas					0,53 **	
Safra 2015/2016						
SS	0,47**				0,26*	
Acidez	-0,85**	-0,29*				
SS/Acidez			0,26*	0,28**	0,31*	
pH mosto						
Polifenóis				0,89**	0,95**	
Antocianinas					0,90**	

SS: sólidos solúveis (°Brix); Acidez: Acidez Titulável (meq L⁻¹); Polifenóis: Polifenóis Totais (mg L⁻¹); Antocianinas (mg L⁻¹).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

Segundo Usseglio–Tomassete (1989), o desenvolvimento e a quantidade relativa dos compostos fenólicos da uva são influenciados pelo aumento da concentração de antocianinas, o qual faz com que as uvas tenham cor mais intensa. Foi observada correlação positiva entre as antocianinas e a intensidade da cor nas duas safras avaliadas, isso acontece porque as antocianinas são responsáveis por um largo espectro de cores. Entretanto, foi possível notar que a maioria dos atributos físico-químicos e compostos fenólicos apresentaram correlação com a intensidade de cor, com exceção apenas do pH do mosto (Tabela 10).

Na safra 2014/2015 em que o pH do mosto foi na faixa de 3,1 ocorreu correlação positiva com a tonalidade; e os sólidos solúveis que tiveram um média 20 °Brix resultaram em correlação negativa juntamente com a acidez (Tabela 10). Portanto, o pH menor favoreceu a tonalidade de cor, porém, o maior conteúdo de açúcar e acidez do mosto afetaram de forma negativa este parâmetro, que tem forte relação com a maturação das uvas. Na safra 2015/2016 não foi observado relação dos atributos físico-químicos do mosto com a tonalidade. Jackson, (2008) afirmam que quando ocorre um equilíbrio entre os níveis de açúcar, acidez e pH, e os constituintes de aroma e sabor são acumulados, o resultado são vinhos de melhor qualidade. Como já foi mencionado anteriormente, a safra 2014/2015 foi prejudicada com incidência de doenças, o que pode ter influenciado o processo de maturação das uvas e ter ocorrido estas correlações negativas.

4.11.3 Correlação entre os atributos físicos e químicos do solo com as características produtivas da uva

Os atributos físicos do solo que apresentaram correlação com as características físicas da uva nas duas safras avaliadas foram areia, microporosidade, densidade do solo e o teor de carbono orgânico total. Foi observada correlação positiva da areia com o número de cachos e produtividade e do teor de carbono orgânico com o número de cachos, comprimento dos cachos e produtividade (Tabela 11). Por outro lado, a microporosidade e a densidade do solo afetaram negativamente o número de bagas, possivelmente por aumentarem a retenção de água e a umidade do solo.

A análise de correlação indicou que as características produtivas da uva são beneficiadas nas áreas com maiores conteúdos de areia e menor retenção de água. Martinez-Casasnovas et al. (2009) observaram correlação positiva da quantidade de areia no solo com a produtividade, e também ressaltaram que as classes texturais e a umidade do solo influenciam o rendimento.

O cálcio teve correlação positiva com o número de cachos, comprimento dos cachos e produtividade, enquanto o fósforo teve correlação com massa do cacho, comprimento do cacho e número de bagas (Tabela 11). A deficiência de fósforo atrasa o desenvolvimento vegetativo e a maturação das uvas, induz a floração e frutificação deficiente, baixa os níveis de açúcar do mosto e os ramos jovens se tornam vermelho arroxeados e pode-se perceber manchas necróticas. No entanto, sintomas de deficiência não são notados com frequência nos vinhedos, dado a oferta suficiente em sua grande maioria (FREGONI, 2005). No presente estudo a quantidade de fósforo foi muito alta na camada de 0-10 cm e média na camada de 10-20 cm. Portanto, tanto a variabilidade que ocorre no solo bem como o teor médio na camada de 10-20 cm, são aspectos que merecem atenção no momento de realizar a adubação fosfatada, pois as quantidades de fósforo influenciam no desenvolvimento dos cachos.

Tabela 11 – Correlação entre os atributos físicos e químicos do solo e as características produtivas da uva das safras 2014/2015 e 2015/2016.

	n° Cachos	Massa do Cacho	Comp. Cacho	n° Bagas	Produtividade
Areia	0,28*				0,36**
Micro				-0,32*	
Ds				-0,39**	
Carbono	0,32*		0,26*		0,40**
Cálcio	0,28*		0,38		0,28*
Fósforo		0,32*	0,32*	0,33*	

n° cachos: número de cachos; Massa dos Cachos (g); Comp. Cacho: Comprimento dos Cachos (cm); n° bagas: número de bagas; produtividade (t ha⁻¹). Areia (g kg⁻¹); Micro = microporosidade (cm³ cm⁻³); Ds = densidade do solo, g cm⁻³; Carbono = carbono orgânico (g kg⁻¹) Cálcio (cmol_c kg⁻¹); Fósforo: (mg kg⁻¹).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05).

Geralmente, no momento da implantação dos vinhedos, é realizada calagem para corrigir a acidez do solo e adição de adubos para suprir as demandas nutricionais das videiras. A maioria dos solos do Planalto Catarinense possuem alto teor de matéria orgânica e o aumento do pH do solo estimula a atividade microbiana e acelera a decomposição e mineralização da matéria orgânica (ERNANI, 2003), além de aumentar os teores de Ca e Mg trocáveis do solo. Em solos com altos conteúdos de matéria orgânica o resultado se reflete na alta e, geralmente excessiva, disponibilidade de nitrogênio às plantas (MAFRA, 2009).

A deficiência de nitrogênio nos períodos de desenvolvimento da videira pode reduzir a produtividade, porém o suprimento excessivo diminui a qualidade dos frutos (KELLER; HIRAZDINA, 1998). Pode-se observar que as quantidades de carbono, cálcio e fósforo presentes no solo influenciaram de forma positiva as características produtivas da videira, sendo responsáveis, em conjunto com outros fatores, para o desenvolvimento e a produtividade das videiras.

4.11.4 Correlação entre os atributos físicos e químicos do solo com as características físico-químicas e a composição fenólica da uva

O conteúdo de areia e o teor de carbono no solo novamente apresentaram correlação, mesmo que fracas, com as características da uva. Entretanto, a correlação destes atributos com os compostos fenólicos (polifenóis totais e antocianinas) foi negativa. Ocorreu correlação negativa do conteúdo de areia com os polifenóis totais e correlação positiva com a tonalidade. Quanto ao teor de carbono orgânico, ocorreu correlação negativa com antocianinas (Tabela 12).

Tabela 12 - Correlação dos atributos físicos do solo com as características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva na média das safras 2014/2015 e 2015/2016.

	Acidez	SS/Acidez	Polifenóis	Antocianinas	Tonalidade
Areia			-0,27*		0,32**
Carbono				-0,29*	
Cálcio	-0,32*	0,28*		-0,30*	0,31*
Magnésio	-0,29*	0,29*			

Acidez: Acidez Titulável (meq L^{-1}); Polifenóis: Polifenóis Totais (mg L^{-1}); Antocianinas (mg L^{-1}); Areia= (g kg^{-1})
Carbono = carbono orgânico (g kg^{-1}); Cálcio e Magnésio: ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$).

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

Cálcio e magnésio foram os nutrientes que apresentaram correlação com a composição da uva. Foi observada correlação negativa com a acidez titulável do mosto e positiva com a relação sólidos solúveis/acidez (Tabela 11). Os teores de cálcio e magnésio no solo estão classificados como alto e ocorreram correlações similares entres estes atributos e a acidez do solo. Isto ocorre, porque ambos os nutrientes são responsáveis pela translocação dos carboidratos, favorecendo a síntese de açúcares e substâncias aromáticas (GIOVANNINI, 2014). Durante o processo de maturação, ocorre síntese de açúcares e redução da acidez do mosto, o que caracteriza as correlações existentes.

Porém, também foi observada correlação negativa do teor de cálcio com as antocianinas (Tabela 11), o que significa que altos teores de cálcio no solo podem diminuir as antocianinas, fazendo com que o vinho tenha coloração menos intensa. Entretanto, houve correlação positiva do teor de cálcio com a tonalidade, um parâmetro relacionado à maturidade das uvas.

Outra correlação observada foi do carbono com as antocianinas (Tabela 11). Resultados de estudos realizados na região Sul com viníferas Cabernet Sauvignon, mostram que houve decréscimo da concentração de antocianinas totais no mosto com o aumento da dose de N (ureia) aplicada no solo (BRUNETTO et al., 2007; 2009). De acordo com esses autores, isso se deve à distribuição das antocianinas das bagas para as partes em crescimento, como os ramos e as folhas, que têm os seus crescimentos estimulados pela aplicação de N, podendo reduzir a atividade de enzimas que regulam a síntese de antocianinas. Tal fato pode estar relacionado ao alto teor de matéria orgânica do solo, o qual afetou de forma negativa o teor de antocianinas da uva.

Em relação as correlações dos atributos do solo com as características da uva, foi possível observar que a quantidade de matéria orgânica no solo favoreceu o desenvolvimento vegetativo da videira, aumentando as características produtivas e consequentemente a

produtividade, porém influenciou de forma negativa na composição fenólica da uva, que é uma característica importante para a composição dos vinhos produzidos.

A retenção de água que ocorre nos microporos afetou o número de bagas, sendo que a menor retenção de água e o maior conteúdo de areia resultaram em um incremento das características produtivas. Luciano (2012) observou que o menor armazenamento de água em um Cambissolo Háplico em relação a uma Cambissolo Húmico, foi associado à melhor maturação fisiológica e fenológica da uva Cabernet Sauvignon, o que torna, entre os dois solos, o mais indicado para obtenção de vinhos de qualidade na região do Planalto Sul Catarinense.

Os atributos químicos cálcio e fósforo também afetaram as características produtivas de forma positiva, demonstrando que os níveis destes nutrientes no solo estão sendo produtivos para a videira em seu desenvolvimento vegetativo. Em relação a composição da uva, os teores de cálcio e magnésio no solo tiveram relação com a acidez e sólidos solúveis do mosto, pois o que se espera na maturação das uvas é menor acidez e maior quantidade de açúcares para a produção de vinhos de qualidade. Porém a correlação com as antocianinas foi negativa, que é um parâmetro que influencia a coloração do vinho.

Para Flores (2005), a correlação entre as variáveis do solo e da videira melhora quando é considerado um maior número de variáveis na análise, indicando deste modo que a variação na composição do mosto e na produção do vinhedo dependem de uma combinação de múltiplos fatores. Por isso, em conjunto com as correlações dos atributos do solo, foi avaliado a influência das condições climáticas na composição da uva.

Para o bom desenvolvimento do vinhedo, é ideal que seja realizado o manejo adequado do solo, com atenção aos atributos físicos e químicos, pois eles influenciam tanto nas características produtivas, quanto na composição da uva que é destinada para a vinificação.

5 CONCLUSÕES

Ocorre variabilidade nos atributos físicos e químicos do Nitossolo, que influenciam as características produtivas da videira e a composição da uva Cabernet Sauvignon.

Os atributos microporosidade, densidade e granulometria do solo afetam as características da uva como número de bagas e a cor dos vinhos. São atributos que modificam a retenção de água no solo.

Solos com teores mais altos de cálcio, magnésio, fósforo e carbono orgânico afetam positivamente as características produtivas da videira como massa, número e comprimento dos cachos. Entretanto teores mais altos de cálcio e magnésio diminuem a acidez do mosto.

As condições meteorológicas afetam de forma mais pronunciada as características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva em relação a composição do vinho.

Portanto, solo e as condições meteorológicas são variáveis importantes na composição da uva para produção de vinhos finos.

REFERÊNCIAS

ABE, L.T. et al. Compostos fenólicos e capacidade antioxidante de cultivares de uvas *Vitis labrusca* L. e *Vitis vinifera* L. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 27, n. 2, p. 394-400, Jun 2007.

ACAVITIS, Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude. Disponível em: www.acavitis.com.br. Acessado em: 17 nov. 2016.

ALBUQUERQUE, J.A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, Set. 2001.

ALVARENGA, M.I.N.; PAULA, M.B. Planejamento conservacionista em microbacias. *Informe Agropecuário*, v. 21, p. 55-64, 2000.

AMERINE, M.A.; OUGH, C.S. *Análisis de vinos y mostos*. Zaragoza: Acribia, 1976. 158p.

ANDRADE, D.F. *Estatística para ciências agrárias e biológicas: com noções de experimentação*. 2ª ed. - Florianópolis: Editora da UFSC, 2010. 470 p.

APCARIAN, A. et al. Efecto de capas endurecidas de suelos sobre el potencial productivo de viñedos, Alto Valle de Río Negro, Patagonia, Argentina. *Agricultura Técnica (CHILE)* v. 66, p. 70-79 (Enero-Marzo) 2006.

ASSIS, F.N.; ARRUDA, H.V.; PEREIRA, A.R. *Aplicações da estatística à climatologia*. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1996. 161p.

ÁVILA NETO, J. et al. Exigência hídrica da videira na Região do Submédio São Francisco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, p. 1559-1566, 2000.

BACK, Á.J.; DELLA BRUNA, E.; DALBÓ, M.A. Mudanças climáticas e a produção de uva no Vale do Rio do Peixe – SC. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal- SC - SP, v. 35, n. 1, p. 159-169, 2013.

BERGQVIST, J.; DOKOOZLIAN, N.; EBISUDA, N. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet Sauvignon and Grenache in the Central

San Joaquin Valley of California. *American Journal of Enology and Viticulture*. V. 52, p. 1-7, 2001.

BERNER, P.G.M. et al. Variabilidade espacial de propriedades físicas e químicas de um Cambissolo sob dois sistemas de manejo de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v. 31, p. 837–844. 2007.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A., (Ed.). *Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods*. 2. ed. Madison, American Society of Agronomy, p. 363-375, 1986.

BOLFE, E.L.; GOMES, J.B.V.; FONTES, H.R. Variabilidade espacial de atributos do solo como subsídio para produção integrada de frutas em perímetro irrigado no nordeste do Brasil. *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE*, p. 67-74.

BONIN, V.; BRIGHENTI, E. Situação atual e tendências da vitivinicultura na região de São Joaquim. In: 6º Seminário Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, 4, 2005. São Joaquim. *Resumos de palestras, São Joaquim*, p. 68 -71.

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, 2006*. 368 p.

BOONTERM, C.W.; SILAPAPUN, A.; Effects of nitrogen, potassium fertilizer, and clusters per vine on yield and anthocyanin content in Cabernet Sauvignon grape, Suranaree. *Journal of Science and Technology, Peshawar*, v. 17, p. 155- 163, 2013.

BORGHEZAN, M. et al. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 46, p. 398-405, 2011.

BORGHEZAN, M. et al. Phenology and vegetative growth in a new production region of grapevine: case study in São Joaquim, Santa Catarina, Southern Brazil. *Open Journal of Ecology*, v. 4, p. 321-335, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 283, de 18 de junho de 1998. Aprova normas e procedimentos para o registro de estabelecimento, bebidas e vinagres, inclusive vinhos e derivados da uva e do vinho e expedição dos respectivos certificados. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 22 de junho 1998*.

BRIGHENTI, E.; TONIETTO, J. 2004. O clima de São Joaquim para a viticultura de vinhos finos: classificação pelo Sistema CCM Geovítica. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 18, Florianópolis. Florianópolis: SBF, 2004. 4p. (CD-ROM).

BRIGHENTI, A.F. et al. Desempenho vitivinícola da Cabernet Sauvignon sobre diferentes porta-enxertos em região de altitude de Santa Catarina. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 1, p. 096-102, Março 2011.

BRIGHENTI, A. F. et al. Caracterização fenológica e exigência térmica de diferentes variedades de uvas viníferas em São Joaquim, Santa Catarina – Brasil. Ciência Rural, Santa Maria, v. 43, n. 7, p. 1162-1167, 2013.

BRUNETTO, G. et al. Aplicação de nitrogênio em videiras na Campanha Gaúcha: Produtividade e características químicas do mosto da uva. Ciência Rural, v. 37, n. 2, p. 389-393, março-abril. 2007.

BRUNETTO, G. et al. Produção e composição química da uva em videiras submetidas à adubação nitrogenada. Ciência Rural, v. 39, n. 7, p. 2035-2041, out. 2009.

BRUNETTO, G. et al. The role of mineral nutrition on yields and fruit quality in grapevine, pear and apple. Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 1089-1104, Dez. 2015.

BURNS, J. et al. Relationship among antioxidant activity, vasodilation capacity, and phenolic content of red wines. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 48, p. 220–230, 2000.

CAMBARDELA, C.A. et al. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. Soil Sci. Soc. Am. J, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CAMPOS, M. C. C. et al. Toposequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. Acta Amazônia, Manaus, v. 42, n. 3, p. 387- 398, 2012.

CARVALHO, S.R.L.; VILAS BOAS, G.S.; FADIGAS, F. Variabilidade espacial de atributos físicos e químicos em solos originados nos sedimentos da formação barreiras. Cadernos de Geociências, Salvador, v. 7, n. 2, p. 63-79, 2010

- CIOTTA, M.N. et al. Grape yield, and must compounds of 'Cabernet Sauvignon' grapevine in sandy soil with potassium contents increasing. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 46, n. 8, p. 1376-1383, Aug. 2016 .
- CHADHA, K.L; SHIKHAMANY, S.D. The grape improvement, production and post-harvest management. New Delhi: Malhotra Publishing House, 1999. 579 p.
- CHONÉ X., VAN LEEUWEN C., DUBOURDIEU D., GAUDILLÈRE J.P., 2001b. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany*, 87, 4, 477-483.
- CONRADIE W.J. Liming and choice of rootstock as cultural techniques for vines in acid soils. *South African Journal of Enology and Viticulture*, v. 4, p. 39-44.
- CONDE, C. et al. Biochemical changes throughout grape Berry development and fruit and wine quality. *Food*, v. 1, n. 1, p. 1-22, 2007.
- COPELLO, M. A todo-poderosa Cabernet Sauvignon. *Revista Adega (Versão eletrônica)*, Ed Inner, São Paulo, v. 31, Maio de 2008. Disponível em: http://revistaadega.uol.com.br/artigo/a-todo-poderosa-cabernet-sauvignon_8168.html
- CORÁ, J.E. et al. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de Cana-de-açúcar. *Revista brasileira de ciência do solo*. Viçosa, n. 28, p. 1013-1021, 2004.
- CORREIA, P.T.R. A comparação fenólica em uvas tintas. Comparação de metodologias. Évora, Universidade de Évora, 2014. 82 p. (Dissertação de Mestrado)
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11. ed. Porto Alegre, SBSC/NRS, 2016. 376 p.
- DAL BÓ, M.A. Efeito da adubação NPK na produção, qualidade da uva e nos teores foliares de nutrientes da videira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 14, n. 2, p. 189-194, 1992.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, N.D. Considerações sobre adensamento e compactação em manejo de Latossolos. In: C INTRA, F.L.D .; ANJOS, J.L. & IVO, W.M.P.M., eds. WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS

COSTEIROS, Aracaju, 2001. Anais. Aracaju, Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.317-325.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho. Safra 2004 na Serra Gaúcha: perspectiva de vinhos tintos de alta qualidade e de sabor mais intenso. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. 2 p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho. Calagem, adubação e contaminação em solos cultivados com videiras. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016 (Comunicado Técnico 100).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Uva e Vinho. Condições meteorológicas e sua influência na vindima de 2012 nas regiões vitivinícolas sul brasileiras. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2012 (Comunicado Técnico 122).

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Planalto Sul Catarinense – UPR 3. Florianópolis. 2002. 76 p.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. Caracterização regional. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Regional – SDR. São Joaquim. 2003. 33 p.

ERNANI, P. R. Adubação e calagem para frutíferas de clima temperado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto. Anais. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira Ciência do Solo, 2003, p. 1-12.

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.

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. J. Agric. Food Chem., v. 55, p. 3605-36012, 2007.

FELIPPETO, J.; ALEMBRANDT, R.; CIOTTA, M.N. Maturação e composição das uvas Cabernet Sauvignon e Merlot produzidas na região de São Joaquim, SC. Agropecuária Catarinense, Florianópolis, v. 29, n. 2, p. 74-79, maio/ago. 2016.

FLORES, L.A. Variabilidad espacial del rendimiento de uva y calidad del mosto en cuarteles de vid cv. cabernet sauvignon y chardonnay en respuesta a la variabilidad de algunas propiedades del suelo. Agricultura Técnica (Chile), v. 65, n. 2, p. 210-220, Abril-Junio, 2005.

FLORES, C. A. et al. Levantamento detalhado dos solos e a viticultura de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 33., 2011, Uberlândia. Anais... Uberlândia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2011. 4 p. 1 CD-ROM. Resumo expandido

FREITAS, D. M. Variação dos compostos fenólicos e de cor dos vinhos de uvas (*Vitis vinifera*) tintas em diferentes ambientes. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 42 p. (Tese de Doutorado)

FREGONI, M. Viticoltura di Qualità. Verona, Editore Phytoline. 2005. 819 p.

GAMA-RODRIGUES, A. C. et al. An exploratory analysis of phosphorus transformations in tropical soils using structural equation modeling. Biogeochemistry, v. 118, n. 1, p. 453-469, Apr. 2014.

GEE, G.W.; BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: KLUTE, A. Methods of soil analysis. American Society of Agronomy, v. 1, p. 383-411, 1986.

GIOVANNINI, E. Produção de uvas para vinho, suco e mesa. Porto Alegre: Renascença, 1999, 364 p.

GIOVANNINI, E. Manual de viticulture. Porto Alegre: Bookman, 2014. 264p. (Série Tekne) Gladstone J (1992) 'Viticulture and environment' (Winetitles, Australia).

GOLDEN SOFTWARE SURFER for windows. Realese 8.0. Contouring and 3D Surface Mapping for Scientists and Engineers. User's Guide. New York: Golden Software, 2002. 639 p.

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, Santiago, v. 37, n. 2, p. 61-75, 2010.

GUERRA, P.A.G. *Geoestatística operacional*. Brasília: Ministério das Minas e Energia/ Departamento de Produção Mineral, 1988. 145 p.

GUERRA, C.C. Evolução polifenólica: longevidade e qualidade dos vinhos tintos finos. In: Seminário Franco-Brasileiro de Viticultura, Enologia e Gastronomia, 1998, Bento Gonçalves. Anais. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1998. p. 55-65.

GUERRA, C.C. Maturação da uva e condução da vinificação para elaboração de vinhos finos. In: Viticultura e Enologia: Atualizando Conceitos, 2002, Caldas. Simpósio Mineiro de Viticultura e Enologia, 1. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. p. 179-192.

GUERRA, C.C. Compostos fenólicos do vinho. In: Vinho e Saúde: vinho como alimento natural, 2005, Bento Gonçalves. Simpósio Internacional Vinho e Saúde. Bento Gonçalves: Ibravin, 2005. p. 39-40.

GUERRA, C.C. et al. Conhecendo o essencial sobre uvas e vinhos. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. (Documento 48).

GUERRA, C. C.; PEREIRA, G. E.; ZANUS, M. C. Influence de certaines techniques dans la vinification classique sur la qualité chimique et sensorielle du vin rouge. In: DEUTSCHER WEINBAUKONGRESS, 59.; INTERNATIONALES SYMPOSIUM INNOVATIONEN DER KELLERWIRTSCHAFT, 8., 2007, Stuttgart. Proceedings... Bonn: Deutscher Weinbauverband. Não paginado. CD-ROM. Resumo, 2007.

GUIMARÃES, E.C. Geostatística básica e aplicada. UFU/FAMAT. Núcleo de estudos estatísticos e biométricos. 2004. 48 p. Disponível em: http://www.moodle.ufba.br/file.php/8828/GEO_158/Aula_06_Geo_158_Geost/textos_gerais/apgeo1.pdf. Acessado em: 30 set. 2016.

GUIMARÃES, W.D. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos de solos ocupados por pastagens. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 2, p. 247. 2016

HALL, G.; BONDADA, B.R.; KELLER, M. Loss of rachis cell viability is associated with ripening disorders in grapes. *Journal of Experimental Botany*, Lancaster, v. 62, p. 1145-1153, 2011.

HARDIE, W. J.; CONSIDINE, J.A. Response of grapes to water deficit stress in particular stages of development, *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 27, p. 55-61, 1976.

HE, F. et al. Biosynthesis of Anthocyanins and their regulation in colored grapes. *Molecules* 15, p. 9057-9091, 2010

HERNÁNDEZ, M.R. Medida del color de la uva y del vino y los polifenoles por espectrofotometría. In: CURSO DE VITICULTURA, Madrid, 2004.

HRAZDINA, G. Biosynthesis of flavonoids. In: *Plant Polyphenols: synthesis, properties, significance*, 1992, New York. Basic Life Sciences, v. 59. New York: Plenum Press, 1992. p. 61-72.

HURTADO, S.M.C. et al. Spatial variability of soil acidity attributes and the spatialization of liming requirement for corn. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, p. 1351-1359, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [Economia]. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/download/estatistica.shtm/lspa_201108.zip (477 kb). Acesso em: 12 jun. 2016.

IDE, G.M. Evolução dos compostos fenólicos na maturação da uva e no tempo de maceração do vinho. Santa Maria, RS, 1992, 87 p. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Universidade Federal de Santa Maria).

JACKSON, D. I.; LOMBARD, P. B. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, v. 44, n. 4, p. 409-430, 1993.

JACKSON, R. S. *Wine Science: principles and applications*. ELSEVIER, 4. ed., 751p., 2014.

JOHANN, J. A. et al. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo e da produtividade em um Latossolo bruno distrófico da região de Cascavel, PR. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 8, n. 2/3, p. 212-219, maio./dez. 2004.

JOURNEL, A.G.; HUIJBREGTS, C.J. *Mining geostatistics*. London: Academic Press, 1978. 600p.

KELLER, M.; HRAZDINA, G. Interaction of nitrogen availability during bloom and light intensity during veraison: II. Effects on anthocyanin and phenolic development during grape ripening. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 49, p. 341-349, 1998.

KODUR, S. Effects of juice pH and potassium on juice and wine quality, and regulation of potassium in grapevines through rootstocks (*Vitis*): a short review. *Vitis*, Siebeldingen, v. 50, p. 1-6, 2011.

KUHN, G.B. Uva para processamento: produção. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 134 p. (Frutas do Brasil, 34).

LAKSO, A.N.; KLIEWER, W.M. The influence of temperature on malic acid metabolism in grape berries I. Enzyme responses. *Plant Physiology*, Bethesda, v. 56, p. 370-372, 1975.

LAMPARELLI, R.A.C; ROCHA, J.V.; BORGHI, E. Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações. Guaíba: Agropecuária, 2001. 118p.

LANYON, D.M.; CASS, A.; HANSEN, D. The effect of soil properties on vine performance. Australia: CSIRO, 2004. 54 p. (Land Water Technical Report, 34/04)

LEÃO, M.G.A. et al. Variabilidade espacial da textura de um Latossolo sob cultivo de citros. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 1, p. 121-131, 2010.

LEAO, M.G.A. et al. O relevo na interpretação da variabilidade espacial dos teores de nutrientes em folha de citros. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. [online], vol. 14, n. 11, p. 1152-1159. 2010.

LI, T.; HAO, X.; KANG, S. Spatial Variability of Grapevine Bud Burst Percentage and Its Association with Soil Properties at Field Scale. *PloS one*, v. 11, n. 10, p. 165738, 2016.

LIMA, M.F. et al. Doenças e alternativas de controle. In: SOARES, J. M.; LEAO, P. C. de S. (Ed.) *A vitivinicultura no Semiárido Brasileiro*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Petrolina: Embrapa Semi-Árido, cap. 13, p. 543-596. 2009.

LITTLE, T.M.; HILLS, F.J. *Agricultural experimentation*. New York: J. Wiley, 1978. 350 p.

LÓPEZ O.P. et al. Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability, *Critical Reviews Food Science Nutrition*, v. 40, n. 3, p. 173-289, 2000.

LUCIANO, R.V. Variabilidade espacial e temporal de atributos do solo e relação com a qualidade da uva para vinificação no Planalto Catarinense. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2012. 156 p. (Tese de Doutorado)

LUCIANO, R.V. et al. Physical attributes related to soil compaction under native vegetation of Southern Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 6, p. 1733-1744, 2012.

LUCIANO, R.V. et al. Condições meteorológicas e tipo de solo na composição da uva 'Cabernet Sauvignon'. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 48, n. 1, p. 97-104, 2013.

MACHADO, L.O. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, n. 31, p. 591-599, 2007.

MAFRA, M.S.H. Estado nutricional, rendimento e qualidade de uva Cabernet Sauvignon em solos da Serra Catarinense. Lages, SC. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC 2009.

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*. Lages, v. 10, n. 1, p. 44-53, 2011.

MAKHOTKINA, O. et al. Influence of sulfur dioxide additions at harvest on polyphenols, C6-compounds and varietal thiols in Sauvignon blanc. *American Journal of Enology and Viticulture*. v. 64, n. 2, p. 203-2013, 2013.

MANDELLI, F. Comportamento Meteorológico e sua Influência na Vindima de 2006 na Serra Gaúcha. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006 (Comunicado Técnico 67).

MARCON FILHO, J.L. Raleio de cachos sobre a qualidade da uva e do vinho da cultivar Cabernet Franc em região de altitude. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2012. 88 p. (Dissertação de Mestrado)

MARCON FILHO, J. L. et al. Raleio de cachos sobre o potencial enológico da uva 'Cabernet Franc' em duas safras. *Ciência Rural*, Santa Maria, 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. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016. 201p. (Tese de Doutorado).

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 674 p.

MARQUES JR, J.; SANCHEZ, R.B.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de propriedades químicas e físicas de Latossolos em diferentes superfícies geomórficas sob cultivo de café, em Patrocínio, MG. In: O estado da arte da agricultura de precisão org. Balastreire, L. A. 105–112. 2000. Piracicaba: ESALQ.

MATEUS, N. et al. Grape and wine polyphenolic composition of red *Vitis vinifera* varieties concerning vineyard altitude. *Ciência e Tecnologia em Alimentos*. Reynosa, v. 3, n. 2, p. 102-110, 2001.

MATEUS, N. et al. Proanthocyanidin Composition of Red *Vitis vinifera* Varieties from the Douro Valley during Ripening: Influence of Cultivation Altitude. *American Journal of Enology and Viticulture*, Davis, v. 52, n. 2, p. 115-121, 2001b.

MATEUS, N. et al. Development changes of anthocyanins in *Vitis vinifera* grapes grown in the Douro Valley and concentration in respective wines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. v. 82, p. 1689-1695, 2002.

MAZZA, G.; MINIATTI, E. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. Boca Raton: CRC Press, 1993.

MC BRATNEY, A.B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *J. Soil Sci.*, v. 37, p. 617-639, 1986.

MELLO, L.M.R. Viticultura brasileira: panorama 2012. Bento Goncalves: Embrapa Uva e Vinho, 2013 (Comunicado Técnico 137).

MELLO, L.M.R. Viticultura brasileira: panorama 2015. Bento Goncalves: Embrapa Uva e Vinho, 2016 (Comunicado Técnico 191).

MIKALOVICZ, H. Efeito do solo e de condições meteorológicas na composição da uva Cabernet Sauvignon. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2014. 108 p. (Dissertação de Mestrado).

MONTANARI, R. et al. Variabilidade espacial da produtividade de sorgo e atributos físicos em um Planossolo. *Revista Agro@mbiente* [online] v. 7, p. 252–261, 2013

MARTÍNEZ-CASASNOVAS J.A.; RAMOS M.C.; VALLÉS D. Análisis de la relación entre las propiedades del suelo, el índice de vigor del cultivo y el rendimiento em um viñedo de la

DO Costers del Segre (Lleida). Proc XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. Calatayud (Zaragoza). 2009. p. 37-40.

MONTEZANO, Z.F.; CORAZZA, E.J.; MURAOKA, T. Variabilidade espacial da fertilidade do solo em área cultivada e manejada homogeneamente. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 30, p. 839-847, 2006.

MORI, K. et al. Effect of high temperature on anthocyanin composition and transcription of flavonoid hydroxylase genes in « Pinot noir » grapes (*Vitis vinifera*). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, v. 82, p. 199-206, 2007

MOTA, R.V. et al. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 56-64, set/out. 2006.

MULLINS M.G.; BOUQUET A.; WILLIAMS L.E. Biology of the grapevine. New York: Cambridge University, 1992. 239 p.

OLIVEIRA, L.C.; SOUZA, S.O.; MAMEDE, M.E.L. Avaliação das características físico-químicas e colorimétricas de vinhos finos de duas principais regiões vinícolas do Brasil. Revista Instituto Adolfo Lutz, v. 70, n. 2, p. 232-252, 2011.

REGULES, A.R. A First Approach Towards the Relationship Between Grapes Skin Cell Wall Composition and Antocyanin Extrability. *Analytica Chimica Acta*, 563, p. 26 – 32, 2006.

PIMENTEL GOMES, F. Iniciação À Estatística- Livraria Nobel. 1967 205 p.

PINTO, F.M. Caracterização fenólica das castas, tinta roriz, touriga francesa e touriga nacional, produzidas na região do Douro: estudo ao longo da maturação, maceração fermentativa e conservação. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia. 2002.

PROTAS, J.F.S.; CAMARGO, U.A. Vitivinicultura brasileira: panorama setorial de 2010. Brasília: SEBRAE; Bento Gonçalves: IBRAVIN / Embrapa Uva e Vinho, 2011. 110 p.

PSZCZOLKOWSKI, P.; LECCO, C. C. de; Manual de vinificación: Guía práctica para la elaboración de vinos. Universidade Católica do Chile: Santiago, 2011.

REYNOLDS, A.G. et al. Use of GPS and GIS for Elucidation of the Basis for Terroir: Spatial Variation in an Ontario Riesling Vineyard. *American Journal Enology Viticulture*, v. 58, p. 145-162, 2007.

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

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. *Tratado de enología: microbiología del vino, vinificaciones*. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2003a. v.1.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. *Tratado de enología: química del vino, estabilización y tratamientos*. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 2003b. v.2.

RICHARDS, D. The grape root system. *Horticultural reviews* 5, 127-168, 1983.

RIZZON, L.A.; MIELE, A. Avaliação da c. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, v. 22, n. 2, p. 192-198, 2002.

RIZZON, L. A. (ed.) *Metodologia para análise de vinho*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 120 p., 2010.

ROBY, G. et al. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. *Aust. J. Grape Wine Res.* v. 10, p. 100–107, 2005.

ROSIER, J.P. et al. Comportamento da variedade Cabernet Sauvignon cultivada em vinhedos de altitude em São Joaquim – SC. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA*, 8, 2004, Florianópolis. Anais eletrônicos. Florianópolis.

ROSIER, J.P. Vinhos de altitude: características e potencial na produção de vinhos finos brasileiros. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 105-110, 2006.

SANTOS, H.L.; VASCONCELLOS, C.A. Determinação do número de amostras de solo para análise química em diferentes condições de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.11, p. 97- 100, 1987.

SANTOS, H.G. et al. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos; 2013.

SEGUIN G. Influence des terroirs viticoles sur la constitution et la qualité des vendanges. *Bull. OIV*, 56, 623, 3-18, 1983.

SILVA, F.A.S. ASSISTAT: Versão 7.7 beta. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01 de janeiro de 2017. Disponível em . Acessado em: 10 de janeiro de 2017.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 58 p. 1775- 1781, 1994.

SILVA-RIBEIRO, R.T. et al. Aplicação de um isolado antagônico de *Trichoderma* sp. no controle biológico e integrado da podridão cinzenta em videira. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 4., 1994, Gramado. Anais...Pelotas: [s.n.], 1994.

SILVA, S.A. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, p.15-22, 2010.

SILVA NETO, P. et al. Análise espacial de parâmetros da fertilidade do solo em região de ecótono sob diferentes usos e manejos. *Semina: Ciências Agrárias*, Abril-Junho, 541-552. 2011

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

SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA/Faepe, 2001.

SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. The use of landforms to predict the variability of soil and orange attributes. *Geoderma*, v. 155, p. 55-66, 2010.

SMART, R.E. Two golden rules of viticulture. *Australian and New Zealand Wine Industry Journal*. v. 10, p. 38-39, 1995.

SÔNIGO, O.R et al. Principais doenças fúngicas da videira no Sul do Brasil. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 32p. Circular Técnica, 56. 2005.

SOUTHEY, J.M. Root distribution of different grapevine rootstocks on a relatively saline soil. *South African Journal of Enology and Viticulture*. v. 13, p. 1-9, 1992.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In FERNANDES, M. S. (Ed.) *Nutrição Mineral de plantas*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

SRIVASTAVA, R. M. Describing spatial variability using geostatistics analysis. In: SRIVASTAVA, R. M.; ROUHANI, S.; CROMER, M. V.; JOHNSON, A. I.; DESBARATS, A. J. (Ed.). Geostatistics for environmental and geotechnical applications. West Conshohocken: ASTM, 1996. p. 13-19.

STOCKHAM, K. et al. Comparative studies on the antioxidant properties and polyphenolic content of wine from different growing regions and vintages, a pilot study to investigate chemical markers for climate change. *Food Chemistry*, v. 140, p. 500-506, 2013.

TEDESCO, J.M. Nitrogênio. In: GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; TEDESCO, J. M. Princípios de Fertilidade do Solo. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS, 1995. 73-98 p.

TESKE, R. Relações solo-litologia numa sequência de solos desenvolvidos de rochas efusivas no Planalto Sul de Santa Catarina. Lages, SC. 2010. 123 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC 2010.

TROUGHT, M.C. et al. The impact of differences in soil texture within a vineyard on vine vigour, vine earliness and juice composition. *Journal international des sciences de la vigne et du vin*. v. 42, n. 2, 2008.

UBALDE, J.M. et al. Influence of Edapho-Climatic Factors on Grape Quality in Conca de Barbera Vineyards (Catalonia, Spain). *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, v. 41, p. 33-41, 2007

USSEGLIO-TOMASSET, L. Lá matière colorante du raisin. Son extraction, sa purification en vue de son utilisation dans diverses industries. *Bull de L'OIV*. v. 53, n. 591, p. 381-396. 1989.

VAN HUYSSSTEEN L; WEBER HW. Soil moisture conservation in dryland viticulture as affected by conventional and minimum tillage practices. *South African Journal of Enology and Viticulture*. v. 1, p. 67-75, 1980.

VAN LEEUWEN, C.; SEGUIN, G. Incidences de l'alimentation en eau de la vigne, appréciée par l'état hydrique du feuillage, sur le développement de l'appareil végétatif et la maturation du raisin (*Vitis vinifera* var. 'Cabernet franc'). *J. Int. Sci. Vigne Vin*. v. 28, p. 81-110, 1994.

VAUDOIR, E. et al. Terroirs viticoles et sols, 105-126. 2005. In: Girard M.C., Walter C., Rémy J.C., Berthelin J., Morel J.L., Sols et Environnement, Dunod, Paris, 816 pp.

VIEIRA, S.R. et al. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, Berkeley, v. 51, n. 3, p. 1-75, 1983.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudo de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F. de; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

VIEIRA, SIDNEY ROSA, J. MILLETE, G. CLARK TOPP,; W. DAN REYNOLDS. 2002. Handbook for geoestatistical analysis of variability in soil and climate data, In: Tópicos em Ciência do Solo, eds. Alvarez, V.V.H., C.E.G.R. Schaefer, N.F. Barros, J.W.V. Mello, and J.M. Costa. 1–45. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.

ZALAMENA, J. Plantas de cobertura na redução do vigor da videira em solo com alto teor de matéria orgânica. 2012. 73p. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

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

ZAMORA, F. Elaboración y crianza del vino tinto: aspectos científicos y prácticos. Madrid: Mundi-Prensa, 2003. 225 p.

ZOECKLEIN, B; FUGELSANG, K; GUMP, B; NURY, F. Análisis y Producción de Vino. Zaragoza, Espanha: Acribia, 2001.

WILCOX, W.F. Management of grape diseases in the United States. In: 11º Seminário Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado. Anais... *Revista Agropecuária Catarinense*, vol. 27, n2, Suplemento, 2014.

WHITE, R.E. Understanding Vineyard Soils. Oxford University Press. 230 p. 2002.

WURZ, D. A. Desempenho viti-enológico das variedades Cabernet Sauvignon e Sauvignon Blanc em regiões de altitude em função da época de desfolha. Lages, Universidade do Estado de Santa Catarina, 2016. 146p. (Dissertação de Mestrado)

APÊNDICE

Apêndice A – Correlação entre os atributos físicos do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

	Silte	Areia	Macro	Micro	Ds	C
Camada 0-10 cm						
Argila	-0,58**	-0,33*				-0,49**
Silte		-0,57**			0,32*	
Areia						0,33*
Pt			0,61**		-0,50**	
Macro				-0,79**	-0,77**	
Micro					0,58**	
Ds						
Camada 10-20 cm						
Argila	-0,84**					-0,38**
Silte		-0,33*				0,26*
Areia			0,68**		-0,49**	
Pt						
Macro				-0,83**	-0,85**	
Micro					0,78**	-0,29*
Ds						-0,27*

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

Apêndice B - Correlação entre os atributos físicos e químicos do solo nas camadas de 0-10 cm e 10- 20 cm.

	pH água	Fósforo	Potássio	Cálcio	Magnésio
Camada 0-10 cm					
Argila		-0,37**	0,32**	-0,55**	
Silte			-0,33*		
Areia		0,33*		0,59**	
Pt		-0,39**			
Macro			0,28*		
C				0,58**	0,33**
Camada 10-20 cm					
Macro				0,36**	0,33 *
Micro	-0,37**		-0,35**	-0,58**	-0,47**
Ds			-0,33*	-0,34**	-0,28*
C	0,29*			0,51**	0,48**

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

Apêndice C – Correlação entre os atributos químicos do solo nas camadas de 0-10 e 10-20 cm.

	Cálcio	Magnésio
Camada 0-10 cm		
pH água	0,38 **	0,62 **
Fósforo	0,51 **	
Camada 10-20 cm		
pH água	0,83**	0,86**
Potássio	0,31 *	0,28*
Cálcio		0,89**

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).