

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DOUTORADO EM MANEJO DO SOLO

RODRIGO VIEIRA LUCIANO

VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE ATRIBUTOS DO
SOLO E SUA RELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO DA UVA PARA
VINIFICAÇÃO NO PLANALTO CATARINENSE

LAGES, SC

2012

RODRIGO VIEIRA LUCIANO

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE ATRIBUTOS DO
SOLO E SUA RELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO DA UVA PARA
VINIFICAÇÃO NO PLANALTO CATARINENSE**

Tese apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor no Curso de Pós-
Graduação em Manejo do Solo da
Universidade do Estado de Santa Catarina –
UDESC.

Orientador: Dr. Jackson Adriano Albuquerque
Co-orientador: Dr. Álvaro Luiz Mafra
Co-orientador: Dr. Leo Rufato

LAGES, SC

2012

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
Renata Weingärtner Rosa – CRB 228/14ª Região
(Biblioteca Setorial do CAV/UDESC)

Luciano, Rodrigo Vieira
Variabilidade espacial e temporal de atributos do solo e sua
relação com a composição da uva para vinificação no Planalto
Catarinense. / Rodrigo Vieira Luciano; orientador: Jackson
Adriano Albuquerque. – Lages, 2012.
139 f.

Tese (Doutorado) – Centro de Ciências Agroveterinárias /
UDESC

1. Armazenamento de água no solo. 2. Cambissolos. 3. *Vitis
vinifera*. 4. Geostatística. 5. Composição da Uva e do
Mosto.

I. Título.

CDD – 631.4

RODRIGO VIEIRA LUCIANO

**VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DE ATRIBUTOS DO
SOLO E SUA RELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO DA UVA PARA
VINIFICAÇÃO NO PLANALTO CATARINENSE**

Tese apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Manejo do Solo da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Aprovado em: / /2012

Homologado em: / /2012

Banca Examinadora:

Orientador/presidente: Dr. Jackson Adriano
Albuquerque (UDESC/Lages - SC)

Dr. David José Miquelluti
Coordenador Técnico do Curso de Doutorado
em Manejo do Solo – UDESC/Lages - SC

Co-orientador/membro: Dr. Álvaro Luiz
Mafra (UDESC/Lages - SC)

Co-orientador/membro: Dr. Leo Rufato
(UDESC/Lages - SC)

Dr. Leo Rufato
Coordenador Técnico do Curso de Doutorado
em Produção Vegetal e Coordenador do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Agrárias – UDESC/Lages - SC

Membro: Dr. David José Miquelluti
(UDESC/Lages - SC)

Membro: Dr. Gustavo Brunetto
(UFSC/Florianópolis - SC)

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages - SC

Lages, Santa Catarina
29 de Fevereiro de 2012

*Aos meus pais, Albertina Vieira Luciano e
Antônio Luciano, pelo amor e ensinamentos
passados,*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pelas oportunidades proporcionadas, concedendo que chegasse com segurança no fim de mais esta jornada.

Aos meus pais, Albertina e Antônio, aos meus irmãos, Andréia e Eduardo e minha sobrinha Letícia, pelo eterno incentivo, pela confiança depositada em mim e pelos vários momentos de motivação.

À Leticia Cristina de Souza, companheira em todos os momentos.

Ao professor Jackson Adriano Albuquerque, pela orientação e amizade.

Aos meus co-orientadores, Álvaro Luiz Mafra e Leo Rufato.

Aos demais professores do Departamento de Solos e Recursos Naturais UDESC/CAV, pelos conhecimentos passados e pela convivência.

Aos laboratoristas, Fátima Bittencourt e ao amigo Henrique Germano Doege, pelos conhecimentos passados de laboratório.

Ao pessoal da Física do Solo: André da Costa, Adriano da Costa, Bruno Batistella, Dreyce Kisholli Bueno, Felipe Batistella, Franciani Rodrigues da Silva, Heloisa Mikalovicz, Josué Grah, Luiza Fernanda Erdmann, Maria Isabel Warmling, Maria Tereza Warmling e Patricia Pértile pelo incansável auxílio na condução do experimento a campo e nas análises de laboratório.

Ao pessoal da Fruticultura, em especial ao Alberto Fontanella Briguenti e Caroline Schlemper, pelo auxílio nas análises da uva.

Aos amigos, Alencar Zandonai, Carlos Eduardo Ramos Dias, Leonardo Josué Biffi, Vanessa Borelli e, em especial, Fabrício Tondello Barbosa, parceiro de república.

Aos colegas da pós-graduação em Manejo do Solo pela amizade ao longo dos quatro anos, em especial aos formandos da turma de doutorado 2012.

À UDESC, em especial ao Centro de Ciências Agroveterinárias - CAV, pela formação profissional.

À UDESC, pelo programa PROMOP e à CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao Povo Catarinense, pela manutenção de um ensino público e de qualidade.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

LUCIANO, Rodrigo Vieira. **Variabilidade espacial e temporal de atributos do solo e sua relação com a composição da uva para vinificação no Planalto Catarinense**. 2012. 139 f. Tese (Doutorado em Manejo do Solo) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias, Lages, 2012.

A vitivinicultura vem expandindo a sua participação na economia da região do Planalto Sul Catarinense. O solo e o clima são dois fatores importantes na definição da composição da uva para vinificação. O presente trabalho objetivou avaliar a variabilidade espacial e temporal de atributos químicos, físicos e o armazenamento de água de solos de altitude e avaliar quais são as condições que favorecem a produtividade e a composição das uvas viníferas. O experimento foi realizado em um vinhedo comercial, localizado em São Joaquim (SC), com clima do tipo Cfb, subtropical (mesotérmico), em um Cambissolo Húmico e um Cambissolo Háplico, nas safras entre 2008 a 2011. A variedade foi a Cabernet Sauvignon, implantada em 2003, enxertada sobre Paulsen 1103 e conduzida no sistema de condução espaldeira, sob sombrite. Em cada solo, em uma malha com 37 pontos, amostras foram coletadas para a determinação dos atributos físicos e químicos do solo. A umidade do solo foi determinada periodicamente, em duas safras. Em cada ponto foram coletados cachos de uvas para a determinação de suas características físicas, físico-químicas e compostos fenólicos. Os dados foram submetidos à análise exploratória, geoestatística, análise de variância (ANOVA) e correlação linear de Pearson. As médias foram comparadas pelo teste “t”. O tipo de solo e sua posição na paisagem influenciam a variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos dos solos nos vinhedos de altitude. Há variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos nos dois Cambissolos, classificada em média a alta para os atributos físicos e alta e muito alta para os atributos químicos. No Cambissolo Húmico a variabilidade do armazenamento de água é menor do que no Cambissolo Háplico, e tem mais água disponível para as videiras. O Cambissolo Háplico, com melhor drenagem produz uva com composição mais adequada à elaboração de vinhos finos, enquanto o Cambissolo Húmico em anos de maior pluviosidade tem a composição da uva afetada negativamente. As características físicas e físico-químicas da uva são dependentes do solo e do clima, com efeito mais pronunciado do clima.

Palavras-chave: Armazenamento de água no solo. Cambissolos. *Vitis vinifera*. geoestatística; composição da uva e do mosto.

ABSTRACT

LUCIANO, Rodrigo Vieira. **Spatial and temporal variability of soil properties and their relation to the composition of grapes for winemaking in the Santa Catarina Plateau.** 2012. 139 f. Thesis (Ph.D. in Soil Management) - University of Santa Catarina. Graduate Program in Agricultural Sciences, Lages, 2012.

The wine industry has been expanding its participation in the economy of the Planalto Sul Santa Catarina. The soil and climate are two important factors in defining the composition of grapes for winemaking. This study aimed to evaluate the spatial and temporal variability of the chemical, physical and soil water storage elevation and assess what are the conditions that foster productivity and composition of wine grapes. The experiment was conducted in a commercial vineyard, located in São Joaquim (SC), Cfb type climate, subtropical (mesothermal) in a Pachic Humudepts and a Typic Dystrudepts in yields between 2008 and 2011. The variety was Cabernet Sauvignon, established in 2003, grafted on Paulsen in 1103 and conducted cordon training system, shady. Each soil in a grid with 37 points, samples were collected for determination of physical and chemical properties of soil. Soil moisture was measured periodically in two seasons. At each point were collected bunches of grapes to determine their physical, physico-chemical and phenolic compounds. Data were submitted to exploratory analysis, geostatistics, analysis of variance (ANOVA) and Pearson linear correlation. Means were compared by "t" test. The soil type and its position in the landscape influence the spatial variability of physical and chemical properties of soils in the vineyards of altitude. There is spatial variability of chemical and physical attributes in the two Inceptisols, classified as medium to high for the physical attributes and high and very high for the chemical. In Pachic Humudepts variability water storage is less than the Typic Dystrudepts, and is more water available to the vines. The Typic Dystrudepts, with better drainage produces grapes with the most suitable composition to the making of fine wines, while the Pachic Humudepts in years with higher rainfall has negatively affected the composition of the grape. The physical and physico-chemical properties of the grape are dependent on soil and climate, with more pronounced effect of climate.

Key-words: Water storage in the soil. Inceptisol. *Vitis vinifera*. composition of grapes and wine.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Estatística descritiva dos atributos e indicadores de qualidade física em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	47
Tabela 2 -	Estatística descritiva dos atributos e indicadores de qualidade física em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	48
Tabela 3 -	Análise de comparação de médias pelo teste “t”, dos atributos e indicadores de qualidade física em dois Cambissolos em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, (para as camadas 0-15 e 15-30 cm), São Joaquim (SC), 2011.....	50
Tabela 4 -	Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos e indicadores de qualidade física em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	59
Tabela 5 -	Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos e indicadores de qualidade física de em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	60
Tabela 6 -	Estatística descritiva dos atributos químicos em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	66
Tabela 7 -	Estatística descritiva dos atributos químicos em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	67
Tabela 8 -	Comparação de médias pelo teste “t” dos atributos químicos em dois Cambissolos em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	70

Tabela 9 -	Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos químicos em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	71
Tabela 10 -	Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos químicos em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	72
Tabela 11 -	Estatística descritiva do armazenamento da água (mm) em um Cambissolo Húmico, na camada de 0-30 cm, em cada ponto para o período de amostragem (2008/2009 a 2009/2010).....	78
Tabela 12 -	Estatística descritiva do armazenamento da água (mm) em um Cambissolo Háplico, na camada 0-30 cm em cada ponto, para o período de amostragem (2008/2009 a 2009/2010).....	79
Tabela 13 -	Parâmetros para ajuste do semivariograma do armazenamento de água em dois Cambissolos em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, na camada 0-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	82
Tabela 14 -	Coeficientes de correlação de Pearson entre o armazenamento médio de água (mm) com a granulometria (g kg^{-1}), o teor de carbono orgânico total (CO) (g kg^{-1}), as porosidades e a densidade do Cambissolo Húmico nas linhas de plantio em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em duas safras, na camada de 0-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	93
Tabela 15 -	Coeficientes de correlação de Pearson entre o armazenamento médio de água (mm) com a granulometria (g kg^{-1}), o teor de carbono orgânico total (CO) (g kg^{-1}), as porosidades e a densidade do Cambissolo Háplico nas linhas de plantio em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em duas safras, na camada de 0-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	94
Tabela 16 -	Estatística descritiva do número de cachos, das características físicas dos cachos, das características físicas das bagas e da produtividade de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.....	98
Tabela 17 -	Estatística descritiva do número de cachos, das características físicas dos cachos, das características físicas das bagas e da produtividade de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.....	99

Tabela 18 -	Estatística descritiva das características analíticas do mosto de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.....	103
Tabela 19 -	Estatística descritiva das características analíticas do mosto de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.....	105
Tabela 20 -	Precipitação e temperaturas médias nos períodos de brotação a mudança da cor das bagas (Setembro-Fevereiro) e no período maturação da uva (Março-Abril), São Joaquim (SC), 2011.....	107
Tabela 21 -	Porcentagem da variância atribuída aos fatores solo, clima e a interação solo x clima para o número de cachos, características físicas dos cachos, características físicas das bagas e produtividade de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, no município de São Joaquim (SC), 2011.....	109
Tabela 22 -	Efeitos do solo e do clima no número de cachos, nas características físicas dos cachos, nas características físicas da baga e na produtividade de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, no município de São Joaquim (SC), 2011.....	112
Tabela 23 -	Porcentagem da variância atribuída aos fatores solo e clima e a interação solo x clima para as características físico-químicas e para os compostos fenólicos de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, no município de São Joaquim (SC), 2011.....	115
Tabela 24 -	Efeitos do solo e do clima nas características físico-químicas e nos compostos fenólicos de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, no município de São Joaquim (SC), 2011.....	116

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Superfície do terreno, com altitude na associação Cambissolo Húmico + Neossolo Litólico. Os pontos representam os pontos de coleta do solo e colheita das uvas, enquanto as setas indicam a direção do fluxo da água no relevo.....	36
Figura 2 -	Superfície do terreno, com altitude na associação Cambissolo Háplico. Os pontos representam os pontos de coleta do solo e colheita das uvas, enquanto as setas indicam a direção do fluxo da água no relevo.....	36
Figura 3 -	Diagrama triangular utilizado para a classificação textural do solo adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2004) de dois Cambissolos de São Joaquim (SC) nas camadas de 0-15 e 15-30 cm nos 37 pontos amostrados em cada solo.....	49
Figura 4 -	Desenvolvimento radicular da variedade Cabernet Sauvignon na linha de plantio, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Húmico (A) e em um Cambissolo Háplico (B), São Joaquim (SC) 2011.....	51
Figura 5 -	Curvas de compactação em dois Cambissolos em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, pelo Ensaio de Proctor Normal, São Joaquim (SC), 2011. ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo 5% ($0,01 < p < 0,05$) e ** = significativo a 1% ($p < 0,01$).....	52
Figura 6 -	Resistência à penetração (RP) em relação à densidade (Ds) e umidade (Ug) em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 cm (A e B) e 15- 30 cm (C e D) em 02 de abril de 2009, São Joaquim (SC), 2011. * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).....	55
Figura 7 -	Resistência à penetração (RP) em relação à densidade (Ds) e umidade (Ug) em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 cm (A e B) e 15-30 cm (C e D) em 02 de abril de 2009, São Joaquim (SC), 2011. * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).....	56

Figura 8 -	Mapas de isolinhas para a fração argila (g kg^{-1}) em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) na camada de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.....	63
Figura 9 -	Mapas de isolinhas para a macroporosidade ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) em um Cambissolo Háplico na camada de 0-15 cm (A) e 15-30 cm (B) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.....	63
Figura 10-	Mapas de isolinhas para a densidade do solo (g cm^{-3}) em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) na camada de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.....	64
Figura 11-	Mapas de isolinhas para pH em água em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) nas camadas de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.....	74
Figura 12 -	Mapas de isolinhas para o teor de fósforo (mg kg^{-1}) em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) na camada de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.....	75
Figura 13 -	Mapas de isolinhas para o teor de cálcio ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) na camada de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.....	77
Figura 14 -	Análise exploratória para o armazenamento de água na camada 0-30 cm em um Cambissolo Húmico (A) e em um Cambissolo Háplico (B) nas linhas de plantio em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, na safra 2008/2009, safra 2009/2010, valores mínimos e máximos no período de observação (2008/2009 a 2009/2010), São Joaquim (SC), 2011.....	81

Figura 15 -	Mapas do armazenamento de água em um Cambissolo Húmico, na camada 0-30 cm, armazenamento médio (A), mínimo (B), máximo (C) na safra 2008/2009, armazenamento médio (D), mínimo (E) e máximo (F) na safra 2009/2010, São Joaquim (SC), 2011.....	85
Figura 16 -	Mapas do armazenamento de água em um Cambissolo Háplico, na camada 0-30 cm, armazenamento médio (A), mínimo (B), máximo (C) na safra 2008/2009, armazenamento médio (D), mínimo (E) e máximo (F) na safra 2009/2010, São Joaquim (SC), 2011.....	86
Figura 17 -	Armazenamento médio de água em um Cambissolo Húmico (A) e em um Cambissolo Háplico (B), na camada 0-30 cm, durante as safras de 2008/2009 e 2009/2010, São Joaquim (SC) 2011. CC = Capacidade de Campo e PMP C.Richard = Ponto de Murcha Permanente determinado pela Câmera de Richard e PMP WP4 = Ponto de Murcha Permanente determinado pelo WP4.....	87
Figura 18 -	Análise de regressão do armazenamento médio de água (mm) entre as safras 2008/2009 e 2009/2010 em um Cambissolo Húmico (A) e um Cambissolo Háplico (B) na camada 0-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.....	88
Figura 19 -	Visualização de afloramento rochoso nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em uma associação Cambissolo Húmico + Neossolo Litólico (A) e efeito da estiagem na cultura da videira, com perda de produção (B), São Joaquim (SC), 2011.....	89
Figura 20 -	Precipitação pluviométrica diária (mm) no município de São Joaquim (SC) e armazenamento de água no solo na camada de 0-30 cm, em um Cambissolo Húmico e em um Cambissolo Háplico cultivados com videira na safra 2009/2010. ns = não significativo; * = significativo pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$).....	91
Figura 21 -	Precipitação pluviométrica diária, (mm) no município de São Joaquim (SC) e porosidade de aeração no solo na camada de 0-30 cm, em dois Cambissolos nas linhas de plantio em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, na safra 2008/2009. ns = não significativo; * = significativo pelo teste “t” ao nível 5% de probabilidade ($p < 0,05$); - - = valor crítico de porosidade de aeração do solo.....	96
Figura 22 -	Cachos de uva da variedade Cabernet Sauvignon afetados por doenças fúngicas na Safra 2009/2010 em um vinhedo comercial em São Joaquim (SC).....	107

Figura 23 -	Precipitação mensal (mm), temperaturas (°C) mínima e máxima mensal nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 durante o ciclo reprodutivo da videira, São Joaquim (SC).....	108
Figura 24 -	Diferentes magnitudes da interação de dois fatores solo e clima nas características físicas da variedade Cabernet Sauvignon produzidas em São Joaquim (SC): (A) interação elevada e (B, C e D) ausência de interação.....	111
Figura 25 -	Diferentes magnitudes da interação de dois fatores solo e clima na produtividade e nas características físicas da variedade Cabernet Sauvignon produzidas em São Joaquim (SC): (A e D) ausência de interação; (B e C) interação média; (E) interação elevada.....	113
Figura 26 -	Diferentes magnitudes da interação de dois fatores solo e clima na produtividade e nas características físico-químicas e nos compostos fenólicos da variedade Cabernet Sauvignon produzidas em São Joaquim (SC): (D, E e F) ausência de interação; (A) interação média; (B e C) interação elevada.....	117

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo Geral.....	20
1.1.2 Objetivos Específicos.....	20
1.2 HIPÓTESES.....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	22
2.1 OS SOLOS DO PLANALTO SUL CATARINENSE.....	22
2.2 O SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE A VIDEIRA.....	23
2.3 RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E A CULTURA DA VIDEIRA.....	26
2.4 RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E A CULTURA DA VIDEIRA.....	28
2.5 ARMAZENAMENTO DE ÁGUA E SEUS EFEITOS SOBRE A CULTURA DA VIDEIRA.....	31
2.6 VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA.....	32
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, CLIMA E SOLO.....	34
3.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO.....	35
3.3 COLETA DE SOLO E DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS.....	37
3.4 COLETA E DETERMINAÇÕES DAS AMOSTRAS DA UVA.....	40
3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	43
3.5.1 Estatística exploratória descritiva	43

3.5.2 Análises de correlações entre os atributos	43
3.5.3 Análises geoestatísticas.....	43
3.5.4 Análises probabilísticas.....	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
4.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS E INDICADORES DE QUALIDADE FÍSICA DOS SOLOS.....	46
4.1.1 Descrição das médias para os atributos e indicadores de qualidade física dos solos.....	48
4.1.2 Descrição do coeficiente de variação para os atributos e indicadores de qualidade física dos solos.....	56
4.2 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	57
4.3 MAPAS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO.....	62
4.4 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS.....	65
4.4.1 Descrição das medidas de tendência central para os atributos químicos dos solos.....	67
4.4.2 Descrição do coeficiente de variação para os atributos químicos do solo.....	70
4.5 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS.....	71
4.6 MAPAS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO.....	74
4.7 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO.....	77
4.8 VARIABILIDADE ESPACIAL DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO....	81
4.9 ANÁLISE ESTABILIDADE TEMPORAL DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO.....	87
4.10 ARMAZENAMENTO DE ÁGUA E POROSIDADE DE AERAÇÃO NO SOLO....	91
4.11 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA UVA.....	97
4.12 ANÁLISE EXPLORATÓRIA CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E DOS COMPOSTOS FENÓLICOS DA UVA.....	102
4.13 CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS.....	106

4.14 EFEITO SOLO X CLIMA SOBRE A PRODUTIVIDADE E AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CACHO DA UVA.....	109
4.15 EFEITO SOLO X CLIMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E COMPOSTOS FENÓLICOS DA UVA.....	114
4.15.1 Características físico-químicas da uva.....	114
4.15.2 Compostos fenólicos da uva.....	118
4.15.2.1 Efeito do clima nos compostos fenólicos da uva.....	119
4.15.2.2 Efeito do solo nos compostos fenólicos da uva.....	119
5 CONCLUSÕES.....	121
6 RECOMENDAÇÕES.....	122
REFERÊNCIAS.....	123
ANEXOS.....	140

1 INTRODUÇÃO

A videira é um arbusto com caule sarmentoso e trepador, que se fixa a suportes naturais ou artificiais, através de órgãos especializados. A botânica sistemática classifica a videira (*Vitis L.*) na ordem *Rhamnales* e família *Vitaceae* (POMMER, 2003). No gênero *Vitis* as espécies mais importantes são a *Vitis vinifera L.* (videira européia), originária do centro da Ásia Central, em regiões que tem clima típico mediterrâneo, e a *Vitis labrusca L.* (videira americana) proveniente do continente norte americano, em região de clima temperado e úmido (Cfa) (POMMER, 2003).

A introdução da cultura da videira no Brasil ocorreu em 1535 na Capitania de São Vicente, hoje o estado de São Paulo, trazida por colonizadores portugueses. No estado de Santa Catarina acredita-se que a cultura tenha mais de 200 anos, sendo o primeiro registro datado no ano de 1807, na região do porto de São Francisco (POMMER, 2003).

Relatos históricos colocam a uva como uma das frutas mais antigas utilizada na alimentação humana e a sua produção foi difundida em todos os continentes, com alto interesse comercial. Os principais destinos das uvas são a indústria alimentícia e cosmética, as quais são consumidas, principalmente na forma de vinhos, sucos e geleias. Segundo dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2011), das Nações Unidas, as uvas ocupam o décimo sexto lugar em produção mundial entre os produtos agropecuários, as quais totalizam produção de 66 milhões de toneladas.

O Brasil ocupa a décima quinta posição na produção mundial de uva, sendo a Itália e a China os maiores produtores desse fruto. No Brasil a área plantada no ano de 2010 foi de 83.718 hectares (IBGE, 2011) com uma produção de 1.295.442 toneladas (MELLO, 2011). Da produção nacional, 43% (557.888 t) das uvas são destinadas à fabricação de vinhos, sucos e derivados e 57% (737.554 t) para a comercialização como uva de mesa (MELLO, 2011).

No Brasil, os vinhedos foram estabelecidos em quase todas as regiões, desde o extremo sul do país, em latitude de 30° 56' 15''S, até regiões situadas muito próximas ao equador, em latitude de 5° 11' 15''S (POMMER, 2003). Isso foi possível com a evolução do melhoramento genético e com a descoberta da superação de dormência por métodos químicos, pois a videira é uma planta de clima temperado, e tem sua produção concentrada nas regiões

Sul, Sudeste e Nordeste. Os principais estados produtores no ano de 2010, em ordem de produção são Rio Grande do Sul (RS), Pernambuco (PE), São Paulo (SP), Paraná (PR), Bahia (BA) e Santa Catarina (SC) (MELLO, 2011).

Em SC a cultura da videira possui grande importância econômica. No ano de 2009 a área cultivada foi de 5.052 hectares, com produção de 66.214 toneladas de uva (IBGE, 2011), que representou 5,1% da produção nacional e foi classificado como o segundo produtor de vinhos e mosto (PANDOLFO et al., 2009). Atualmente existem quatro regiões vitivinícolas no Estado sendo: Vale do Rio do Peixe, Planalto Norte, Carbonífera e a mais recente, Planalto Catarinense.

Desde época da colonização brasileira, a maior parte das variedades de uvas cultivadas no Brasil foram as *Vitis labrusca* L.. Somente a partir de 1980, um investimento na pesquisa na produção de uvas e vinhos da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), importou para a região do Meio-Oeste Catarinense, uma coleção de *Vitis vinifera* L. (uvas europeias). As espécies da coleção, exigentes em frio, foram plantadas em diferentes regiões do Estado. Os pesquisadores de EPAGRI observaram maior adaptação das cultivares *Vitis vinifera* L. na região do Planalto com altitude entre 900 a 1.400 m (PANDOLFO et al., 2009). Tal fato impulsionou o nível comercial a produção e a elaboração de vinhos finos na região do Planalto Catarinense.

Segundo a Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude (ACAVITIS, 2011), 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. Os primeiros vinhedos foram plantados na região em 2001, e em 2009 totalizaram 310 hectares (IBGE, 2011). Entre as principais variedades cultivadas encontram-se as tintas: Cabernet Sauvignon, Merlot, Cabernet Franc, Pinot Noir e Malbec. Entre as brancas foram plantadas: Chardonnay e Sauvignon Blanc.

As uvas produzidas na região de São Joaquim (Planalto Sul Catarinense) 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 & TONETTO, 2004; BORGHEZAN et al., 2011).

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). Na última safra, dos 196 hectares plantados com *Vitis vinifera* L. a produtividade alcançada foi de 913 toneladas ($5,5 \text{ t ha}^{-1}$) (IBGE, 2011). A variedade Cabernet Sauvignon representou 85% das áreas dos vinhedos no município (FALCÃO, 2007). A variedade tem brotação tardia o que favorece a implantação e aclimação na região, com menor dano por geadas tardias. Caracteriza-se pelo teor de açúcar de médio a alto, adequada acidez titulável e pH baixo a médio (HUGLIN, 1986; VIÑEIRA et al., 1996). Tais características proporcionam a elaboração de vinhos finos de qualidade. O vinho de Cabernet Sauvignon é reputado pelo seu caráter varietal, pelo aroma típico que lembra pimentão verde, com intensa coloração vermelha, pelo corpo, pela estrutura e boa digestibilidade (RIZZON & MIELE, 2002).

A composição da uva na região do Planalto Sul Catarinense e do vinho são resultados da interação de vários fatores: variáveis (clima); modificáveis (práticas culturais); e permanentes (região, solo, variedade e porta-enxerto). Os fatores água no solo e tipo de solo são tratados como fatores secundários na produtividade da videira. Os solos de altitude possuem elevada variabilidade espacial tanto horizontal como vertical em seus atributos físicos, químicos e físico-hídricos, os quais, quando ignorados na implantação do vinhedo, podem refletir ao longo dos anos na composição da uva e na qualidade do vinho.

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

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da estrutura de dependência espacial e temporal de atributos químicos, físicos, físico-hídricos e o armazenamento e disponibilidade de água de dois solos de altitude e definir as condições que possam favorecer a produtividade e composição da variedade vinífera Cabernet Sauvignon.

1.2 Objetivos específicos

Avaliar a variabilidade espacial de atributos químicos, físicos e dos indicadores de qualidade física de um Cambissolo Húmico e um Cambissolo Háplico sob o cultivo de Cabernet Sauvignon.

Avaliar a variabilidade temporal do armazenamento e disponibilidade de água de um Cambissolo Húmico e um Cambissolo Háplico sob o cultivo de Cabernet Sauvignon no ciclo produtivo da uva.

Analisar os efeitos do solo e do clima sobre produtividade e composição da uva Cabernet Sauvignon na maturação industrial, no município de São Joaquim (SC).

Indicar quais os atributos dos solos são importantes na escolha de áreas para a implantação de vinhedos no Planalto Sul Catarinense.

1.2 HIPÓTESES

1. Nos solos de altitude no município de São Joaquim (SC) existe grande variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos do solo.

2. A variabilidade nos atributos do solo, associado à variação temporal da precipitação, influenciam o armazenamento e a disponibilidade de água para as plantas.

3. A qualidade e a quantidade da uva produzida são dependentes dos atributos químicos, físico-hídricos do solo, os quais devem ser considerados na escolha da área onde será implantado o vinhedo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 OS SOLOS DO PLANALTO SUL CATARINENSE

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 com uma extensão territorial de 1.886 km² onde 78% representam as classes dos Neossolos Litólicos e 20% dos Cambissolos (EPAGRI, 2002).

Os Neossolos Litólicos são solos com horizonte A ou O hístico com menos de 40 cm de espessura, diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões) e que tem um contato lítico dentro de 50 cm da superfície do solo. Por serem solos que ocorrem em sua maioria em locais de topografia acidentada, devido à pequena espessura dos perfis, são muito suscetíveis à erosão (EPAGRI, 2002). No município de São Joaquim (SC), sob campo natural, foi descrito por EMBRAPA (2004) um perfil de um Neossolo Litólico onde ocorre alta CTC, baixa fertilidade química, teores muito altos de Al trocável e de carbono orgânico no horizonte A. O solo foi classificado em Neossolo Litólico Húmico típico.

Os Cambissolos caracterizam-se pela presença de um horizonte B incipiente (CAMARGO et al., 1987, OLIVEIRA et al., 1992) e destaca-se por; apresentar textura franco-arenosa ou mais fina; não apresentar acúmulo de organometálicos ou argila iluvial e possuir presença de minerais facilmente intemperáveis na fração grosseira, que refletem pequeno grau de alteração sofrido pelo solo (EMBRAPA, 1998b). Estes solos ocorrem tanto em relevo plano a montanhoso, apesar de predominarem os Cambissolos em relevo forte ondulado, ondulado e suave ondulado. São solos com alta saturação com alumínio, por alta pedregosidade e serem rasos ou pouco profundos (EMBRAPA, 2004).

No estudo da relação solo-litologia em uma sequência de solos desenvolvidas de rochas efusivas no Planalto Sul de Santa Catarina, nos Cambissolos originados da

intemperização dos riodacitos, Teske (2010) observou: baixa CTC e baixa fertilidade química, com teores muito altos de Al trocável e pH extremamente ácido. A composição mineralógica do riodacito localizado no sul dos municípios de Lages e São Joaquim, foi similar, sendo composta por piroxênios, plagioclásios, quartzo e cristobalita, feldspatos e biotita. A fração argila desses solos é constituída, predominantemente, por caulinita de baixa cristalinidade e de pequeno diâmetro e argilominerais 2:1, com graus variáveis de intercalação com polímeros de hidróxi-Al nas entrecamadas (2:1HE) e illita, gibbsita e quartzo em proporções menores. Em relação à classificação dos solos, Teske (2010) classificou como Cambissolo Háplico Alítico típico.

A principal restrição química dos Neossolos Litólicos e Cambissolos é a baixa fertilidade natural, com teores altos de alumínio trocáveis, que necessitam de altas doses de corretivos da acidez do solo, em muitos casos, superiores a 15 toneladas de corretivo, para neutralizar a acidez e elevar o pH ao nível de exigência da cultura (pH 6,0), com alto investimento inicial para a produção de uvas viníferas.

As classes de solos Neossolos Litólicos e Cambissolos têm restrições físicas, físico-hídricas e químicas para a implantação dos vinhedos de altitude. Entre as restrições físicas a baixa profundidade efetiva do perfil associada à grande pedregosidade, e em alguns casos, afloramento de rochas. Os atributos físico-hídricos associados ao manejo dos vinhedos e a menor declividade, muitas vezes, são os responsáveis pela redução da infiltração e da translocação da água no solo, os quais podem restringir as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera e a movimentação de água e de nutrientes ao sistema radicular da videira.

2.2 O SOLO E SEUS EFEITOS SOBRE A VIDEIRA

As videiras podem ser cultivadas em uma enorme variedade de solos. O efeito do solo sobre o comportamento da videira e a composição da uva é complexo, pois a profundidade, a nutrição mineral, a granulometria, o armazenamento e fornecimento de água, bem como, o enraizamento e a temperatura na zona da raiz são fatores que influenciam na produção das uvas (VAN LEEUWEN & SEGUIN, 2006).

Os tipos de solo influenciam diretamente sobre a composição da uva e do vinho e são dependentes do tipo de rocha bem como dos demais fatores de formação. Segundo Van Leeuwen & Seguin (2006), em algumas regiões existe forte correlação entre a geologia e a qualidade dos vinhos produzidos. O vinho Chablis originário da uva Chardonnay é um exemplo clássico, proveniente de solos calcários (Kimmeridgian), localizado nas

proximidades da cidade de Chablis na França. Os solos calcários são conhecidos por produzir vinhos de qualidade geralmente elevada, com alto teor alcóolico, baixa acidez e buquê acentuado (REGINA et al., 2006). No entanto, solos com baixo grau de intemperismo da rocha matriz, solos jovens (baixa profundidade efetiva), estão sujeitos a alagamento e são menos adequados à produção de vinhos de qualidade (VAN LEEUWEN & SEGUIN, 2006), por produzir vinhos de baixa graduação alcoólica, alta acidez e ricos em albumina (excesso de nitrogênio). Em relação à classificação textural dos solos, os solos com predomínio da fração areia podem produzir vinhos com características mais florais em relação aos solos com predomínio da fração argila (REGINA et al., 2006).

O fornecimento de nutrientes para as videiras depende do pH do solo e da capacidade de troca catiônica, influenciado, entre outros atributos, pelo teor de argila e de matéria orgânica (COIPEL et al., 2006). O desenvolvimento da videira e do vigor são altamente dependentes do fornecimento de nitrogênio (DELAS et al., 1991; SPAYD et al., 1993; SPAYD et al., 1994). A absorção de nitrogênio pela videira depende em grande parte dos atributos do solo, tais como do teor de matéria orgânica e sua taxa de mineralização. Este último depende da umidade do solo, temperatura, pH, aeração e relação carbono/nitrogênio (C/N) da matéria orgânica (VAN LEEUWEN et al., 2000). A matéria orgânica fornece quantidades de nitrogênio lentamente disponível para o crescimento da videira (KURTURAL, 2006). Além disso, a matéria orgânica contribui na porosidade, na estrutura e na retenção de água dos solos (BAYER & MIELNICZUK, 2008).

Os efeitos diretos da granulometria do solo (areia, silte e argila) na qualidade dos vinhos não estão bem definidos, no entanto, os efeitos indiretos da granulometria sobre a hidrologia do solo são mais importantes. A granulometria afeta a capacidade de retenção de água, a infiltração e a translocação da água no solo (KURTURAL, 2006). Segundo Mota et al. (2006) o predomínio da fração argila no solo influencia positivamente a produção das uvas. Fregoni (2005) relata que solos argilosos originam vinhos com boa coloração (tintos), macios, de boa acidez e com maior tempo de conservação e solos arenosos originam vinhos finos, porém fracos em extrato seco e albuminas.

A disponibilidade de água em vinhedos depende de parâmetros climáticos, arquitetura da planta e atributos físicos do solo, além do relevo. Dentro de uma área de tamanho limitada, em determinada safra, os fatores climáticos podem ser considerados homogêneos. No entanto, a disponibilidade de água para a videira pode variar de forma considerável ao longo de curtas distâncias, a qual depende das variações no solo. A capacidade de retenção de água do solo varia principalmente com a granulometria, teor de

matéria orgânica e profundidade do solo. Os solos com classe textural franca, normalmente, têm maior potencial para o desenvolvimento radicular das videiras, bem como adequada capacidade de retenção de água. Entretanto, os solos arenosos têm baixa capacidade de retenção de água, que acarreta estresse as plantas por déficit hídrico.

Os solos com maior profundidade efetiva, desde que não tenham limitações químicas, são os que têm o maior potencial para o desenvolvimento radicular da videira. Deste modo, quanto maior a área do solo explorada pelo sistema radicular, menor é a possibilidade das plantas sofrerem com estresse hídrico.

O crescimento da planta e a composição da baga da uva estão intimamente relacionados às condições da videira na absorção de água (MATTHEWS et al., 1990; VAN LEEUWEN & SEGUIN, 1994; VAN LEEUWEN et al., 2004). Alguns estudos relatam que déficit hídrico entre leve a moderado tem efeito positivo na composição da uva e do vinho (ZSOFIA et al., 2011). Assim, a concentração de compostos fenólicos na baga da uva (antocianinas e taninos) é maior se as videiras estiverem expostas a um déficit hídrico moderado (ROBY et al., 2004; CASTELLARIN et al., 2007). Além disso, déficit hídrico entre leve a moderado tem efeito benéfico sobre a composição fenólica (ZSOFIA et al., 2009a), bem como sobre as características sensoriais do vinho.

A concentração de açúcar na baga da uva também é influenciada pelo nível de fornecimento de água. O déficit hídrico moderado ocasiona o rápido amadurecimento da uva restringido o tamanho das bagas. Além disso, reduz a competição por carboidratos entre as bagas e a parte aérea, que permite maior percentagem de açúcares produzidos por fotossíntese, os quais ficam disponíveis para o amadurecimento da uva (LEBON et al., 2006). Nos solos onde não ocorre restrição no fornecimento de água para a videira (excesso de umidade), os teores de açúcares nas uvas são menores devido à competição do carbono entre o amadurecimento e crescimento da parte aérea, e do aumento no tamanho da baga (diluição do teor de açúcar em um volume maior da baga) (VAN LEEUWEN et al., 2009).

Segundo Van Leeuwen et al. (2004) a massa da baga, a concentração de açúcar, o teor de antocianinas e a acidez titulável na baga têm influência direta na qualidade do vinho. A massa da baga é influenciada principalmente pelo tipo de solo, seguido pela cultivar. A concentração de açúcar na baga depende principalmente da cultivar e do tipo de solo, e também sofre influência da safra (clima). O teor de antocianinas é influenciado, principalmente, pela safra e pelo tipo de solo. Acidez titulável e o pH do mosto dependem da safra e, em menor proporção, da cultivar e do tipo de solo (VAN LEEUWEN et al., 2004).

Trabalhando com três tipos de solos na região de Saint-Émilion na França, entre as safras de 2004 a 2007, Van Leeuwen et al. (2009) observaram que a maior concentração de açúcar na baga foi alcançada quando o déficit hídrico foi leve e o teor de antocianinas aumentou de forma linear com o estresse hídrico. Constataram também que os solos rasos com pouca disponibilidade de água e de nitrogênio para as videiras, proporcionaram crescimento e rendimento limitado da videira, porém com uvas de alta qualidade vinífera.

Estudando os efeitos das condições climáticas e de dois tipos de solos (Typic Xerofluvent e Typic Haploxerept), sobre as características fenólicas da uva e do vinho Cabernet Sauvignon, durante o período de 2003 a 2005, em Catalunha na Espanha, Ubalde et al. (2010), observaram que o clima afetou os compostos fenólicos da uva (antocianinas, taninos), os sólidos solúveis totais, porém não afetou a massa das bagas. Observaram que o tipo de solo afetou a massa das bagas, a velocidade de maturação das uvas e a composição do vinho.

Assim, avaliar os efeitos do clima em cada safra e do tipo de solo na composição da uva é essencial para a escolha de regiões e solos adequados a produção de uvas viníferas.

2.3 RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO E A CULTURA DA VIDEIRA

A parte da videira que é prontamente afetada pelos atributos do solo é o sistema radicular. As raízes são o elo entre a água e nutrientes existentes no solo para todas as partes da planta. Os atributos físicos do solo conduzem o volume potencial do solo que podem ser exploradas pelas raízes. Sendo este controlado principalmente pela estrutura do solo. A estrutura do solo refere-se ao agrupamento e organização das partículas do solo em agregados e os espaços porosos que separam as partículas e agregados em um volume de solo (SILVA & DOURADO NETO, 2009). A estrutura do solo rege os aspectos funcionais, aeração, movimento da água e dos nutrientes, resistência do solo a penetração de raízes, erodibilidade e aspectos biológicos. Entre os aspectos funcionais da estrutura a disponibilidade de água (HAMBLIN, 1985) e aeração (GUPTA & LARSON, 1982) são os mais importantes para determinar a aptidão dos solos para a viticultura (NORTHCOTE, 1988).

A aeração e o encharcamento do solo dependem da quantidade e continuidade de poros ao longo do perfil. O excesso de água acumulada (encharcamento) afeta o sistema radicular, limita o crescimento e a sobrevivência das raízes (KOBAYASHI et al., 1963; IWASAKI et al., 1966). A susceptibilidade ao encharcamento é função dos volumes das

chuvas, da profundidade efetiva do perfil do solo, da infiltração e drenagem interna, e da profundidade do lençol freático (FITZPATRICK et al., 1993). A drenagem interna do solo é freqüentemente associada com a qualidade do vinho (SEGUIN, 1986). As videiras são mais sensíveis ao encharcamento durante os períodos de crescimento da raiz (MYBURGH & MOOLMAN, 1991a, b).

Os solos são considerados como efetivamente encharcados quando 10% ou menos da sua porosidade total é livre de água, que privam as raízes das plantas do acesso ao oxigênio. Os valores de porosidade de aeração de 10% da porosidade total são considerados valores limitantes para permitir a respiração das raízes das videiras (LANYON et al., 2004) e as trocas de oxigênio e dióxido carbono do solo com a atmosfera (XU et al., 1992). Em solos com condição de encharcamento prologando o acúmulo de etileno é a principal causa que inibe o desenvolvimento da videira (JACKSON, 1985).

O manejo do solo altera a estrutura, a densidade e o volume dos poros. As alterações no volume de poros do solo influem nas propriedades físico-hídricas, tais como: porosidade de aeração, retenção de água no solo, disponibilidade de água, e também afeta a resistência do solo à penetração de raízes (TORMENA et al., 1998). A principal causa de alteração da densidade do solo são as forças mecânicas originárias da pressão causada pelo rodado dos tratores e implementos agrícolas no solo (KLEIN & LIBARDI, 2002). Nos solos do Planalto Sul Catarinense nos vinhedos, o tráfego intenso de máquinas na realização dos tratos culturais, em diferentes condições de umidade do solo é o principal fator da compactação dos solos na região, entretanto a compactação é restrita entre às linhas da cultura.

Na literatura muitos estudos foram realizados a campo e em laboratório para mostrar os efeitos da densidade sobre o crescimento das plantas e na distribuição radicular, os quais sugerem valores críticos de 1,40 a 1,50 g cm⁻³ para solos com classe textural franco argiloso e 1,56 g cm⁻³ para a classe textural franco siltoso (REICHERT et al., 2003).

A compactação do solo diminui o espaço poroso do solo, principalmente a macroporosidade. Segundo Lanyon et al. (2004), as conseqüências dos valores críticos de densidade (compactação) no desempenho da videira são devido a efeitos diretos, os quais atuam na capacidade de crescimento e na distribuição do sistema radicular para extração de água e de nutrientes da massa do solo.

Em um trabalho sobre classificação do tamanho de poros em um Latossolo Vermelho Ácrico de Guaira (SP), Klein & Libardi et al. (2002) observaram aumento da densidade do solo, que acarretou diminuição do volume de macroporos e o aumento dos microporos. O

volume de macroporos necessário ao bom desenvolvimento das plantas varia de 6 a 20%, dependendo do tipo de solo (HILLEL, 1970).

A resistência do solo à penetração é uma determinação que quantifica, através de leituras a campo ou em laboratório, o grau de compactação do solo em função da umidade e da densidade do solo. Taylor et al. (1966) trabalhando com uma cultura anual indicou o valor de 2,0 MPa o qual é aceito como o limite crítico de resistência mecânica do solo à penetração. Trabalhos de Myburgh et al. (1996a) e de Van HuySseen (1983) concluem que o valor crítico de resistência à penetração foi de 2,0 Mpa para determinação a campo, com teor de umidade na zona do sistema radicular da videira na capacidade de campo. As leituras do penetrômetro, no entanto, não devem ser equiparadas à absoluta resistência encontrada pelas raízes (LANYON et al. 2004), mas devem ser usadas como um indicador da resistência dentro da matriz do solo. Myburgh et al. (1996a) trabalhando com levantamentos de solos em vinhedos, nas principais áreas produtoras do sudeste e oeste da Austrália, associaram, muitas vezes, o menor rendimento e a menor composição da uva com a restrição do desenvolvimento radicular.

Em um estudo com uvas viníferas na Argentina em um Aridisol, Apcarian et al. (2006) observaram que a profundidade, a espessura e a resistência à penetração de horizontes compactados afetaram a produção, com maior influência nos atributos de rendimento do que nos atributos de composição das uvas.

Trabalhando com diferentes variedades viníferas nos solos siltosos do sul da Argentina, Echenique et al. (2007) constataram que a produção das cultivares estava associada com os atributos do solo. Nas três cultivares do estudo o rendimento, a área foliar e a massa dos ramos podados por planta foram reduzidos quando o solo tinha horizontes extremamente duros, com resistência à penetração superior a 3,0 MPa em baixa profundidade (35 cm ou menos a partir da superfície), que permitiu caracterizar esses solos como de baixo potencial vitícola.

2.4 RELAÇÃO ENTRE OS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E A CULTURA DA VIDEIRA

A reação do solo (pH) e a disponibilidade de nutrientes são características que influenciam o comportamento das videiras. Entretanto, Seguin (1986) argumenta que o pH do solo não tem muita influência sobre a qualidade dos vinhos, uma vez que, vinhos de qualidade são produzidos em solos ácidos, neutros e alcalinos. No entanto, existem limites para a acidez

e alcalinidade do solo toleráveis pelas videiras. Segundo White (2009) a faixa de pH no solo entre 5,5 a 7,5 (medido em CaCl_2) é a que proporciona a maior disponibilidade de nutrientes para a videira.

Geralmente, as videiras não têm bom desenvolvimento quando o pH do solo é menor do que 5, devido a diminuição no crescimento do sistema radicular. Assim, nos solos ácidos as raízes da videira encontram maior concentração de alumínio trocável, que reduz o crescimento e diminui a área superficial das raízes (LANYON et al., 2004). No entanto, algumas cultivares como a Concord e a Norton se desenvolvem melhor em solos ácidos (KURTURAL, 2006). Já, nos solos com pH maior que 7,5 (alcalinos), especialmente em solos calcários, pode ocorrer deficiência de micronutrientes, principalmente ferro, manganês, zinco, cobre e molibidênio (WHITE, 2009).

Nas regiões brasileiras com potencial para a vitivinicultura, a grande maioria dos solos tem reação ácida, o que indica a necessidade de calagem para elevar o pH, e ao mesmo tempo, elevar os teores de cálcio e magnésio (MELO, 2003). Os solos do Planalto Sul Catarinense tem alto teor de matéria orgânica, baixa fertilidade química, com teores muito altos de Al trocável e reação extremamente ácida (TESKE, 2010). A prática da calagem nesses solos, visa elevar o pH (em água) até 6,0, pois nessas condições o alumínio no solo está na fase precipitado e os micronutrientes estão disponíveis na solução para as culturas. Porém, devido ao teor de matéria orgânica, a prática da calagem nos solos do Planalto Sul Catarinense implica em doses elevadas de corretivos (ERNANI et al., 2001).

Poucas pesquisas em nutrição da videira foram realizadas no Planalto Sul Catarinense, pois seu cultivo é recente. Mafra et al. (2011) avaliando os atributos químicos do solo e o estado nutricional da videira Cabernet Sauvignon no Planalto Sul Catarinense, constataram que os teores de K, Mg e Ca no tecido foram relacionados com os teores desses nutrientes no solo.

O aumento do pH dos solos do Planalto Sul Catarinense através da calagem aumenta a atividade dos microrganismos e a taxa de decomposição e mineralização da matéria orgânica (GIOVANNINI, 1999), o que eleva a disponibilidade de nitrogênio às plantas. O nível de oferta natural de nitrogênio do solo para as videiras é altamente variável, o qual depende do tipo de solo (VAN LEEUWEN et al., 2000). Com isso se observa menor translocação de fotoassimilados as uvas, redução do teor de açúcar e dos compostos fenólicos, e aumento do teor dos ácidos aminados (arginina e histamina), os quais aumentam a acidez do mosto das uvas (KURTURAL, 2006; REGINA et al., 2006). Em contrapartida, em solos com menor disponibilidade de nitrogênio, o vigor da videira é menor e o teor de compostos fenólicos na

baga é maior, e conseqüentemente, eleva o conteúdo fenólico do vinho, alterações que melhoram a composição da uva para a produção de vinho tinto (CHONE et al., 2001a). No entanto, na produção de vinho branco, a oferta de nitrogênio as videira deve ser pelo menos moderada para obter concentração desejada dos aromas nas uvas (VAN LEEUWEN et al., 2006). Assim, o intervalo desejado de matéria orgânica para os solos de vinhedos é de 20 a 30 g kg⁻¹ (KURTURAL, 2006), e é dependente das condições climáticas que regulam a mineralização.

Os solos do Planalto Sul Catarinense são deficientes em fósforo, assim como, os demais solos nas diferentes regiões vinícolas brasileira, com teores médios em torno de 1,0 mg kg⁻¹ (Mehlich 1), os quais necessitam da utilização adubação para suprir a deficiência (MELO, 2003, MAFRA et al., 2011). Apesar da videira não ser uma planta exigente em fósforo (DAL BÓ, 1992), este nutriente tem importância na formação da copa, na frutificação, no desenvolvimento das raízes (SOUZA, 1996), além de favorecer a fermentação do mosto (SOUZA, 1996) e acentuar o aroma e o sabor dos vinhos (REGINA et al., 2006). A deficiência do fósforo reduz o teor de açúcares e altera a relação álcool/acidez (REGINA et al., 2006), enquanto seu excesso retarda a maturação das uvas (SOUZA, 1996).

O potássio é determinante na qualidade da uva, sendo acumulado nas bagas durante a fase de maturação (MAFRA et al., 2011). Os solos da região da Serra Gaúcha têm teores de potássio classificados entre médio (61-90 mg dm⁻³ de K a CTC_{pH7,0} > 15,0) a alto (91-180 mg dm⁻³ de K a CTC_{pH7,0} > 15,0) (MELO, 2003) e na região do Planalto Sul Cararinense são muito baixo(≤ 30 mg dm⁻³ de K a CTC_{pH7,0} > 15,0) a baixo (31-60 mg dm⁻³ de K a CTC_{pH7,0} > 15,0) (TESKE, 2010). O potássio aumenta a resistência à seca, ao frio, às doenças e as pragas (SOUZA, 1996), e assim, aumenta à produtividade da videira. Além disso, influencia o processo inicial de fermentação do mosto, pois seleciona leveduras e atua na fermentação malolática, o que melhora o aroma e o sabor do vinho (REGINA et al., 2006).

O excesso de potássio decorrente da adubação desequilibrada ocasiona a redução da concentração de açúcares nas bagas, aumenta o pH do mosto e, conseqüentemente, resulta em um vinho de qualidade inferior (MOTA et al., 2006). O mesmo autor relata que a produção de antocianinas pode diminuir quando na relação K₂O/MgO o magnésio for limitante. Segundo Regina et al. (2006) o excesso de potássio diminui a acidez do vinho branco (aumento do pH do mosto), em função da aceleração do processo de oxidação do ácido málico. O processo de oxidação altera a coloração do vinho para cor amarelada (oxidado) e, por consequência, reduz o período de armazenamento do vinho.

A adubação excessiva com potássio pode diminuir a absorção de magnésio em função do antagonismo (KISHINO, 2007). Pode diminuir também a absorção de cálcio, principalmente, quando este é encontrado em baixa saturação na CTC do solo (DAL BÓ, 1992), pode estimular o dessecamento do cacho ou da ráquis, com prejuízos à maturação da uva e ao processo da vinificação (FRÁGUAS, 2002).

O cálcio e o magnésio participam como ativadores enzimáticos que atuam no metabolismo glucídico e proteico, os quais aumentam o teor de açúcar, neutralizam ácidos orgânicos do mosto das uvas e influenciam na produção de substâncias aromáticas no vinho (REGINA et al., 2006). Para os solos do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, teores maiores que $4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Ca e $1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de Mg são considerados altos (CQFS-RS/SC, 2004). Os solos localizados na Serra Gaúcha, na sua maioria, possuem naturalmente altos teores de cálcio e magnésio (MELO, 2003), enquanto, os solos do Planalto Sul Catarinense têm baixos teores naturais (TESKE, 2010).

A correção da acidez e adição de cálcio e magnésio são realizados pela adição de calcário. Assim, nos solos vinícolas brasileiros não são observados problemas com deficiência de cálcio e de magnésio (MELO, 2003). As deficiências de magnésio são observadas nas videiras onde o pH do solo é muito baixo ou em excesso de aplicação de potássio (KURTURAL, 2008). O desequilíbrio nutricional entre o potássio, o cálcio e o magnésio causa o dessecamento da ráquis, com maior absorção do potássio e menor de cálcio e magnésio, o que acarreta, essencialmente, a deficiência de magnésio (MANICA & POMMER, 2006).

2.5 ARMAZENAMENTO DE ÁGUA E SEUS EFEITOS SOBRE A CULTURA DA VIDEIRA

A disponibilidade de água é importante para o adequado crescimento e desenvolvimento da videira. É determinada pela quantidade de chuva, pelas características de retenção de água do solo e pela distribuição do sistema radicular da videira no solo.

O conhecimento do volume e da distribuição da precipitação de uma região não indica com precisão as exigências de água da videira (HUGLIN, 1986), visto que, a demanda do consumo ótimo (evapotranspiração máxima) é associada às demandas energéticas do meio (radiação solar global, balanço de energia e temperatura), da umidade do ar e do vento (DORENBOS & PRUIT, 1975).

A necessidade hídrica da videira é diferenciada em cada um dos estágios vegetativos e de frutificação, e varia em média da brotação até colheita de 240 a 385 mm. A videira se adapta desde regiões onde o regime pluviométrico é inferior a 200 mm, até aquelas com altos volumes, superior a 1.000 mm anuais, entretanto deve ser observado o manejo produtivo que altera os níveis de produtividade (POMMER, 2003).

As necessidades estabelecidas pelos indicadores pluviométricos têm valores locais ou regionais, não podendo ser generalizados (WESTPHALEN & MALUF, 2000). Nas regiões vinícolas da Europa, a videira tem atendidas suas necessidades hídricas com precipitações anuais entre 500 a 1.200 mm (DORENBOS & KASSAM, 1979). No Rio Grande do Sul as necessidades hídricas da videira são atendidas com excesso, onde a precipitação anual total varia de 1.200 a 2.200 mm anuais (WESTPHALEN & MALUF, 2000). No município de São Joaquim (SC) as exigências hídricas da videira também são satisfeitas e com excesso. Na média a precipitação anual total varia de 1.360 a 1.600 mm (EPAGRI, 2002).

O excesso de precipitação e sua frequência afeta a videira nas diferentes fases do ciclo reprodutivo. Na floração favorecem a incidência de doenças (antracnose *Elsionoe ampelina* e míldio *Plasmopara viticola*). No amadurecimento das bagas, pode causar rupturas da película e incidência de infecções por podridões (principalmente *Botrytis cinerea*), as quais prejudicam a maturação, e consequentemente, a qualidade dos vinhos (WESTPHALEN & MALUF, 2000).

Através de controle com tecnologias da agricultura de precisão, em vinhedos nos solos australianos, Bramley (2001, 2003) associou a resposta da produção da uva com os atributos físicos do solo e estes foram relacionados com a disponibilidade de água. Alguns estudos avaliaram a variabilidade espaço-temporal da umidade do solo (TURATTI & REICHARDT, 1991; ROCHA et al., 2005; MORETI et al., 2007; ZANETTI et al., 2007; VIEIRA et al., 2010), em diferentes tipos de solos e espaçamentos de amostragem, e observaram dependência amostral para a umidade do solo. Na região do Planalto Sul Catarinense muito pouco se conhece sobre o comportamento espacial e temporal da água nos solos e a sua relação com a produtividade e composição das uvas de vinhos finos, portanto mais estudos se fazem necessário.

2.6 VARIABILIDADE ESPACIAL E TEMPORAL DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

O conhecimento detalhado do armazenamento da água nos solos do Planalto Sul Catarinense, durante o ciclo vegetativo-reprodutivo das videiras, fornece elementos essenciais

ao estabelecimento ou aprimoramento de práticas de manejo agrícola que visem à otimização da produtividade e composição das uvas viníferas. O armazenamento de água no solo é afetado, entre outros, pela variabilidade espacial.

A estatística clássica assume que a variabilidade de um atributo do solo em torno de valores médios é aleatória e independente da posição no espaço. No entanto, a teoria das variáveis regionalizadas (geoestatística) considera que a variabilidade de um atributo é dependente de sua distância, ou seja, dentro de certo domínio, as diferenças entre o armazenamento de água no solo podem ser expressas em função da distância de separação entre elas (VIEIRA et al., 1981).

A umidade volumétrica do solo varia espacialmente, no sentido horizontal e em profundidade, devido às variações no arranjo do espaço poroso e da quantidade e tamanho das partículas da matriz (REICHARDT & TIMM, 2004), ou seja, da granulometria e estrutura. Além disso, segundo McGraw, (1994) o manejo do solo, a declividade, a face de exposição da área à radiação solar e a posição na paisagem afetam a variabilidade espacial da umidade dos solos. Enfatiza que, para que não haja abortamento de flores e queda na produção de uvas viníferas, é importante o conhecimento da distribuição espacial do conteúdo de água nos solos.

A geoestatística permite descrever a distribuição espacial de uma variável qualquer, a partir da modelagem da dependência espacial (VIEIRA, 2000; SOARES, 2006), bem como a avaliação da persistência no tempo dos possíveis padrões espaciais de distribuição de água no solo (KACHANOSKI & DE JONG, 1988). Em um estudo da variabilidade espacial e temporal do teor de água em duas formas de uso do solo, Vieira et al. (2010) constataram que o teor médio de água no solo teve relação inversa com a dependência espacial, quanto maior o teor de água menor a dependência espacial.

Em alguns estudos sobre variabilidade espacial observa-se que os esquemas de amostragem variam, transeções, malhas, combinação de ambos, bem como a distância entre amostras, desde poucos até centenas de metros (TURATTI & REICHARDT, 1991; GONÇALVES et al., 1999; ROCHA et al., 2005; IQBAL et al., 2005; MORETI et al., 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO, CLIMA E SOLO

O experimento foi implantado em um vinhedo com a variedade Cabernet Sauvignon, implantado em 2003, enxertada sobre Paulsen 1103 (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*) no sistema de condução latada, no município de São Joaquim, localizado no Planalto Sul Catarinense. A latitude do local é 28° 15' 32" S, a longitude de 49° 57' 35" W e a altitude média de 1.260 m. O clima do local, segundo a classificação de Köppen (1928) é Cfb, mesotérmico, constantemente úmido, sem estação seca, com verão fresco (< 22° C). A temperatura média normal das máximas varia de 19,4 a 22,3 °C, e a mínima de 9,2 a 10,8 °C. A precipitação pluviométrica total anual varia de 1.360 a 1.600 mm, com o total anual de dias de chuva em torno de 135, a umidade relativa normal do ar varia de 80 a 83%, com insolação anual total entre 1.824 a 2.083 horas (EPAGRI, 2002).

Os solos avaliados foram classificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) e segundo a Soil Taxonomy (EUA, 2010): Área 1 - Cambissolo Húmico Alumínico típico (Inceptisol, Pachic Humudepts) com uma pequena mancha de Neossolo Litólico Húmico típico (Entisol, Lithic Udorthents), classe textural franco-siltoso, originados da rocha riodacito; Área 2 - Cambissolo Háptico Alítico típico (Inceptisols, Typic Dystrudepts), classe textural franco-argilo-siltoso, desenvolvido a partir da rocha riodacito.

Os tipos de solos existentes na área foram descritos com abertura de perfis na área avaliada (Anexo 1), em áreas adjacentes em um campo natural (Anexos 2 e 3) e em um perfil próximo a vinícola em um campo natural (Anexo 4). Após a determinação da profundidade de cada horizonte dos perfis, na parte central do horizonte foi coletado 200 g de amostra com estrutura deformada. As amostras de solo foram secas a 60 °C, passadas em peneiras de 2,00 mm para as análises químicas, granulométrica e o teor de carbono orgânico dos solos segundo metodologia descritas em Tedesco et al. (1995).

3.2 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

Até abril de 2000 as glebas do estudo eram mantidas com campo natural e, a partir daí, as áreas foram preparadas com aração a 30 cm de profundidade e gradagens, sendo retiradas as pedras expostas na superfície. Em seguida, realizou-se a correção da acidez e da fertilidade do solo com a incorporação de calcário dolomítico. Após a correção das áreas foram construídos os camalhões para o plantio das mudas das videiras, com dimensões de 20 cm de altura e 40 cm de largura. A acidez dos solos foi corrigida com a aplicação de 25 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT a 100%) visando atingir pH 6,0 e, somente neutralizar os efeitos tóxicos do alumínio. Na adubação de implantação foi aplicado 450 kg ha⁻¹ de fósforo (super fosfato 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 (CQFS – RS/SC, 2004) com as quantidades de reposição para o fósforo e potássio. As mudas foram plantadas no espaçamento de 1,2 m entre plantas e 3,0 m entre as filas, orientadas no sentido N-S, conduzidas no sistema espaldeira e podadas em cordão esporonado duplo a 1,2 m de altura, sob sombrite.

O manejo do vinhedo para o controle de doenças, pragas e ervas daninhas foi realizado normalmente conforme o plano de trabalho da empresa vitivinícola e recomendações técnicas. As ervas daninhas nas entrelinhas foram roçadas e nas linhas de plantio foram dessecados com aplicação de glifosato na dose de 2 L ha⁻¹. Na média dos anos foram realizadas aproximadamente 25 aplicações com defensivos durante o estágio vegetativo.

Em 2008 foram selecionadas duas áreas, uma no Cambissolo Húmico, com declividade média de 0,034 m m⁻¹ (Área 1 – Figura 1) e outra no Cambissolo Háplico, com declividade média de 0,15 m m⁻¹ (Área 2 – Figura 2) para avaliar a variabilidade espacial dos solos. Para a escolha das áreas foi utilizado o critério da diferença na disponibilidade de água nas áreas, uma área com maior disponibilidade hídrica (Cambissolo Húmico) e uma área com menor disponibilidade hídrica (Cambissolo Háplico). Em cada área foi demarcado uma malha composta de cinco por sete linhas espaçadas por 12 m, que resultou em um retângulo de 48 x 72 m (3.456 m²) com 35 pontos. Dois pontos adicionais foram marcados (36 e 37) na região nordeste e sudoeste da malha para calcular a semivariância em intervalos menores que 12 m.

Os pontos foram marcados com o uso de duas trenas e georreferenciados (04-12-2008), com o auxílio de um DGPS (Sistema de Posicionamento Global Diferencial), marca Raven®, receptor de sinal WAAS (Wide Area Augmentation System) com correção em tempo real.

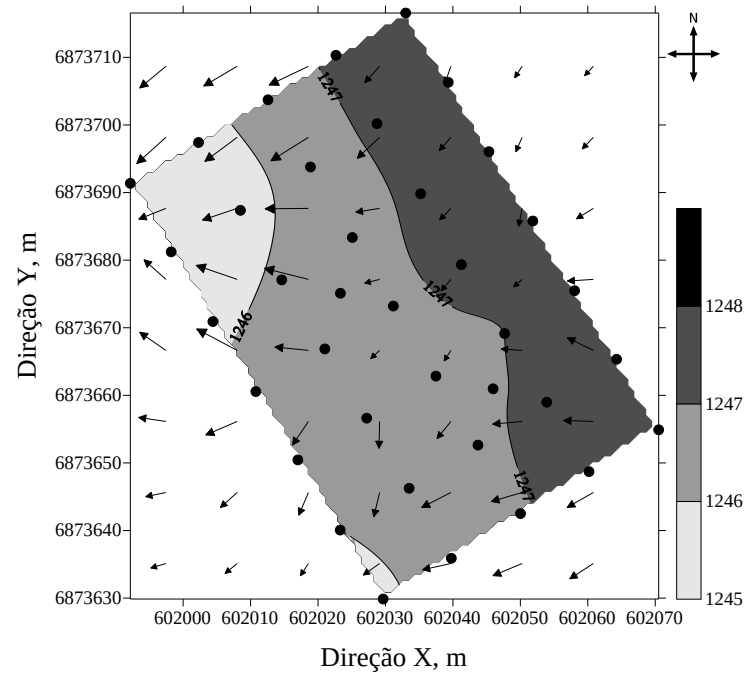


Figura 1 – Superfície do terreno, com altitude na associação Cambissolo Húmico + Neossolo Litólico. Os pontos representam os pontos de coleta do solo e colheita das uvas, enquanto as setas indicam a direção do fluxo da água no relevo.

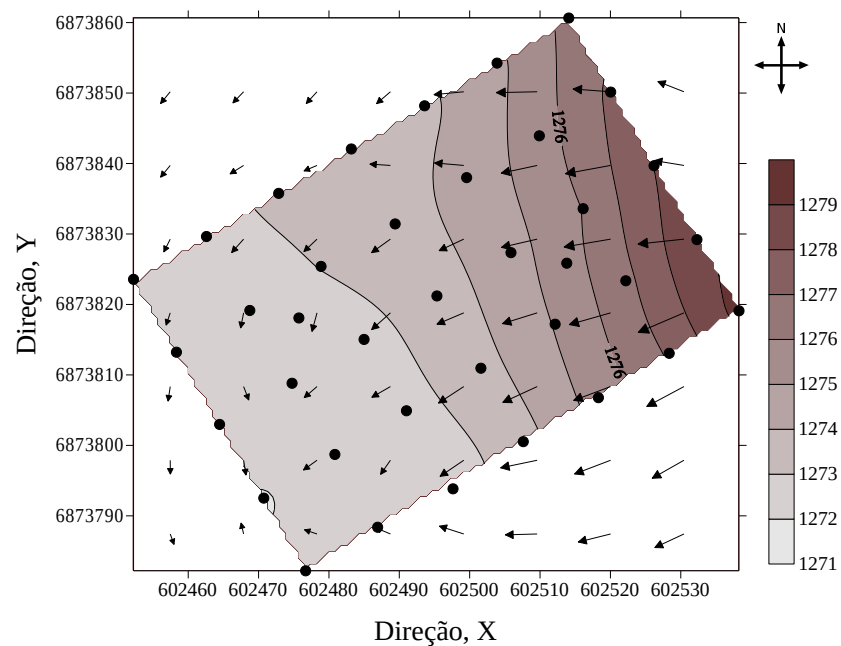


Figura 2 - Superfície do terreno, com altitude no Cambissolo Háplico. Os pontos representam os pontos de coleta do solo e colheita das uvas, enquanto as setas indicam a direção do fluxo da água no relevo.

3.3 COLETA DE SOLO E DETERMINAÇÕES FÍSICAS E QUÍMICAS

Em dezembro de 2008, em cada ponto das duas malhas de amostragem foi aberto uma trincheira de 20 cm x 30 cm na porção superior do camalhão a 40 cm do porta enxerto da videira para a coleta de amostras de solo com estrutura preservada e alterada, nas camadas de 0-15 cm e 15-30 cm utilizadas nas análises físicas e químicas do solo.

Nos pontos amostrados foram realizadas leituras da resistência do solo à penetração (RP) em duas datas distintas (12-03-2009 e 02-04-2009), com penetrógrafo digital modelo Falker 1.11[®] com ponta cônica de 30°, até a profundidade de 30 cm sendo duas leituras por ponto amostrado.

As análises físicas são divididas em dois grupos, com estrutura alterada e preservada. Amostras com estrutura alterada foram secas ao ar e peneiradas para as determinações da estabilidade de agregados, granulometria, densidade de partículas do solo e ensaio de Proctor Normal. A estabilidade de agregados foi determinada pela agitação vertical de agregados em água nas peneiras de 4,76, 2,00, 1,00 e 0,25 mm e os resultados foram expressos em diâmetro médio geométrico segundo Kemper & Chepil (1965). A granulometria do solo foi determinada pelo método da pipeta (GEE & BAUDER, 1986), através da dispersão em NaOH 1 mol L⁻¹ para determinação do teor de argila total, e a densidade de partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico modificado (GUBIANI et al., 2006). O ensaio de Proctor Normal foi realizado sem o reuso do material de solo, com duas repetições de laboratório em cada teor de umidade testado por perfil de solo, em um aparelho automático (Solotest[®]) constituído de uma base giratória, na qual se encontra fixado um cilindro de 1.000 cm³ (10,0 cm de diâmetro e 12,7 cm de altura), o soquete metálico tem 2,5 kg e a altura de queda constante igual a 30,5 cm, que resulta na aplicação de 560 kPa de energia segundo ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) pela norma NBR 7.182 (ABNT, 1986). Após estas determinações, foi plotado um gráfico com a densidade do solo (variável dependente) e a umidade gravimétrica (variável independente) para cada camada nos dois solos, conforme Stancati et al. (1981), selecionando-se apenas seis densidades do solo, as quais contém a densidade do solo máxima (DsMáx) e o teor de umidade ótima de compactação (UOC), eliminando-se os teores de umidade extremos, conforme procedimento sugerido pela ABNT, (1986). Para cada camada de solo foi ajustada uma equação polinomial de segundo grau com o software SigmaPlot 11 (SYSTAT, 2008):

$$Ds=a+b.(Ug)+c.(Ug)^2 \quad (3)$$

Onde a , b e c são parâmetros da equação; D_s é a densidade do solo, g cm^{-3} e U_g é a umidade gravimétrica do solo, g g^{-1} . A densidade do solo máxima é dada por:

$$D_{s\text{Máx}} = \frac{-b}{(2a)} \quad (4)$$

A umidade ótima de compactação é dada por:

$$U_{OC} = \frac{-(b^2 - 4ac)}{(4a)} \quad (5)$$

A partir destas estimativas obteve-se a densidade relativa (DRel):

$$D_{Rel} = \frac{D_s(\text{campo})}{D_{s\text{Máx}}} \quad (6)$$

Para extração e confinamento das amostras com estrutura preservada, foram utilizados anéis metálicos com bordas cortantes, com volume de 70 cm^3 (6 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura). O volume de total de poros foi calculado pela relação entre densidade do solo e densidade de partículas (EMBRAPA, 1997):

$$P_t = 1 - \left(\frac{D_s}{D_p} \right) \quad (7)$$

Onde: P_t = porosidade total ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); D_s = densidade do solo (g cm^{-3}) e D_p = densidade de partículas (g cm^{-3}).

O volume de microporos foi determinado por meio de 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 de total de poros e o de microporos. A densidade foi determinada pela relação massa/volume, em base seca a 105°C , foi determinada pelo método do anel volumétrico conforme Blake & Hartge (1986).

As análises químicas determinadas ou calculadas foram: pH em água, pH em CaCl_2 , teores trocáveis de potássio (K^+), sódio (Na^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e alumínio (Al^{3+}), fósforo (P) disponível (Mehlich 1), acidez potencial (H^+Al), carbono orgânico total (CO), soma de bases (SB), CTC efetiva ($\text{CTC}_{\text{efetiva}}$), CTC a pH 7,0 (CTC_{pH7}), saturação por bases (V), saturação por Al^{3+} (m).

Nas análises químicas do solo, as amostras com estrutura alterada foram secas em estufa a 60°C , moídas e passadas em peneira de malha de 2,0 mm. A determinação do pH em água e do pH em CaCl_2 foram realizadas na relação 1:1 com leituras em potenciômetro com eletrodo combinado; Na^+ e K^+ trocáveis e P disponível foram extraídos pelo método do extrator duplo ácido (Mehlich 1) com solução ácida de HCl $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ e H_2SO_4 $0,0125 \text{ mol}$

L^{-1} , sendo Na^{+} e K^{+} quantificados por fotometria de chama e o P quantificado com leitura da absorbância em espectrofotômetro UV-VIS, com o uso de filtro vermelho, e comprimento de onda de 660 nm; Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis foram extraídos com solução salina neutra de KCl 1 mol L^{-1} , sendo Ca^{2+} e Mg^{2+} determinados por espectrofotometria de absorção atômica e o Al^{3+} quantificado por titulometria ácido-base com NaOH 0,0125 mol L^{-1} (TEDESCO et al., 1995). A acidez potencial não trocável foi extraída com solução de acetato de Ca $(CH_3COO)_2$ 0,5 mol L^{-1} tamponada a pH 7,0 e quantificada por titulometria ácido-base com NaOH 0,0125 mol L^{-1} (EMBRAPA, 2009). O carbono orgânico total foi determinado pelo método de Walkley & Black modificado por Tedesco et al. (1995), por oxidação com $K_2Cr_2O_7$ 1,25 mol L^{-1} em meio ácido de H_2SO_4 concentrado e titulação com $FeSO_4$ 0,25 mol L^{-1} . A soma de bases (SB), a CTC efetiva ($CTC_{efetiva}$), a CTC a pH 7,0 (CTC_{pH7}), a saturação por bases (V), a saturação por Al (m) foram calculadas segundo Embrapa (1997).

Para avaliar a variação espacial e temporal do armazenamento de água no solo e sua relativa variação temporal, utilizou-se o método da umidade gravimétrica nos pontos que formavam a malha. Foram feitas coletas semanais de solo com estrutura alterada nas camadas de 0-15 e 15-30 cm, durante o período vegetativo-reprodutivo (florescimento-maturação) da videira, de dezembro de 2008 (346 dia Juliano) a abril de 2009 (105 dia Juliano), denominado de safra 2008/2009, a qual teve um total de 17 coletas. O segundo período foi dezembro de 2009 (343 dia Juliano) a março de 2010 (76 dia Juliano), denominado de safra 2009/2010, o qual teve um total de 6 coletas. Para as coletas de solo foi utilizado trado de rosca, perfazendo quatro tradagens por ponto, onde foi coletado de 100 a 150 gramas de solo por camada num raio de 50 cm de cada ponto demarcado. As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos com capacidade de 0,5 L e, em seguida conduzidas ao Laboratório de Física e Manejo do Solo – (UDESC/CAV) para a determinação da umidade gravimétrica (Ug). A Ug foi obtida da relação entre a massa de água que está contida numa dada massa de solo seca em estufa a 105 °C (EMBRAPA, 1997). Obtida a umidade gravimétrica e a densidade do solo foi calculada a umidade volumétrica:

$$\theta = Ug * \left(\frac{Ds}{Da} \right) \quad (8)$$

Onde: θ = umidade volumétrica do solo ($cm^3 cm^{-3}$); Ug = umidade gravimétrica do solo $g g^{-1}$; Ds = densidade do solo ($g cm^{-3}$); Da = densidade da água ($g cm^{-3}$), para a Da foi assumido o valor de 1 $g cm^{-3}$.

A armazenagem de água no perfil (A_L em mm, na camada de 0 a z mm) foi calculada conforme descrita em LIBARDI, (2005):

$$A_L = \int_0^L \theta(z) dz \quad (9)$$

Onde: θ é a umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$), z é a coordenada vertical ou profundidade (mm), e A_L = armazenagem de água no solo (mm). Esta equação representa a lâmina em mm de água armazenada no perfil de profundidade de 0 a z , num determinado momento.

A porosidade de aeração foi calculada segundo Libardi, (2005):

$$P_a = P_t - \theta \quad (10)$$

Onde: P_a = Porosidade de aeração, ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); P_t = porosidade total, ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) e θ = umidade volumétrica do solo, ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$).

3.4 COLETA E DETERMINAÇÕES DAS AMOSTRAS DA UVA

A colheita da uva foi realizada na fase de maturação da uva em três safras nos dias 14 de abril de 2009, 30 de março de 2010 e 16 de abril de 2011. Em cada um dos pontos da malha amostral foi colhido um cacho médio por planta, sendo três plantas por ponto (centro, direita e esquerda de cada ponto). Os cachos foram acondicionados em sacos plásticos, armazenados em caixas plásticas até chegarem ao Laboratório do Núcleo de Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agroveterinárias de Lages (NUTA) para as análises físicas, físico-químicas e os componentes fenólicos. As análises físicas avaliadas foram: massa do cacho, massa da ráquis, massa de 50 bagas, número de bagas por cacho, comprimento do cacho, altura da baga e a largura da baga.

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 foi determinado com o uso de uma régua graduada em milímetros. A altura e a largura da baga foram determinadas com o uso de um paquímetro digital profissional 150 mm, e precisão de 0,01 mm. A relação Ráquis/Cacho foi determinada através da divisão da massa da ráquis pela massa do cacho e o resultado foi expresso em porcentagem. A relação altura da baga/largura da baga foi calculada pela divisão direta entre as variáveis. A produtividade (t ha^{-1}) das safras foi estimada pelo número de cachos por planta e pela massa do cacho média.

As análises físico-químicas avaliadas foram: sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e potencial de hidrogênio (pH); as análises dos componentes fenólicos avaliadas foram: índice de polifenóis totais (IPT), antocianinas e taninos.

Realizado a contagem do número total de bagas do cacho, cinquenta bagas foram separadas por ponto amostrado, acondicionadas em sacos plásticos, congeladas para posterior determinação dos compostos fenólicos das uvas. O restante das bagas foi esmagado manualmente, extraindo-se o mosto com coador de tecido de algodão, para as análises físico-químicas da uva.

A partir do mosto das bagas foi determinado o teor de sólidos solúveis (SS) com o uso de um refratômetro óptico Instrutemp Modelo RTA-50, sendo os resultados expressos em °Brix.

Para determinar a acidez titulável (AT) utilizou-se a titulação do mosto com solução alcalina padronizada de NaOH 0,1 N e como indicador o azul de bromotimol, o qual tem o ponto de viragem a pH 7, segundo a metodologia de Ribéreau-Gayon et al. (1998), sendo os resultados expressados em meq L⁻¹.

A determinação do potencial de hidrogênio (pH) do mosto foi realizada através de um potenciômetro digital da Marca Impac, equipado com um eletrodo de vidro, após calibração com soluções padrões de pH 4,0 e pH 7,0, mantendo a temperatura em 20 °C, que é essencial para a representatividade do pH.

Para determinar a concentração dos compostos fenólicos, foi utilizado as sub-amostras de 50 bagas segundo metodologia descrita por Iland et al. (2004), com uso de solução hidro-alcoólica com etanol 50% (v.v) a pH 2,0. Com as bagas ainda congeladas as sementes foram retiradas com um estilete para evitar uma leitura superestimada, atribuída aos taninos duros, contidos no interior das sementes. A extração foi realizada, triturando-se cada amostra de uva com um “mixer” doméstico, durante 30 segundos e adicionado 50 mL de solução hidro-alcoólica. O extrato recebeu as sementes e foi aquecido em banho-maria com agitação constante, durante 10 minutos. Após o tempo, o extrato foi passado por um coador de tecido de algodão para a extração do volume total da amostra e quantificado em proveta de vidro graduada, sendo utilizado nas determinações das análises dos componentes fenólicos.

A quantificação do aporte fenólico das bagas foi baseada na metodologia proposta por Glories (1998) e Ribéreau-Gayon et al. (1998), através da absorbância característica do ciclo benzênico, componente da maior parte dos polifenóis. Utilizou-se 0,5 mL de solução extrato em um balão volumétrico de 50 mL, completado o volume do balão com água destilada e realizada a leitura em espectrofotômetro UV/VIS num comprimento de onda de 280 nm (luz ultravioleta). A absorbância do comprimento de onda foi calculada em uma cubeta de quartzo de 10,01 mm de percurso óptico:

$$IPT = D.O \ 280 * f \quad (11)$$

Onde: IPT = índice de polifenóis totais; D.O (280) = absorvância óptica a 280 nm, e f = fator de diluição.

A quantificação das antocianinas extraíveis foi realizada segundo a metodologia descrita por Ribéreau-Gayon e Stonestreet (1965) apud Ribéreau-Gayon et al. (1998), método químico baseado na propriedade característica das antocianinas, as quais variam sua cor de acordo com o pH. O método mede a diferença da densidade óptica na absorvância da onda de 520 nm (D.O.520), $\Delta d = d1 - d2$, em uma cubeta de quartzo de 10,01 mm de percurso óptico. Este método prediz a preparação das soluções d1 e d2 para leitura em espectrofotômetro UV/VIS. A primeira solução (d1), era composta por 1 mL de solução extrato + 1 mL de etanol a 0,1% HCl + 10 mL de HCl 2%. A segunda (d2) era composta por 1 mL de solução extrato + 1 mL de etanol 0,1% HCl + 10 mL de solução tampão a pH = 3,5 (303,5 mL de fosfato dissódico 0,2 M + 696,5 mL de ácido cítrico 0,1 M). Calculou-se a concentração de antocianinas considerando a diferença de densidade ópticas (absorvância) das amostras nos diferentes pHs:

$$AE = \frac{388 * \Delta d}{\text{massa de 50 bagas}} \quad (12)$$

Onde: AE = Antocianinas facilmente extraíveis em miligrama por grama de matéria seca (mg g^{-1}); Δd = diferença das densidades ópticas das duas leituras;

Os teores de taninos foram obtidos segundo Hernández (2004) considerando os teores de antocianinas e o índice de polifenóis total (IPT):

$$\text{Taninos} = \left(\frac{IPT}{20} \right) - \left(\frac{\text{mL L}^{-1} \text{ Antocianinas}}{1000} \right) \quad (13)$$

A relação SS/AT foi obtida a partir do quociente das determinações entre o sólido solúveis ($^{\circ}$ Brix) e a acidez titulável (g L^{-1}):

$$SS/AT = \frac{SS(^{\circ}\text{Brix})}{AT(\text{g L}^{-1})} \quad (14)$$

3.5 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

3.5.1 Estatística exploratória descritiva

Os dados dos atributos físicos e químicos do solo e das características físicas, físico-químicas e dos compostos fenólicos da uva foram analisados pela estatística descritiva clássica, por meio da média, mediana, valores mínimos e máximos, desvio padrão, coeficiente de variação, assimetria e curtose. Em relação ao coeficiente de assimetria (C_s) Guimarães (2004) afirma que uma distribuição é simétrica se $C_s = 0$; assimétrica à direita se $C_s > 0$ e assimétrica à esquerda se $C_s < 0$.

Na análise do coeficiente de variação foi utilizada a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1967), a qual considera a variabilidade estatística como baixa quando o coeficiente de variação for menor que 10%, média quando for entre 10% e menor e igual a 20%, alta variabilidade quando estiver entre 20% e menor e igual a 30% e muito alta quando estiver acima de 30%. Outros autores também consideraram essas classes em estudos de variabilidade espacial dos atributos do solo (LIBARDI et al., 1986; MACEDO et al., 1998; GONÇALVES et al., 2001) e das plantas (FLORES et al., 2005; ZARDO, 2009).

3.5.2 Análise de correlação entre as variáveis

O coeficiente de correlação simples de Pearson foi empregado para detectar correlações entre os atributos do solo e os atributos da uva, e entre as características físicas, físico-químicas e os compostos fenólicos da uva entre si. Para análise do coeficiente de correlação de Pearson foi considerado a classificação segundo Andriotti (2003) sendo: correlação nula = zero; fraca = 0-0,3; regular = 0,3-0,6; forte = 0,6-0,9; muito forte = 0,9-1 e perfeita = 1.

3.5.3 Análises geoestatísticas

A variabilidade espacial foi analisada por meio de ajuste de semivariogramas, de acordo com Vieira et al. (1983), baseado na hipótese intrínseca:

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (15)$$

Em que: $\gamma^*(h)$ é a estimativa da semivariância experimental, obtida pelos valores amostrados $[Z(x_i), Z(x_i + h)]^2$; h é a distância entre pontos amostrais; e $N(h)$ é o número total

de pares de pontos possíveis dentro da área de amostragem com a distância “ h ”. Os semivariogramas foram ajustados a um modelo matemático para obter: efeito pepita (C_0); patamar ($C_0 + C_1$) e alcance (a). A qualidade de ajuste dos modelos matemáticos aos semivariogramas, usando-se o método dos mínimos quadrados ponderados maior coeficiente de determinação (R^2) e menor soma de quadrados de resíduos (RSS).

Obtidos os ajustes de modelos dos semivariogramas, calculou-se a relação entre o efeito pepita (C_0) e o patamar ($C_0 + C_1$), chamada de grau de dependência (GD) e expressa em porcentagem:

$$GD = \frac{C_0}{C_0 + C_1} \times 100 \quad (16)$$

Definido o modelo matemático, utilizou-se interpoladores de krigagem, por apresentarem nos pontos estimados, a propriedade de não serem viciados e proporcionarem variância mínima (VIEIRA et al., 1983; CARVALHO et al., 2002). A partir dos valores obtidos pela técnica de krigagem foram gerados mapas de distribuição espacial para melhor verificação e interpretação da variabilidade espacial tanto dos atributos do solo quanto do armazenamento de água no solo. As análises foram conduzidas com o uso *software* GS+®. Na construção dos mapas de isolinhas foi utilizado o *software* Surfer 8.0 (GOLDEN SOFTWARE, 2002).

3.5.4 Análises probabilísticas

A hipótese de normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov ao nível de 5% de significância. Nas variáveis onde não foi verificada a distribuição normal foram utilizadas as transformações $\log(y)$ e $1/\sqrt{y}$. As transformações foram realizadas para os atributos físicos do solo areia fina, silte, carbono orgânico, macroporosidade, diâmetro médio geométrico, para os atributos químicos do solo pH em água e em CaCl_2 , fósforo, potássio e sódio; para os atributos da videira massa da rãquis, altura da baga e relação altura/largura da baga e para os compostos das bagas pH do mosto, antocianinas, índice de polifenóis totais e taninos. O teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) observa a máxima diferença absoluta entre a função de distribuição teórica, no caso a normal, e a função de distribuição empírica. Também foram feitas análises comparativas entre os dois tipos de solo, através do teste “t”, ao nível de 5% de probabilidade para verificar possíveis diferenças existentes entre os solos.

A análise fatorial foi empregada no esquema 2 x 3 para avaliar o efeito da interação entre o fator solo (2 tipos de solo) e o fator clima (3 safras da uva) sobre as características físicas, físico-químicas e sobre os compostos fenólicos da uva Cabernet Sauvignon, sendo definidos os 37 pontos como repetições em cada área e em cada ponto foram calculados a média aritmética de três plantas para os atributos da uva. Foi calculada a análise de variância (ANOVA), sendo a composição da uva as variáveis dependentes e o solo e o clima como variáveis independentes. As médias foram comparadas pelo teste “t”, ao nível de 5% de probabilidade. Além disso, as percentagens de variância para cada atributo foram calculadas, a partir da divisão entre a soma dos quadrados de cada fator e o total, multiplicado por 100. A análise de regressão linear foi usada entre as características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva. O software utilizado foi o ASSISTAT (SILVA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DESCRITIVA DOS ATRIBUTOS E INDICADORES DE QUALIDADE FÍSICA DOS SOLOS

No Cambissolo Húmico o teor de carbono orgânico total, as porosidades (Pt, Macro e Micro), as densidades do solo (Ds e DRel), diâmetro médio geométrico (DMG) e à resistência a penetração do solo tiveram distribuição normal em ambas as camadas. Carvalho et al. (2003) observaram distribuição normal para os atributos físicos do solo em um vinhedo de Vitória (SP). As frações granulométricas (areia fina, areia grossa e argila) tiveram distribuição considerada diferente da normal (Tabela 1). Simões et al. (2006) trabalhando em um Latossolo Vermelho de Lavras (MG) observaram para as frações granulométricas distribuição diferente da normal.

No Cambissolo Háplico a porosidade total (Pt), as densidades do solo (Ds e DRel) e a resistência à penetração do solo tiveram distribuição normal em ambas as camadas. A macroporosidade (Macro) e o diâmetro médio geométrico (DMG), nas duas camadas, resultaram em distribuição diferente da normal (Tabela 2).

Assim, quando um atributo do solo tiver distribuição de frequência do tipo normal, a média é a medida de tendência central mais adequada para representá-lo. No entanto, quando a distribuição de frequência observada for do tipo diferente da normal a mediana é a medida mais adequada (ANDRADE, 2010). De acordo com Cressie (1991), a normalidade dos dados não é uma exigência da geoestatística, mas no gráfico de distribuição normal o atributo em estudo não deve ter extremidades da distribuição muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas da krigagem, as quais são baseadas nos valores médios (ISAAKS & SRIVASTAVA, 1989).

O coeficiente de assimetria para areia fina, areia grossa argila e macroporosidade foram positivos, com variação entre 0,16 e 2,72, que indica distribuição simétrica à direita; para DMG foi observada distribuição assimétrica à esquerda (Tabelas 1 e 2).

Os valores positivos de assimetria para a macroporosidade indicam que o Cambissolo Háplico tem elevada frequência de valores abaixo da média. Assim, isto pode ser um indicativo de que existem, apenas para a área estudada, locais pontuais com restrições na

infiltração de água e nas trocas gasosas do solo, uma vez que o volume de macroporos do solo ficou abaixo do ideal, sendo que Lanyon et al. (2004) consideram volumes ideais para a videira maiores que $0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos atributos e indicadores de qualidade física em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011. n (37 pontos amostrais)

0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011: n (37 pontos amostrais)									
Atributo	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
0-15 cm									
CO	90	87	49	127	21,4	24	-0,14	-0,91	0,10 ^{ns}
AF	30	28	19	57	8,3	28	1,82	4,15	0,21 [*]
AG	77	74	36	142	22,2	29	0,96	1,76	0,12 ^{ns}
Silte	625	646	392	731	85,8	14	-0,83	0,32	0,11 ^{ns}
Argila	268	243	160	508	88,7	33	0,97	0,33	0,15 [*]
Pt	0,65	0,66	0,59	0,74	0,04	6	-0,16	-1,07	0,14 ^{ns}
Macro	0,20	0,20	0,10	0,33	0,05	24	0,51	0,62	0,12 ^{ns}
Micro	0,46	0,44	0,34	0,57	0,06	13	-0,03	-0,82	0,12 ^{ns}
Ds	0,8	0,73	0,56	1,00	0,1	15	0,34	-0,90	0,14 ^{ns}
DRel	0,7	0,67	0,51	0,92	0,1	15	0,34	-0,90	0,13 ^{ns}
DMG	5,4	5,4	4,2	6,1	0,5	9	-0,33	-0,48	0,11 ^{ns}
RP março	0,5	0,5	0,2	1,1	0,2	35	1,21	2,02	0,13 ^{ns}
RP abril	0,8	0,7	0,3	1,5	0,3	33	0,78	0,33	0,12 ^{ns}
15-30 cm									
CO	90	91	46	137	20,6	23	0,18	-0,32	0,11 ^{ns}
AF	33	28	18	90	13,7	42	2,45	8,04	0,20 [*]
AG	71	68	11	172	32,7	46	0,90	1,46	0,16 [*]
Silte	630	637	400	788	88,1	14	-0,59	0,23	0,10 ^{ns}
Argila	267	252	133	499	87,4	33	0,79	0,34	0,11 ^{ns}
Pt	0,65	0,65	0,57	0,71	0,04	6	-0,21	-0,57	0,10 ^{ns}
Macro	0,19	0,19	0,10	0,28	0,05	24	0,29	-0,63	0,12 ^{ns}
Micro	0,46	0,47	0,31	0,59	0,06	13	-0,06	0,33	0,12 ^{ns}
Ds	0,76	0,74	0,57	1,08	0,1	15	0,91	0,97	0,12 ^{ns}
DRel	0,68	0,66	0,51	0,97	0,1	15	0,91	0,97	0,14 ^{ns}
DMG	5,2	5,2	3,9	6,2	0,7	13	-0,41	-0,48	0,10 ^{ns}
RP março	0,9	1,0	0,2	1,5	0,4	43	-0,70	-0,69	0,14 ^{ns}
RP abril	1,2	1,2	0,4	2,1	0,5	42	-0,04	-1,17	0,10 ^{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); CO = carbono orgânico total, g kg^{-1} ; AF = areia fina, g kg^{-1} ; AG = areia grossa, g kg^{-1} ; Silte = g kg^{-1} ; argila = g kg^{-1} ; Pt = porosidade total, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$; Macro = macroporosidade, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$; Micro = microporosidade, $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$; Ds = densidade do solo, g cm^{-3} ; DRel = densidade relativa do solo; DMG = diâmetro médio geométrico, mm; RP março = resistência à penetração do solo em 12-03-2009, MPa; e RP abril = resistência à penetração do solo em 02-04-2009, MPa.

Tabela 2 – Estatística descritiva dos atributos e indicadores de qualidade física em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011. n (37 pontos amostrais)

Atributo	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
0-15 cm									
CO	33	34	10	51	9,4	28	-0,60	0,77	0,18 [*]
AF	55	55	38	73	7,9	14	0,16	0,29	0,10 ^{ns}
AG	136	132	81	247	31,8	23	1,15	2,97	0,09 ^{ns}
Silte	452	462	284	548	61,6	14	-0,96	1,09	0,15 [*]
Argila	357	349	242	531	59,4	17	0,54	0,52	0,08 ^{ns}
Pt	0,54	0,54	0,49	0,62	0,04	7	0,45	-0,39	0,14 ^{ns}
Macro	0,15	0,14	0,07	0,24	0,04	30	0,63	-0,04	0,18 [*]
Micro	0,40	0,40	0,28	0,48	0,04	9	-0,56	1,74	0,12 ^{ns}
Ds	1,09	1,07	0,89	1,34	0,1	10	0,36	-0,03	0,09 ^{ns}
DRel	0,79	0,78	0,65	0,98	0,1	10	0,36	-0,03	0,09 ^{ns}
DMG	5,5	5,6	4,6	6,1	0,4	6	-0,83	0,07	0,19 [*]
RP março	0,9	0,9	0,5	1,7	0,3	31	0,74	0,47	0,11 ^{ns}
RP abril	1,6	1,5	0,8	3,1	0,5	32	1,12	1,46	0,13 ^{ns}
15-30 cm									
CO	32	33	5	61	11	35	-0,19	0,85	0,11 ^{ns}
AF	55	52	39	119	14,2	26	2,72	11,32	0,16 [*]
AG	133	126	67	207	34,5	26	0,41	-0,16	0,10 ^{ns}
Silte	443	468	197	538	77,4	18	-1,13	1,35	0,14 ^{ns}
Argila	369	351	271	557	75,0	20	0,95	0,39	0,15 [*]
Pt	0,55	0,55	0,41	0,64	0,04	8	-0,54	1,78	0,11 ^{ns}
Macro	0,13	0,12	0,07	0,23	0,05	34	0,58	-0,81	0,19 [*]
Micro	0,41	0,42	0,24	0,50	0,05	12	-1,31	3,15	0,19 [*]
Ds	1,09	1,08	0,86	1,44	0,1	12	0,53	-0,17	0,09 ^{ns}
DRel	0,83	0,82	0,65	0,98	0,1	12	0,22	-1,00	0,11 ^{ns}
DMG	5,5	5,7	3,69	6,11	0,6	10	-1,62	2,41	0,19 [*]
RP março	1,5	1,5	0,3	2,5	0,5	35	-0,26	-0,03	0,10 ^{ns}
RP abril	2,2	2,2	0,6	3,5	0,8	35	-0,15	-0,84	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 a 5%;

* significativo (diferente da normal) e ns = não significativo (normal); CO = carbono orgânico total, g kg⁻¹; AF = areia fina, g kg⁻¹; AG = areia grossa, g kg⁻¹; Silte = g kg⁻¹; argila = 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; DRel = densidade relativa do solo; DMG = diâmetro médio geométrico, mm; RP março = resistência à penetração do solo em 12-03-2009, MPa e RP abril = resistência à penetração do solo em 02-04-2009, MPa.

4.1.1 Descrição das médias para os atributos e indicadores de qualidade física dos solos

Os resultados de medidas de tendência central da avaliação do teor de carbono orgânico total no Cambissolo Húmico foram de 90 g kg⁻¹ na camada de 0-15 cm e 91 g kg⁻¹ na camada de 15-30 cm; no Cambissolo Háplico os teores médios foram de 34 g kg⁻¹ na camada de 0-15 cm e 32 g kg⁻¹ na camada de 15-30 cm (Tabelas 1 e 2). Os teores de carbono orgânico total foram classificados segundo os critérios da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (CQFS-RS/SC, 2004) em alto (> 29 g kg⁻¹), nos dois solos e nas duas camadas, devido a menor taxa de decomposição pelos microrganismos ocasionada pela diminuição em seu

metabolismo oriundo das baixas temperaturas observadas na região além de restrições na drenagem em alguns locais. Almeida et al. (1997) caracterizando Cambissolos do Planalto de Lages observaram altos teores de carbono orgânico total e atribuíram o maior acúmulo de matéria orgânica ao clima frio e úmido.

As frações granulométricas areia fina, areia grossa e argila tiveram teores maiores no Cambissolo Háplico em relação ao Cambissolo Húmico nas duas camadas (Tabela 3). Isso é associado à posição na paisagem, a qual proporcionou no solo mais íngreme grau maior de intemperismo e maior teor de argila. Teske (2010) atribui os maiores teores de argila e os menores teores de areia nos Cambissolos originários de riodacito a maior destruição dos minerais essenciais das rochas formando argilominerais e óxidos. No Cambissolo Húmico predominaram as classes franco-siltosa e franco-argilo-siltosa e no Cambissolo Háplico as classes franco-argilo-siltosa e franco-argilosa (Figura 3).

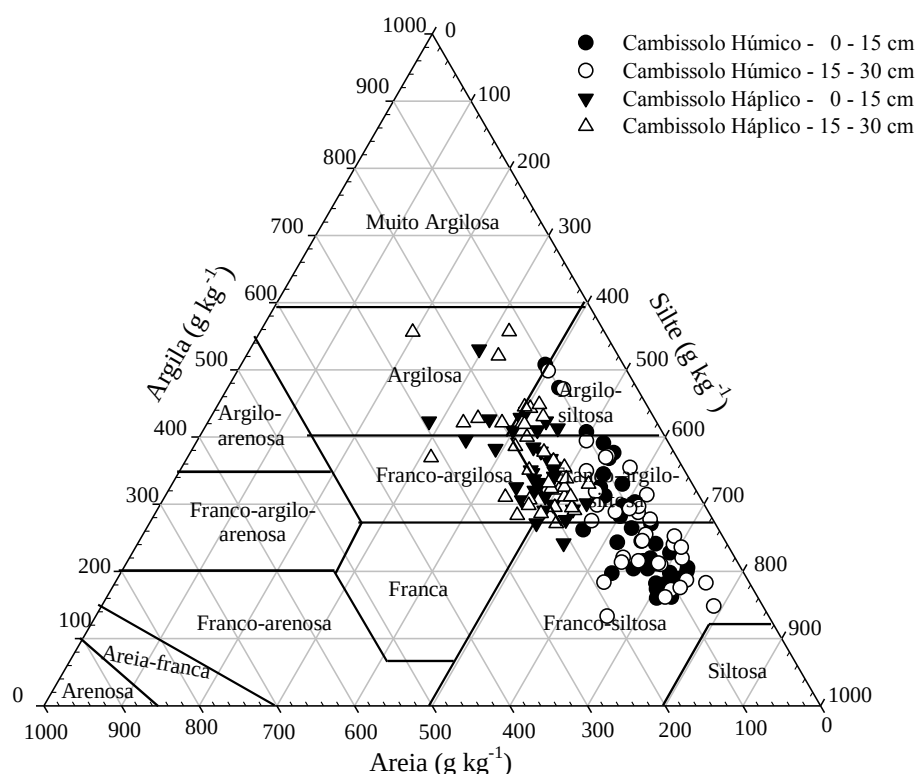


Figura 3 - Diagrama triangular utilizado para a classificação textural do solo adotado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2004) de dois Cambissolos de São Joaquim (SC) nas camadas de 0-15 e 15-30 cm nos 37 pontos amostrados em cada solo.

No Cambissolo Háplico (Tabela 2), a P_t média foi de $0,54 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e a macroporosidade de $0,14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para a camada de 0-15 cm; na camada de 15-30 cm a P_t média foi de $0,55 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e a macroporosidade de $0,12 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$. A continuidade dos poros

em profundidade com valores de macroporos inferiores ao valor estabelecido como crítico ($0,10 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) é atribuído a menor quantidade de matéria orgânica ao longo do perfil, comparado ao Cambissolo Húmico, o qual proporciona redução dos espaços vazios, que retarda a infiltração de água no solo e as trocas gasosas entre o solo e a atmosfera. Carvalho et al. (2002) trabalhando em um Latossolo Vermelho de Selvíria (MS) constataram diminuição da porosidade total e da macroporosidade em profundidade. No entanto, Machado et al. (2006), em um Latossolo e em um Gleissolo, observaram menor porosidade total na camada de 0-20 cm quando comparados à camada de 20-40 cm.

No Cambissolo Húmico a porosidade total e macroporosidade (Tabela 3), não diferiram entre as camadas avaliadas.

Tabela 3 - Análise de comparação de médias pelo teste “t”, dos atributos e indicadores de qualidade física em dois Cambissolos em um vinhedo em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, (para as camadas 0-15 e 15-30 cm), São Joaquim (SC), 2011.

Atributo	0-15 cm		15-30 cm	
	Cambissolo Húmico	Cambissolo Háplico	Cambissolo Húmico	Cambissolo Háplico
CO	90 a	33 b	90 a	32 b
AF	30 b	55 a	33 b	55 a
AG	77 b	136 a	71 b	133 a
Silte	625 a	452 b	630 a	443 b
Argila	268 b	357 a	267 b	369 a
Pt	0,65 a	0,55 b	0,65 a	0,55 b
Macro	0,20 a	0,15 b	0,19 a	0,13 b
Micro	0,46 a	0,40 b	0,46 a	0,42 b
Ds	0,76 b	1,09 a	0,76 b	1,09 a
DRel	0,70 b	0,79 a	0,68 a	0,83 b
DMG	5,4 a	5,5 a	5,2 b	5,5 a
RP março	0,5 b	0,9 a	0,9 b	1,5 a
RP abril	0,8 b	1,6 a	1,2 b	2,2 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste “t” ao nível de 5% ($0,01 < p < 0,05$) de probabilidade. As coletas de solo foram realizadas em 12-12-2008, a umidade volumétrica média no Cambissolo Húmico era de $0,49 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ na camada 0-15 cm e de $0,52 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ na camada de 15-30 cm. No Cambissolo Háplico a umidade volumétrica era de $0,42 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ na camada 0-15 cm e de $0,47 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ na camada de 15-30 cm.

Os macroporos são mais sensíveis aos efeitos dos sistemas de preparo e tráfego de máquinas (TORMENA et al., 1998). Deste modo, mesmo não ocorrendo mobilização do solo nos vinhedos após o plantio das mudas, a redução na quantidade de macroporos se deve ao intenso tráfego de máquinas na realização dos tratamentos culturais, fato observado principalmente nas zonas de tráfego, as quais não foram avaliadas neste estudo. Rosa (2008) trabalhando em um vinhedo em Bento Gonçalves (RS) em um Cambissolo Háplico observou redução na macroporosidade (bioporos) na entrelinha em relação à linha de plantio e em profundidade.

Atribuiu a redução da compactação causada pelo intenso trânsito de máquinas agrícolas. A menor quantidade de macroporos no Cambissolo Háplico em relação ao Cambissolo Húmico é atribuída aos atributos do solo que determinam a porosidade.

Em relação à microporosidade (Tabela 3), observaram-se maiores médias no Cambissolo Húmico ($0,46 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) em relação ao Cambissolo Háplico ($0,40 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ e $0,41 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) nas duas camadas, evidenciando que o maior teor de carbono orgânico favorece a estruturação do solo e a elevação, tanto da macro como da microporosidade.

Deste modo, verificou-se que os resultados obtidos nos dois tipos de solos para a porosidade total, macroporosidade e microporosidade (Tabelas 1 e 2) indicam, com exceção da macropororidade na camada 15-30 cm do Cambissolo Háplico, que não existe restrição na estrutura do solo coletado na linha da videira, região de grande crescimento radicular (Figura 4).

O valor médio de densidade do solo (D_s) no Cambissolo Húmico foi de $0,76 \text{ g cm}^{-3}$ (Tabela 1) e no Cambissolo Háplico de $1,09 \text{ g cm}^{-3}$ (Tabela 2) em ambas as camadas, ou seja não houve grandes diferenças na estrutura do solo entre as duas camadas. Rosa (2008) trabalhando em um Cambissolo Háplico, observou D_s de $0,97$ a $1,35 \text{ g cm}^{-3}$ nas camadas 0-5 e 5-10 cm e os maiores valores foram observados na entrelinha em relação à linha de plantio. As densidades médias do solo estiveram dentro dos limites relatados por Amaro Filho (2008), o qual afirma que para solos humíferos, a densidade situa-se entre $0,75$ a $1,00 \text{ g cm}^{-3}$ e para solos argilosos situa-se entre $1,00$ a $1,25 \text{ g cm}^{-3}$, que não ocasiona efeitos danosos ao desenvolvimento radicular das videiras nos solos avaliados (Figura 4).



Figura 4 – Desenvolvimento radicular da variedade Cabernet Sauvignon na linha de plantio, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Húmico (A) e em um Cambissolo Háplico (B), São Joaquim (SC) 2011.

A densidade relativa (DRel) é um índice de qualidade física do solo determinado pela razão entre a densidade do solo a campo e densidade máxima obtida em laboratório pelo teste de Proctor. No teste de Proctor, a densidade dos dois Cambissolos e em ambas as camadas aumentou quando a umidade aumentou, até atingir um valor máximo e depois diminuiu (Figura 5). As densidades máximas (DsMáx) no Cambissolo Húmico foi de $1,09 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 0-15 cm e de $1,12 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 15-30 cm; a umidade ótima de compactação (UOC) foi de 0,44 e 0,45 g g^{-1} , respectivamente. No Cambissolo Háplico a DsMáx foi de $1,37 \text{ g cm}^{-3}$ e diminuiu em profundidade para $1,32 \text{ g cm}^{-3}$; a UOC foi de 0,31 g g^{-1} na camada de 0-15 cm e de 0,35 g g^{-1} na camada de 15-30 cm. A menor DsMáx no Cambissolo Húmico é explicada pelos altos teores de carbono orgânico total. Segundo Dias Junior & Miranda (2000) o acréscimo no teor de argila reduz a densidade máxima e eleva a umidade ótima de compactação, pelo fato da argila reter mais água do que às frações silte e areia. No entanto, não foi observado efeito da argila neste estudo, justificado pelo menor grau de intemperismo observado nos Cambissolos.

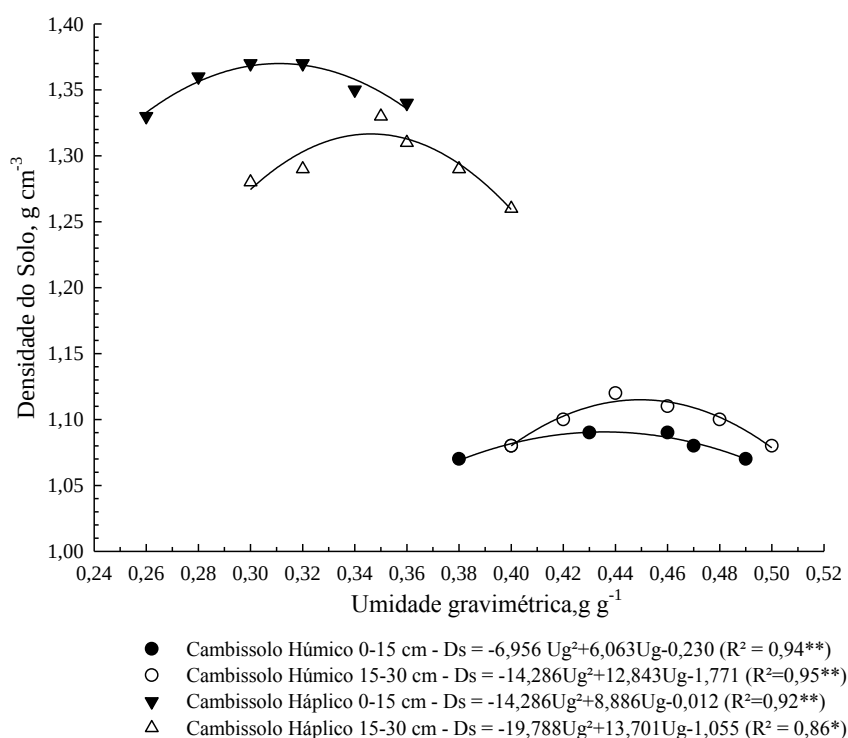


Figura 5 - Curvas de compactação em dois Cambissolos em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103., nas camadas 0-15 e 15-30 cm, pelo Ensaio de Proctor Normal, São Joaquim (SC), 2011. ns = não significativo ($p > 0,05$); * = significativo 5% ($0,01 < p < 0,05$) e ** = significativo a 1% ($p < 0,01$).

Figueiredo et al. (2000) e Braida et al. (2006) também observaram reduções da $DsMáx$ com o aumento do carbono orgânico do solo. Segundo esses autores, a densidade da matéria orgânica ($\pm 1 \text{ g cm}^{-3}$) é menor do que a densidade dos demais constituintes do solo ($\pm 2,6 \text{ g cm}^{-3}$), o que acarreta a redução da densidade do solo e da densidade máxima do solo com o aumento do teor de matéria orgânica. Além disso, a MO é um constituinte que favorece a estruturação e redução da densidade.

A umidade ótima de compactação aumentou com o teor de carbono orgânico do solo (Figura 5) atribuído a alta capacidade de retenção de água da matéria orgânica (SILVA et al. 1986). Assim, no Cambissolo Húmico é necessário maior volume de água para diminuir as forças de ligação entre as partículas, reduzir o atrito interno e lubrificar as partículas (HILLEL, 1970), e assim promover o cisalhamento dos agregados do solo. No Cambissolo Háplico teve diferenças de UOC entre as camadas (Figura 5). Esse fato é explicado pelo maior teor de argila em profundidade que elevou a UOC e reduziu a $DsMáx$, fato também constatado por Dias Junior & Miranda (2000) e Figueiredo et al. (2000).

A densidade relativa (DRel) teve média de 0,70 no Cambissolo Húmico, na camada 0-15 cm e de 0,68 na camada de 15-30 cm (Tabela 1), enquanto no Cambissolo Háplico, nestas mesmas camadas a DRel foi de 0,79 e 0,83 (Tabela 2). Conforme Reichert et al. (2009), Suzuki et al. (2007), Liepic et al. (1991) e Carter (1990), densidade relativa maior que 0,80, 0,86, 0,88 e 0,91, respectivamente, são críticas pois restringem o crescimento radicular e a produtividade de culturas anuais. No entanto, pouco se conhece sobre o limite crítico da DRel para culturas perenes.

Para os dois Cambissolos avaliados ao longo de três safras, na linha de plantio não foi observada restrição ao crescimento radicular, observações realizadas através de abertura de um perfil em cada área (Figura 4).

Não foi objetivo deste estudo avaliar os efeitos na linha de trânsito de máquinas na compactação do solo. Entretanto, em pomar de macieira, com práticas agrícolas semelhantes à cultura da videira, ocorre aumento da densidade do solo na linha de trânsito das máquinas (RIBEIRO, 2003). Nos Cambissolos avaliados, em função do elevado teor de matéria orgânica, os ciclos de umedecimento e secagem provocam variações de volume do solo, mecanismo que ameniza a compactação causada por práticas agrícolas. Além disso, o porta-enxerto (Paulsen 1103) tem elevada tolerância a sobreviver em condições adversas (REGINA et al., 2006).

A resistência à penetração (RP) nos dois solos aumentou até a profundidade de 30 cm (Tabelas 1 e 2). O Cambissolo Húmico teve RP média variando de 0,5 a 1,2 MPa e o Cambissolo Háplico de 0,9 a 2,2 MPa. Para o Cambissolo Húmico a RP média na camada de 0-15 cm, foi classificada como baixa ($0,1 \leq RP < 1,0$ Mpa) e, na camada de 15-30 cm, como moderada ($1,0 \leq RP < 2,0$ Mpa).

No Cambissolo Háplico a primeira leitura de RP média, na camada de 0-15 cm foi classificada como baixa ($0,1 \leq RP < 1,0$ Mpa) e, na camada de 15-30 cm, como moderada ($1,0 \leq RP < 2,0$ Mpa). A segunda leitura de RP média, em 02 de abril de 2009, no Cambissolo Háplico na camada de 0-15 cm foi classificada como moderada ($1,0 \leq RP < 2,0$ Mpa), e na camada de 15-30 cm como alta ($2,0 \leq RP < 4,0$ MPa) segundo a classificação de Arshad et al. (1996).

A menor RP no Cambissolo Húmico em comparação ao Cambissolo Háplico, nas duas camadas (Tabela 3), é devido à estrutura do solo, menos densa e mais porosa devido ao maior teor de carbono orgânico. Assim, constatou-se que nos dois solos, as médias de RP ficam abaixo do valor crítico (3,0 Mpa) definido por Echenique et al. (2007) para a cultura da videira. É importante considerar que a RP pode superar este valor crítico em determinados períodos do ano nos quais a umidade do solo é baixa. Entretanto, em culturas perenes, as raízes crescem nos períodos de maior umidade, nos quais a resistência à penetração é menor. Foi observada baixa dependência da resistência à penetração em função da densidade do solo (Figuras 6 e 7).

No Cambissolo Húmico foi observada relação direta entre RP x Ds na camada de 0-15 cm ($r = 0,40^*$) e 15-30 cm ($r = 0,36^*$) e não foi observada relação entre RP e Ug (Figura 6). No entanto, a Ds teve correlação indireta com a Ug na camada de 0-15 cm ($r = -0,60$, $n = 37$, $p < 0,01$) e na camada de 15-30 cm ($r = -0,41$, $n = 37$, $p < 0,05$), as quais alteraram o valor de RP. Assim, pontos no solo com menor Ds diminuíram a RP ou ainda pontos com maior teor de Ug diminuíram a Ds, que ocasiona menor RP.

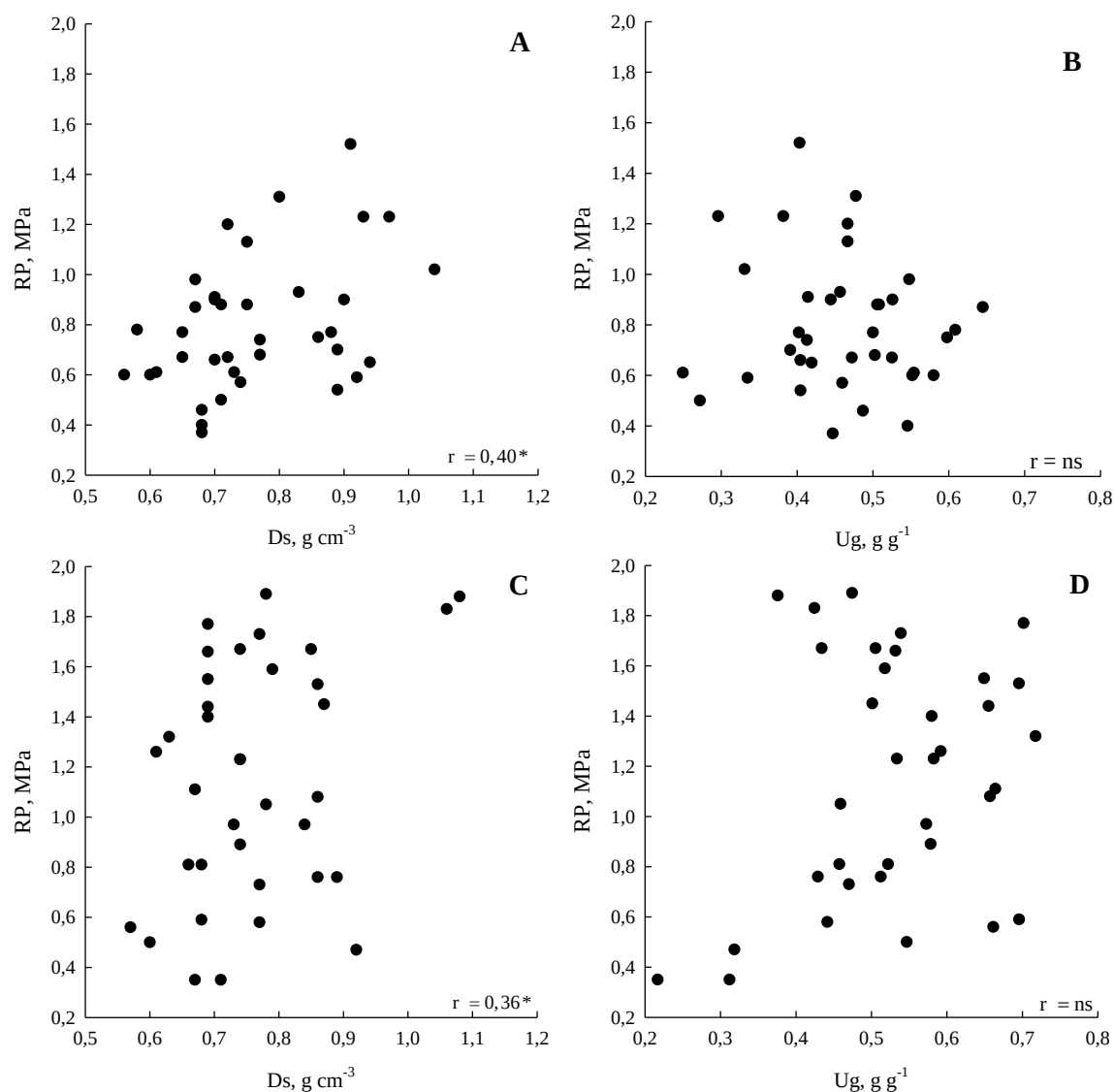


Figura 6 – Resistência à penetração (RP) em relação a densidade (Ds) e umidade (Ug) em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 cm (A e B) e 15-30 cm (C e D) em 02 de abril de 2009, São Joaquim (SC), 2011. * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

No Cambissolo Háplico foi observada relação direta entre RP x Ds ($r = 0,58^*$) na camada de 0-15 cm e a RP não teve correlação com a Ug (Figura 7). A correlação negativa entre Ds x Ug foi observada na camada de 15-30 cm ($-0,43^*$, $n = 37$, $p < 0,05$). Carvalho et al. (2006) trabalhando em um Latossolo Vermelho de Servíria (MS) também obtiveram relação direta entre a Ds x RP.

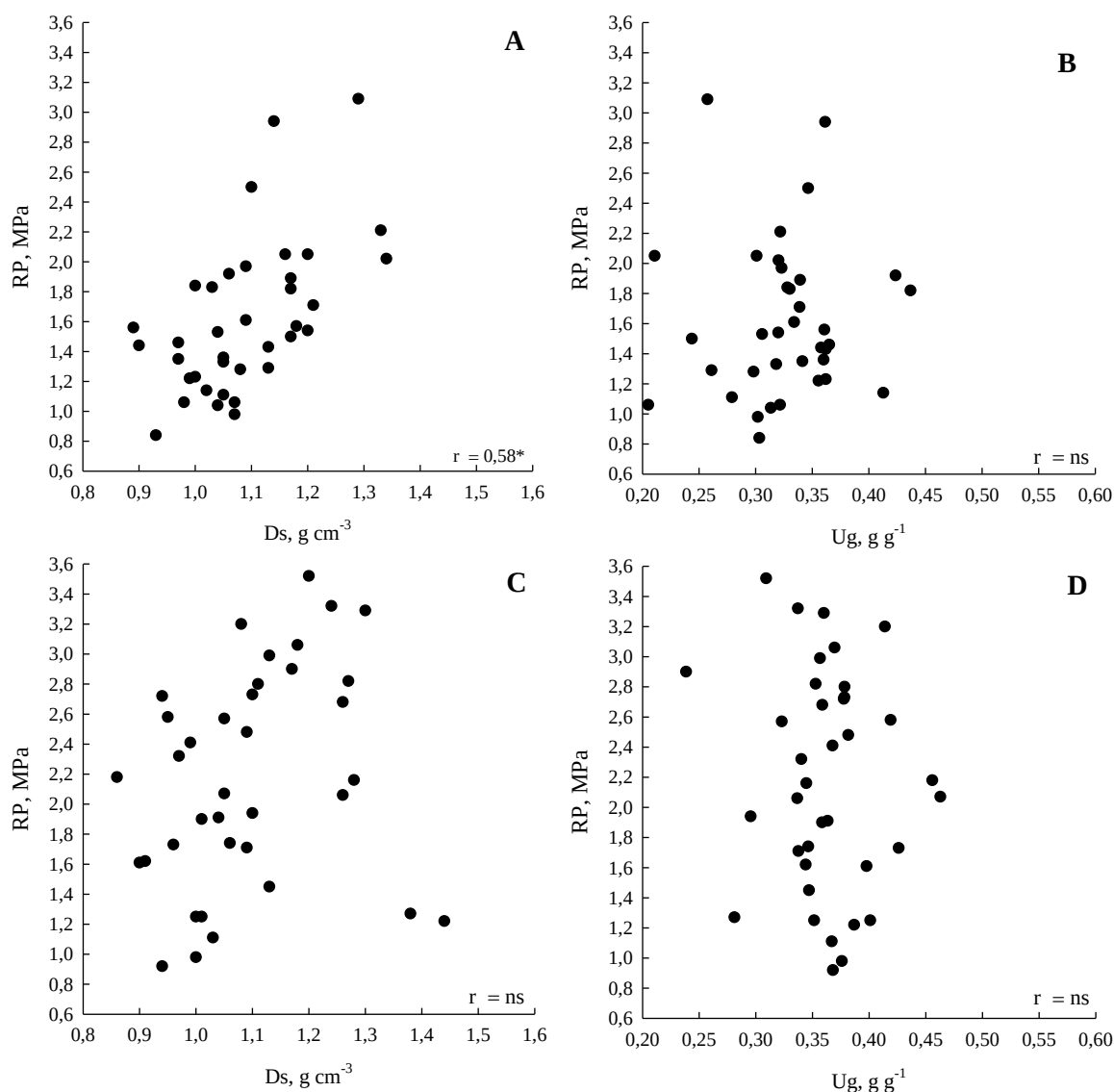


Figura 7 – Resistência à penetração (RP) em relação à densidade (Ds) e umidade (Ug) em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 cm (A e B) e 15-30 cm (C e D) em 02 de abril de 2009, São Joaquim (SC), 2011. * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

4.1.2 Descrição do coeficiente de variação dos atributos e indicadores de qualidade física dos solos

A variabilidade dos atributos e indicadores de qualidade física do solo foi influenciada pelo tipo e camada do solo. A variabilidade de um atributo pode ser classificada conforme a amplitude do seu coeficiente de variação, o qual tem a vantagem de permitir a comparação da dispersão entre os atributos do solo, pois não considera as unidades de medidas envolvidas.

O menor coeficiente de variação encontrado foi de 6%, para a porosidade total, e o maior de 43%, para a resistência à penetração, ambos na camada de 15-30 cm (Tabelas 1 e 2).

No Cambissolo Húmico, considerando as duas camadas foi observada baixa variabilidade para a Pt (6 e 6%); média para microporosidade (13 e 13%), Ds (15 e 15%) e DRel (15 e 15%), alta para CO (24 e 24%) e muito alta para a argila (33 e 33%) e RP (35 e 43%). Para o Cambissolo Háptico, nas duas camadas, a baixa variabilidade foi observada para a Pt (7 e 8%); média para a Ds (10 a 12%), DRel (10 a 12%), silte (14 e 18%) e argila (17 e 20%); alta para areia grossa (23 e 26%); e muito alta para RP (31 e 35%).

Os solos de altitude, entre eles os Cambissolos, têm variabilidade natural de seus atributos entre média a muito alta, por serem solos em processo de desenvolvimento (solos jovens). Assim, os Cambissolos têm variabilidade intrínseca em seus atributos, tais como o teor de carbono orgânico total e a granulometria, classificada entre média a muito alta. Aliado a isso, o preparo do solo para o plantio das videiras mecanicamente e em linha, alterou os atributos do solo, geralmente com aumento da variabilidade. Gomes et al. (2008) trabalhando com Latossolos e Cambissolos numa área de produção integrada de côco em Neópolis (SE), observaram que o teor de carbono orgânico total do solo teve variabilidade muito alta nos horizontes e em profundidade. Carvalho et al. (2003), trabalhando em um vinhedo comercial em uma associação entre Argissolo e Latossolo, também observaram alta variabilidade para a matéria orgânica.

Para as frações granulométricas as diferenças na variabilidade são justificadas também pela mobilização do solo e por se tratar de solos jovens, com baixo a médio grau de intemperismo, o que resulta em alta variabilidade natural da granulometria. É observado na região que a espessura dos horizontes varia muito e, em alguns casos, a rocha pouco intemperizada está muito próxima da superfície do solo, enquanto em outros está mais profunda. A variação nos teores de carbono orgânico e na granulometria dos solos de altitude, podem influenciar diretamente na densidade e porosidades do solo, com reflexo nas trocas gasosas, na absorção de nutrientes e na dinâmica da água para as videiras.

4.2 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A maioria dos atributos do solo teve estrutura de dependência espacial, com algumas exceções, conforme observado nas Tabelas 4 e 5. Os semivariogramas para os atributos físicos no Cambissolo Húmico foram ajustados pelos modelos linear, esférico e exponencial. Em alguns atributos foi observado efeito pepita puro, ou seja, ausência de dependência espacial (Tabela 4). Souza et al. (2001) também utilizaram o modelo esférico para os atributos físicos do solo. Segundo McBratney & Webster (1986) estudando modelos de ajuste de

semivariogramas para os atributos do solo, relataram que os modelos esféricos e exponenciais são os mais frequentemente utilizados.

No Cambissolo Háplico foi observado predomínio do ajuste do modelo esférico nos atributos físicos do solo (Tabela 5), sendo o carbono orgânico, porosidade total, macroporosidade, densidades do solo (D_s e D_{Rel}) ajustados por tal modelo em ambas as camadas. O modelo exponencial ajustou a fração silte e o DMG na camada de 0-15 cm, e RP nas duas camadas. Isaaks & Srivastava (1989) indicam que o modelo esférico é comumente ajustável aos atributos do solo devido ao seu comportamento linear para distâncias curtas.

O alcance da dependência espacial variou no Cambissolo Húmico de 8,5 m para areia fina a 210 m para a resistência à penetração; no Cambissolo Háplico de 10 m para a resistência à penetração em abril de 2009 a 166 m para o mesmo atributo em março de 2009 (Tabelas 4 e 5). Os diferentes alcances da resistência à penetração podem ter relação com a variação da densidade do solo no momento da avaliação.

Deste modo, no Cambissolo Húmico (Tabela 4), foi observado decréscimo da dependência espacial para o carbono orgânico e resistência à penetração em profundidade, evidenciada pela diminuição no alcance. Os atributos porosidade total e densidades do solo (D_s e D_{Rel}) não mudaram o alcance da dependência espacial. No Cambissolo Háplico, houve acréscimo da dependência espacial para as densidades do solo (D_s e D_{Rel}). Para a porosidade total e macroporosidade do solo, não houve diferenças significativas na dependência espacial.

Tabela 4 - Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos e indicadores de qualidade física em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

	Modelo	C_0	$C_0 + C$	A_0	R^2	RRS	GD
0-15 cm							
CO	Esférico	42	695	80	0,99	1.144	6
AF	Exponencial	0,1	74	9	0,49	1.325	0,1
AG	Exponencial	1,0	506	10	0,89	2.462	0,2
Silte	Linear	10	21.120	108	0,98	1,8E+06	0,1
Argila	Linear	10	21.120	103	0,99	3,7E+06	0,1
Pt	Exponencial	0,001	0,003	143	0,99	6,8E-10	31
Macro	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Micro	Exponencial	0,001	0,004	18	0,98	4,5E-08	25
Ds	Esférico	0,005	0,03	150	0,97	1,5E-06	17
DRel	Esférico	0,004	0,03	151	0,97	2,1E-06	13
DMG	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
RP março	Esférico	0,022	0,07	210	0,90	1,5E-05	31
RP abril	Esférico	0,04	0,12	139	0,98	9,6E-06	33
15-30 cm							
CO	Esférico	162	530	63	0,90	6.630	31
AF	Exponencial	0,1	207	8	0,56	6.748	0,1
AG	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Silte	Linear	10	21.120	100	0,99	470.348	0,1
Argila	Linear	10	21.110	104	0,99	1,2E+06	0,1
Pt	Esférico	0,001	0,002	143	0,96	1,2E-08	45
Macro	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Micro	Exponencial	0,001	0,003	14	0,92	1,5E-07	23
Ds	Esférico	0,003	0,03	152	0,97	2,4E-06	10
DRel	Esférico	0,003	0,03	151	0,96	4,3E-06	10
DMG	Exponencial	0,34	0,86	142	0,86	2,1E-03	40
RP março	Esférico	0,01	0,19	36	0,84	1,2E-03	5
RP abril	Esférico	0,02	0,29	37	0,94	9,0E-04	7

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, %; CO = carbono orgânico total, g kg⁻¹; AF = areia fina, g kg⁻¹; AG = areia grossa, g kg⁻¹; silte = g kg⁻¹; argila = 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; DRel = densidade relativa do solo; DMG = diâmetro médio geométrico, mm; RPmarço = resistência à penetração do solo em 12-03-2009, MPa e RPabril = resistência à penetração do solo em 02-04-2009, MPa.

Os resultados dos atributos físicos do solo indicaram que os ajustes aos modelos matemáticos foram dependentes do tipo de solo, dos atributos medidos e principalmente, da intensidade de amostragem a campo (escala). A maior dependência espacial, demonstrada pelo alcance, no Cambissolo Húmico em relação ao Cambissolo Háplico, indicam condições físicas mais homogêneas nas linhas de plantio, as quais, dependendo do atributo, podem favorecer ou restringir o desenvolvimento da videira (Tabelas 4 e 5).

Tabela 5 - Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos e indicadores de qualidade física de em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

	Modelo	C ₀	C ₀ +C	A ₀	R ²	RRS	GD
0-15 cm							
CO	Esférico	53	147	139	0,88	246	36
AF	Esférico	0,1	62	24	0,76	1.097	0,2
AG	Esférico	1	1.036	20	0,61	498.007	0,1
Silte	Exponencial	2.564	5.129	63	0,95	29.490	50
Argila	Esférico	2.060	5.384	140	0,99	4.401	38
Pt	Esférico	0,001	0,001	41	0,99	1,6E-09	38
Macro	Esférico	0,000	0,002	33	0,79	4,7E-07	5
Micro	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Ds	Esférico	0,002	0,013	50	0,98	1,6E-06	15
DRel	Esférico	0,001	0,010	40	0,97	1,2E-06	10
DMG	Exponencial	0,04	0,12	13	0,93	1,5E-04	33
RP março	Esférico	0,045	0,098	76	0,92	1,1E-04	46
RP abril	Exponencial	0,001	0,33	23	0,90	4,2E-03	10
15-30 cm							
CO	Esférico	87	190	138	0,98	19,3	46
AF	Exponencial	0,1	311	32	0,89	5.585	0,1
AG	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Silte	Esférico	10	3.878	28	0,75	3,0E+06	0,3
Argila	Exponencial	550	4.624	28	0,92	444.795	12
Pt	Esférico	0,001	0,001	41	0,99	1,6E-09	39
Macro	Esférico	0,001	0,002	33	0,79	4,7E-07	5
Micro	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Ds	Esférico	0,003	0,021	56	0,98	2,8E-06	14
DRel	Esférico	0,003	0,019	62	0,99	2,0E-06	16
DMG	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
RP março	Exponencial	0,22	0,44	166	0,69	1,1E-03	50
RP abril	Exponencial	0,13	0,61	10	0,57	0,013	21

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; AF = areia fina, g kg⁻¹; AG = areia grossa, g kg⁻¹; silte = g kg⁻¹; argila = 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; DRel = densidade relativa do solo; DMG = diâmetro médio geométrico, mm; RPmarço = resistência à penetração do solo em 12-03-2009, MPa e RPabril = resistência à penetração do solo em 02-04-2009, MPa.

O alcance é o limite entre a geoestatística e a estatística clássica, sendo assim, para avaliar os atributos físicos do solo com o uso da estatística clássica, no Cambissolo Húmico é necessário uma maior área em relação ao Cambissolo Háplico, para obter aleatoriedade entre as parcelas, com distância superior a 150 m para a Ds, a qual varia conforme o atributo. Em relação aos dois solos avaliados, o alcance foi menor na camada de 15-30 cm o que indica menor variabilidade.

Em relação ao grau de dependência espacial (GD) no Cambissolo Húmico o teor de carbono orgânico total teve dependência forte (GD 6%), na camada de 0-15 cm, e moderada (GD 31%), na camada de 15-30 cm (Tabela 4). Essa condição ocorre porque o horizonte A

húmico tem elevado teor de carbono orgânico distribuído de forma homogênea na área. No Cambissolo Háplico foi observada dependência moderada para o teor de carbono orgânico total em ambas as camadas (Tabela 5). Novares Filho et al. (2007) trabalhando em uma associação entre um Argissolo Vermelho e um Latossolo Vermelho em Juruena (MT), verificaram dependência moderada para o teor de carbono orgânico total nos horizontes A e B.

As frações granulométricas (areia, silte e argila) tiveram dependência forte em ambas as camadas de solo no Cambissolo Húmico, com GD entre 0,1 e 0,2% (Tabela 4). No Cambissolo Háplico, na camada de 0-15 cm, foi observada dependência forte para a fração areia, moderada para as frações silte e argila, e na camada de 15-30 cm, as três frações tiveram forte dependência espacial (Tabela 5). Esta dependência espacial é devido aos fatores intrínsecos do solo (material de origem, relevo, organismos e tempo), conforme relatado por Cambardella et al. (1994). Campos et al. (2007) trabalhando com Latossolos Vermelhos de Pereira Barreto (SP), constataram que a granulometria tinha forte dependência espacial em função do material de origem e das formas do relevo.

As porosidades do solo (Pt, Macro e Micro) com ajuste semivariográficos, em ambos os solos, tiveram moderada dependência espacial, com exceção da microporosidade na camada de 15-30 cm no Cambissolo Húmico e da macroporosidade nas duas camadas no Cambissolo Háplico que tiveram forte dependência espacial (Tabelas 4 e 5). Carvalho et al. (2003) trabalhando em uma associação entre um Argissolo + Latossolo em Vitória Brasil (SP) na camada 0-10 cm sob um vinhedo comercial, observaram moderada variabilidade espacial para os atributos avaliados. A microporosidade teve efeito pepita puro, indicando que o espaçamento utilizado nessa pesquisa (12 x 12 m) não foi apropriado para quantificar a variabilidade espacial desse atributo no Cambissolo Háplico.

As densidades do solo (Ds e DRel) tiveram forte dependência espacial com GD variando, respectivamente de 10 a 17% na camada de 0-15 cm, e 10 a 15% na camada de 15-30 cm (Tabelas 4 e 5). Souza et al. (2010) trabalhando com Latossolos observaram dependência forte para Ds em profundidade. Carvalho et al. (2003) e Grego & Vieira (2005) observaram dependência moderada para a Ds.

A resistência à penetração teve moderada e forte dependência espacial em profundidade no Cambissolo Húmico (Tabela 4). No Cambissolo Háplico a dependência espacial variou em função da época da leitura, sendo moderada para a primeira leitura (12-03-2009) e forte para a segunda leitura (02-04-2009) em profundidade (Tabela 5). A variação da dependência espacial da RP encontrada no Cambissolo Háplico pode estar associada ao efeito

indireto dos diferentes teores de umidade sobre a densidade (Ds) do solo, que altera a Ds e interfere nos valores de RP.

4.3 MAPAS DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

A classificação do grau de dependência espacial associado aos parâmetros dos ajustes dos semivariogramas possibilitou a criação de mapas de isolinhas pela técnica da krigagem. A precisão dos mapas de isolinhas foi definida pelo GD, que tem o menor erro em ordem decrescente, GD forte ($GD \leq 25\%$), moderada ($26\% < GD < 75\%$) e fraca ($GD > 75\%$).

Deste modo, a partir dos mapas confeccionados, foi possível visualizar as áreas mais uniformes nas linhas de plantio da videira, ou seja, que tem atributos semelhantes entre si, que permite um planejamento apropriado do manejo do solo para o desenvolvimento da cultura da videira.

Para a fração argila no Cambissolo Húmico foram observados semelhanças nos teores de argila nas duas camadas (Figuras 8 - A e B), com teores entre 150 a 300 g kg⁻¹ em mais da metade da área. No Cambissolo Háplico o teor de argila foi semelhante nas duas camadas, entre 150 a 300 g kg⁻¹ em metade da área, e a outra metade entre 301 g kg⁻¹ a 600 g kg⁻¹ (Figuras 8 - C e D). A variação para o teor de argila entre as camadas dos solos pode ser justificada pela mistura entre o horizonte subsuperficial (B) com o superficial (A) no preparo do solo para o plantio das videiras, que tem maior teor de argila (Anexo 1 e 3). As diferenças no teor de argila entre os solo é explicada pelo menor grau de intemperismo do Cambissolo Húmico em relação ao Cambissolo Háplico.

No Cambissolo Háplico o atributo macroporosidade possibilitou a criação de mapas de isolinhas pela técnica da krigagem, os quais resultaram na identificação de áreas com volume de macroporos menor que 0,15 cm⁻³ cm⁻³ e uma mancha central com volume inferior a 0,10 cm⁻³ cm⁻³ nas linhas de plantio da videira em ambas as camadas, que indica na área pontos com restrição a infiltração de água e as trocas gasosas (Figuras 9 - A e B).

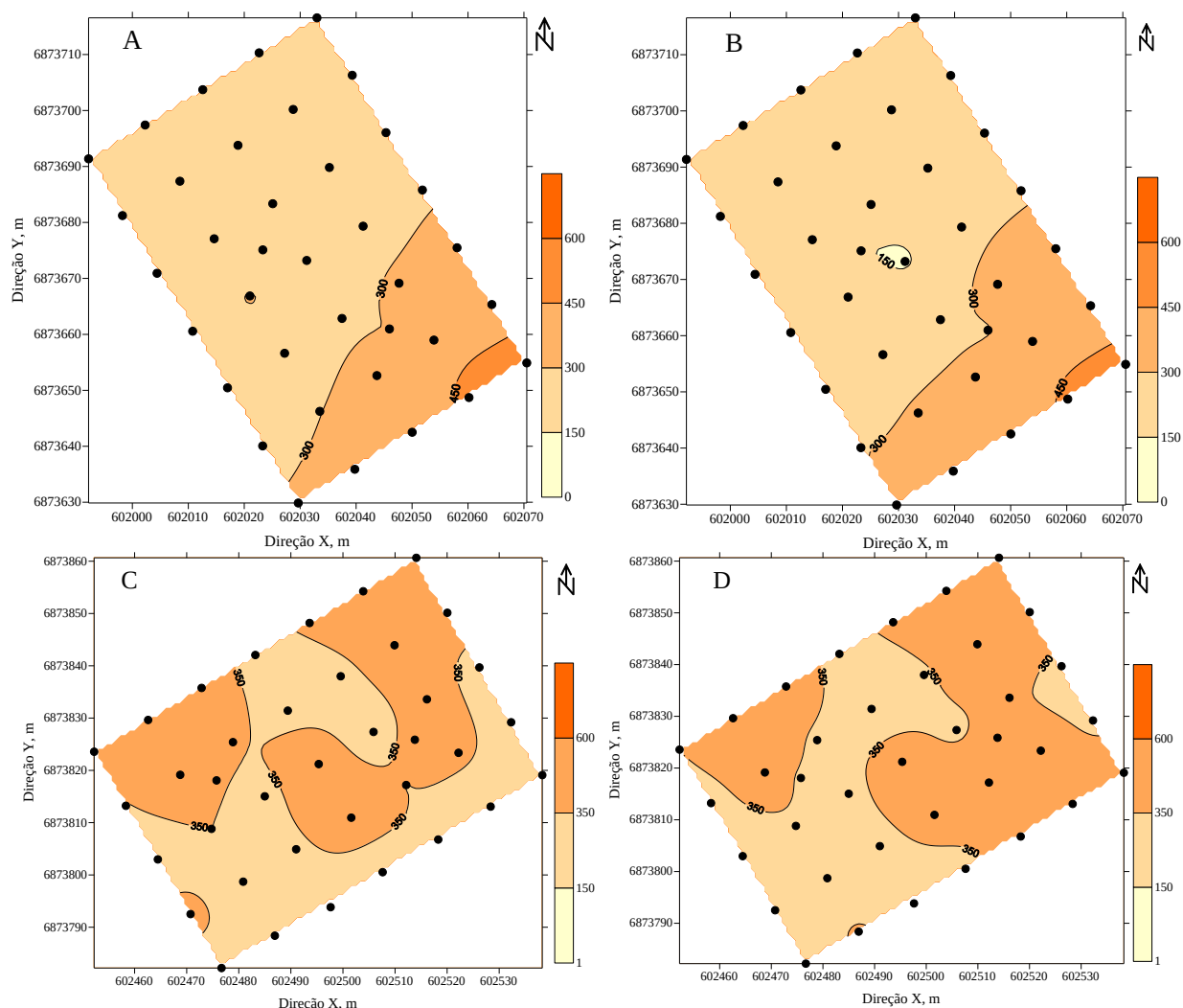


Figura 8 – Mapas de isolinhas para a fração argila (g kg^{-1}) em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) na camada de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.

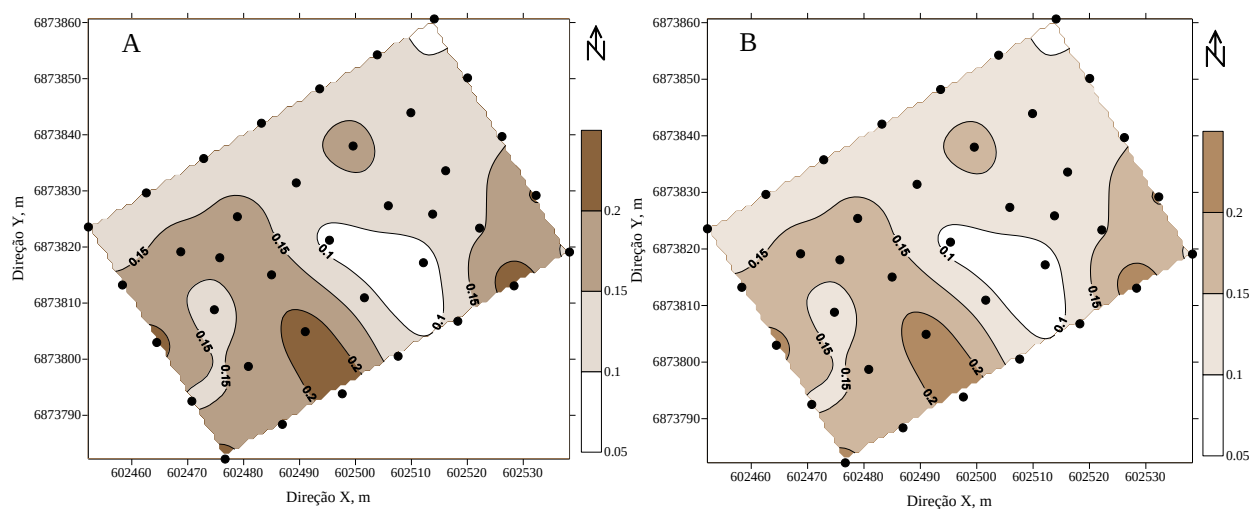


Figura 9 – Mapas de isolinhas para a macroporosidade ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) em um Cambissolo Háplico na camada de 0-15 cm (A) e 15-30 cm (B) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.

No Cambissolo Húmico para a densidade do solo foi observado o mesmo comportamento nas duas camadas avaliadas, com uma região inferior a $0,75 \text{ g cm}^{-3}$ e outra entre $0,75 \text{ g cm}^{-3}$ a 1 g cm^{-3} (Figuras 10 - A e B). A maior similaridade entre as camadas do Cambissolo Húmico é explicada pelo alto teor de carbono orgânico em ambas as camadas, que proporciona maior porosidade no solo, com redução na Ds.

No Cambissolo Háplico a Ds também teve similaridade entre as camadas, com exceção de uma pequena região com média entre $1,25$ a $1,4 \text{ g cm}^{-3}$, indicando alteração na estrutura do solo, que pode ser justificada pelo aumento gradativo no teor de argila em profundidade (Figuras 10 - C e D).

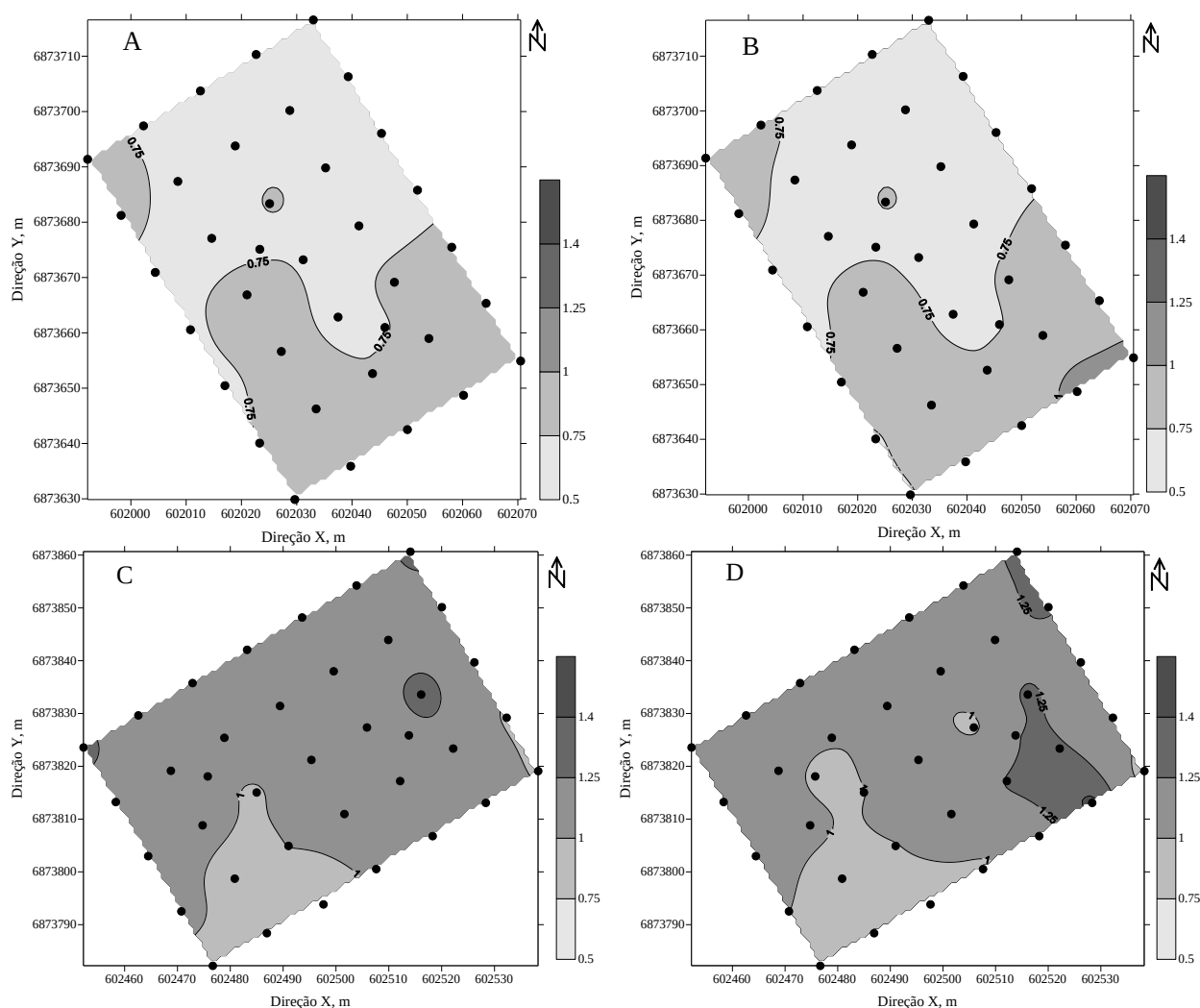


Figura 10 – Mapas de isolinhas para a densidade do solo (g cm^{-3}) em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) na camada de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.

4.4 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS

A capacidade de troca de cátions teve distribuição do tipo normal nos dois solos e nas duas camadas avaliadas. Os teores de cálcio, magnésio, a soma de bases (SB) e a saturação por bases (V) tiveram distribuição do tipo normal no Cambissolo Húmico e diferente da normal no Cambissolo Háplico. Carvalho et al. (2003) observaram distribuição lognormal para Ca e Mg e distribuição normal para saturação por bases. Silva et al. (2010) trabalhando com a cultura do café em um Latossolo de Jaguará (MG) observaram distribuição normal para Ca, Mg, SB e V. O pHCaCl_2 , o teor de fósforo disponível e de potássio trocável tiveram distribuição de frequência tipo diferente da normal nos dois solos e nas duas camadas (Tabelas 6 e 7), também observado por Carvalho et al. (2003) para os teores de P e K. O teor de alumínio trocável e a saturação por alumínio (m) não foram classificados em nenhum tipo de distribuição, pois existem valores iguais à zero.

Os atributos químicos do solo P, K, Al, H+Al e m tiveram coeficiente de assimetria positivo, entre 0,07 a 4,42, que indicam distribuição simétrica à direita. Coeficiente de assimetria negativo foram observados para Mg e pHCaCl_2 , o que indica distribuição assimétrica à esquerda (Tabelas 6 e 7). Assimetria positiva indica elevada frequência de valores abaixo da média e assimetria negativa indica elevada frequência de valores acima da média.

Tabela 6 – Estatística descritiva dos atributos químicos em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011. n (37 pontos amostrais)

Atributo	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
0-15 cm									
pH H ₂ O	6,3	6,3	5,3	7,7	0,6	10	0,17	-0,66	0,12 ^{ns}
pH CaCl ₂	5,6	5,7	4,8	6,3	0,5	8	-0,32	-1,21	0,15 [*]
Fósforo	9,8	8,3	0,8	27	6,9	70	0,78	-0,17	0,18 [*]
Potássio	76	69	26	209	47	62	1,47	1,56	0,19 [*]
Sódio	15	14	9	31	4,3	29	1,61	4,01	0,16 [*]
Cálcio	7,8	8,1	4,2	12,3	2,3	29	0,06	-0,73	0,09 ^{ns}
Magnésio	2,1	2,3	0,7	3,2	0,7	35	-0,49	-0,75	0,12 ^{ns}
H+Al	9,7	8,3	1,8	18,0	4,8	49	0,15	-1,33	0,16 [*]
Alumínio	0,5	0,2	0	2,5	0,7	138	1,87	2,67	0,37
SB	10,2	10,4	5,1	15,6	2,9	29	-0,09	-0,80	0,09 ^{ns}
CTC	19,9	20,2	12,5	26,6	3,1	16	-0,14	-0,25	0,08 ^{ns}
V	53	54	24	85	19	36	-0,05	-1,13	0,09 ^{ns}
m	6	2	0	31	9	150	1,74	1,76	0,37
15-30 cm									
pH H ₂ O	6,2	6,3	5,2	7,6	0,6	10	0,05	-0,95	0,12 ^{ns}
pH CaCl ₂	5,7	5,8	4,8	6,4	0,5	9	-0,31	-1,25	0,17 [*]
Fósforo	8,4	6,6	0,4	24	6,5	78	0,74	-0,59	0,15 [*]
Potássio	37	28	15	133	26	71	2,13	4,75	0,23 [*]
Sódio	16	15	9	36	5	33	1,46	4,13	0,12 ^{ns}
Cálcio	7,5	7,7	4,0	11,9	2,1	28	0,08	-0,85	0,10 ^{ns}
Magnésio	2,0	2,0	0,6	3,3	0,8	40	-0,21	-1,11	0,12 ^{ns}
H+Al	9,5	9,6	2,0	17,0	4,9	51	0,07	-1,39	0,12 ^{ns}
Alumínio	0,5	0,2	0	2,7	0,7	148	1,88	2,75	0,33
SB	9,6	9,9	5,0	14,9	2,8	29	-0,08	-1,02	0,10 ^{ns}
CTC	19,2	19,0	12,7	23,8	2,9	15	-0,35	-0,63	0,14 ^{ns}
V	53	55	23	88	19,8	38	0,04	-1,27	0,12 ^{ns}
m	6	2	0	32	9	154	1,73	1,74	0,35

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) a nível de 5% de probabilidade; pH H₂O = pH em água; pH CaCl₂ = pH em cloreto de cálcio; Fósforo disponível, mg kg⁻¹; Potássio trocável, mg kg⁻¹; Sódio trocável, mg kg⁻¹; Cálcio trocável, cmol_c kg⁻¹; Magnésio trocável, cmol_c kg⁻¹; H+Al = hidrogênio + alumínio, cmol_c kg⁻¹; Alumínio trocável, cmol_c kg⁻¹; SB = soma de bases, cmol_c kg⁻¹; CTC = CTC a pH 7; V = saturação por bases, %; m = saturação por alumínio, %.

Tabela 7 – Estatística descritiva dos atributos químicos em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011. n (37 pontos amostrais)

Atributo	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
0-15 cm									
pH H ₂ O	6,9	7,1	5,8	7,9	0,6	9	-0,35	-0,94	0,17*
pH CaCl ₂	6,3	6,5	4,8	7,1	0,5	8	-1,42	1,85	0,20*
Fósforo	4,8	4,3	1,3	15	3,1	65	1,51	2,32	0,17*
Potássio	84	75	28	216	52	61	0,92	-0,09	0,16*
Sódio	8	9	0	17	5,2	62	-0,15	-1,14	0,12 ^{ns}
Cálcio	6,2	6,2	1,4	8,9	1,5	25	-1,36	2,82	0,20*
Magnésio	1,6	1,6	0,4	2,2	0,5	29	-1,11	1,46	0,16*
H+Al	1,7	0,9	0	5,8	1,6	94	1,22	0,71	0,20*
Alumínio	0,1	0	0	1,5	0,3	367	4,06	15,69	0,49
SB	8,0	8,1	1,9	10,8	1,9	24	-1,68	3,59	0,22*
CTC	9,6	9,8	7,3	12,9	1,3	14	0,12	-0,39	0,10 ^{ns}
V	83	90	25	99	18	22	-1,86	3,43	0,18*
m	2	0,1	0	44	9	401	4,22	17,15	0,47
15-30 cm									
pH H ₂ O	6,9	7,2	5,3	8,3	0,8	11	-0,60	-0,41	0,16*
pH CaCl ₂	6,2	6,5	4,3	7,1	0,8	12	-1,46	1,28	0,19*
Fósforo	4,1	2,9	0,8	17	3,2	78	2,12	6,32	0,17*
Potássio	36	29	13	130	22	61	2,60	8,62	0,19*
Sódio	10	10	0	22	5	53	0,28	-0,50	0,14 ^{ns}
Cálcio	5,7	6,4	0,3	8,9	2,1	38	-0,99	0,35	0,19*
Magnésio	1,4	1,6	0,1	2,2	0,6	38	-1,20	0,83	0,18*
H+Al	2,4	1,3	0,0	10,3	2,6	107	1,41	1,45	0,18*
Alumínio	0,8	0,0	0,0	14,6	2,7	337	4,41	21,41	0,45
SB	7,2	8,0	0,4	10,9	2,6	36	-1,23	1,01	0,20*
CTC	9,7	9,5	6,8	13,7	1,4	14	0,43	0,90	0,06 ^{ns}
V	75	87	6	99	26,7	36	-1,34	0,94	0,19*
m	10	0	0	90	26	271	2,62	5,42	0,47

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) a nível de 5% de probabilidade; pH H₂O = pH em água; pH CaCl₂ = pH em cloreto de cálcio; Fósforo disponível, mg kg⁻¹; Potássio trocável, mg kg⁻¹; Sódio trocável, mg kg⁻¹; Cálcio trocável, cmol_c kg⁻¹; Magnésio trocável, cmol_c kg⁻¹; H+Al = hidrogênio + alumínio, cmol_c kg⁻¹; Alumínio trocável, cmol_c kg⁻¹; SB = soma de bases, cmol_c kg⁻¹; CTC = CTC a pH 7; V = saturação por bases, %; m = saturação por alumínio, %.

4.4.1 Descrição das medidas de tendência central para os atributos químicos dos solos

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004), a CTC_{pH 7} foi alta (> 15,0) no Cambissolo Húmico nas duas camadas (19,2 e 19,9) e foi média (5,1-15,0) no Cambissolo Háplico (9,6 e 9,7) (Tabelas 6 e 7), atribuído ao maior teor de carbono orgânico do solo (RAIJ et al., 1996). Ernani (2008) relata que a matéria orgânica do solo tem CTC entre 300 a 1.000 cmol_c.kg⁻¹ e é a principal responsável pela CTC nos solos brasileiros.

O pH em água e em CaCl₂ no Cambissolo Húmico foi de 6,3 e 5,7 na camada de 0-15 cm e 6,3 e 5,8 na camada de 15-30 cm; no Cambissolo Háplico foi de 7,1 e 6,5 na camada de

0-15 cm e 7,2 e 6,5 na camada de 15-30 cm (Tabelas 6 e 7). O delta pH (pH em CaCl_2 - pH em água) variaram entre -0,4 a -0,6, o qual caracteriza solos com predomínio de cargas elétricas negativas (ERNANI & ALMEIDA, 1986).

O pH em água médio foi classificado segundo os critérios da Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004) em alto ($> 6,0$), nos dois Cambissolos e nas duas camadas. Em estudo sobre o estado nutricional da videira nos solos do Planalto Sul Catarinense, Mafrá et al. (2011) observaram pH em água entre baixo (5,1) a alto (6,7). Constataram correlação positiva do pH com teores de Ca e Mg trocáveis e com a CTC do solo.

O elevado pH em água ocorreu pela incorporação de grande quantidade de corretivos no solo anteriormente ao plantio das mudas, que aumentou o pH e a concentração de cátions na solução do solo (ERNANI et al., 2001). O pH em CaCl_2 ficou dentro da faixa com maior disponibilidade de nutrientes para a videira (5,5 a 7,5 - WHITE, 2009). O $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ superior a 6,0 indica que os níveis de alumínio trocáveis foram precipitados não afetaram o desenvolvimento do sistema radicular da videira. Almeida et al. (1999) trabalhando com solos com maior tamponamento, com altos teores de matéria orgânica, relataram minimização da toxidez do alumínio às plantas a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ igual ou superior a 5,2.

O Ca foi o elemento que predominou no complexo de troca dos solos, representando entre 40 a 67% da CTC, seguido do Mg com percentual entre 10 a 16%, e do K com percentual entre 0,4 a 2,1% (Anexos 6 e 7). Mafrá (2009) trabalhando em solos do Planalto Sul Catarinense sob vinhedos, observou percentagem de Ca na CTC entre 34 a 71%, de Mg entre 11 a 38%, e de K entre 0,9 a 4,8%.

O Cambissolo Húmico teve maiores teores de Ca (7,8 e 7,5 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) em relação ao Cambissolo Háptico (6,2 e 5,7 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) nas duas camadas e maior teor de Mg na camada de 15-30 cm (Tabela 8). Isso é justificado pela maior quantidade de calcário aplicado no Cambissolo Húmico para neutralizar acidez potencial originária do alto teor de matéria orgânica.

Os teores de Ca e Mg trocáveis nos dois solos e camadas foram altos ($> 4,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para Ca e $> 1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ para Mg), segundo a CQFS-RS/SC (2004) (Tabelas 6 e 7). Mafrá et al. (2011) também observaram teores altos desses nutrientes em vinhedos Cabernet Sauvignon no município de São Joaquim, devido à alta dose de calcário dolomítico aplicada na implantação dos vinhedos.

Os maiores teores de H+Al foram observados no Cambissolo Húmico (9,7 e 9,5 cmol_c kg⁻¹) em relação ao Cambissolo Háplico (1,7 e 2,4 cmol_c kg⁻¹), nas duas camadas (Tabela 8) o que é justificado pela existência da relação inversa entre H+Al e pH, a medida que o solo é corrigido há o aumento do pH na solução do solo e a redução, principalmente, do efeito do Al as plantas.

Os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina consideram faixas de interpretação dos teores de potássio no solo que variam em função da capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (CQFS-RS/SC, 2004). O teor de K trocável no Cambissolo Húmico foi considerado médio (61-90 mg kg⁻¹ a CTC_{pH7,0} > 15,0) 69 mg kg⁻¹ na camada de 0-15 cm e muito baixo (≤ 30,0 a CTC_{pH7,0} > 15,0) 28 mg kg⁻¹ na camada de 15-30 cm (Tabela 6). No Cambissolo Háplico o teor de potássio foi alto (61-120 mg kg⁻¹ a CTC_{pH7,0} 5,1-15,0) 75 mg kg⁻¹ na camada de 0-15 cm e baixo (21-40 mg kg⁻¹ a CTC_{pH7,0} 5,1-15,0) 29 mg kg⁻¹ na camada de 15-30 cm (Tabela 7). Mafra et al. (2011) observaram em 75% das parcelas estudadas, teor de K trocável maior que 86 mg kg⁻¹, classificado como alto (CQFS-RS/SC, 2004). Observaram alta correlação (r = 0,67) entre o teor de K trocável do solo com o de potássio no pecíolo foliar.

O teor médio de fósforo no Cambissolo Húmico foi de 8,3 mg kg⁻¹ na camada de 0-15 cm e 6,6 mg kg⁻¹ na camada de 15-30 cm (Tabela 6) no Cambissolo Háplico foi de 4,3 mg kg⁻¹ na camada de 0-15 cm e 2,9 mg kg⁻¹ na camada de 15-30 cm (Tabela 7). Os teores de P foram classificados em muito baixo (≤ 4,0 mg kg⁻¹) na camada de 15-30 cm no Cambissolo Háplico, em baixo (4,1 – 8,0 mg kg⁻¹) na camada de 15-30 cm no Cambissolo Húmico e na camada de 0-15 cm no Cambissolo Háplico e médio na camada de 0-15 cm no Cambissolo Húmico, segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo (CQFS-RS/SC, 2004). Mafra et al. (2011) observaram teores de P disponível nos solos do Planalto Sul Catarinense com variação de 2,3 mg kg⁻¹ a 85 mg kg⁻¹, e teor médio de P foi classificado como alto (15 mg kg⁻¹). Os teores baixos de P nos solos do Planalto Sul Catarinense ocorrem devido ao menor teor de P no material de origem (riodacitos e siltitos) e a maior adsorção de íons fosfato aos grupos funcionais de partículas reativas da fase sólida dos solos (FONTES & WEED, 1996). Normalmente, o teor de P disponível diminui em profundidade pela baixa mobilidade do P no solo.

Em comparação aos solos com campo nativo não antropizado, observam-se diferenças na fertilidade do solo. No Cambissolo Húmico a saturação de bases (V) média, nas duas camadas, foi classificada como baixa (53 e 54%) e a saturação por alumínio (m) mediana foi

baixa (2 e 2%) (CQFS-RS/SC, 2004) (Tabela 6). No Cambissolo Háplico a saturação por bases nas duas camadas foi alta (89 e 87%) e a saturação por alumínio foi muito baixa (<1,0%) (Tabela 7). No Cambissolo Háplico a saturação por bases está na faixa ideal para a cultura da videira (70 a 80%), pois com a elevação do pH a soma de cátions básicos e a saturação por bases aumenta (RAIJ et al., 2001).

Tabela 8 - Comparação de médias pelo teste “t” dos atributos químicos em dois Cambissolos em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

Atributo	0-15 cm		15-30 cm	
	Cambissolo Húmico	Cambissolo Háplico	Cambissolo Húmico	Cambissolo Háplico
pH H ₂ O	6,3 b	6,9 a	6,2 b	6,9 a
pH CaCl ₂	5,6 b	6,3 a	5,7 b	6,2 a
Fósforo	9,8 a	4,8 b	8,4 a	4,0 b
Potássio	76 a	84 a	37 a	36 a
Sódio	15 a	9 b	16 a	11 b
Cálcio	7,8 a	6,2 b	7,5 a	5,7 b
Magnésio	2,1 a	1,6 a	2,0 a	1,5 b
H+Al	9,7 a	1,7 b	9,5 a	2,4 b
Alumínio	0,5 a	0,1 b	0,5 a	0,8 a
SB	10,2 a	8,0 b	9,7 a	7,2 b
CTC	19,9 a	9,7 b	19,2 a	9,7 b
V	53 b	83 a	53 b	75 a
m	6 a	2 a	6 a	10 a

As médias seguidas pela mesma letra na camada não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste “t” ao nível de 5% (0,01<p<0,05) de probabilidade.

4.4.2 Descrição do coeficiente de variação para os atributos químicos do solo

Considerando a classificação proposta por Pimentel-Gomes (1967), o coeficiente de variação para os atributos químicos nas duas camadas do Cambissolo Húmico (Tabela 6) foi baixo para pH em água (10 e 10%) e pH em CaCl₂ (8 e 9%); médio para CTC_{pH7} (16 e 15%); alto para Ca (29 e 28%) e SB (29 e 29%); e muito alto para P (70 e 78%), K (62 e 71%), Mg (35 e 40%), H+Al (49 e 51%), Al (138 e 148%), V (36 e 38%) e m (150 e 154%). Para o Cambissolo Háplico (Tabela 7) nas duas camadas foi observado coeficiente de variação médio para a CTC_{pH7} (14 e 14%) e muito alto para P (65 e 78%), K (61 e 61%), H+Al (94 e 107%), Al (367 e 337%) e m (401 e 271%).

A baixa variabilidade para o pH foi observada por Souza et al. (1997), Carvalho et al. (2003) e Mafra (2009); muito alta variabilidade foi observada para os teores de fósforo disponível (P) e potássio (K) por Souza et al. (1997) e Carvalho et al. (2003). A alta variabilidade para os teores de P e K, em ambos os solos, ocorreu devido à aplicação de

fertilizantes na linha de plantio (adubação de manutenção) ao longo dos anos, que causa dessa forma, maior heterogeneidade nas áreas (Tabelas 6 e 7).

4.5 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS

Através de semivariogramas foi observado no Cambissolo Húmico (Tabela 9), nas duas camadas, que os atributos químicos pH em água, pH em CaCl_2 , P, Na, Ca, $\text{H}+\text{Al}$, $\text{CTC}_{\text{pH}7}$ e V tiveram estrutura de dependência espacial, enquanto o teor de Al, a soma de bases e a saturação por Al não tiveram estrutura de dependência espacial.

Tabela 9- Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos químicos em um Cambissolo Húmico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

	Modelo	C_0	$C_0 + C$	A_0	R^2	RRS	GD
Camada 0-15 cm							
pH H_2O	Esférico	0,001	0,39	33	0,95	1,53E-03	0,3
pH CaCl_2	Esférico	0,0	0,22	26	0,91	6,46E-04	0
Fósforo	Esférico	4,70	69,4	82	0,97	30,8	7
Potássio	Esférico	1.315	3.630	139	0,99	487	36
Sódio	Esférico	4,34	22,26	41	0,96	3,35	20
Cálcio	Exponencial	0,01	5,7	9	0,70	0,86	0,2
Magnésio	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
$\text{H}+\text{Al}$	Exponencial	0,01	24	11	0,90	5,26	0
Alumínio	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
SB	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
CTC	Esférico	5,1	17	158	0,98	0,44	30
V	Exponencial	1	372	10	0,82	2.483	0,3
m	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Camada de 15-30 cm							
pH H_2O	Esférico	0,001	0,4	29	0,96	1,83E-03	0,3
pH CaCl_2	Esférico	0,0	0,25	26	0,92	6,82E-04	0
Fósforo	Linear	0,1	70	63	0,97	75,4	0,1
Potássio	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Sódio	Esférico	3,2	31	30	0,99	0,26	10
Cálcio	Exponencial	0,3	5,1	10	0,91	0,16	6
Magnésio	Esférico	0,0	0,7	25	0,88	0,02	0
$\text{H}+\text{Al}$	Exponencial	6,7	259	14	0,95	2,11	27
Alumínio	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
SB	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
CTC	Esférico	5,2	18	211	0,94	0,63	29
V	Esférico	79	396	28	0,99	51,7	20
m	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-

C_0 = efeito pepita; $C_0 + C$ = patamar; A_0 = alcance, m; R^2 = coeficiente de determinação, RRS = soma de quadrados de resíduos e GD = grau de dependência espacial, %; pH H_2O = pH em água; pH CaCl_2 = pH em cloreto de cálcio; Fósforo, mg kg^{-1} ; Potássio, mg kg^{-1} ; Sódio, mg kg^{-1} ; Cálcio, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Magnésio, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; $\text{H}+\text{Al}$ = hidrogênio + alumínio, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Alumínio, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; SB = soma de bases, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; CTC = CTC a pH 7; V = saturação por bases, %, m = saturação por alumínio, %.

Para o Cambissolo Háplico (Tabela 10) foi observada estrutura de dependência espacial, em ambas as camadas, para pH em água, pH em CaCl_2 , P, K, Na, Ca, Mg. O teor de Al, a saturação por Al e a saturação por bases não tiveram estrutura de dependência espacial.

Tabela 10 - Parâmetros para ajuste do semivariograma dos atributos químicos em um Cambissolo Háplico em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

	Modelo	C_0	$C_0 + C$	A_0	R^2	RRS	GD
Camada 0-15 cm							
pH H_2O	Exponencial	0,2	0,6	140	0,98	3,29E-05	42
pH CaCl_2	Esférico	0,07	0,9	211	0,89	4,98E-04	8
Fósforo	Esférico	3,0	25	188	0,96	1,15	12
Potássio	Esférico	2.072	4.161	193	0,94	16.190	50
Sódio	Esférico	3,8	33	41	0,98	5,43	12
Cálcio	Exponencial	1,8	3,7	211	0,97	2,41E-03	50
Magnésio	Esférico	0,1	0,3	145	0,95	2,15E-04	36
H+Al	Exponencial	0,0	2,6	10	0,53	1,80	0
Alumínio	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
SB	Exponencial	2,7	6,0	211	0,87	0,03	45
CTC	Esférico	1,0	3,2	146	0,97	0,02	31
V	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
m	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Camada de 15-30 cm							
pH H_2O	Exponencial	0,3	1,4	145	0,95	1,98E-03	19
pH CaCl_2	Esférico	0,1	1,4	193	0,91	6,57E-03	9
Fósforo	Esférico	1,2	22	145	0,97	0,86	5
Potássio	Esférico	369	900	210	0,71	7.925	41
Sódio	Exponencial	24	52	140	0,99	0,02	46
Cálcio	Esférico	1,2	7,4	104	0,99	0,06	16
Magnésio	Esférico	0,2	0,5	141	0,98	1,49E-04	35
H+Al	Esférico	1,5	10	95	0,98	0,05	15
Alumínio	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
SB	Esférico	1,8	9,7	91	0,98	0,185	19
CTC	Esférico	1,2	3,3	168	0,99	2,96E-03	37
V	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
m	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-

C_0 = efeito pepita; $C_0 + C$ = patamar; A_0 = alcance, m; R^2 = coeficiente de determinação, RRS = soma de quadrados de resíduos e GD = grau de dependência espacial, %. pH H_2O = pH em água; pH CaCl_2 = pH em cloreto de cálcio; P = fósforo, mg kg^{-1} ; K = potássio, mg kg^{-1} ; Na = sódio, mg kg^{-1} ; Ca = cálcio, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Mg = magnésio, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; H+Al = hidrogênio + alumínio, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; Al = alumínio, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; SB = soma de bases, $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; CTC = CTC a pH 7; V = saturação por bases, %, m = saturação por alumínio, %.

O modelo esférico e o modelo exponencial foram os que tiveram melhor ajuste para a maioria dos atributos químicos (Tabelas 9 e 10). Trangmar et al. (1985) e Cambardella et al. (1994) observaram que o modelo esférico foi o que melhor ajustou os semivariogramas dos atributos químicos do solo.

O alcance da dependência espacial variou de 9 m para teor de cálcio a 211 m para a CTC_{pH7} no Cambissolo Húmico (Tabela 9), e de 10 m para o teor de $H+Al$ a 211 m para $pH\ CaCl_2$, teor de Ca e soma de bases no Cambissolo Háplico (Tabela 10). Nos dois solos, para a maioria dos atributos químicos, foram observadas diferenças com relação ao alcance para as duas camadas analisadas, com maior alcance na camada 0-15 cm.

Assim, no Cambissolo Húmico (Tabela 9), foi observado decréscimo da dependência espacial para P e Na da camada de 0-15 cm para a 15-30 cm, evidenciada pela diminuição no alcance. Enquanto para a saturação por bases o alcance aumentou com a profundidade.

Em relação ao grau de dependência espacial (GD), adotando os critérios de Cambardella et al. (1994), no Cambissolo Húmico (Tabela 9) os atributos químicos pH em água, $pH\ CaCl_2$, teor de P, de Na, de Ca e a V tiveram forte dependência espacial; a CTC teve moderada dependência espacial em ambas as camadas.

No Cambissolo Háplico (Tabela 10) foi observada forte dependência espacial em ambas as camadas para pH em $CaCl_2$, teor de P e de $H+Al$, e moderada dependência espacial para K. O pH em água (GD 42%) o Ca (GD 50%) tiveram moderada dependência espacial na camada de 0-15 cm e forte ($GD \leq 25\%$) dependência espacial na camada de 15-30 cm. Carvalho et al. (2003) observaram forte dependência espacial para os teores de fósforo disponível em vinhedos e Souza et al. (1997) verificaram forte dependência espacial para a CTC e moderada dependência espacial para pH , $H + Al$, K, Ca, Mg e SB em um pomar cítrico.

Os resultados indicam que a dependência espacial dos atributos químicos pode variar em função da incorporação da adubação e do corretivo, ao longo do perfil do solo.

De maneira geral o Cambissolo Húmico teve maior uniformidade nos atributos químicos (menor CV e GD) em relação ao Cambissolo Háplico, devido a maior homogeneidade dos atributos físicos nas duas camadas do solo, os quais tiveram menor resistência física nas práticas mecânicas de correção e de adubação ao longo do perfil do solo, que proporcionou maior continuidade da fertilidade nas linhas de plantio da videira. A maior uniformidade na fertilidade das linhas da videira, associada aos teores adequados dos nutrientes as plantas, proporciona um ambiente apropriado para o pleno desenvolvimento radicular, que aumenta a área explorada pelas raízes para a extração de nutrientes e água no solo.

4.6 MAPAS DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

No Cambissolo Húmico (Figuras 11 - A e B) as áreas mais ácidas foram localizadas na região central, em pequenas manchas ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} < 5,5$), em ambas as camadas, com semelhança entre os mapas para este atributo. No Cambissolo Háplico (Figura 11 - C e D) na camada de 15-30 cm foi localizada na região leste áreas com $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ entre 5,5 a 6,0.

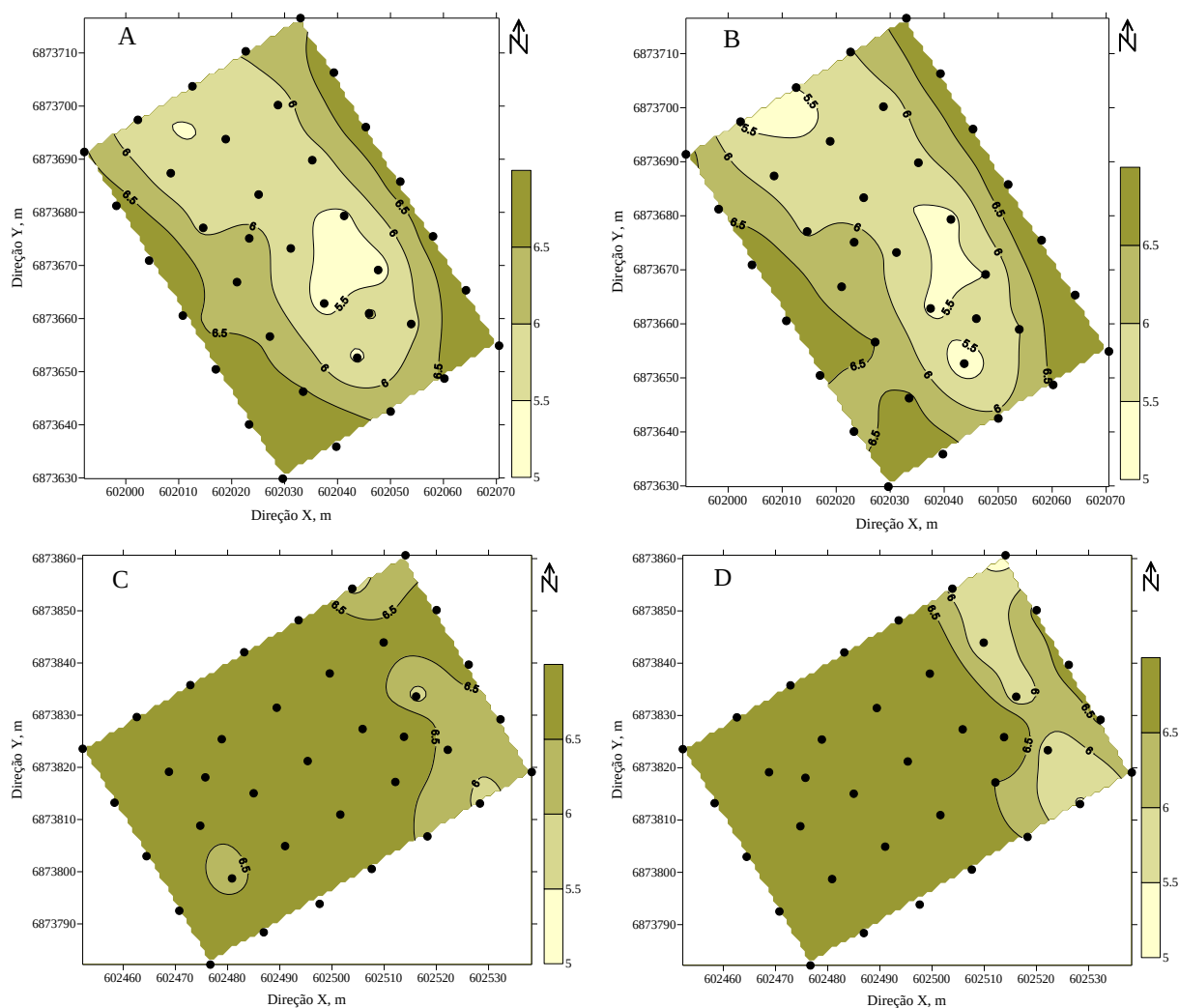


Figura 11 – Mapas de isolinhas para pH em água em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) nas camadas de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.

No Cambissolo Háplico a diferença observada na correção da acidez em relação ao Cambissolo Húmico é explicada pela menor quantidade de acidez potencial no solo (Anexo 3), a qual foi neutralizada com a quantidade de corretivo aplicada.

Para o desenvolvimento da videira os mapas de isolinhas indicaram, com exceção de alguns pontos, para o Cambissolo Húmico, nas duas camadas, que a acidez existente no solo não afeta a videira, uma vez que o pH em água é superior a 5,5, não existindo níveis tóxicos de alumínio trocável nas zonas do sistema radicular das plantas (Figuras 11 – A e B).

No Cambissolo Húmico para o teor de P foi observado alta continuidade espacial na camada de 0-15 cm (Figura 12- A), com áreas bem definidas entre os pontos amostrais na linha de plantio da videira, com teor muito baixo ($\leq 4,0$) em duas áreas, uma na região sul e outra na região central, na camada de 0-15 cm. Na camada de 15-30 cm o teor muito baixo do P foi verificado na área no sentido sul a sudeste.

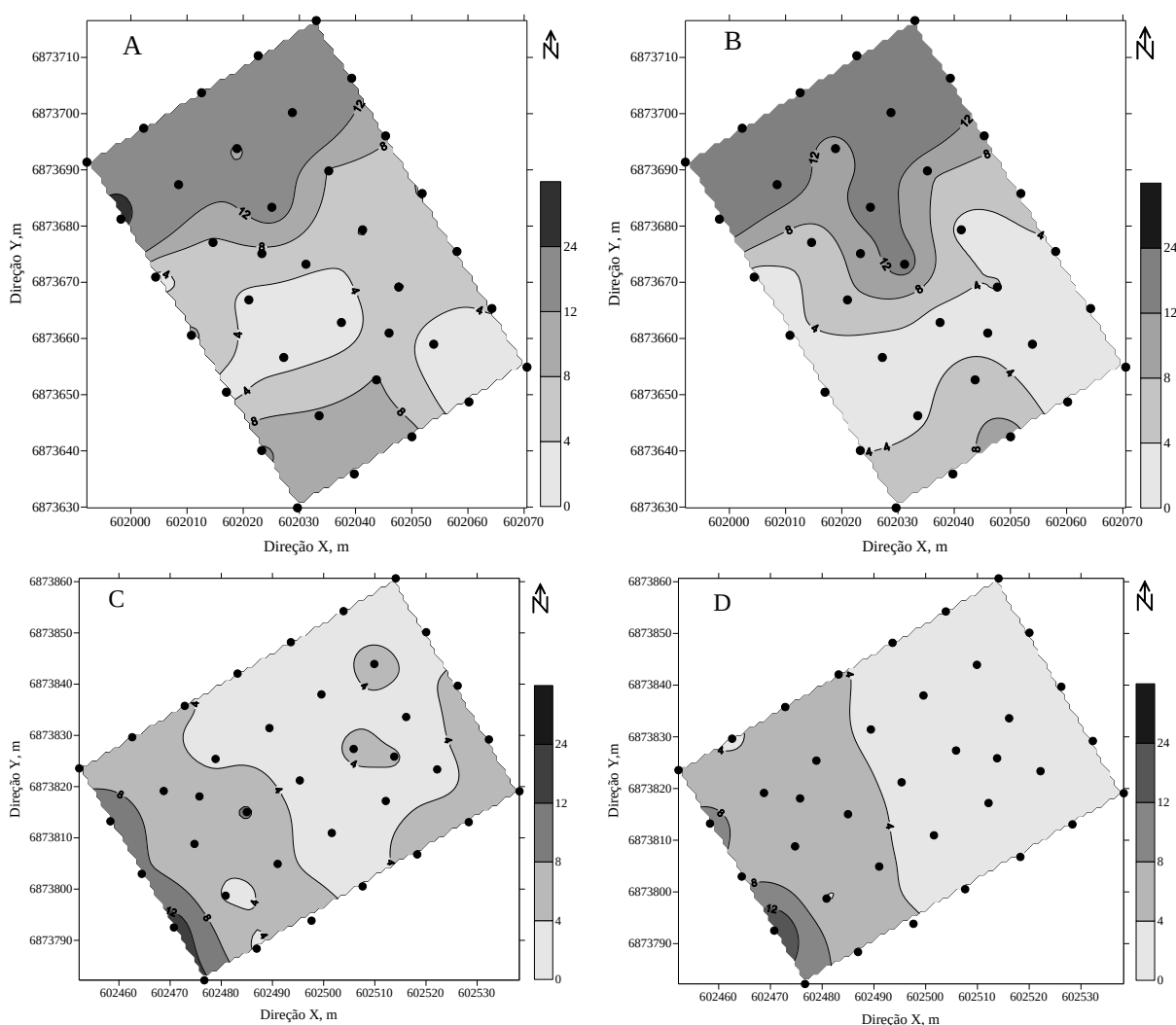


Figura 12 – Mapas de isolinhas para o teor de fósforo (mg kg^{-1}) em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) na camada de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.

No Cambissolo Háplico os menores teores de P foram verificados na região central e leste, nas duas camadas (Figuras 12 - C e D), área que apresenta a maior declividade. Nos dois solos, a maior área com menores teores de P na camada de 15-30 cm em relação à camada de 0-15 cm é devido à baixa mobilidade desse elemento no solo. No Cambissolo Háplico a maior área com baixos teores de P em relação ao Cambissolo Húmico é justificada pela forma de relevo e formação da área, que dificulta a aplicação homogênea do adubo (maior declividade e quantidade de pedras) e o maior grau de intemperismo do solo que aumenta a adsorção de P na fase sólida.

No Cambissolo Húmico foi observada correlação positiva e regular entre P x CO nas camadas de 0-15 cm ($r = 0,35$, $n = 37$, $p < 0,05$) e de 15-30 cm ($r = 0,37$, $n = 37$, $p < 0,05$). O teor de argila teve no Cambissolo Húmico correlação negativa e regular com o teor de P nas camadas de 0-15 cm ($r = -0,42$, $n = 37$, $p < 0,05$) e de 15-30 cm ($r = -0,54$, $n = 37$, $p < 0,05$). No Cambissolo Háplico foi observada a correlação negativa e regular entre o teor de argila e o teor de P nas camadas de 0-15 cm ($r = -0,35$, $n = 37$, $p < 0,05$) e de 15-30 cm ($r = -0,40$, $n = 37$, $p < 0,05$).

O maior teor de P disponível no Cambissolo Húmico em relação ao Cambissolo Háplico pode ser justificado pelo maior teor de carbono orgânico, que aumenta a disponibilidade de P as plantas, através da prática da calagem que aumenta a atividade microbiana e provoca maior mineralização do P orgânico.

Em relação ao Ca no Cambissolo Húmico (Figuras 13 - A e B), foram observados teores elevados em toda a área, o que se deve a prática da calagem, a qual promoveu uma homogeneização da área em ambas às camadas do solo, mas com duas manchas distintas, uma com teores de 4 a 8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ a outra superiores a 8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, que pode ser um indicativo de um excesso de calcário nas linhas de plantio da videira.

No Cambissolo Háplico (Figuras 13 - C e D), foram observados teores elevados de Ca em toda a área, com com teores de 4 a 8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e na região leste do mapa foi observada uma mancha com teores médios de Ca (2,1 a 4 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), sendo de maior magnitude na camada 15-30 cm.

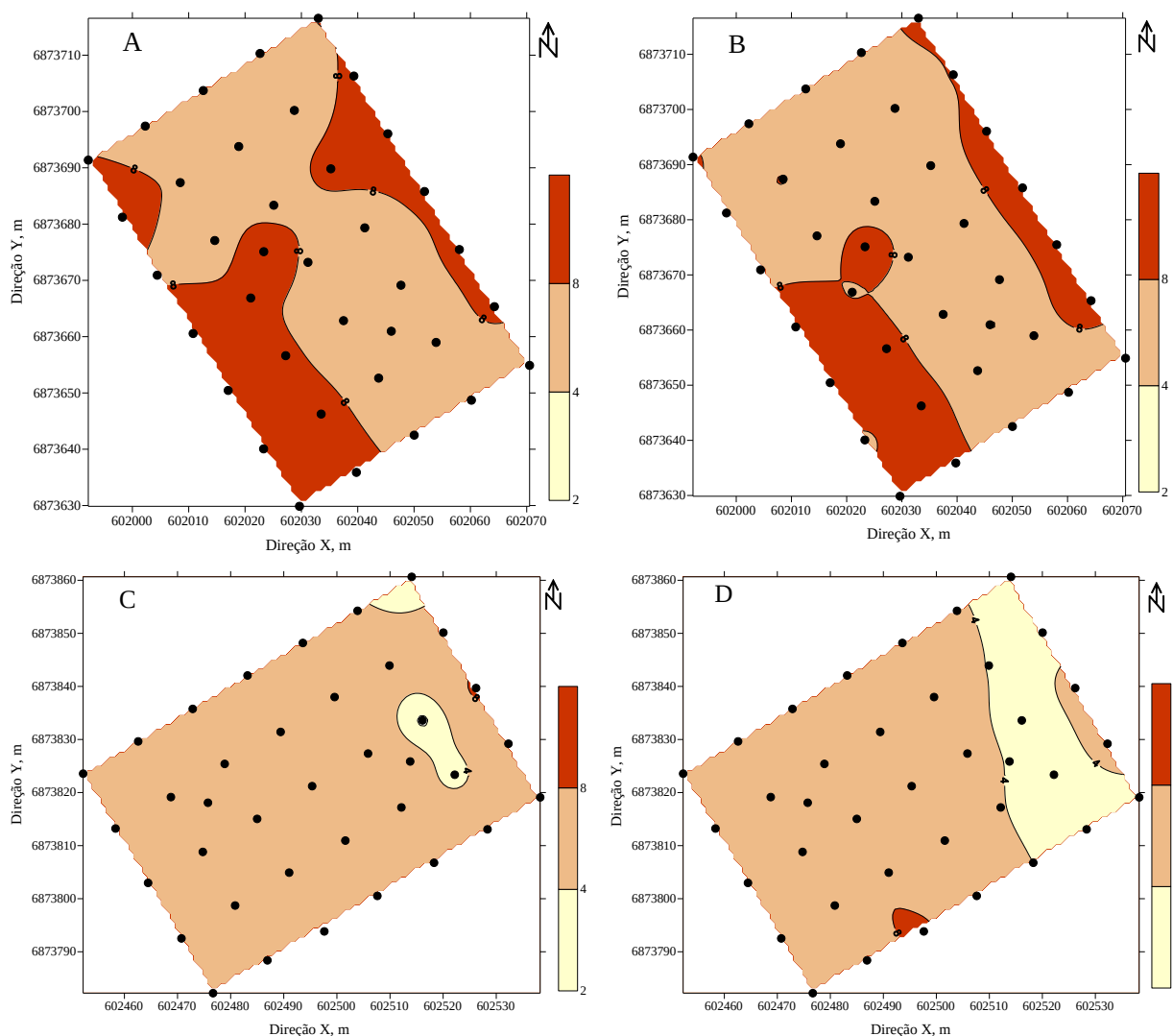


Figura 13 – Mapas de isolinhas para o teor de cálcio ($\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) em um Cambissolo Húmico (A e B) e em um Cambissolo Háplico (C e D) na camada de 0-15 cm (A e C) e 15-30 cm (B e D) sob as linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, São Joaquim (SC), 2011.

4.7 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO

Os dados de armazenamento de água no Cambissolo Húmico (Tabela 11) e no Cambissolo Háplico (Tabela 12) foram coletados entre dezembro de 2008 a março de 2010.

As medidas de tendência central (média e mediana) mostram semelhança entre os valores, que indica simetria na distribuição dos dados em todos os pontos da malha. Os valores de assimetria em ambos os solos ficaram próximos à zero, o que indica dados próximos da distribuição normal, sendo aceito os valores localizados no intervalo sugerido por Moreti et al. (2007) entre -2 a + 2.

Tabela 11 – Estatística descritiva do armazenamento da água (mm) em um Cambissolo Húmico, na camada de 0-30 cm, em cada ponto para o período de amostragem (2008/2009 a 2009/2010). n (37 pontos amostrais)

Ponto	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente		
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.
1	117	113	101	142	12,8	11	0,73	-0,42
2	121	121	94	148	13,2	11	-0,15	-0,21
3	156	164	102	181	20,2	13	-1,33	1,64
4	161	170	96	192	26,2	16	-0,95	0,09
5	163	165	108	209	28,7	18	-0,31	-0,98
6	116	119	45	162	33,3	29	-0,38	-0,74
7	140	141	80	183	31,3	22	-0,28	-0,83
8	149	155	92	186	29,9	20	-0,56	-0,69
9	139	145	75	193	39,7	28	-0,28	-1,22
10	143	145	96	170	20,1	14	-0,64	-0,04
11	151	153	97	202	31,2	21	-0,06	-0,83
12	136	136	104	170	17,2	13	-0,04	-0,64
13	140	144	89	168	19,3	14	-0,88	0,85
14	128	127	102	152	12,9	10	0,14	-0,45
15	126	126	100	156	16,7	13	0,10	-0,93
16	138	144	96	162	17,7	13	-1,09	0,45
17	119	120	87	151	15,9	13	-0,23	-0,48
18	89	94	25	134	33,4	38	-0,44	-0,95
19	104	109	66	136	21,1	20	-0,32	-1,11
20	148	154	112	169	17,1	12	-1,09	0,14
21	144	149	90	174	21,6	15	-0,86	0,32
22	130	129	95	162	19,0	15	-0,33	-0,57
23	149	150	100	175	21,9	15	-0,64	-0,38
24	122	128	81	145	18,2	15	-0,85	-0,24
25	87	90	27	117	25,0	29	-0,76	-0,10
26	111	115	74	134	18,8	17	-0,47	-1,03
27	160	165	114	197	23,9	15	-0,21	-0,90
28	147	148	116	183	19,6	13	0,07	-0,83
29	119	118	79	146	16,1	14	-0,53	0,42
30	148	154	110	199	21,9	15	0,06	0,07
31	122	125	87	156	20,8	17	-0,28	-1,02
32	111	113	43	152	24,9	23	-0,79	0,91
33	146	154	103	176	19,8	14	-0,82	-0,08
34	188	199	142	224	24,2	13	-0,59	-0,50
35	141	144	101	215	24,2	17	0,88	2,91
36	136	134	95	179	18,6	14	0,08	0,50
37	101	109	27	156	39,8	39	-0,52	-0,80

Mín. = valor mínimo; Máx. = valor máximo; CV = coeficiente de variação, %; Assim. = coeficiente de assimetria; Curt.= coeficiente de curtose.

Tabela 12 - Estatística descritiva do armazenamento da água (mm) em um Cambissolo Háplico, na camada 0-30 cm em cada ponto, para o período de amostragem (2008/2009 a 2009/2010). n (37 pontos amostrais). n (37 pontos amostrais)

Ponto	Valores				Desvio		Coeficiente	
	Média	Mediana	Mín.	Máx.	Padrão	CV	Assim.	Curt.
1	107	105	93	127	9,9	9	0,48	-0,76
2	99	97	86	130	10,9	11	1,46	3,14
3	106	102	89	150	14,2	13	1,96	4,98
4	139	134	99	240	28,5	21	2,96	11,25
5	141	141	103	159	12,1	9	-1,87	6,14
6	130	132	95	146	12,9	10	-1,37	2,31
7	137	137	109	154	10,0	7	-1,20	3,38
8	79	77	70	90	6,0	8	0,38	-0,84
9	86	84	64	101	8,8	10	-0,32	1,32
10	144	143	110	160	11,9	8	-1,37	3,63
11	133	132	118	155	11,0	8	0,52	-0,54
12	140	141	112	151	9,1	7	-1,87	4,99
13	140	142	116	157	14,0	10	-0,62	-0,94
14	150	150	132	166	9,4	6	-0,21	-0,46
15	135	133	113	157	12,8	9	0,04	-0,81
16	126	128	103	148	12,0	9	0,01	-0,57
17	93	95	74	105	8,4	9	-1,25	1,22
18	126	129	91	146	14,3	11	-1,19	1,74
19	113	113	90	125	9,8	9	-0,74	0,41
20	128	131	105	142	9,9	8	-1,03	0,68
21	128	129	106	168	15,1	12	0,65	2,27
22	125	125	104	164	14,9	12	0,97	1,82
23	127	131	90	149	16,7	13	-0,76	-0,11
24	115	117	89	129	10,8	9	-0,95	0,63
25	120	122	87	133	10,4	9	-2,01	6,30
26	75	75	61	85	6,3	8	-0,70	0,62
27	131	131	112	149	9,2	7	0,05	-0,04
28	128	128	106	147	10,6	8	-0,28	0,01
29	99	100	77	120	11,3	11	-0,14	-0,28
30	123	123	90	141	14,7	12	-0,53	-0,43
31	110	115	80	127	13,1	12	-0,92	0,39
32	117	119	99	133	9,9	9	-0,23	-0,66
33	111	113	82	127	10,7	10	-1,29	2,44
34	105	107	66	125	14,9	14	-1,34	1,95
35	115	117	83	128	11,2	10	-1,54	3,03
36	128	132	94	144	13,7	11	-1,75	2,75
37	115	115	87	142	15,1	13	-0,13	-0,22

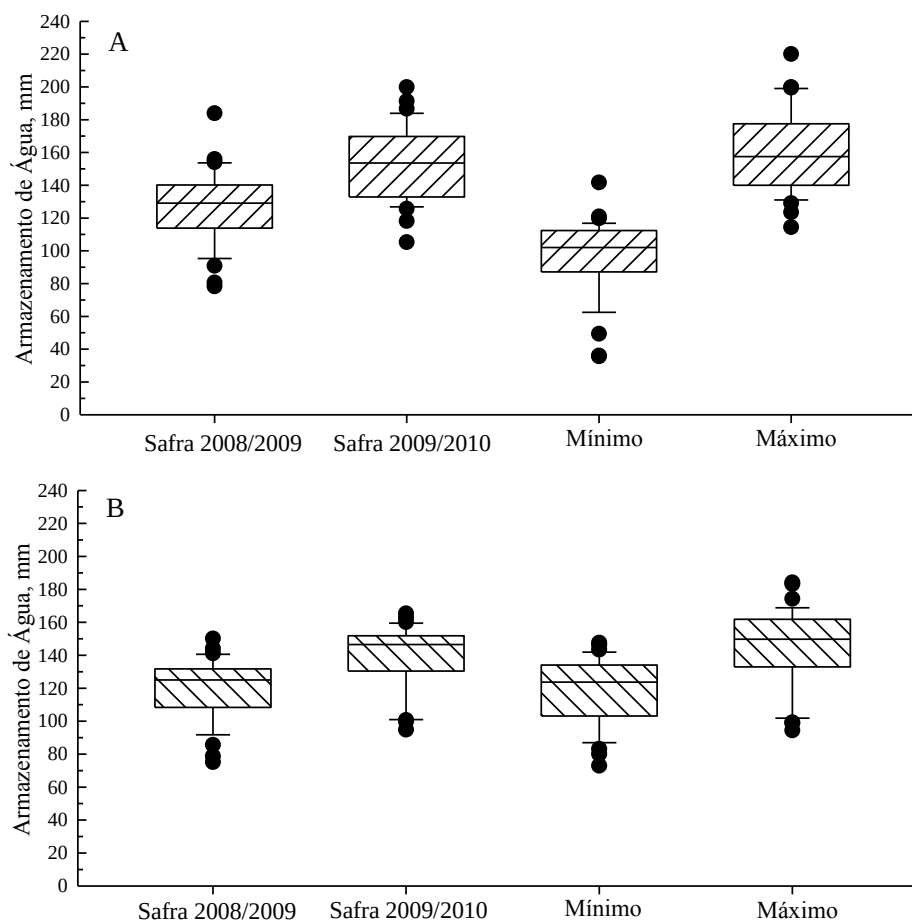
Mín. = valor mínimo; Máx. = valor máximo; CV = coeficiente de variação, %; Assim. = coeficiente de assimetria; Curt.= coeficiente de curtose.

Os coeficientes de variação (CV) para os dois anos de coletas permaneceram entre 10 e 39% no Cambissolo Húmico e entre 6 e 21% no Cambissolo Háplico. O CV é maior quando o solo está mais seco, ou seja, a dispersão do teor de água no solo em torno de sua média foi menor quando os solos estavam mais úmidos.

O Cambissolo Húmico teve a maior variabilidade em relação ao Cambissolo Háplico, a qual foi classificada entre média (10 a 20%) a muito alta ($> 30\%$); no Cambissolo Háplico esta variabilidade foi baixa ($< 10\%$) a alta (20 a 30%). Moreti et al. (2007) estudando o armazenamento de água em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Piracicaba (SP), observaram coeficiente de variação médio (11 a 16%) para os três anos de observação. A maior variabilidade encontrada no Cambissolo Húmico é justificada pela presença de pontos com profundidade efetiva inferior a 30 cm (ponto 18, 25 e 37), os quais tiveram a maior oscilação no armazenamento da água ao longo do período, pontos onde ocorre o Neossolo Litólico.

O teste de Kolmogorov-Smirnov no Cambissolo Húmico indicou que o armazenamento de água médio, na safra 2008/2009 ($p = 0,13 < p_{\text{crítico}} 0,14$; $n = 37$), na safra 2009/2010 ($p = 0,08 < p_{\text{crítico}} 0,14$; $n = 37$) e o valor máximo ($p = 0,07 < p_{\text{crítico}} 0,14$; $n = 37$) tiveram distribuição normal; no entanto, o valor mínimo ($p = 0,15 > p_{\text{crítico}} 0,14$; $n = 37$) não teve distribuição normal. No Cambissolo Háplico a safra 2008/2009 ($p = 0,13 < p_{\text{crítico}} 0,14$; $n = 37$) teve distribuição normal; e a safra 2009/2010 ($p = 0,17 > p_{\text{crítico}} 0,14$; $n = 37$), os valores máximo ($p = 0,15 > p_{\text{crítico}} 0,14$; $n = 37$) e o mínimo ($p = 0,17 > p_{\text{crítico}} 0,14$; $n = 37$) não tiveram distribuição normal.

Verifica-se similaridade entre as safras 2008/2009 e safra 2009/2010, em relação aos valores médios e medianos nos dois solos (Figuras 14 - A e B). O maior desvio padrão e a presença de “outliers” caracteriza a alta variabilidade espacial encontrada, situação comum em solos cultivados de altitude, principalmente os que estão sob a fruticultura temperada, os quais sofrem a constante atuação de máquinas, que alteram seus atributos físicos refletindo na dinâmica da água no solo.



Figuras 14 - Análise exploratória para o armazenamento de água na camada 0-30 cm em um Cambissolo Húmico (A) e em um Cambissolo Háplico (B) nas linhas de plantio em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, na safra 2008/2009, safra 2009/2010, valores mínimos e máximos no período de observação (2008/2009 a 2009/2010), São Joaquim (SC), 2011.

4.8 VARIABILIDADE ESPACIAL DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO

A análise da dependência espacial para o armazenamento de água médio, mínimo e máximo na safra 2008/2009 e 2009/2010 revelou estrutura de dependência espacial para a maioria das observações (Tabela 13). Os semivariogramas, nos dois solos, foram ajustados pelo modelo esférico, com exceção do valor máximo de armazenamento no Cambissolo Húmico que foi ajustado pelo modelo exponencial.

No Cambissolo Háplico o armazenamento máximo e o mínimo tiveram efeito pepita puro (Tabela 13). Moreti et al. (2007), ajustando semivariogramas para o armazenamento de água médio ao longo de três anos em um Latossolo sob um pomar de citros, observaram melhor ajuste pelo modelo exponencial. Vieira et al. (2010) avaliando o teor de água no solo sob duas formas de uso em um Umbrisol (FAO 1998) na Espanha, observaram ajuste pelo modelo esférico e exponencial.

A análise do grau de dependência espacial (GD) no Cambissolo Húmico evidenciou que existe forte dependência espacial ($GD \leq 25\%$) para o armazenamento de água médio, mínimo e máximo em ambas as safras, com alcances de 29, 26 e 10 m na safra 2008/2009 e alcance de 28, 30 e 27 m na safra 2009/2010 (Tabela 13).

No Cambissolo Háplico a dependência espacial foi classificada como forte, para o valor médio e mínimo de armazenamento de água na safra 2008/2009 e para o valor médio na safra 2009/2010, respectivamente com alcances de 24, 24 e 21 m. Moreti et al. (2007) trabalhando com armazenamento de água em um Latossolo Vermelho-Amarelo com citros, obteve valores do alcance com variação entre 16 a 18 m ao longo de três anos. Nos solos avaliados foi observado que à medida que o armazenamento de água aumentou o alcance diminuiu. As diferenças entre os padrões de variabilidade espacial do armazenamento de água foram associados aos eventos de precipitação pluviométrica que alterou a estrutura de correlação espacial entre as observações vizinhas, observação também relatada por Vieira et al. (2010).

Tabela 13 - Parâmetros para ajuste do semivariograma do armazenamento de água em dois Cambissolos em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, na camada 0-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

	Modelo	C_0	$C_0 + C$	A_0	R^2	RRS	GD
Cambissolo Húmico – Safra 2008/2009							
Média	Esférico	0,1	229	29	0,73	11.358	0,0
Mínimo	Esférico	1,0	330	26	0,44	40.162	0,3
Máximo	Exponencial	1,0	499	10	0,74	19.579	0,2
Cambissolo Húmico – Safra 2009/2010							
Média	Esférico	1,0	229	28	0,74	34.420	0,4
Mínimo	Esférico	1,0	544	30	0,75	49.012	0,2
Máximo	Esférico	1,0	548	27	0,66	84.846	0,2
Cambissolo Háplico – Safra 2008/2009							
Média	Esférico	0,1	184	24	0,93	1.143	0,1
Mínimo	Esférico	1,0	257	24	0,84	5.231	0,4
Máximo	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Cambissolo Háplico – Safra 2009/2010							
Média	Esférico	1,0	243	21	0,65	21.514	0,4
Mínimo	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-
Máximo	Efeito Pepita	-	-	-	-	-	-

C_0 = efeito pepita; $C_0 + C$ = patamar; A_0 = alcance, m; R^2 = coeficiente de determinação; RRS = soma de quadrados de resíduos e GD = grau de dependência espacial, %.

No Cambissolo Húmico a maior dependência espacial encontrada para o armazenamento médio de água, nas duas safras, em relação ao Cambissolo Háplico é explicada pela maior homogeneidade da área (Tabelas 4 e 5), a qual tem maior uniformidade

em seus atributos físicos e relevo uniforme, onde ocorre um fluxo de água sub superficial por maiores distâncias.

A utilização de interpoladores (krigagem e inversa das distâncias ponderadas) possibilitou a criação de mapas de isolinhas com a distribuição espacial do armazenamento de água nas linhas de plantio das videiras. Nos mapas no Cambissolo Húmico (Figura 15) e no Cambissolo Háplico (Figura 16) observam-se áreas com baixo, médio e alto armazenamento de água. Estas diferenças podem ser devido à variabilidade nos atributos físicos dos solos, tais como a macroporosidade, microporosidade, granulometria e teor de carbono orgânico do solo, que influenciam o armazenamento de água.

Na safra 2008/2009 e na 2009/2010, os mapas para o armazenamento de água médio, mínimo e máximo (Figura 15) resultaram em alta continuidade espacial nas linhas de plantio da videira, com áreas bem definidas devido à forte dependência verificada entre os pontos amostrais (Tabela 13). No entanto, os semivariogramas correspondentes às safras e aos valores mínimos e máximos tiveram valores de alcance distintos, que justifica as diferenças entre os mapas de variabilidade espacial.

O menor armazenamento de água no Cambissolo Húmico foi observado na região centro oeste do mapa, entre 80 a 140 mm, que corresponde à região com profundidade efetiva inferior a 30 cm da superfície do camalhão (área de Neossolo Litólico). O maior armazenamento de água no solo (120 mm a maior que 180 mm) foi observado na região noroeste do mapa, com menor declividade na área, explicado pela concentração do fluxo laminar e intersticial da água no solo, os quais se deslocam no sentido da maior para a menor cota do terreno (Figura 1).

No Cambissolo Háplico os menores volumes de água armazenada (80 a 140 mm) foram observados na região leste do mapa, que corresponde à região com maior teor de areia e maior declividade na área. O maior armazenamento variou de 120 a 160 mm (Figura 16) e foi observado na região norte, que corresponde à região com maior teor de argila (Figura 8).

A menor variação e o menor armazenamento de água do Cambissolo Háplico em relação ao Cambissolo Húmico são explicados, principalmente, pela maior declividade da área (média de $0,15 \text{ m m}^{-1}$) e maior profundidade do perfil, os quais favorecem respectivamente o escoamento superficial e a drenagem, além do menor teor de carbono orgânico. No entanto, é importante considerar as variações espaciais de características do solo nas linhas de plantio da videira (camalhões) em termos de granulometria, estrutura,

porosidades e cobertura vegetal, as quais exercem importante papel na dinâmica da água e na possível manutenção da estabilidade temporal.

O aumento da variância à medida que a umidade média diminuía no Cambissolo Húmico pode ter sido causado pela variabilidade da porosidade da superfície do solo, as quais proporcionaram maior evaporação e trocas gasosas entre o solo e o meio (REICHARDT & TIMM, 2004).

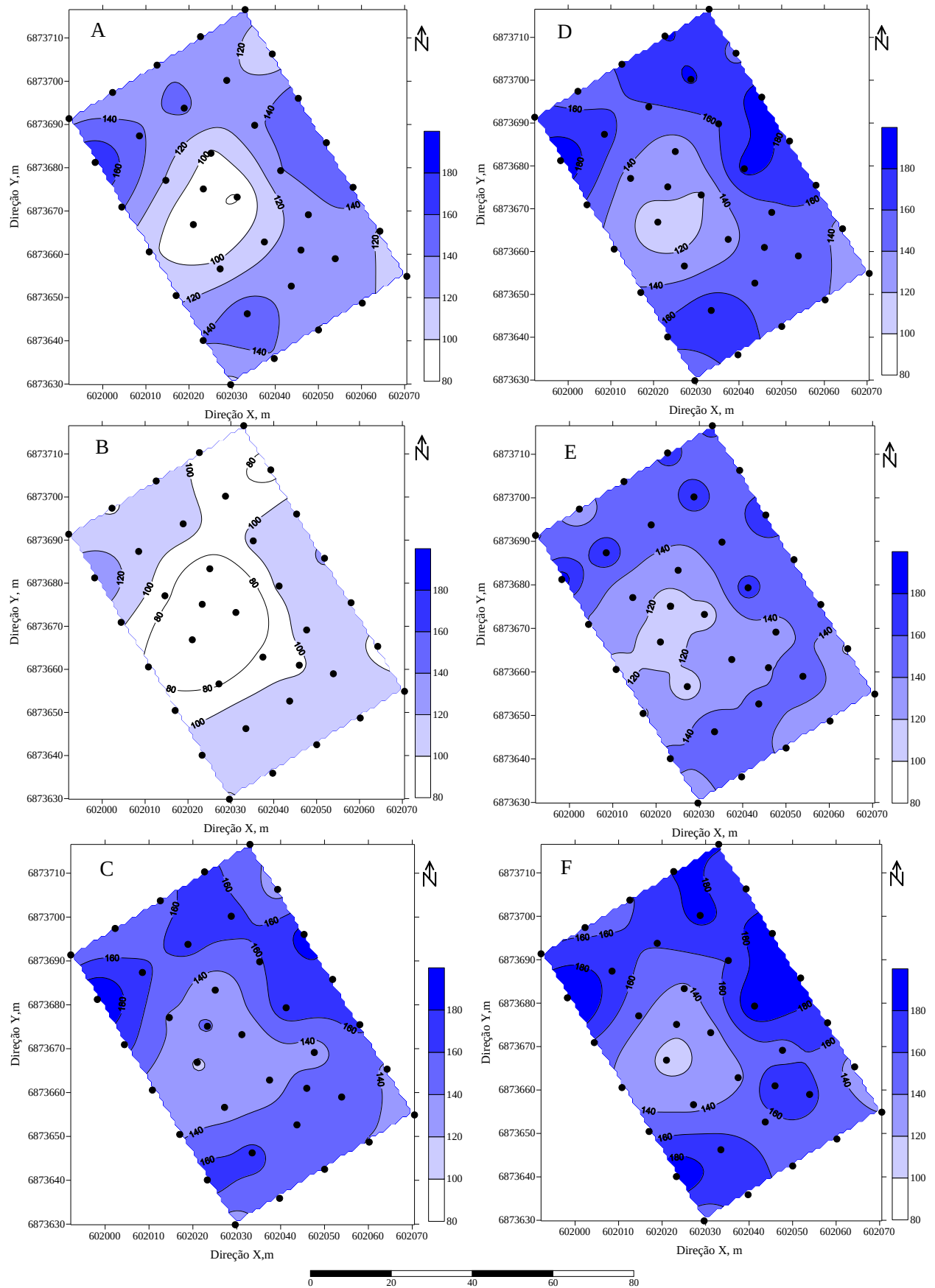


Figura 15 - Mapas do armazenamento de água em um Cambissolo Húmico, na camada 0-30 cm, armazenamento médio (A), mínimo (B), máximo (C) na safra 2008/2009, armazenamento médio (D), mínimo (E) e máximo (F) na safra 2009/2010, São Joaquim (SC), 2011.

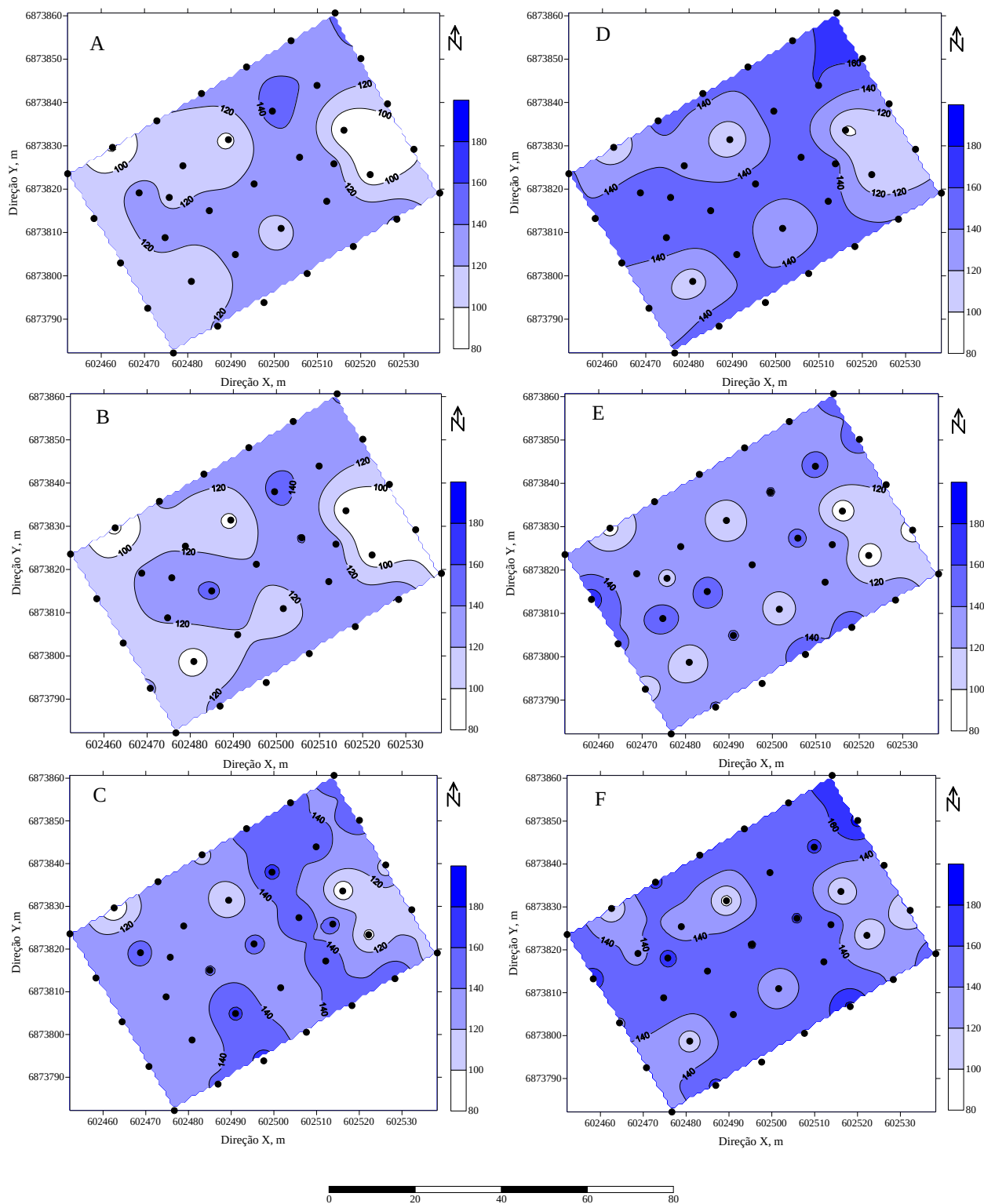


Figura 16 - Mapas do armazenamento de água em um Cambissolo Háplico, na camada 0-30 cm, armazenamento médio (A), mínimo (B), máximo (C) na safra 2008/2009, armazenamento médio (D), mínimo (E) e máximo (F) na safra 2009/2010, São Joaquim (SC), 2011.

4.9 ANÁLISE DA ESTABILIDADE TEMPORAL DO ARMAZENAMENTO DE ÁGUA NO SOLO

O armazenamento médio de cada ponto foi monitorado em dois períodos nas duas safras. Observa-se que os pontos com maior armazenamento em um ano são, geralmente, os pontos com maior no outro ano, ocorrendo à mesma tendência para os pontos com menor armazenamento, nos dois solos (Figuras 17 A e B).

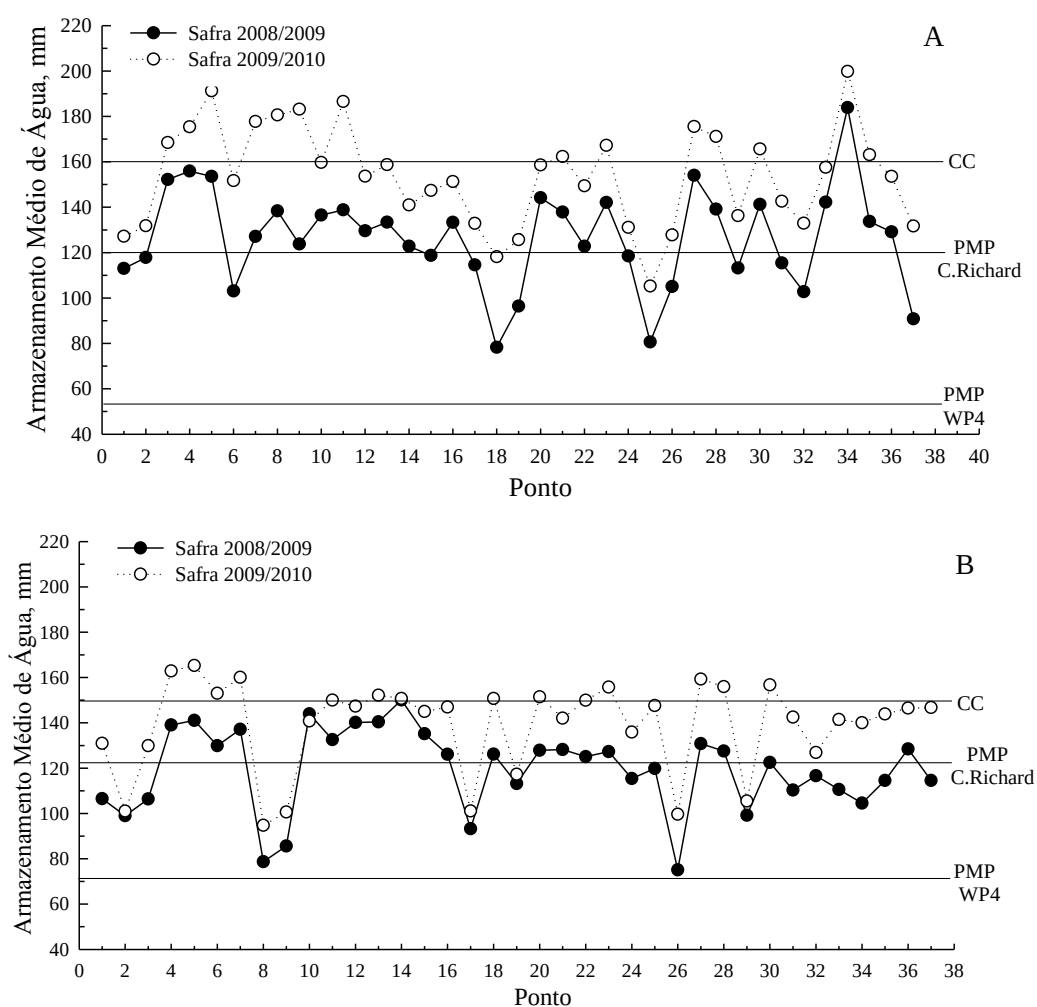


Figura 17 - Armazenamento médio de água em um Cambissolo Húmico (A) e em um Cambissolo Háplico (B), na camada 0-30 cm, durante as safras de 2008/2009 e 2009/2010, São Joaquim (SC) 2011. CC = Capacidade de Campo e PMP C.Richard = Ponto de Murcha Permanente determinado pela Câmara de Richard e PMP WP4 = Ponto de Murcha Permanente determinado pelo WP4.

Assim, o armazenamento em cada ponto depende das condições climáticas e também dos atributos do solo de cada local. Para Gonçalves et al. (1999), tal comportamento é indicativo de estabilidade temporal. Em estudos de armazenamento de água em um Latossolo Vermelho-Amarelo em um pomar de citros em Piracicaba (SP), Rocha et al. (2005) e Moretti et al. (2007), também observaram armazenamento da água com padrão espacial estável ao longo do tempo.

Os dois solos tiveram pontos com baixo armazenamento de água no período de observação, explicado, principalmente, pela menor profundidade do perfil, que demonstra a variabilidade do perfil dos solos de altitude, os quais em determinados pontos na paisagem observa-se a camada R ou o horizonte CR próximo da superfície (Neossolo Litólico).

A análise da correlação linear do armazenamento de água entre as safras nos dois tipos de solos foi classificada como forte (0,6-0,9) e indica que nos locais que tiveram menor armazenamento em uma safra tiveram também na outra e vice-versa ($R^2=0,74$ e $0,75$) (Figuras 18 - A e B).

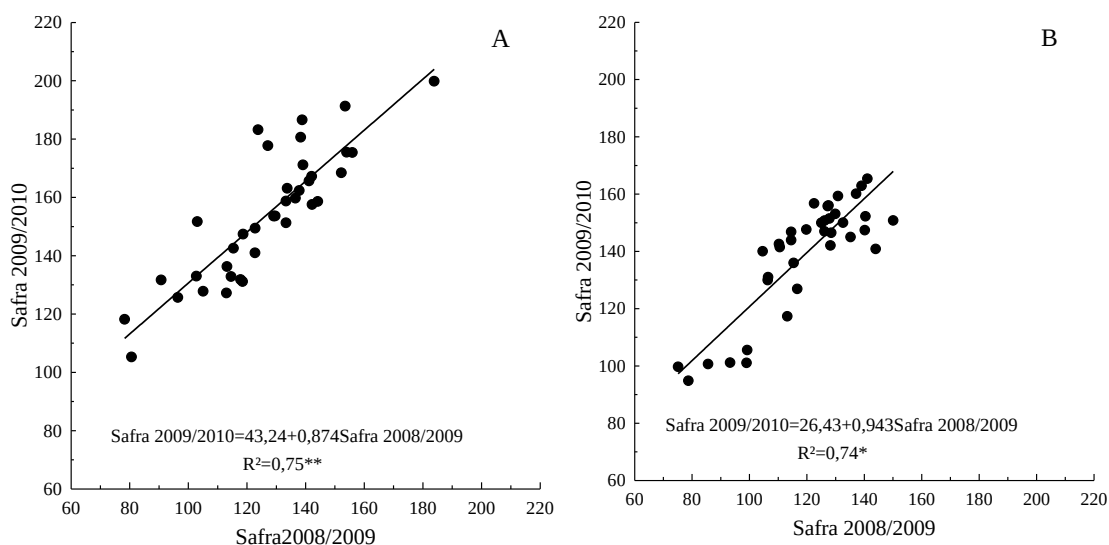


Figura 18 – Análise de regressão do armazenamento médio de água (mm) entre as safras 2008/2009 e 2009/2010 em um Cambissolo Húmico (A) e um Cambissolo Háplico (B) na camada 0-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

Isso demonstra que nos pontos com alto armazenamento de água no solo em um ano terão alto armazenamento de água no solo em outro ano, e estão intrínsecos aos atributos como granulometria, teor de matéria orgânica e estrutura do solo, que demonstra o efeito do relevo, e principalmente, do microrelevo da área nos fluxos de água e no volume de água armazenada no solo em determinado local. Moretti et al. (2007), trabalhando com armazenamento de água em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Piracicaba (SP), em três

anos consecutivos observaram altos coeficientes de correlação 0,91; 0,78 e 0,88 respectivamente entre os anos 1 e 2, 1 e 3 e 2 e 3.

O volume de água nominalmente disponível para as planta é definido entre a umidade na capacidade de campo (CC) e a umidade onde as plantas perdem a turgência e murcham permanentemente (ponto de murcha permanente - PMP). Na safra 2009/2010, no Cambissolo Húmico foram observados quatorze pontos e no Cambissolo Háplico onze pontos com armazenamento médio de água acima da capacidade de campo (CC) (Figuras 17 - A e B). Isso é explicado pela alta precipitação pluviométrica nesta safra associado a menor profundidade efetiva em alguns pontos na linha de plantio do solo (contato lítico próximo à superfície), a qual retarda a infiltração e a translocação da água ao longo do perfil do solo. Além disso, o excesso de água na superfície do solo pode ocasionar o escoamento superficial, que causa o transporte das partículas desagregadas da superfície do solo, as quais podem obstruir os poros de infiltração e como consequência limitar a drenagem do solo.

No Cambissolo Húmico foi observado que treze pontos de coletas na safra 2008/2009 e dois pontos na safra 2009/2010 tiveram o armazenamento médio de água abaixo do ponto de murcha permanente segundo o método de determinação da Câmara de pressão de Richard (Figura 17 A). No Cambissolo Háplico os pontos de coleta que ficaram abaixo do PMP foram dezessete na safra 2008/2009 e sete na safra 2009/2010 (Figura 17 - B). A metodologia de determinação PMP pelo WP4 - Dewpoint Potentia Meter (DECAGON, 2008) não teve, nas duas safras e nos dois tipos de solos, pontos de coleta abaixo do PMP, ou seja, nenhuma planta teria sido submetida à murcha irreversível. Porém, na safra 2008/2009 na área do Cambissolo Húmico foi observado que o ponto 18 teve murcha permanente no final da safra, com murcha das folhas e queda prematura das uvas (Figura 19 - B).



Figura 19 – Visualização de afloramento rochoso nas linhas de plantio da videira em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em uma associação Cambissolo Húmico + Neossolo Litólico (A) e efeito da estiagem na cultura da videira, com perda de produção (B), São Joaquim (SC), 2011.

A metodologia mais utilizada para determinar o PMP é Câmara de pressão de Richard, e quando executada sem erros metodológicos tem maior precisão em relação ao método pelo WP4. Entre os erros metodológicos da Câmara de pressão de Richard, os mais comuns são: falta de contato entre os anéis com as amostras e as placas porosas, defeitos de vazamentos nas placas ou nas câmaras e retirada das amostras antes de extração total da água em determinada pressão. Assim, os altos valores de PMP encontrados pela determinação da Câmara de pressão de Richards foram devidos à água capturada nos poros do solo e o uso de amostra com estrutura preservada no ponto de -1.500 kPa, onde deveria ter sido utilizados anéis com 1 cm de altura preenchida com amostras de solo com estrutura alterada.

A metodologia WP4 foi eficiente no Cambissolo Háplico em relação à metodologia Câmara de pressão de Richard, a qual pode ser utilizada para determinar o PMP. Segundo Klein et al. (2006) o WP4 é uma metodologia adequada para estimar o PMP e a disponibilidade de água às plantas em solos argilosos. A precisão na estimativa do PMP pelo WP4 se deve a semelhança existente com o método fisiológico (KLEIN et al., 2006). No entanto, o método do WP4 pode ser impreciso (altas tensões), para alguns tipos de solo, devido o seu princípio de funcionamento, o qual é baseado na Equação de Kelvin, que é dependente da pressão do vapor do líquido, e pode ser afetada pela estrutura e granulometria do solo (KLEIN et al., 2010). Para comprovar qual metodologia é mais correta, deveria comparar os resultados das duas metodologias com o método fisiológico para a cultura da videira.

4.10 ARMAZENAMENTO DE ÁGUA E POROSIDADE DE AERAÇÃO NO SOLO

O armazenamento de água no solo variou, nas duas safras agrícolas, em função da variação da precipitação diária. Nos períodos com menor pluviosidade o armazenamento de água no solo não diferiu entre as associações de solo (Figuras 20 - A e B).

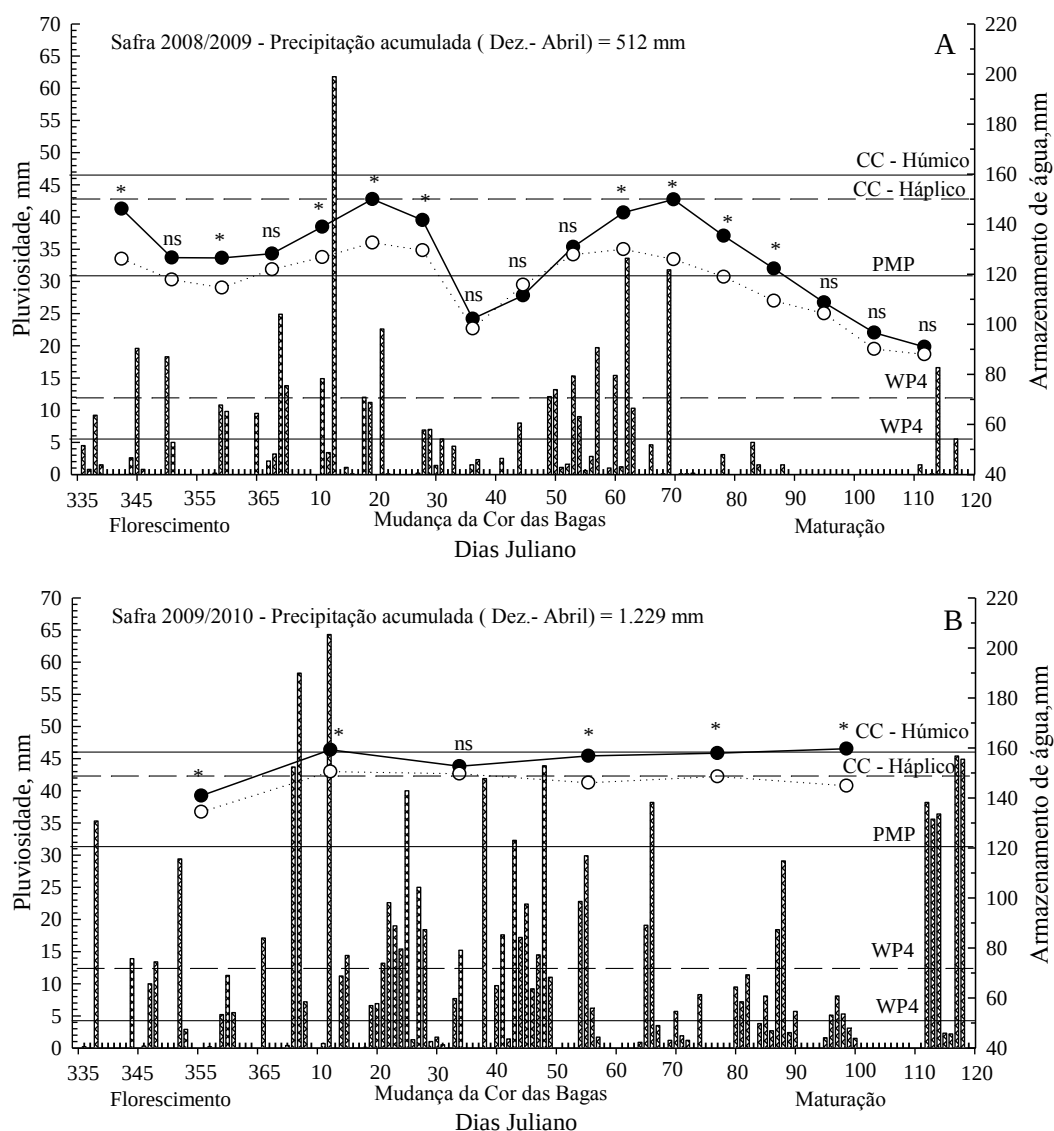


Figura 20 – Precipitação pluviométrica diária (mm) no município de São Joaquim (SC) e armazenamento de água no solo na camada de 0-30 cm, em um Cambissolo Húmico e em um Cambissolo Háplico cultivados com videira na safra 2009/2010. ns = não significativo; * = significativo pelo teste “t” ao nível de 5% de probabilidade de erro ($p < 0,05$). Fonte: Epagri/Ciram/Inmet – 2011.

O Cambissolo Húmico, em ambas as safras, ao longo do ciclo reprodutivo da videira, teve maior armazenamento de água em relação ao Cambissolo Háplico. O maior armazenamento de água ocorre em função da menor drenagem, pois este solo está situado em área mais plana e com riodacito mais próximo da superfície do que o Cambissolo Háplico. Além disso, tem teor de matéria orgânica alto, o que favorece a retenção de água. Nas safras avaliadas as necessidades hídricas da videira foram bem menores que a precipitação pluviométrica, principalmente na safra 2009/2010, com precipitação acima da média do município nos últimos 10 anos (1.907 mm). Na safra 2008/2009, do início do florescimento ao início da mudança de cor das bagas, a precipitação pluviométrica foi bem distribuída com volume total de 395 mm, onde foram observados os maiores volumes de água armazenada no solo, coincidindo como os dias com maior volume de precipitação pluviométrica no início e no final do período. Na safra 2009/2010 foi observado um volume pluviométrico total de 821 mm do início do florescimento ao início da mudança de cor das bagas.

Manica & Pommer (2006) relata que do início da floração até a mudança da cor das bagas a necessidade pluviométrica da videira é de 254 mm para todas as regiões vinícolas do Brasil. O excesso de água na floração pode ocasionar o abortamento floral (desavinho) e a incidências de doenças fúngicas. Nas safras avaliadas o excesso de água ocasionou a redução do número de bagas entre as safras 2008/2009 (104 bagas) e 2009/2010 (98 bagas), explicada principalmente pela alta incidência de doenças fúngicas na safra 2009/2010 (Figura 22). A necessidade hídrica da videira do início do amadurecimento até a maturação é de 130 mm (MANICA & POMMER, 2006). Na safra 2008/2009 foi observada a diminuição da precipitação pluviométrica diária na fase da colheita, com um volume total de 117 mm, não sendo observadas diferenças significativas nos volumes de água armazenada entre os tipos de solos no final do período de maturação da uva (Figura 20 A).

A análise de correlação de Pearson indica que para o Cambissolo Húmico, a fração areia fina e a macroporosidade tiveram correlação negativa, enquanto a argila e o teor de carbono orgânico tiveram correlação positiva com o armazenamento de água. A fração areia fina teve correlação negativa classificada como regular (0,3-0,6) em doze dias de coleta na safra 2008/2009 e em três dias de coleta na safra 2009/2010 (Tabela 14). A fração argila e o teor de carbono orgânico tiveram correlação positiva e regular em três dias de coleta (secagem do solo) na safra 2008/2009. Em relação às porosidades, a macroporosidade teve correlação negativa e regular em doze dias de coleta na safra 2008/2009 e em quatro dias de coleta na safra 2009/2010, a microporosidade em duas datas de coleta na safra 2008/2009 e em três

datas na safra 2009/2010. A densidade do solo não teve correlação com o armazenamento de água no solo.

Tabela 14 – Coeficientes de correlação de Pearson entre o armazenamento médio de água (mm) com a granulometria (g kg^{-1}), o teor de carbono orgânico total (CO) (g kg^{-1}), as porosidades e a densidade do Cambissolo Húmico nas linhas de plantio em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em duas safras, na camada de 0-30 cm, São Joaquim (SC), 2011. n (37 pontos amostrais)

Dias Juliano	Granulometria				CO	Porosidades			Ds
	AF	AG	Silte	Argila		Pt	Macro	Micro	
Safr 2008/2009									
346	-0,36*						-0,36*		
356	-0,32*						-0,39*	0,33*	
363	-0,34*								
7	-0,39*						-0,38*		
15	-0,42*						-0,38*		
21	-0,35*				0,34*		-0,39*		
28	-0,32*						-0,39*		
41				0,34*			-0,41*		
49	-0,39*								
57	-0,45*								
63			0,33*		0,39*				
71					0,33*		-0,31*	0,33*	
76							-0,33*		
84							-0,36*		
92	-0,35*						-0,34*		
97	-0,37*		-0,33*	0,39*			-0,32*		
105	-0,35*		-0,36*	0,41*					
Safr 2009/2010									
343	-0,35*						-0,36*	0,33*	
12	-0,38*				0,32*		-0,33*		
27	-0,32*						-0,40*	0,39*	
41									
56							-0,36*	0,32*	
76									

AF = areia fina, g kg^{-1} ; AG = areia grossa, g kg^{-1} ; CO = carbono orgânico total, g kg^{-1} ; Pt = porosidade total, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; Macro = macroporosidade, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; Micro = microporosidade, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e Ds = densidade do solo, g cm^{-3} ; * significativo ao nível de 5% ($0,01 \leq p < 0,05$) de probabilidade.

No Cambissolo Háplico a correlação entre atributos do solo com armazenamento de água foi menor do que para o Cambissolo Húmico. Apenas os atributos silte, argila, porosidade total e macroporosidade tiveram correlação, mas em poucas datas avaliadas (Tabela 15).

Para a fração areia fina no Cambissolo Húmico a correlação negativa se deve ao fato da fração areia possuir menor área superficial específica ($0,1 \text{ m}^2 \text{g}^{-1}$) em relação às demais frações granulométricas, que acarreta uma menor força de adsorção entre a água e as partículas do solo. Isso também está associado ao empacotamento irregular entre as partículas

de areia e as demais frações granulométricas, as quais ocasionam a formação de macroporos com menor atuação das forças de capilaridade no armazenamento de água no solo. Rocha et al. (2005), trabalhando em um Latossolo Vermelho-Amarelo de Piracicaba (SP), não observaram correlação e correlação fraca entre datas e teores de argila e areia e observaram coeficientes positivos para argila, mas negativos para areia.

Tabela 15 – Coeficientes de correlação de Pearson entre o armazenamento médio de água (mm) com a granulometria (g kg^{-1}), o teor de carbono orgânico total (CO) (g kg^{-1}), as porosidades e a densidade do Cambissolo Háplico nas linhas de plantio em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em duas safras, na camada de 0-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

Joaquim (SC), 2011.									
Dias Juliano	Granulometria				CO	Porosidades			Ds
	AF	AG	Silte	Argila		Pt	Macro	Micro	
Safrá 2008/2009									
346									
356									
363									
7									
15									
21									
28									
41									
49			-0,43*	0,37*		-0,42*	-0,36*		
57									
63									
71									
76									
84			-0,38*			-0,31*	-0,35*		
92			-0,36*						
97									
105			-0,36*			-0,38*			
Safrá 2009/2010									
343									
12									
27									
41									
56				0,34*					
76									

AF = areia fina, g kg^{-1} ; AG = areia grossa, g kg^{-1} ; CO = carbono orgânico total, g kg^{-1} ; Pt = porosidade total, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; Macro = macroporosidade, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$; Micro = microporosidade, $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ e Ds = densidade do solo, g cm^{-3} ; * significativo ao nível de 5% ($0,01 \leq p < 0,05$) de probabilidade.

A correlação positiva entre a fração argila e o armazenamento de água em ambos os solos é justificada pela adsorção de água pelos argilominerais, e à medida que o solo seca aumenta o potencial matricial ao longo do perfil do solo (secagem). O menor número de dias correlacionados com a fração argila é justificado pela composição mineralógica da fração

argila dos solos de altitude, onde prenomina a caulinita, e em menor quantidade, a illita e a gibbsita (TESKE, 2010).

O outro fator que justifica a menor correlação foi à alta pluviosidade observada ao longo das duas safras, a qual foi responsável pela menor correlação do armazenamento com a fração argila, uma vez que as forças de adsorção e, principalmente, de capilaridade são atuantes quando o potencial matricial do solo se torna menor (secagem do solo). Na fração carbono orgânico total no Cambissolo Húmico a correlação positiva com o armazenamento de água no solo é justificada pela maior área superficial específica ($700 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$) da fração orgânica (AMARO FILHO, 2008) em relação às frações granulométricas do solo. A correlação negativa entre o armazenamento de água no solo e a macroporosidade em ambos os solos é explicada pela menor atuação das forças capilares nos macroporos, as quais são responsáveis pela retenção da água nos poros capilares dos agregados.

Os baixos coeficientes de correlação entre o armazenamento de água e os atributos do solo podem estar relacionados ao efeito do relevo e do fluxo de água preferencial que ocorre na superfície e interior do solo. Com isso, é possível ter elevado armazenamento de água em pontos com teor elevado de areia, por exemplo, se este ponto estiver em uma região com maior concentração de água, devido ao formato do relevo, além da sequência dos horizontes e camadas do solo.

Com as diferenças na precipitação pluviométrica e na capacidade de armazenamento de água, a porosidade de aeração variou ao longo do ciclo reprodutivo da videira. Na safra 2008/2009 o Cambissolo Húmico teve maior porosidade de aeração, em relação ao Cambissolo Háplico, entre $0,14 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a $0,34 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. O Cambissolo Háplico teve em cinco dias Juliano porosidade de aeração abaixo do valor considerado crítico ($0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$). Deste modo, o solo nesses dias teve redução na infiltração de água e na difusão dos gases.

A variação na porosidade de aeração está relacionada com atributos do solo, do relevo e distribuição da precipitação. É comum sua redução em períodos de maior precipitação e o aumento em períodos de estiagem (Figura 21 - A e B).

Assim, no período de secagem os poros do solo foram esvaziados pela ação do potencial gravitacional ao longo do perfil, os quais associados ao fenômeno de evaporação da água no solo reduziu o teor de água do solo e aumentou a porosidade de aeração. A maior porosidade de aeração no Cambissolo Húmico também é justificada pelo maior volume de macroporos.

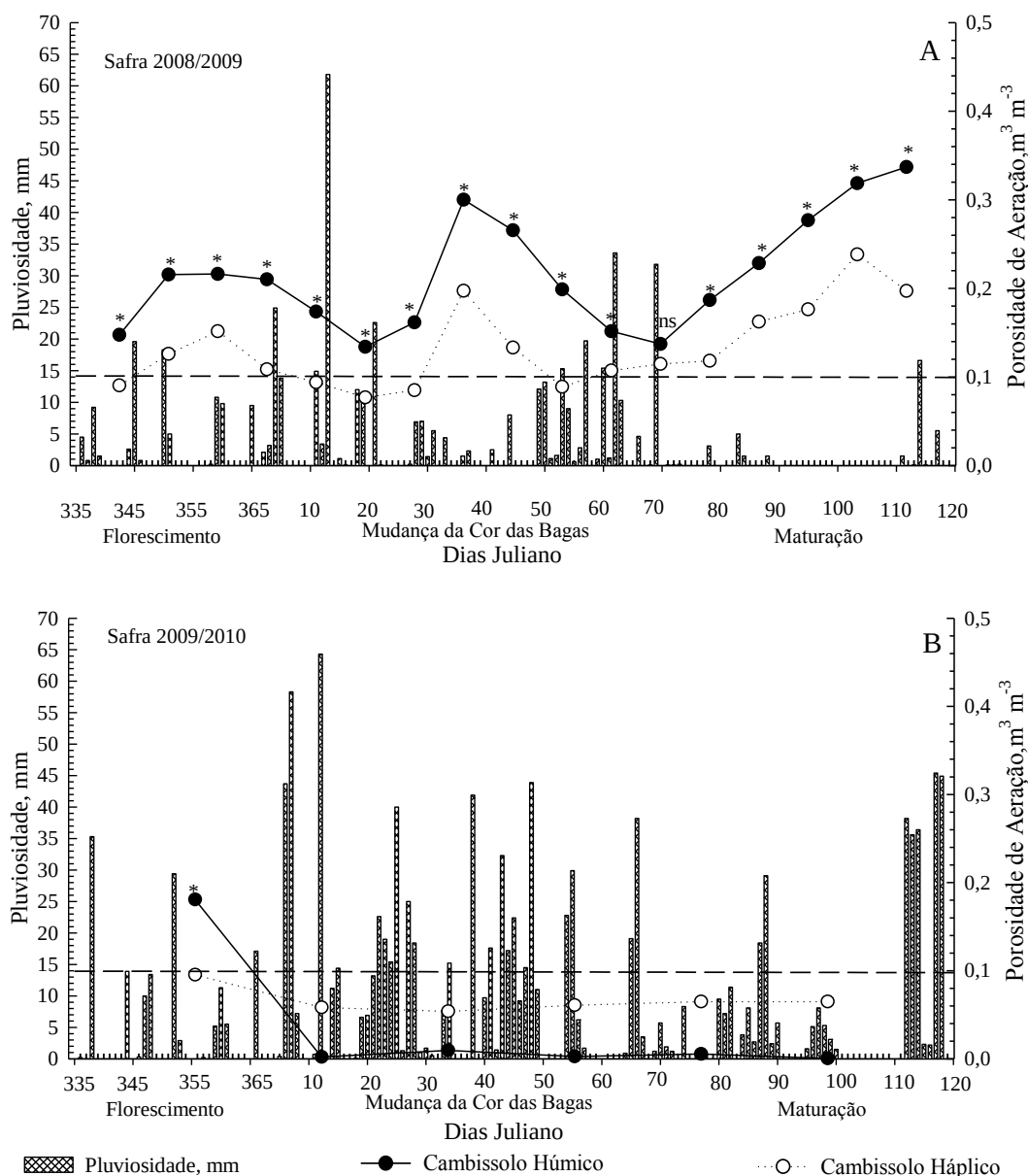


Figura 21 – Precipitação pluviométrica diária, (mm) no município de São Joaquim (SC) e porosidade de aeração no solo na camada de 0-30 cm, em dois Cambissolos nas linhas de plantio em um vinhedo com uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, na safra 2008/2009. ns = não significativo; * = significativo pelo teste “t” ao nível 5% de probabilidade ($p < 0,05$); - - = valor crítico de porosidade de aeração do solo. (Fonte: Epagri/Ciram/Inmet 2010).

Na safra 2009/2010 os altos indicadores diários de precipitação pluviométrica ocasionaram encharcamento do solo ao longo do ciclo reprodutivo da videira (Figura 21 - B). O excesso de água pode inibir as trocas de oxigênio e dióxido de carbono entre o solo, as raízes das videiras e a atmosfera. A infiltração e a translocação de água no solo do final do florescimento ao final da maturação da uva também podem ter sido reduzidos pelo excesso de água no solo. Os volumes de poros de aeração ficaram nos dois solos abaixo do volume crítico, que indica deficiência de oxigênio nas raízes da videira, principalmente, no

Cambissolo Húmico onde ficaram próximos à zero. Isso é explicado pela menor declividade do terreno, a qual armazena maior volume de água por maior período de tempo, que ocasiona a saturação dos poros e retarda a infiltração e a translocação de água no perfil. Em condições de encharcamento do solo, como foi observado na safra 2009/2010, o metabolismo das plantas de videira é alterado, através do acúmulo de etileno na zona radicular e redução do crescimento das folhas e das raízes. Assim, a absorção de íons e água pelas raízes da videira pode ter sido reduzida. Lanyon et al. (2004) descreveram que o desenvolvimento das raízes foi prejudicado quando o conteúdo de água no solo permaneceu próximo da saturação por longos períodos de tempo.

O menor desenvolvimento radicular das videiras associada à alta incidência de doenças fúngicas ocasionou a redução na produtividade da uva na safra 2009/2010, que afetou as características físico-químicas e os compostos fenólicos da uva e, conseqüentemente, a composição da uva para vinificação.

4.11 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DA PRODUTIVIDADE E CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA UVA

O número, o comprimento e a massa dos cachos tiveram distribuição normal nas três safras e nos dois Cambissolos (Tabelas 16 e 17). O número médio de cachos por planta variou de 12 a 16 no Cambissolo Húmico e de 10 a 11 no Cambissolo Háplico, com variabilidade classificada respectivamente em alta (20 a 30%) e muito alta ($CV > 30\%$). Assim, foi observado no Cambissolo Húmico na safra 2009/2010 a maior amplitude no número de cachos por planta, com mínimo de 4 e máximo de 21. No Cambissolo Háplico a maior amplitude foi observada na safra 2010/2011 com mínimo de 5 e máximo de 19 cachos por planta. Borghezian et al. (2011) trabalhando com a variedade Cabernet Sauvignon na mesma empresa vinícola em São Joaquim (SC) observaram em média 11 e 9 cachos por planta, respectivamente nas safras de 2005/2006 e 2006/2007, com alta variabilidade.

O comprimento do cacho no Cambissolo Húmico variou de 13,2 a 14,2 cm e no Cambissolo Háplico de 13,2 a 14,6 cm, com baixa ($CV < 10\%$) e média (10 a 20%) variabilidade (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16 – Estatística descritiva do número de cachos, das características físicas dos cachos, das características físicas das bagas e da produtividade de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.

Característica	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	CV	Coeficiente		K-S
			Mín.	Máx.			Assim.	Curt.	
Safr 2008/2009									
Número de Cachos	16	16	8	23	3,3	21	-0,19	0,10	0,11 ^{ns}
Massa do Cacho (g)	122	119	66	158	21	17	-0,14	0,10	0,10 ^{ns}
Massa da Ráquis (g)	5,5	5,1	3,7	8,7	1,3	24	0,82	-0,09	0,15 [*]
Ráquis/Cacho	4,5	4,3	3,4	6,2	0,6	13	0,90	0,89	0,12 ^{ns}
Comprimento do Cacho (cm)	14,2	13,8	9,7	18,0	1,9	13	-0,06	0,23	0,13 ^{ns}
Número de Bagas	102	102	59	131	15,6	15	-0,23	0,55	0,12 ^{ns}
Massa de 50 Bagas (g)	61,1	61,0	52,4	70,7	4,7	8	-0,02	-0,66	0,11 ^{ns}
Altura da Baga (mm)	12,6	12,6	11,7	13,6	0,5	4	0,11	-0,33	0,08 ^{ns}
Largura da Baga (mm)	11,8	11,8	10,1	12,9	0,5	5	-0,59	2,01	0,12 ^{ns}
Altura/Largura	1,1	1,1	1,0	1,2	0	3	2,88	11,89	0,45 [*]
Produtividade (t ha ⁻¹)	5,6	5,3	2,8	9,9	1,8	32	0,48	-0,15	0,10 ^{ns}
Produtividade (kg planta ⁻¹)	2,0	1,9	1,0	3,6	0,6	32	0,48	-0,15	0,10 ^{ns}
Safr 2009/2010									
Número de Cachos	12	12	4	21	4,1	33	-0,11	-0,45	0,13 ^{ns}
Massa do Cacho (g)	84	82	56	122	18	22	0,22	-0,96	0,09 ^{ns}
Massa da Ráquis (g)	4,3	4,3	2,0	6,6	1,0	24	-0,23	0,11	0,10 ^{ns}
Ráquis/Cacho	5,1	4,8	3,4	8,3	1,1	22	1,02	0,94	0,14 ^{ns}
Comprimento do Cacho (cm)	13,7	13,6	10,7	17,9	1,8	13	0,25	-0,37	0,08 ^{ns}
Número de Bagas	102	103	43	152	25,4	25	-0,36	0,19	0,09 ^{ns}
Massa de 50 Bagas (g)	56,7	57,0	41,7	79,9	8,7	15	0,40	-0,06	0,10 ^{ns}
Altura da Baga (mm)	12,8	12,9	11,6	14,0	0,6	4	-0,38	0,10	0,12 ^{ns}
Largura da Baga (mm)	12,4	12,5	11,0	13,5	0,6	5	-0,51	0,30	0,10 ^{ns}
Altura/Largura	1,0	1,0	1,0	1,1	0,0	1	0,97	1,46	0,52 [*]
Produtividade (t ha ⁻¹)	2,3	2,2	0,5	4,2	0,9	39	0,00	-0,38	0,13 ^{ns}
Produtividade (kg planta ⁻¹)	1,0	1,0	0,2	1,9	0,4	39	0,00	-0,38	0,13 ^{ns}
Safr 2010/2011									
Número de Cachos	16	15	8	24	3,6	23	0,27	0,70	0,13 ^{ns}
Massa do Cacho (g)	109	108	62	160	21	20	0,21	-0,19	0,10 ^{ns}
Massa da Ráquis (g)	4,2	4,1	2,5	5,8	0,7	17	0,22	0,06	0,11 ^{ns}
Ráquis/Cacho	3,9	3,9	3,2	4,6	0,4	10	0,00	-1,02	0,11 ^{ns}
Comprimento do Cacho (cm)	13,2	13,3	11,5	15,6	1,1	8	0,17	-0,63	0,13 ^{ns}
Número de Bagas	70	69	42	97	11,6	17	0,04	0,13	0,09 ^{ns}
Massa de 50 Bagas (g)	74,3	74,7	59,7	87,6	6,0	8	-0,34	0,19	0,13 ^{ns}
Altura da Baga (mm)	14,0	13,9	13,0	20,3	1,1	8	5,17	29,66	0,32 [*]
Largura da Baga (mm)	13,1	13,1	12,5	13,7	0,3	2	-0,16	-0,13	0,10 ^{ns}
Altura/Largura	1,1	1,1	1,0	1,5	0,1	7	5,87	35,27	0,33 [*]
Produtividade (t ha ⁻¹)	3,7	3,5	1,6	6,3	1,2	33	0,43	-0,35	0,09 ^{ns}
Produtividade (kg planta ⁻¹)	1,7	1,6	0,7	2,8	0,6	33	0,43	-0,35	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).

Tabela 17 – Estatística descritiva do número de cachos, das características físicas dos cachos, das características físicas das bagas e da produtividade de uvas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.

Característica	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
Safr 2008/2009									
Número de Cachos	11	12	8	17	2,5	22	0,38	-0,46	0,14 ^{ns}
Massa do Cacho (g)	134	137	96	180	22	17	0,03	-0,84	0,11 ^{ns}
Massa da Ráquis (g)	6,0	6,0	3,8	8,0	1,1	19	-0,27	-0,92	0,10 ^{ns}
Ráquis/Cacho	4,5	4,5	3,3	6,6	0,7	15	0,94	1,43	0,13 ^{ns}
Comprimento do Cacho (cm)	14,6	14,7	12,3	17,3	1,1	8	0,26	-0,34	0,09 ^{ns}
Número de Bagas	107	108	74	138	15,9	15	-0,19	-0,34	0,09 ^{ns}
Massa de 50 Bagas (g)	63,7	64,0	55,3	72,7	4,1	7	-0,26	-0,21	0,13 ^{ns}
Altura da Baga (mm)	12,5	12,5	10,8	13,7	0,6	5	-0,43	0,92	0,07 ^{ns}
Largura da Baga (mm)	11,7	11,6	10,4	13,0	0,5	4	0,39	1,74	0,13 ^{ns}
Altura/Largura	1,1	1,1	1,0	1,1	0,0	2	0,55	-0,03	0,49 [*]
Produtividade (t ha ⁻¹)	4,5	4,2	2,7	8,1	1,5	33	0,83	-0,38	0,14 ^{ns}
Produtividade (kg planta ⁻¹)	1,6	1,5	0,8	3,1	0,6	36,4	0,80	-0,25	0,14 ^{ns}
Safr 2009/2010									
Número de Cachos	11	11	7	16	2,6	23	0,32	-0,83	0,14 ^{ns}
Massa do Cacho (g)	86	84	60	119	16	19	0,28	-0,95	0,10 ^{ns}
Massa da Ráquis (g)	5,2	5,1	3,0	10,1	1,5	28	1,16	2,50	0,11 ^{ns}
Ráquis/Cacho	6,1	6,0	4,2	9,6	1,2	20	1,16	1,64	0,14 ^{ns}
Comprimento do Cacho (cm)	14,2	13,7	11,3	18,3	1,7	12	0,41	-0,28	0,13 ^{ns}
Número de Bagas	93	94	58	132	19,1	20	0,02	-0,56	0,07 ^{ns}
Massa de 50 Bagas (g)	57,3	57,2	45,9	71,1	6,0	11	0,13	-0,61	0,08 ^{ns}
Altura da Baga (mm)	12,8	12,8	12,2	13,8	0,3	3	0,56	0,43	0,09 ^{ns}
Largura da Baga (mm)	12,3	12,3	11,8	13,1	0,3	3	0,68	0,10	0,11 ^{ns}
Altura/Largura	1,0	1,0	1,0	1,1	0,0	1	-0,32	-0,95	0,46 [*]
Produtividade (t ha ⁻¹)	2,6	2,7	1,3	4,6	0,8	30	0,37	0,04	0,09 ^{ns}
Produtividade (kg planta ⁻¹)	0,9	1,0	0,5	1,7	0,3	30	0,37	0,04	0,09 ^{ns}
Safr 2010/2011									
Número de Cachos	10	9	5	19	3,6	35	0,67	-0,35	0,14 ^{ns}
Massa do Cacho (g)	109	108	62	160	21	20	0,21	-0,19	0,10 ^{ns}
Massa da Ráquis (g)	4,2	4,1	2,5	5,8	0,7	17	0,22	0,06	0,11 ^{ns}
Ráquis/Cacho	3,9	3,9	3,2	4,6	0,4	10	0,00	-1,02	0,11 ^{ns}
Comprimento do Cacho (cm)	13,2	13,3	11,5	15,6	1,1	8	0,17	-0,63	0,13 ^{ns}
Número de Bagas	70	69	42	97	11,6	17	0,04	0,13	0,09 ^{ns}
Massa de 50 Bagas (g)	74,4	74,7	59,7	87,6	6,0	8	-0,34	0,19	0,13 ^{ns}
Altura da Baga (mm)	14,0	13,9	13,0	20,3	1,1	8	5,17	29,66	0,33 [*]
Largura da Baga (mm)	13,1	13,1	12,5	13,7	0,3	2	-0,16	-0,13	0,14 ^{ns}
Altura/Largura	1,1	1,1	1,0	1,5	0,1	7	5,88	35,28	0,33 [*]
Produtividade (t ha ⁻¹)	2,4	2,3	1,0	4,2	1,0	40	0,42	-0,89	0,09 ^{ns}
Produtividade (kg planta ⁻¹)	1,1	1,0	0,5	1,9	0,4	40	0,42	-0,89	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).

A massa de cacho variou de 84 a 122 g no Cambissolo Húmico e de 86 a 134 g no Cambissolo Háplico. Nas três safras e nos dois solos a variabilidade foi classificada como média com exceção da safra 2009/2010 no Cambissolo Húmico que teve alta variabilidade (Tabelas 16 e 17). A massa do cacho foi influenciada pelo comprimento do cacho, massa da ráquis, número total de bagas e massa de 50 bagas (Anexo 8). Em estudos com a variedade Cabernet Sauvignon na mesma empresa vinícola, Mafra (2009) observou variação para a massa de cacho de 120 a 128 g e Borghezani et al. (2011) observaram massa do cacho entre 91 a 109 g. Brighenti et al. (2011) trabalhando em Painel (SC) com a variedade Cabernet Sauvignon observaram massa de cacho variando entre 106 a 166 g.

Nos dois solos avaliados a massa da ráquis representou de 3,9 a 6,1% da massa dos cachos (Tabelas 16 e 17). A maior variação na massa do cacho foi de 22% observada na safra 2009/2010 (Tabela 16), classificada como alta (20 a 30%) no Cambissolo Húmico, possivelmente devido a maior incidência de doenças fúngicas, ocasionada pela alta pressão de patógenos, em decorrência do elevado volume e números de dias de chuva. Nas safras com maior volume de precipitação pluviométrica, em solos com drenagem deficiente, ocorre um microclima propício à incidência de doenças, o qual acarreta a má formação dos cachos, que reflete na sua massa final.

O número de bagas por cacho, a massa de 50 bagas, a largura das bagas tiveram distribuição normal; e a altura das bagas e a relação altura/largura das bagas tiveram distribuição diferente da normal nos dois solos ao longo das safras avaliadas (Tabelas 16 e 17).

O número de bagas por cacho variou de 70 a 102 no Cambissolo Húmico e 70 a 107 no Cambissolo Háplico, com variabilidade classificada em média a alta em ambos os solos (Tabelas 16 e 17). Parte desta variação foi atribuída aos maiores indicadores pluviométricos na fase de floração, que alteraram o percentual de frutificação efetiva. Rizzon & Miele (2002) avaliando a cultivar Cabernet Sauvignon em cinco safras no Rio Grande do Sul, observaram número de bagas por cacho de 110 e massa de cacho de 149 gramas. Chavarria et al. (2011) estudando a variedade Cabernet Sauvignon em diferentes tipos de solos em Bento Gonçalves (RS), observaram número de bagas de 79 e massa do cacho de 130 g no Neossolo e número de bagas de 162 e massa do cacho de 252 g no Argissolo, sendo diferença atribuída à restrição hídrica, que afetou os cachos. Em Painel (SC) Brighenti et al. (2011) observaram número de bagas por cacho de 124, com média variabilidade.

As bagas da variedade Cabernet Sauvignon são esféricas, pequenas a médias, com tamanho irregular, com película de espessura média, com alto teor de pruína e coloração escura (GIL & PSZCZÓLKOWSKI, 2007). A massa e as dimensões da baga da uva, com exceção da massa das bagas na safra 2009/2010, tiveram baixa variabilidade entre as safras (Tabelas 16 e 17), o que indica que as dimensões da baga são dependentes, principalmente, das características genéticas da variedade Cabernet Sauvignon, dados que corroboram com as afirmações de Rizzon & Miele (2002) e Chavarria et al. (2011).

A produtividade média estimada variou entre as safras de 2,3 a 5,6 t ha⁻¹ no Cambissolo Húmico e de 2,4 a 4,5 t ha⁻¹ no Cambissolo Háplico, com variabilidade alta e muito alta (Tabelas 16 e 17). Mafra (2009) observou rendimento médio para a variedade Cabernet Sauvignon de 7,5 t ha⁻¹ em um Cambissolo na safra 2007/2008 na mesma empresa e Borghezán et al. (2011), observaram produtividade de 5,5 t ha⁻¹ na safra 2005/2006 e de 3,7 t ha⁻¹ na safra 2006/2007. Brighenti et al. (2011) avaliando a variedade Cabernet Sauvignon sob porta enxerto Paulsen 1103 em Painel (SC), observaram produtividade de 10,5 t ha⁻¹ na safra 2007/2008 e de 6,7 t ha⁻¹ na safra 2008/2009, com média variabilidade (14 a 15%).

A produtividade da uva foi relacionada com os parâmetros de rendimento número de cachos, massa do cacho, massa da ráquis e números de bagas por cacho nos dois solos e com o comprimento do cacho no Cambissolo Húmico (Anexo 8). Entretanto, a menor produtividade nos talhões estudados em relação à média da região pode ser justificada, em parte, pelo desequilíbrio vegetativo deste vinhedo durante as safras antecessoras, que pode ter ocasionado aumento da produção de gemas inférteis, como relatado por Borghezán et al. (2011), sendo observado pela redução no número de cachos por planta. No Cambissolo Húmico variou de 1 a 9 t ha⁻¹, e no Cambissolo Háplico variou de 1 a 8 t ha⁻¹, o que comprova grandes diferenças nos atributos dos solos em cada ponto avaliado, já que os tratamentos culturais são realizados de forma padrão na cultura, embora possam existir pequenas diferenças, como por exemplo, na aplicação homogênea de produtos fitossanitários.

As variações anuais nas produtividades foram atribuídas aos fatores naturais não controlados (precipitação pluviométrica e temperatura) e aos fatores antrópicos (controle fitossanitário, poda e raleio), os quais alteraram a massa do cacho e o número de bagas por cacho. No Chile as empresas vinícolas trabalham com produção média de 10 a 12 t ha⁻¹. No Rio Grande do Sul, Chavarria et al. (2011) em pesquisa em uma empresa vinícola, observaram para a variedade Cabernet Sauvignon produtividade média entre 11 a 15 t ha⁻¹. Entretanto, no Planalto Sul Catarinense as empresas vinícolas trabalham com produtividade

média de 6 t ha⁻¹. Penter (2006) avaliando níveis de raleio de cachos da variedade Cabernet Sauvignon em Bom Retiro (SC), constatou que a produtividade recomendada para a variedade na região é de 7 t ha⁻¹ e não observou efeito do rendimento na qualidade dos compostos fenólicos da uva. As maiores produtividades no Chile em relação ao Planalto Sul Catarinense são atribuídas, principalmente, ao baixo volume de precipitação pluviométrica naquele país, o que acarreta menor incidência de doenças ao longo do ciclo reprodutivo da videira, além de diferenças no solo e no manejo da cultura. Assim, a produção de uva chilena tem menor custo de produção em relação às regiões produtoras de vinhos finos do sul do Brasil, que favorece a competição na venda de vinhos com menor valor de mercado e, em muitas vezes, com qualidade superior ao produto nacional.

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

As características físico-químicas da uva, com exceção do pH do mosto, tiveram distribuição normal nos dois solos e nas três safras avaliadas (Tabelas 18 e 19). Entre as safras os teores de sólidos solúveis (Brix°) variaram de 15,0 a 20,6 °Brix no Cambissolo Húmico e de 17,0 a 21,3° Brix no Cambissolo Háplico, com baixa variabilidade (CV < 10%) (Tabelas 18 e 19). Segundo Rosier (2006) na região do Planalto Sul Catarinense os teores de sólidos solúveis totais das uvas viníferas variam de 18 a 22 °Brix. Na safra 2008/2009 os teores de sólidos solúveis ficaram no intervalo normal para a região, o que demonstra boa adaptação da variedade Cabernet Sauvignon na região de São Joaquim, com elevada produção de açúcar, o que proporciona a produção de vinhos com alto teor alcoólico, sem a necessidade de chaptalização. Isso se deve ao clima de São Joaquim, que na média dos anos tem menor volume pluviométrico e decréscimo na temperatura noturna no período da colheita, os quais através da redução na taxa respiratória proporcionam maior acúmulo de carboidratos nas bagas e maturação fenológica completa dos cachos. Rizzon & Miele (2002) na Serra Gaúcha observaram teor de sólidos solúveis de 18° Brix para a variedade Cabernet Sauvignon. Falcão et al. (2008) e Borghezani et al. (2011) trabalhando com variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103 em São Joaquim (SC), observaram teores de sólidos solúveis com variação de 21,2 a 23,9 °Brix nas safras de 2004/2005 e de 2006/2007 respectivamente, com baixa variabilidade e, atribuíram o elevado °Brix a maturação fisiológica completa das uvas, ocasionada pelas baixas temperaturas noturnas e redução no volumes pluviométricos na fase da maturação.

A acidez titulável média variou de 128 a 203 meq L⁻¹ no Cambissolo Húmico e 125 a 174 meq L⁻¹ no Cambissolo Háplico (Tabelas 18 e 19). Segundo Rizzon & Miele (2002) acidez titulável de 120 meq L⁻¹ é adequada para a vinificação da variedade Cabernet Sauvignon, na qual ocorre considerável redução da acidez titulável, devido principalmente à salificação e precipitação do ácido tartárico e à fermentação malolática. A maior acidez foi atribuída à colheita antecipada das uvas (30 de março de 2010) e pela produção de ácido múlico que aparece em uvas afetadas por doenças fúngicas. Na região de São Joaquim (SC) Mafra (2009), Soccol et al. (2008) e Borghezian et al. (2011) observaram acidez titulável com variação de 70 meq L⁻¹ na safra 2007/2008 a 121 meq L⁻¹ na safra 2005/2006.

Tabela 18 – Estatística descritiva das características analíticas do mosto de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.

Característica	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
Safrá 2008/2009									
SS (°Brix)	20,6	20,5	19,0	23,3	0,8	4	0,81	3,63	0,14 ^{ns}
Acidez titulável (meq L ⁻¹)	128	129	114	155	10	8	0,73	0,31	0,09 ^{ns}
SS/Acidez titulável	21	21	18	29	2,2	11	1,04	2,41	0,11 ^{ns}
pH do Mosto	3,1	3,1	3,0	3,4	0,1	3	1,66	3,84	0,39 [*]
I280	43	42	21	61	8,2	19	-0,15	0,94	0,09 ^{ns}
Antocianinas (mg L ⁻¹)	746	764	474	854	90,2	12	-1,15	1,32	0,16 [*]
Taninos (mg g ⁻¹)	1,4	1,4	0,6	2,2	0,4	26	0,04	0,61	0,12 ^{ns}
Safrá 2009/2010									
SS (°Brix)	15,0	15,3	12,1	17,9	1,2	8	-0,35	0,75	0,10 ^{ns}
Acidez titulável (meq L ⁻¹)	203	201	146	253	27,6	14	-0,05	-0,90	0,11 ^{ns}
SS/Acidez titulável	11	10	7	17	2,2	21	0,71	0,79	0,14 ^{ns}
pH do Mosto	3,4	3,5	3,0	3,8	0,2	6	-0,64	-0,63	0,26 [*]
I280	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antocianinas (mg L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taninos (mg g ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Safrá 2010/2011									
SS (°Brix)	19,4	19,5	18,0	20,1	0,6	3	-0,75	-0,43	0,14 ^{ns}
Acidez titulável (meq L ⁻¹)	165	164	128	199	17,0	10	-0,20	-0,49	0,09 ^{ns}
SS/Acidez titulável	16	16	13	21	1,9	12	0,69	0,19	0,10 ^{ns}
pH do Mosto	2,9	2,9	2,9	3,1	0,1	2	1,10	1,36	0,41 [*]
I280	45	45	26	65	8,8	20	0,02	-0,28	0,06 [*]
Antocianinas (mg L ⁻¹)	860	864	784	918	23,4	3	-0,87	2,80	0,21 [*]
Taninos (mg g ⁻¹)	1,4	1,4	0,4	2,4	0,5	32	0,11	-0,17	0,07 ^{ns}

SS = sólidos solúveis (°Brix); SS/Acidez titulável = avaliada pela relação entre o teor de SS/Acidez titulável (meq L⁻¹); I280 = índice de polifenóis totais; 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).

A relação SS/Acidez titulável variou de 11 a 23 no Cambissolo Húmico e 14 a 23 no Cambissolo Háplico (Tabelas 18 e 19). Segundo Rizzon & Miele (2002) a utilização dessa relação como índice de maturação da uva deve ser feita com cautela, uma vez que o aumento no teor de açúcar nem sempre corresponde a igual redução da acidez titulável. Nas condições de cultivo da videira na Serra Gaúcha, Rizzon & Miele (2002) observam que as relações próximas a 28 são as mais indicadas para a variedade Cabernet Sauvignon. No Planalto Sul Catarinense Borghezani et al. (2011) observaram relação entre 25 e 27 com baixa variabilidade (7%).

Nas safras avaliadas o pH do mosto variou de 2,9 a 3,4 no Cambissolo Húmico e de 2,9 a 3,1 no Cambissolo Háplico, com baixa variabilidade ($CV < 10\%$) (Tabelas 18 e 19), a qual foi atribuída às características genéticas da uva. Fregoni (2005) relata que para a elaboração de vinhos tintos de qualidade o pH do mosto não deve ser superior a 3,2. Segundo Brighenti et al. (2011) o pH do mosto é importante no desempenho da fermentação malolática, no sabor, na estabilidade biológica e na coloração do vinho.

Em relação aos compostos fenólicos foi observada nas duas safras analisadas distribuição normal para o teor de taninos no Cambissolo Húmico e para o teor de antocianinas no Cambissolo Háplico (Tabelas 18 e 19). O índice de polifenóis totais (I280) variou entre 43 a 47 nas duas safras e nos solos avaliados (Tabelas 18 e 19). A variabilidade foi média (10 a 20%), o que pode ser atribuída ao equilíbrio entre atividade vegetativa e reprodutiva das videiras, como foi relatado por Gil e Pszczółkowski (2007). Segundo Hernández (2004) uvas com concentração de I280 entre 45 e 55 são destinadas à produção de vinhos jovens e inferiores a 40 são destinadas à produção de vinhos de baixa qualidade. Mafrá (2009) em São Joaquim na mesma empresa vinícola observou uvas com concentração de I280 de 63 na safra 2007/2008. Brighenti et al. (2011) em Paineiras (SC) observaram teores médios para I280 de 35 na safra 2007/2008 e 64 na safra 2008/2009, e relacionaram os resultados com o equilíbrio entre atividade vegetativa e reprodutiva da uva. Chavarria et al. (2011) em Bento Gonçalves observaram teores médios para o I280 de 15 em um Argissolo e de 37 em um Neossolo na safra 2008/2009, sendo os menores teores de I280 no Argissolo atribuídos à relação entre atividades vegetativas e reprodutivas das plantas, onde a maior disponibilidade hídrica do solo proporcionou maior crescimento vegetativo às videiras.

Os teores de antocianinas tiveram baixa variabilidade, com exceção da safra 2008/2009 no Cambissolo Húmico onde foi observada média variabilidade. Os teores médios

de antocianinas variaram de 764 a 864 mg L⁻¹ no Cambissolo Húmico e de 656 a 794 mg L⁻¹ no Cambissolo Háplico (Tabelas 18 e 19).

Tabela 19 – Estatística descritiva das características analíticas do mosto de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.

Característica	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
Safrá 2008/2009									
SS (°Brix)	21,3	21,4	19,7	22,7	0,8	4	-0,33	-0,62	0,14 ^{ns}
Acidez titulável (meq L ⁻¹)	125	127	97	145	12,8	10	-0,41	-0,33	0,13 ^{ns}
SS/Acidez titulável	23,2	22,8	17,9	29,0	2,8	12	0,63	0,06	0,14 ^{ns}
pH do Mosto	3,1	3,1	2,9	3,2	0,1	2	-0,68	1,24	0,36 [*]
I280	45	44	32	60	7,7	17	0,55	-0,58	0,18 [*]
Antocianinas (mg L ⁻¹)	656	669	479	791	59,7	9	-0,50	1,18	0,14 ^{ns}
Taninos (mg g ⁻¹)	1,6	1,6	1,0	2,3	0,4	23	0,58	-0,64	0,16 [*]
Safrá 2009/2010									
SS (°Brix)	17,0	17,0	13,4	21,5	1,7	10	0,07	0,45	0,08 ^{ns}
Acidez titulável (meq L ⁻¹)	169	165	112	243	29,0	17	0,45	0,30	0,10 ^{ns}
SS/Acidez titulável	14,1	13,8	7,7	22,3	3,3	24	0,52	0,14	0,12 ^{ns}
pH do Mosto	3,1	3,1	2,9	3,3	0,1	3	0,59	0,12	0,27 [*]
I280	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Antocianinas (mg L ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Taninos (mg g ⁻¹)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Safrá 2010/2011									
SS (°Brix)	20,1	20,2	18,0	21,9	0,8	4	-0,17	0,63	0,09 ^{ns}
Acidez titulável (meq L ⁻¹)	174	171	145	203	15,5	9	0,27	-0,46	0,11 ^{ns}
SS/Acidez titulável	15,7	15,8	12,5	20,3	1,8	12	0,33	-0,25	0,08 ^{ns}
pH do Mosto	2,9	2,9	2,7	3,1	0,1	3	0,61	1,50	0,26 [*]
I280	47	47	35	67	9,1	19	0,61	-0,23	0,09 ^{ns}
Antocianinas (mg L ⁻¹)	794	809	613	868	48,2	6	-1,57	4,30	0,14 ^{ns}
Taninos (mg g ⁻¹)	1,6	1,5	0,9	2,6	0,5	30	0,66	-0,26	0,11 ^{ns}

SS = sólidos solúveis (°Brix); SS/Acidez titulável = avaliada pela relação entre o teor de SS/Acidez titulável (meq L⁻¹); I280 = índice de polifenóis totais; 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).

A qualidade sensorial das uvas e dos vinhos está estreitamente relacionada com as antocianinas acumuladas nas bagas, que se inicia na virada de cor e acompanha o acúmulo dos açúcares (RIBÉREAU-GAYON et al., 1998). Segundo Gil e Pszczółkowski (2007) as variações nos teores de antocianinas e taninos em um vinhedo são irregulares, sendo afetadas por condições climáticas, presenças de doenças fúngicas, métodos de amostragem e métodos analíticos. Falcão et al. (2008) avaliando a variedade Cabernet Sauvignon em São Joaquim, observaram teores de antocianinas de 590 mg L⁻¹ na safra 2004/2005 e de 900 mg L⁻¹ na de

2005/2006. Brighenti et al. (2011) observaram para a variedade Cabernet Sauvignon em Painel (SC) teores médios de antocianinas de 802 mg L⁻¹ safra 2008/2009 e de 876 mg L⁻¹ na safra 2007/2008.

Os teores médios de taninos nas duas safras avaliadas foram de 1,4 mg g⁻¹ no Cambissolo Húmico e 1,6 mg g⁻¹ no Cambissolo Háplico, com variabilidade média e alta (Tabelas 18 e 19). Os taninos regulam a cor do vinho, que são importantes na definição do corpo do vinho, para o sabor, expressão das sensações gustativas de adstringências e para a conservação dos vinhos tintos. Hernández (2004) observa que os teores de taninos para elaboração de vinhos tintos de qualidade satisfatória devem ser superiores a 2 mg g⁻¹. Mafra (2009) trabalhando com Cabernet Sauvignon em São Joaquim (SC) em um Cambissolo observou teores médios de taninos de 2,4 mg g⁻¹ na mesma empresa vinícola, com baixa variabilidade (8%). Brighenti et al. (2011) observaram no município de Painel (SC) em um Nitossolo Bruno teores médios de taninos de 1,3 mg g⁻¹ na safra 2007/2008 e de 2,4 mg g⁻¹ na safra 2008/2009. Chavarria et al. (2011) observaram em Bento Gonçalves (RS) teores médios de taninos de 1,4 mg g⁻¹ em um Planossolo Háplico e de 1,6 mg g⁻¹ em um Neossolo Regolítico.

4.13 CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

A precipitação anual foi de 2.233 mm em 2008, 2.028 mm em 2009, 2.545 mm em 2010 e 2.261 mm em 2011, sendo maior que os considerados normais para o clima Cfb (1.360 a 1.600 mm) e também acima da média do município nos últimos 10 anos (1.907 mm – Fonte CIRAM-EPAGRI-2011). A temperatura média anual foi de 12,9 °C em 2008, 13,7 °C em 2009, 13,4 °C em 2010 e 13,1 °C em 2011, semelhante à média dos últimos 10 anos para o município, que foi de 13,6 °C (Tabela 20).

Das três safras avaliadas, a de 2009/2010 foi a que registrou a maior precipitação no período de brotação até a mudança na cor das bagas (1.657 mm de setembro a fevereiro) enquanto na safra de 2008/2009 foi de 1.265 mm e de 2010/2011 de 1.309 mm. No período de maturação da uva, também a safra de 2009/2010 teve maior precipitação do que as demais safras (Tabela 20). Com isso, foram observadas diferenças importantes na precipitação média anual entre as três safras avaliadas, nos períodos de floração e maturação da uva.

Em relação às temperaturas no período de setembro-fevereiro, a safra 2009/2010 teve as maiores temperaturas mínima (12,5 °C) e máxima (21,3 °C), o que, associado à maior

pluviosidade no período favoreceu a incidência de doenças na uva (Figura 22), o que se refletiu em diminuição de sua qualidade.



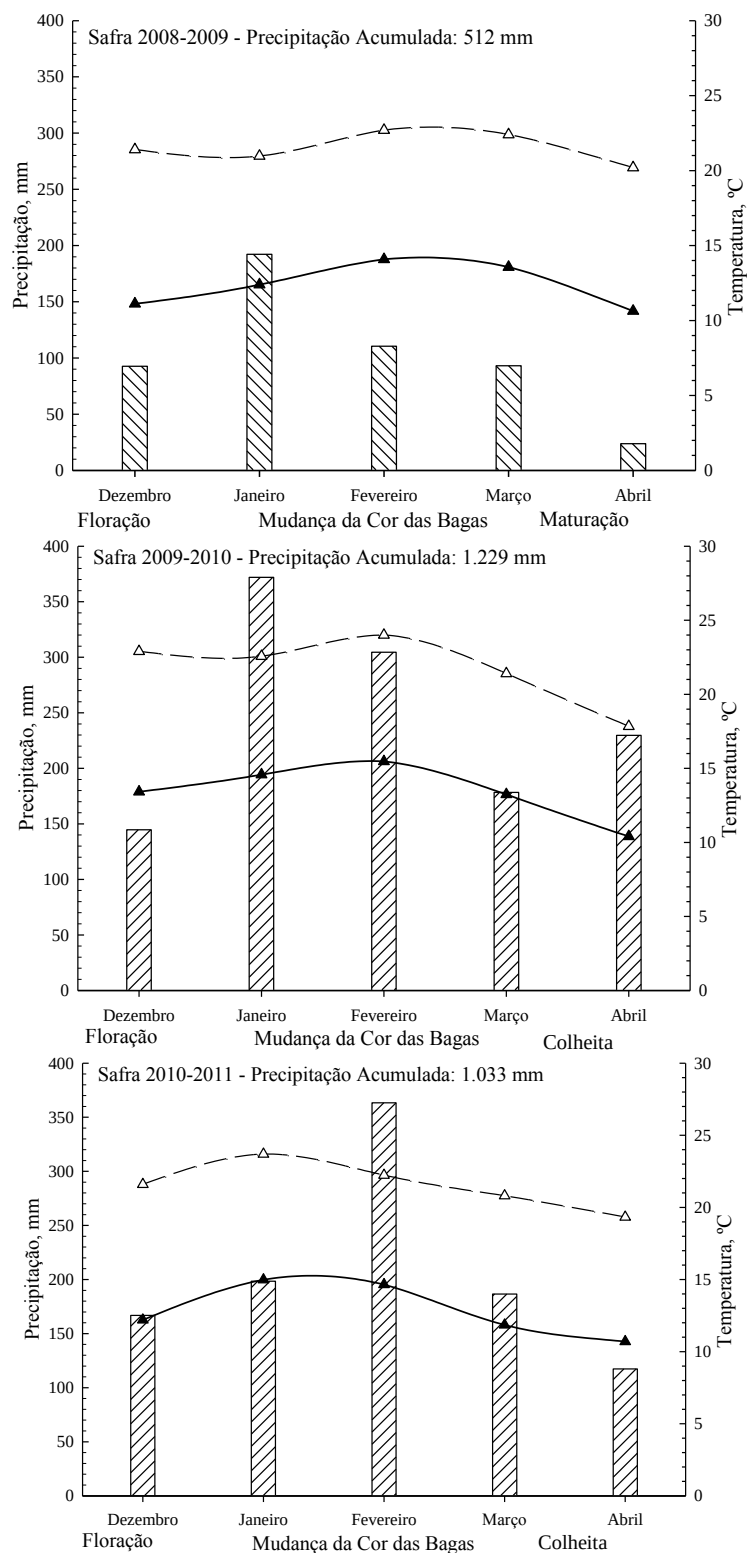
Figura 22 – Cachos de uva da variedade Cabernet Sauvignon afetados por doenças fúngicas na Safra 2009/2010 em um vinhedo comercial em São Joaquim (SC).

No período da colheita (abril) a safra 2008/2009 teve as maiores temperaturas mínima (10,6 °C) e a máxima (20,2 °C). A temperatura (mínima e máxima) seguiu a mesma tendência dos últimos 10 anos com crescimento gradativo de dezembro a janeiro-fevereiro e redução no período da colheita (março-abril) (Anexo 5). A diminuição da temperatura associada a menor precipitação no período da colheita da uva, observados nas safras de 2008/2009 e 2010/2011 (Figura 23) constituíram fatores adequados à maturação fenológica completa da uva, corroborando com Borghezani et al. (2011), condições não observadas na safra de 2009/2010, onde ocorreu maior volume de chuvas.

Tabela 20 - Precipitação e temperaturas médias nos períodos de brotação a mudança da cor das bagas (Setembro-Fevereiro) e no período maturação da uva (Março-Abril), São Joaquim (SC), 2011.

Safra	Precipitação (mm)			Temperatura Média (°C)		
	Set.-Fev.	Mar.-Abr.	Ano	Set.-Fev.	Mar.-Abr.	Ano
2008/2009	1.265	117	2.028	14,2	15,6	13,7
2009/2010	1.657	408	2.545	16,1	14,9	13,4
2010/2011	1.309	304	2.261	15,0	14,8	13,1
Safra	Temperatura Mínima Média (°C)			Temperatura Máxima Média (°C)		
	Set.-Fev.	Mar.-Abr.	Ano	Set.-Fev.	Mar.-Abr.	Ano
2008/2009	10,5	12,2	10,1	19,3	21,3	19,0
2009/2010	12,5	11,8	9,9	21,3	19,6	18,4
2010/2011	11,3	11,3	9,5	20,3	20,1	18,3

Set.-Fev. = Setembro-Fevereiro; Mar.-Abr. = Março-Abril; Dados pluviométricos fornecidos pelo CIRAN-EPAGRI, 2011.



Precipitação Mensal, mm
 Temperatura Mínima, °C
 Temperatura Máxima, °C
 Figura 23 - Precipitação mensal (mm), temperaturas (°C) mínima e máxima mensal nas safras 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 durante o ciclo reprodutivo da videira, São Joaquim (SC). Fonte: EPAGRI-CIRAM, 2011.

4.14 EFEITO SOLO X CLIMA SOBRE A PRODUTIVIDADE E AS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO CACHO DA UVA

Foi observada interação das variáveis: número de cachos, produtividade, altura e largura das bagas, entretanto para as duas últimas a interação foi baixa, assim será discutido apenas o efeito do clima, pois foi o fator preponderante (Tabela 21). O efeito do solo foi significativo para comprimento, massa dos cachos, massa da ráquis e massa de 50 bagas, entretanto com baixa percentagem da variância do modelo. A maior percentagem da variância foi explicada pelo fator clima, o mais importante para os atributos físicos dos cachos, das bagas e da produtividade da Cabernet Sauvignon (Tabela 21). Segundo a classificação de Silva (2003) a interação número de cachos por planta foi classificada como elevada e o comprimento do cacho, a massa do cacho e da ráquis tiveram ausência de correlação (Figura 24).

Tabela 21 – Percentagem da variância atribuída aos fatores solo, clima e a interação solo x clima para o número de cachos, características físicas dos cachos, características físicas das bagas e produtividade de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, no município de São Joaquim (SC), 2011.

	Solo	Clima	Solo x Clima
	%.....		
Número de Cachos	66 **	16 **	18 **
Comprimento do Cacho (cm)	17 **	77 **	6 ^{ns}
Massa do Cacho (g)	3 *	95 **	2 ^{ns}
Massa da Ráquis (g)	14 **	82 **	4 ^{ns}
Número de Bagas	0 ^{ns}	96 **	4 ^{ns}
Massa50Bagas (g)	5 **	93 **	2 ^{ns}
Altura da Baga (mm)	1 ^{ns}	93 **	6 **
Largura da Baga (mm)	0 ^{ns}	94 **	6 **
Produtividade (t ha ⁻¹)	7 **	85 **	8 **

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

O Cambissolo Húmico teve maior número de cachos por planta em relação ao Cambissolo Háplico em todos os anos, com diferenças maiores na safra 2008/2009 e 2010/2011, enquanto na safra 2009/2010 houve redução de 12 t ha⁻¹ no Cambissolo Húmico para 11 t ha⁻¹ no Cambissolo Húmico (Figura 24) o que pode ter influenciado a queda da produtividade neste solo.

No Cambissolo Húmico o que favorece o número de cachos é o menor pH do solo e dos teores Ca e Mg trocáveis (Tabela 6), explicado pelo efeito da calagem sobre a disponibilidade de nutrientes para a videira. Houve relação positiva com o volume de microporos e o armazenamento de água no solo (Anexo 15). Diferente do Cambissolo

Húmico, no Cambissolo Háplico nos pontos com pH mais elevado o número de cachos é maior (Anexo 16).

O comprimento dos cachos foi determinado pelos atributos do solo e pelas condições climáticas, que explicaram 17% e 77%, respectivamente, da variabilidade do modelo matemático (Tabela 21). O Cambissolo Húmico teve o menor comprimento dos cachos em relação ao Cambissolo Háplico, provavelmente devido a maior disponibilidade de água e nutrientes, que induziu a formação de maior número de gemas por ramo, de um maior número de cachos por planta, mas com menor comprimento. As safras 2008/2009 e 2009/2010 tiveram o maior comprimento do cacho em relação à safra 2010/2011. Segundo Fregoni (2005) os tamanhos finais do cacho são atribuídos aos fatores genéticos da cultivar. Entretanto, foi influenciado pelo tipo de solo e principalmente pela safra.

A massa do cacho e a massa da ráquis foram afetadas, principalmente, pelo clima (95% e 82% da variância do modelo), e em menor grau pelo fator solo (3% e 14% da variância do modelo) respectivamente (Tabela 21). Além do menor comprimento, a massa do cacho e a massa da ráquis foram menores no Cambissolo Húmico em relação ao Cambissolo Háplico. Assim, no solo com maior número de cachos, os demais atributos foram afetados negativamente.

A maior massa do cacho foi observada na safra 2008/2009 e a menor na safra 2009/2010 (Figura 24). Nesta última, com precipitação pluviométrica em excesso, se formou um microclima nas folhas e frutos, o qual estimulou a proliferação e o desenvolvimento de doenças, e diminuiu a massa dos cachos. Em São Joaquim (SC), Borghezian et al. (2011) também observaram redução na massa de cachos ocasionados pelo aumento de doenças fúngicas.

A massa da ráquis foi maior no Cambissolo Háplico e na safra 2008/2009 e menor nas demais safras (Tabela 22). A diferença da massa da ráquis entre as safras pode ser justificada pela influência do volume de precipitação pluviométrica.

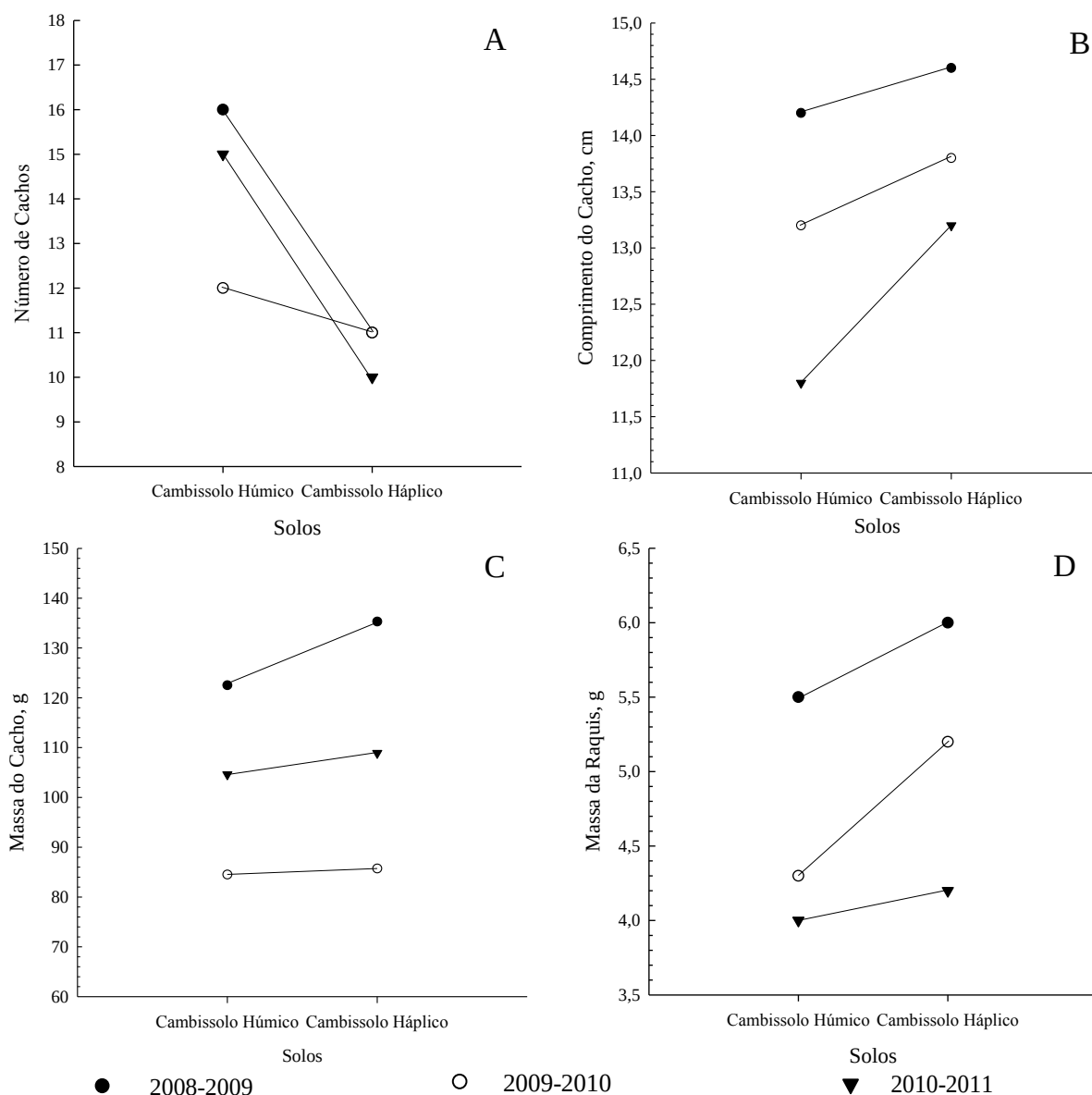


Figura 24 - Diferentes magnitudes da interação de dois fatores solo e clima nas características físicas da variedade Cabernet Sauvignon produzidas em São Joaquim (SC): (A) interação elevada e (B,C e D) ausência de interação.

O número de bagas por cacho foi afetada pelo fator clima (96%), enquanto a massa de 50 bagas foi pouco influenciada pelo fator solo (5%), mas principalmente pelo fator clima (93%). A interação altura e largura da baga foram classificadas em média (SILVA, 2003) (Figura 25). Em relação às dimensões da baga, apenas 6% da variância do modelo foi atribuída a interação, enquanto 93% e 94% foi devido ao clima (Tabela 21), fator que será considerado na discussão destas variáveis.

O número da bagas foi maior na safra de 2008/2009 e menor na safra de 2010/2011 (Tabela 22). Não houve efeito do solo nas dimensões das bagas, resultados que divergem daqueles obtidos por Fregoni (2005) e Van Leeuwen et al. (2009), que observaram menor

dimensão das bagas com a redução da disponibilidade de água no solo. A ausência do efeito do solo pode ser explicada pela redução do fluxo de seiva para as bagas via xilema após a mudança de cor das bagas, o que ameniza o efeito negativo do ácido abscísico sobre a expansão celular das bagas (DAVIES et al., 2000). Entretanto, neste solo a disponibilidade de água foi, geralmente, elevada, ou seja sem restrição para a formação e crescimento das bagas.

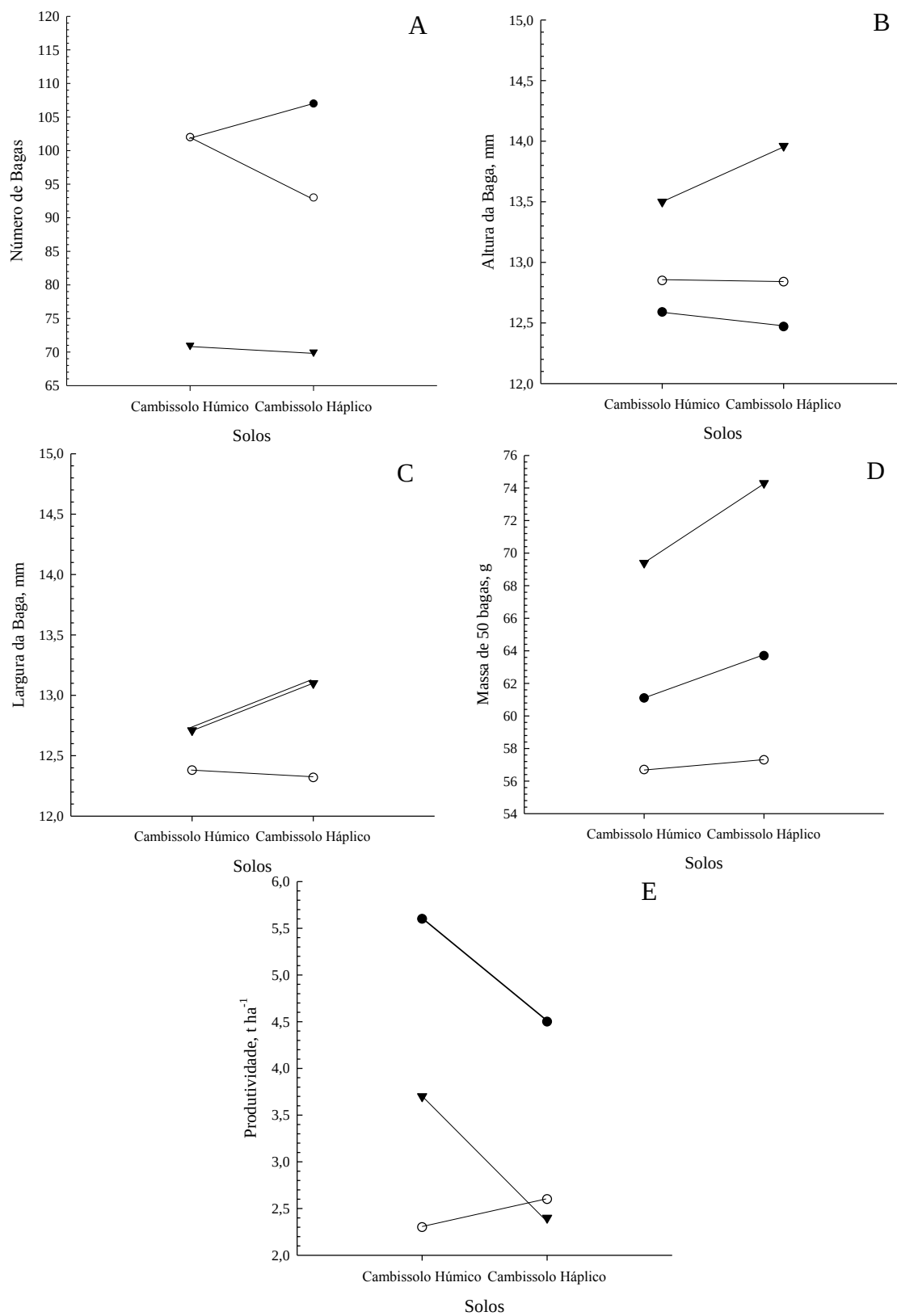
A maior influência do clima nas características físicas das bagas é explicada pela sua alta variabilidade temporal, caracterizada com altos volumes de precipitação pluviométrica no período da floração a mudança de cor das bagas, que em alguns anos acarretam o desavinho e incidência de doenças fúngicas.

Tabela 22 - Efeitos do solo e do clima no número de cachos, nas características físicas dos cachos, nas características físicas da baga e na produtividade de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, no município de São Joaquim (SC), 2011.

	Solo		Clima		
	CHúmico	CHáplico	2008/2009	2009/2010	2010/2011
Número de Cachos	15 a	11 b	14 a	12 b	13 ab
Comprimento do Cacho (cm)	13 b	14 a	14,4 a	14,0 a	12,5 b
Massa do Cacho (g)	104 b	110 a	128 a	85 c	107 b
Massa da Ráquis (g)	4,6 b	5,1 a	5,8 a	4,7 b	4,1 c
Número de Bagas	92 ns	90	104 a	98 b	70 c
Massa50Bagas (g)	62,4 b	65,1 a	62,4 b	57,0 c	71,9 a
Altura da Baga (mm)	13,0 ns	13,1	12,5 c	12,8 b	13,7 a
Largura da Baga (mm)	12,3 ns	12,4	11,7 c	12,4 b	12,9 a
Produtividade (t ha ⁻¹)	3,8 a	3,2 b	5,1 a	2,5 c	3,1 b

CHúmico = Cambissolo Húmico; CHáplico = Cambissolo Háplico. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste “t” ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

A massa de 50 bagas foi afetada, principalmente, pelo fator clima (93%) com menor efeito do fator solo (5%). O Cambissolo Húmico teve menor massa de 50 bagas em relação ao Cambissolo Háplico (Tabela 22), possivelmente pelo maior armazenamento de água no solo. A safra 2010/2011 teve a maior massa de 50 bagas e a safra 2009/2010 a menor. A redução da massa de 50 bagas foi acarretada pelo desenvolvimento de doenças fúngicas nos cachos (safra 2009/2010), devido ao elevado volume de precipitações pluviométricas ao longo do ciclo reprodutivo da videira, resultados corroboram os relatos de Borghezian et al. (2011). Ubalde et al. (2010) trabalhando com a variedade Cabernet Sauvignon em dois tipos de solos na Espanha, observaram que a massa das bagas foi afetada apenas pelo fator solo, que explicou 55% da variância total. Van Leeuwen et al. (2004) trabalhando em três solos na França, constataram que o fator solo explicou 31% e a cultivar 24% da variância significativa do modelo para a massa das bagas.



● 2008-2009 ○ 2009-2010 ▼ 2010-2011

Figura 25 - Diferentes magnitudes da interação de dois fatores solo e clima na produtividade e nas características físicas da variedade Cabernet Sauvignon produzidas em São Joaquim (SC): (A e D) ausência de interação; (B e C) interação média; (E) interação elevada.

A produtividade da videira teve efeito da interação solo x clima, classificada em elevada (Figura 25). Foi maior no Cambissolo Húmico na safra 2008/2009 em relação ao Cambissolo Háplico; na safra 2009/2010 não houve diferenças entre os solos; na safra 2010/2011 o Cambissolo Háplico teve maior produção em relação ao Cambissolo Húmico. No ano com maior pluviosidade a maior redução foi observada no Cambissolo Húmico, o qual tem restrições na drenagem do solo, a qual é deficiente em função do relevo, da declividade e do baixo grau de intemperismo da rocha. Além disso, deve ser considerado que anos em que a videira passa por algum “stress”, excesso ou falta de água ou frio excessivo na brotação, por exemplo, podem afetar a produtividade da safra seguinte, ou seja, o excesso de água na safra de 2009/2010 pode ter prejudicado a safra de 2010/2011, a qual teve clima favorável mas à produtividade da videira foi baixa.

Chavarria et al. (2011) avaliando as relações hídricas e qualidade de uvas Cabernet Sauvignon em três tipos de solo no Rio Grande do Sul na safra 2008/2009, constataram que a maior produtividade da uva foi no solo com maior disponibilidade hídrica (Planossolo).

A produtividade depende, principalmente, do número de cachos e da massa do cacho. Considerando a safra 2008/2009, a produtividade teve com o número de bagas e com a massa do cacho correlação positiva e forte no Cambissolo Húmico ($r = 0,84$ e $r = 0,82$, $n = 37$, $p < 0,01$) e no Cambissolo Háplico ($r = 0,72$ e $r = 0,72$, $n = 37$, $p < 0,01$) respectivamente. A variabilidade temporal da precipitação pluviométrica de São Joaquim (SC) acarreta em anos com excesso de dias de chuva da floração a colheita, a qual influencia o número de bagas por cacho e a massa dos cachos, atributos que alteram a produção e a composição da uvaproduzida. Borghezani et al. (2011) e Brighenti et al. (2011) também atribuíram as variações na produtividade entre as safras aos diferentes indicadores pluviométricos na região de São Joaquim (SC) e Painel (SC).

4.15 EFEITO SOLO X CLIMA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E COMPOSTOS FENÓLICOS DA UVA

4.15.1 Características físico-químicas da uva

Foi observada interação solo x clima para a acidez titulável e pH do mosto. O fator solo e o fator clima foram significativos para os sólidos solúveis (Tabela 23).

As condições de solo explicaram 6% e o clima 93% da variação do teor de sólidos solúveis (Tabela 23). Van Leeuwen et al. (2004) trabalhando com as variedades Merlot,

Cabernet Sauvignon e Cabernet Franc, em três tipos de solo na França, observaram que os atributos do solo explicaram 32% da variação do teor de sólidos solúveis (SS), 3% do pH do mosto, enquanto as variações climáticas explicaram 15% do teor de sólidos solúveis e 73% do pH do mosto. Ubalde et al. (2010) trabalhando com a variedade Cabernet Sauvignon em dois tipos de solos na Espanha, observaram que o solo explicou 30% da variação do teor de SS, enquanto as condições climáticas explicaram 40% da variação do SS, 65% da acidez titulável e 33% da variação do pH do mosto.

Tabela 23 – Percentagem da variância atribuída aos fatores solo e clima e a interação solo x clima para as características físico-químicas e para os compostos fenólicos de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, no município de São Joaquim (SC), 2011.

	Solo	Clima	Solo x Clima
		%	
SS (°Brix)	6 **	93 **	1 ns
Acidez (meq L ⁻¹)	3 **	86 **	11 **
pH do Mosto	18 **	69 **	13 **
I(280)	58 ns	41 ns	1 ns
Antocianinas (mg L ⁻¹)	28 **	71 **	1 ns
Taninos (mg g ⁻¹)	98 **	0 ns	2 ns

SS = sólidos solúveis; I(280) = índice de polifenóis totais; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ns não significativo ($p \geq 0,05$).

O maior teor de SS foi observado no Cambissolo Háptico e na safra de 2008/2009 e o menor teor na safra de 2009/2010.

Na safra 2008/2009, o teor de sólidos solúveis não teve relação com o pH do mosto, mas teve correlação negativa e regular com acidez titulável no Cambissolo Húmico ($r = -0,33$, $n = 37$, $p < 0,05$) e no Cambissolo Háptico ($r = -0,50$, $n = 37$, $p < 0,05$). Na safra 2010/2011 no Cambissolo Háptico foi observado entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável correlação negativa e forte ($r = -0,62$, $n = 37$, $p < 0,01$). Ubalde et al. (2010) não observaram correlação entre o teor de sólidos solúveis e o pH do mosto em experimento realizado na região da Catalunha na Espanha.

A disponibilidade de água no solo é a principal diferença que ocorre entre os dois solos e, provavelmente, a variável com maior efeito sobre a composição da uva. No Cambissolo Húmico o armazenamento de água foi maior ao longo das safras e, com o maior crescimento da parte aérea ocorre maior competição pelos sólidos solúveis, o que diminui seu teor nas bagas. Em relação ao fator clima, a maior amplitude térmica por noites frescas observadas na safra 2008/2009, favorece a concentração de açúcares nas bagas, com menores perdas por respiração e menor crescimento da parte aérea, o que favorece a concentração de

açúcares nas bagas e caracteriza a região de São Joaquim com condição de grande amplitude térmica, conforme foi relatado por Rosier et al. (2006) e Borghezán et al. (2011).

Tabela 24 - Efeitos do solo e do clima nas características físico-químicas e nos compostos fenólicos de uvas originadas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, no município de São Joaquim (SC), 2011.

	Solo		Clima		
	CHúmico	CHáplico	2008/2009	2009/2010	2010/2011
SS (°Brix)	18,4 b	19,4 a	20,9 a	16,1 c	19,8 b
Acidez (meq L ⁻¹)	166 a	156 b	126 c	186 a	170 b
pH do Mosto	3,2 a	3,0 b	3,1 b	3,3 a	2,9 c
I(280)	43,8 a	46,4 a	44,0 a	-	46,2 a
Antocianinas (mg L ⁻¹)	803 a	725 b	701 b	-	827 a
Taninos (mg g ⁻¹)	1,4 b	1,6 a	1,5 a	-	1,5 a

CHúmico = Cambissolo Húmico; CHáplico = Cambissolo Háplico; SS = sólidos solúveis; I(280) = índice de polifenóis totais. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste “t” ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

A acidez titulável regula o pH do mosto, que é de extrema importância no processo de fermentação malolática, para estabilização dos microrganismos e para a definição da cor do vinho (BRIGHENTI et al., 2011). As condições climáticas, principalmente a pluviosidade, afetou a acidez titulável e o pH do mosto (Figura 26). Apenas na safra 2009/2010 a acidez titulável diferiu entre os solos, tendo o Cambissolo Húmico 203 meq L⁻¹ e o Cambissolo Háplico 169 meq L⁻¹ (Figura 37). Nas demais safras não houve efeito do solo, com acidez média de 170 meq L⁻¹ em 2010/2011 e de 126 meq L⁻¹ em 2008/2009, anos com menor precipitação pluviométrica.

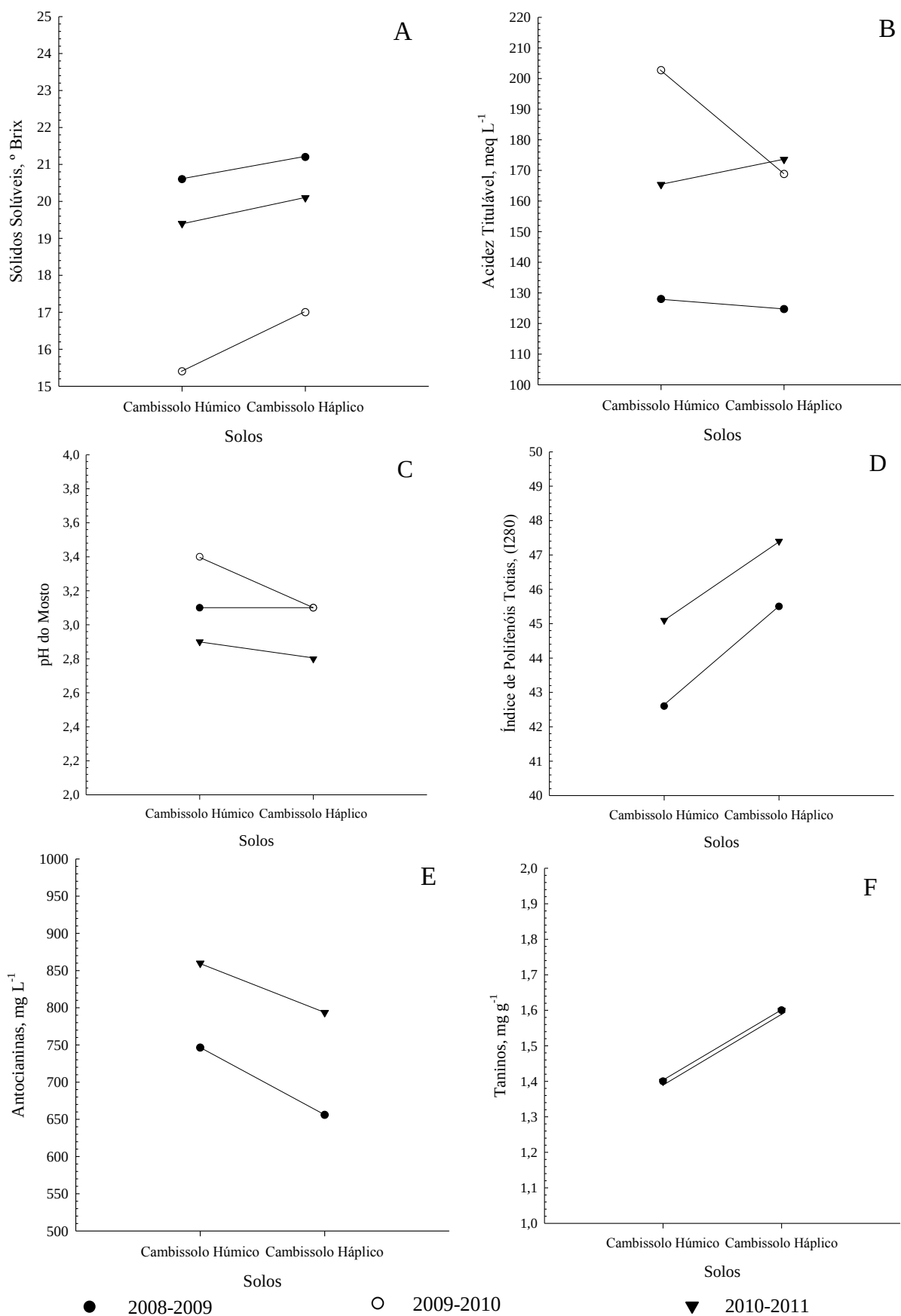


Figura 26 - Diferentes magnitudes da interação de dois fatores solo e clima na produtividade e nas características físico-químicas e nos compostos fenólicos da variedade Cabernet Sauvignon produzidas em São Joaquim (SC): (D, E e F) ausência de interação; (A) interação média; (B e C) interação elevada.

O pH do mosto teve as mesmas observações em relação a acidez titulável, com efeito do clima, possivelmente pela disponibilidade de água no solo (Tabela 23). No Cambissolo Húmico foi observado correlação positiva e regular ($r = 0,41$, $n = 37$, $p < 0,05$) entre o pH do mosto e o teor de K no solo. A relação positiva do pH do mosto é explicada parcialmente pela maior absorção de K pelas videiras em solos com alta disponibilidade de água. Rizzon & Miele, (2002) argumentaram que a maior concentração de K na baga acarreta a salificação do ácido tartárico, o qual provoca a elevação do pH do mosto e a diminuição da acidez titulável. O maior pH do mosto foi observado na safra 2009/2010, no Cambissolo Húmico, e o menor na safra 2010/2011. Rizzon & Miele (2006) trabalhando com a variedade Isabel de diferentes municípios da Serra Gaúcha, também observaram correlação positiva entre o pH do mosto e o teor de K no solo.

4.15.2 Compostos fenólicos da uva

Para o índice de polifenóis não foi observado efeito do solo e do clima, com teores que variaram entre 44 a 46 mg L⁻¹, tais uvas são destinadas à produção de vinhos para consumo jovem. No estudo de Ubalde et al. (2010), em dois solos da Espanha, observaram que o fator solo explicou 24% e o fator clima 64% da variância total dos teores de polifenóis totais. Chavarria et al. (2011) observaram incrementos nos teores de polifenóis totais nas uvas no solo com menor disponibilidade hídrica.

Para o teor de antocianinas o fator solo representou 28% e o fator clima 71% da variância total (Tabela 23). O Cambissolo Húmico teve os maiores teores de antocianinas em relação ao Cambissolo Háplico. O maior armazenamento de água no Cambissolo Húmico favoreceu o acúmulo de ácido abscísico (ABA), o qual afeta a expressão gênica (VvmybA1), cujo o produto controla a expressão de genes da síntese de antocianinas. Van Leeuwen et al. (2004) avaliando a influência do clima, solo e da cultivar no terroir na região de Bordeaux na França, observaram que para antocianinas o fator solo explicou 30% da variância total e o fator clima explicou 41%.

Em relação ao clima a safra de 2008/2009 teve o menor teor de antocianinas comparada à safra de 2010/2011. Na safra de 2008/2009, no Cambissolo Húmico foi observada correlação negativa e regular entre o teor de antocianinas e os teores de Ca²⁺ ($r = -0,46$, $n = 37$, $p < 0,05$) e Mg²⁺ ($r = -0,38$, $n = 37$, $p < 0,05$). No Cambissolo Háplico a correlação foi observada para os teores de Ca²⁺ ($r = -0,33$, $n = 37$, $p < 0,05$). A relação negativa é explicada pela calagem em excesso, a qual favoreceu maior disponibilidade de

cálcio e mágnesio no solo, o que diminuiu os teores de antocianinas nas bagas. Segundo Vitrac et al. (2000) a sacarose modula a biossíntese de antocianinas das células na cultura da videira (*Vitis vinifera* L.), e o Ca^{2+} age como inibidor na indução da biossíntese de antocianinas pelo açúcar.

Fregoni (2005) também observou relação negativa entre o teor de antocininas e o teor de Ca no solo. Danner et al. (2009) trabalhando com a aplicação de diferentes fontes de Ca no solo na variedade “Venus” no sudoeste do Paraná, não encontraram influência da aplicação de Ca no solo com o teor de antocianinas na uva e atribuíram isso ao alto coeficiente de variação dos resultados.

4.15.2.1 Efeito do clima nos compostos fenólicos da uva

Em relação às condições climáticas, o maior teor de antocianinas foi observado na safra 2010/2011, a qual teve menor temperatura máxima média na fase de maturação da uva (Mar.-Abr.), em relação à safra 2008/2009 (Tabela 20). O aumento das temperaturas diurnas durante o período de maturação, associadas ao excesso de insolação têm sido correlacionadas com uma queda nos níveis de antocianinas (BUTTROSE et al., 1971, SMART 1985, VAN LEEUWEN et al., 2004, REGULES et al., 2006). Isso explica o maior teor de antocianinas observados na safra 2010/2011 com menor temperatura do ar, maior nebulosidade e menor período de insolação em relação à safra 2008/2009. Van Leeuwen et al. (2004) constataram que as altas temperaturas do ar diminuem o acúmulo de antocianinas nas bagas. Ubalde et al. (2010) avaliando efeito do solo e do clima na variedade Cabernet Sauvignon na Espanha, constataram que o teor de antocianinas foi dependente das condições climáticas (92% da variância total), com maior teor no ano com menor precipitação pluviométrica e menor temperatura diurna. Em São Joaquim, Falcão et al. (2008) verificaram que o teor de antocininas foi afetado pelo clima, com menor teor no ano com maior precipitação pluviométrica no período de mudança de cor das bagas até a colheita.

4.15.2.2 Efeito do solo nos compostos fenólicos da uva

O teor de taninos na uva foi dependente apenas do fator solo (Tabela 24). O Cambissolo Háplico teve teores mais altos de taninos em relação ao Cambissolo Húmico, associados ao menor armazenamento de água, o que resultou em menor vigor das videiras e maior concentração de taninos nas uvas. Van Leeuwen e Seguin (1994), Van Leeuwen et al.

(2004), Koundouras et al. (2006) e Chavarria et al. (2011) também observaram maior teor de taninos nas bagas da uva em solos, cujas plantas foram submetidas a maior restrição hídrica. Ubalde et al. (2010) observaram que os teores de taninos foram afetados principalmente pelo clima (65%), com maior teor nos anos com maior precipitação pluviométrica, mas eles também foram afetados pelo solo (9%) com maior restrição hídrica, que favoreceu o acúmulo de taninos nas bagas.

Na safra 2010/2011 o teores de taninos tiveram correlação negativa e regular com os teores de antocianinas no Cambissolo Húmico ($r = -0,35$, $n = 37$, $p < 0,05$) e no Cambissolo Háplico ($r = -0,51$, $n = 37$, $p < 0,05$). Esta correlação negativa pode ser explicada pela dinâmica diferente entre os teores de taninos e antocianinas durante o amadurecimento da uva. Segundo Blouin e Guimberteau, (2004) durante a fase da maturação, as antocianinas aumentam regularmente, ao contrário dos teores de taninos, que atingem um máximo antes da mudança de cor das bagas e diminuem até a colheita. Ubalde et al. (2010) também observaram correlação negativa entre os teores de taninos e de antocianinas.

O menor armazenamento de água no Cambissolo Háplico foi associado à melhor maturação fisiológica (maior teor de sólidos solúveis totais e menor acidez titulável) e fenológica (maior teor de taninos e menor pH do mosto) 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.

5 CONCLUSÕES

Há variabilidade espacial dos atributos químicos e físicos nos dois Cambissolos classificada em média a alta para os atributos físicos e alta e muito alta para os atributos químicos.

O mapeamento dos atributos físicos e químicos do Cambissolo Húmico e do Cambissolo Háptico indica subáreas homogêneas, o que pode facilitar o manejo futuro dos solos nas linhas de plantio da videira.

Os dois solos têm dependência espacial, a qual varia em função do conteúdo de água armazenada, ou seja, quanto menor o armazenamento médio de água maior é o alcance da dependência espacial.

O armazenamento de água, nos dois solos tem padrão espacial estável ao longo do tempo, o que indica que os pontos com maior armazenamento em uma época terão maior armazenamento em outra, ocorrendo à mesma tendência para os pontos com menor armazenamento.

No Cambissolo Húmico a variabilidade do armazenamento de água é menor do que no Cambissolo Háptico e tem maior volume de água disponível para as videiras em São Joaquim, o que, em períodos de maior precipitação, pode afetar negativamente a composição da uva.

As características físicas e físico-químicas da uva são dependentes do solo e do clima, com efeito mais pronunciado do clima. O Cambissolo Háptico, com melhor drenagem produz uva com composição mais adequada à elaboração de vinhos finos, enquanto o Cambissolo Húmico em anos de maior pluviosidade tem a composição da uva afetada negativamente.

6 RECOMENDAÇÕES

Apesar de o fator solo influenciar em menor grau a produção e composição da uva Cabernet Sauvignon em São Joaquim (SC) é imprescindível à escolha do tipo e da posição do solo na toposequência para locar novos vinhedos, uma vez que, a videira é uma cultura perene e erros na implantação irão acarretar perdas no rendimento e influenciar a composição da uva por vários anos, ou até mesmo, diminuir a vida útil do vinhedo.

Recomenda-se a implantação de novos vinhedos em área com boa drenagem, onde não é observado o acúmulo de água no solo por longos períodos. Em relação às classes de solo predominantes no Planalto Sul Catarinense, recomenda-se aquelas com maior grau de desenvolvimento como os Nitossolos e os Cambissolos. Na classe dos Cambissolos predomina na região o Cambissolo Húmico e o Cambissolo Háplico, e também as associações Cambissolo Húmico + Neossolo Litólico e Cambissolo Háplico + Nitossolo Bruno, com variabilidade espacial natural horizontal e vertical.

O plantio da videira na associação Cambissolo Húmico + Neossolo Litólico, principalmente nos Neossolos, deve ser evitada, uma vez, que essa classe de solo tem menor grau de desenvolvimento e acarreta em anos com alta precipitação pluviométrica, maior volume de água armazenada por maior período no vinhedo. Nos anos com menor precipitação é observado menor armazenamento de água no solo, que acarreta déficit hídrico as videiras com queda no rendimento das uvas, e a permanência do déficit hídrico por período prolongado, ocorre à perda total dos cachos.

Após o preparo do solo a classe Cambissolo Háplico tem maior heterogeneidade em relação ao Cambissolo Húmico, apesar disso, as alterações dos atributos físicos do solo não causam redução no rendimento e na composição da uva. Assim, recomenda-se o plantio da uva no Cambissolo Háplico em relação ao Cambissolo Húmico, por ter melhor composição da uva para a vinificação, tais como: maior teor de sólidos solúveis, menor acidez titulável, menor pH do mosto e maior teor de taninos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: Solo: **Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 1986. 10 p.

ACAVITIS, Associação Catarinense dos Produtores de Vinhos Finos de Altitude. Disponível em: www.acavitis.com.br. Acessado em: 30 set. 2011.

AMARO FILHO, J. **Física do Solo – Conceitos e Aplicações**. Fortaleza. Imprensa Universitária, 2008, 290 p.

ALMEIDA, J.A.; KÄMPF, N. & ALMEIDA, R. Caracterização mineralógica de Cambissolos originados de rochas pelíticas nos patamares do alto rio Itajaí e no Planalto de Lages (SC). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 21:180-190, 1997.

ALMEIDA, J. A. ; ERNANI, P. R. ; MAÇANEIRO, K. C. Recomendação alternativa de calcário para solos altamente tamponados do Extremo Sul do Brasil. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 29, n. 4, p. 651-656, 1999.

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

ANDRIOTTI, J. L. S. **Fundamentos de estatística e geoestatística**. São Leopoldo: Unisinos, 2003. 165 p.

APCARIAN, A.; ECHENIQUE, M.C.; ARUANI, M.C. & REEB, P. Efecto de capas endurecidas de suelos sobre el potencial productivo de viñedos, Alto Valle de Río Negro, Patagonia, Argentina. **Agricultura Técnica (CHILE)** 66(1):70-79 (Enero-Marzo) 2006

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B & GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W & JONES, A., eds. Methods for assessing soil quality. Madison, **Soil Science Society of America**, 1996. P. 123-141 (SSSA Special Publication, 49)

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.

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F.A. & SILVA, A.L. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.4, p.398-405, abr. 2011.

BUTTROSE, M., HALE, C. & KLIEWER, W. Effect of temperature on the composition of Cabernet sauvignon berries, **American Journal of Enology and Viticulture**, 22, 71–75, 1971.

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.

BLOUIN, J. & GUIMBERTEAU, G. **Maduración y madurez de la uva**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 151 p. 2004.

BRAMLEY, R.G.V. **Progress in the development of precision viticulture – variation in yield, quality and soil properties in contrasting Australian vineyards**. In: ‘Precision tools for improving land management’ Eds. LD Currie and P Loganathan (Massey University Palmerston North, Fertilizer and Lime Research Centre) pp. 25-43. 2001.

BRAMLEY, R.G.V. Smarter thinking on soil survey. **The Australian and New Zealand Wine Industry Journal**, 18, 88-94, 2003.

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M & REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:605-614, 2006.

BRIGHENTI, A.F.; RUFATO, L.; KRETZSCHMAR, A.A. & SCHLEMPER, C. 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, E. & TONIETTO, J. 2004. O clima de São Joaquim para a viticultura de vinhos finos: classificação pelo Sistema CCM Geovitícola. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 18, Florianópolis. Florianópolis: SBF, 2004. 4p. (CD-ROM).

CAMARGO, M. N.; KLAMT, E. & KAUFFMAN, J. H. Classificação de solos usada em levantamentos pedológicos no Brasil. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, 12 (1): 11-33, 1987.

CAMARGO, E.C.G.; FUCKS, S.D.; CÂMARA, G. Análise espacial de superfícies. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.M.V. (Ed.). **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. p.79-122.

CAMPOS, M.C.C.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T.; MONTANARI, R. & SIQUEIRA, D.S.; Variabilidade espacial da textura de solos de diferentes materiais de origem em Pereira Barreto, SP. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.2, p.149-157, 2007.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T.B.; NOVAK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO, R.F & KONOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.58, p.1501- 1511, 1994.

CARTER, M.R. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. **Canadian Journal of Soil Science**, 70:425-433, 1990.

CARVALHO, J.R.P.; SILVEIRA, P.M. & VIEIRA, S.R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1151-1159, 2002a.

CARVALHO, M.P.; TAKEDA E.Y. & FREDDI, O.S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil - SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa - MG, v.27, n.4, p.695-703, 2003.

CARVALHO, G. J. ; CARVALHO, M. de P. e ; FREDDI, O. da S. ; MARTINS, M. V. .Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 765-771, 2006.

CASTELLARIN, S.D.; MATTHEWS, M.A.; DI GASPERO, G.; GAMBETTA, G.A. Water deficit accelerate ripening and induce changes in gene expression regulating flavonoid biosynthesis in grape berries. **Planta**. 227, 101–112 p, 2007.

COIPEL, J.; RODRIGUEZ-LOVELLE B.; SIPP, C. & VAN LEEUWEN, C. « Terroir » effect, as a result of environmental stress, depends more on soil depth than on soil type (*Vitis vinifera* L. cv. Grenache noir, Côtes du Rhône, France, 2000). **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin** 40, n°4, 177-185, 2006.

CHAVARRIA, G. **Ecofisiologia e fitotecnia do cultivo protegido de videiras cv. Moscato Giallo (*Vitis vinifera* L.)**. 2008. 136p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

CHAVARRIA, G.; BERGAMASCHI, H.; SILVA, L.C.; SANTOS, H.P.; MANDELLI, F.; GUERRA, C.C.; FLORES, C.A & TONIETTO, J. Relações hídricas, rendimento e compostos fenólicos de uvas Cabernet Sauvignon em três tipos de solo. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n. 3, p.481-487, 2011.

CHONE, X.; VAN LEEUWEN, C.; CHERY Ph. & RIBEREAU-GAYON P. Terroir influence on water status and nitrogen status of non-irrigated Cabernet-Sauvignon (*Vitis vinifera*): vegetative development, must and wine composition. **South African Journal of Enology and Viticulture**. 22, 2001. 8-15p.

CRESSIE, N. **Statistics for Spatial data**. New York: John Wiley, 1991. 900 p.

DAVIES, W. J.; BACON, M. A.; THOMPSON, D. S.; SOBEIH, W. & RODRIGUEZ, L. G. Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil: exploitation of the plants' chemical signaling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. **Journal of Experimental Botany**, Vol. 51, No. 350. WD Special Issue, pp. 1617–1626, September 2000.

DAL BÓ, M. A. Nutrição e adubação da videira. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 5, n. 4, p. 32-35, 1992.

DANNER, M. A.; CITADIN, I.; SASSO, S. A. Z.; ZARTH, N. A. & MAZARO, S. M. Fontes de cálcio aplicadas no solo e sua relação com a qualidade da uva Vênus. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p. 881-889, 2009.

DECAGON, **Decagon Devices, Inc.** 2008. 129 p. Disponível em: www.aqualab.com/assets/Manuals/AquaLab-4-Water-Activity-Meter-Manual.pdf. Acessado em: 22 out. 2011.

DELAS, J.; MOLOT, C. & SOYER, J. P. Effects of nitrogen fertilization and grafting on the yield and quality of the crop of *Vitis vinifera* cv. Merlot, in: RANTZ, J. (ed) Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wines, Davis: **American Society of Enology and Viticulture**, 1991

DIAS JUNIOR, M.S. & MIRANDA, E.E.V. Comportamento da curva de compactação de cinco solos da região de Lavras (MG). **Ciência Agrotecnica**, 24:337-346, 2000.

DORENBOS, J. & PRUIT, W.O. **Crop water requirements**. Roma: FAO, 1975. 179 p (FAO. Irrigation and Drainage, 24)

ECHENIQUE, M.C.; APCARIAN, A.; REEB, P.; ARUANI, M.C. Growth-yield relationship of grapevine cultivars on soils with hardened layers, Alto Valle of the Río Negro, southern wine-growing region of Argentina. **Agricultura Técnica (CHILE)** 67(3):262-270 (Julio-Septiembre) 2007.

EMBRAPA. **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento; normas em uso pelo SNLCS**. Rio de Janeiro, 1988b. 67 p. (EMBRAPA. SNLCS. Documentos, 11)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 46. **Solos do Estado de Santa Catarina**. 2004. 726 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília: DF. 2009. 627 p.

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

ERNANI, P.R. & ALMEIDA, J.A. Comparação de métodos analíticos para avaliar a necessidade de calcário dos solos do Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.10, p.143-150, 1986.

ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S. & BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, 2001.

ERNANI, P.R. **Química do solo e disponibilidade de nutrientes**. Lages: O Autor, 2008. 230 p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Soil Survey Division. Soil Conservation Service. Soil Survey Staff. Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soils surveys. 2.ed. Washington, 1999. 869 p.

FALCÃO, L.D. **Caracterização analítica e sensorial de vinhos Cabernet Sauvignon de diferentes altitudes de Santa Catarina**. Florianópolis. 2007. 175p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2007.

FALCÃO, L.D.; CHAVES, E.S.; BURIN, V.M.; FALCÃO, A.P.; GRIS, E.F.; BONIN, V. & LUIZ, M.T.B. Maturity of Cabernet Sauvignon berries from grapevines grown with two different training systems in a new grape growing region in Brazil. **Ciencia e Investigacion Agraria**. 35(3): 271-282, 2008.

FIGUEREDO, L.H.A.; DIAS JUNIOR, M.S. & FERREIRA, M.M. Umidade crítica de compactação e densidade do solo máxima em resposta a sistemas de manejo em um Latossolo Roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:487-493, 2000.

FITZPATRICK, R.W.; WRIGHT, M.J. & STEVENS, R.M. Drainage, sodicity and related problems of vineyard soils. **Eighth Australian Wine Industry Technical Conference**. pp. 38-44, 1993.

FONTES, M. P. F.; WEED, S. B. Phosphate adsorption y clays from Brazilian Oxisols: relationships whit specific surface área and mineralogy. **Geoderma**, v.72, p.377-51, 1996.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, Roma. [**Informações - Produção**]. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 30 set. 2011.

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)** 65(2):210-220 (Abril-Junio 2005)

FRÁGUAS, J.C. Videira: preparo, manejo e adubação do solo. Belo Horizonte-MG:EPAMIG. **Boletim Técnico**, 64. 16 p. 2002.

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

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

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

GIL, G.F.; PSZCZÓLKOWSKI, P. **Viticultura**: fundamentos para optimizar producción y calidad. Santiago: Ediciones Universidad Católica de Chile, 2007. 535 p.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M.V. & SILVA, A.P. Estabilidade temporal da distribuição espacial da umidade do solo em área irrigada por pivô central. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23 , 153-164, 1999.

GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V. & MATA, J. D. V. Análises exploratória e geoestatística da variabilidade de propriedades físicas de um Argissolo Vermelho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1149-57, 2001.

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

GOMES, J.B.V.; BOLFE, E.L.; CURI, N.; FONTES, H.R.; BARRETO, A.C.; VIANA, R.D. Variabilidade espacial de atributos de solos em unidades de manejo em área piloto de produção integrada de coco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32:2471-2482, 2008.

GUBIANI, P.I; REINERT, D.J. & REICHERT, J.M. Método alternativo para a determinação da densidade de partículas do solo - exatidão, precisão e tempo de processamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v36, n.2, p.664-668, mar-abr, 2006.

GUPTA, S.C & LARSON, W.E. Modeling soil mechanical behavior during tillage, In: Symposium on predicting tillage effects on soil physical properties and processes. (Eds: PUnger, DMVan Doren Jr, FDWhisler and ELSkidmore), **American Society of Agronomy, Spec.Publ.44**, p.151-178. 1982.

GUIMARÃES, R.M.L.; GONÇALVES, A.C.A.; TORMENA, C.A.; FOLEGATTI, M.V.; BLAINSKI, E. Variabilidade espacial de propriedades físico-hídricas de um Nitossolo sob a cultura do feijoeiro irrigado. **Engenharia. Agrícola.**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.657-669, jul./ago. 2010

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_Geoest/textos_gerais/apgeo1.pdf. Acessado em: 30 set. 2011.

GREGO, C. R. & VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 169-177, 2005.

GLORIES, Y. **La couleur des vins rouges. Les equilibres des anthocyanes et des tanins du Vin**. Bordeaux:Actualités, 1998.417 p.

HAMBLIN AP .The influence of soil structure on water movement, crop root growth, and water uptake. **Advances in Agronomy** 38, p.95-158. 1985.

HERNÁNDEZ, M.R. Medida del color de la uva y del vino y los polifenoles por espectrofotometría. In: **Curso de Viticultura para Aficionados en 20 lecciones**. Haro: La Rioja, 2004.

HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de solos, 1970. 231 p.

HUGLIN, P. **Biologie et Écologie de la Vigne**. Editions Payot, Lausanne, Paris. França. 1986. 372 p.

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 out. 2011.

ILAND, P.; BRUER, N.; EDWARDS, G.; WEEKS, S. & WILKES, E. **Chemical analyses of grapes and wine: Techniques and concepts**. Australia: Campbelltown, SA, 2004.48 p.

ISAAKS, E.H.; SRIVASTAVA, R.M. **An introduction to applied geostatistics**. New York: Oxford University Press, 1989. 561 p.

IWASAKI K, KADOYA, K & KURAOKA, T. Growth and nutrient adsorption of Dalaware grapes as affected by soil oxygen. IV. Comparison of the effect among different soil properties. **Journal of the Japanese Society of Horticultural Science** 35, 15-22.1966.

IQBAL, J et al. Spatial Variability Analysis of Soil Physical Properties of Alluvial Soils. **Soil Science Society of America Journal**. Vol. 69, July–August 2005.

JACKSON, MB. Ethylene and response of plants to soil waterlogging and submergence. **Annual Review of Plant Physiology** 36, 145-174. 1985.

KACHANOSKI, R.G. & DE JONG, E. Scale dependence and the temporal persistence of spatial patterns of soil water storage. **Water Resources Research**, 24:85-91, 1988.

KEMPER, W. D. & CHEPIL, W. S. Size distribution of aggregates. In: BLACK, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E. & CLARCK, F.E., eds. **Methods of soil analysis**. Part 1, Madison, American Society of Agronomy, 1965. p. 499-510.

KISHINO, A.Y.; COLUCCI, S.L. & ROBERTO, S.R. **Viticultura Tropical: o sistema de produção do Paraná**. Londrina.IAPAR.366 p. 2007.

KOBAYASHI, A.; IWASAKI, K. & SATO, Y. Growth and nutrient absorption of grapes as affected by soil aeration. 1. With non-boaring Delaware grapes. **Journal of the Japanese Society of Horticultural Science** 32, 33-37. 1963

KOUNDOURAS, S.; MARINOS, V.; GKOU LIOTI, A.; KOTSERIDIS, Y & VAN LEEUWEN, C. Influence of vineyard location and vine water status on fruit maturation of nonirrigated cv Agiorgitiko (*Vitis vinifera* L.). Effects on wine phenolic and aroma components. **Journal of Agricultural Food Chemistry** 54, 5077–5086. 2006.

KURTURAL, S. K. Vineyard site selection. Cooperative Extension Service. University of Kentucky – College of Agriculture.Horticulture Department.**HortFact**.3102. 7p. 2006. Disponível em: http://www.uky.edu/Ag/Horticulture/KF_31_02.pdf.Acessado em: 12 out.2012.

KURTURAL, S. K. Fertilization of Grapevines. Cooperative Extension Service.University of Kentucky – College of Agriculture.Horticulture Department.**HortFact**.3104. 6p. 2008. Disponível em: <http://www.uky.edu/Ag/Horticulture/grapefertilization.pdf>.Acessado em: 12out.2012.

KLEIN, V.A. & LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.26; p.857-867, 2002.

KLEIN, V.A.; JOSÉ M. REICHERT, J.M. & REINERT, D.J. Água disponível em um Latossolo Vermelho argiloso e murcha fisiológica de culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.3, p.646–650, 2006.

KLEIN, V.A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T. & MARCOLIN, C.D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com Psicrômetro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, p.1550-1556, jul, 2010.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo: UNESP, 1998. 226 p.

LANDIM, P.M.B. Introdução à análise estatística de dados geológicos multivariados. DGA,IGCE,UNESP/Rio Claro, Texto Didático 15, 229 p., 2010. Disponível em < <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/DIDATICOS/LANDIM/MULTIVAR.pdf>>. Acesso em:30 set.2011.

LANYON, D.M.; CASS, A. & HANSEN, D. **The effect of soil properties on vine performance** CSIRO Land and Water Technical Report N°. 34/04 54 p, 2004.

LEBON, E.; PELLEGRINO, A.; LOUARN, G. & LECOEUR, J. Branch development controls leaf area dynamics in grapevine (*Vitis vinifera*) growing in drying soil. **Annals Botany**, 98, 175-185 p, 2006.

LIBARDI, P.L.; PREVEDELLO, C.L.; PAULETTO, E.A.; MORAES, S.O. Variabilidade espacial da umidade, textura e densidade de partículas ao longo de uma transeção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, (SP), V. 10, nº 2, maio/ago. 1986.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: EDUSP, 2005. 335 p.

LIPIEC, J.; HÅKANSSON, I.; TARKIEWICZ, S. & KOSSOWSKI, J. Soil physical properties and growth of spring barley as related to the degree of compactness of two soils. **Soil and Tillage Research**, 19:307-317, 1991.

MACHADO, R.V.; BECEGATO, V.A.; RAFAELI NETO, S.R. & FIGUEIREDO, O.A.R. Variabilidade espacial de algumas propriedades físicas em três solos para duas profundidades. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p. 44-52, 2006.

MAFRA, M. S. H. **Estado nutricional, rendimento e qualidade de uva Cabernet Sauvignon em solos da Serra Catarinense**. Lages, SC. 2009. 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.; CASSOL, P.C.; MIQUELLUTI, D.J.; ERNANI, P.R.; GATIBONI, L.C.; FERREIRA, E.Z.; BARROS, M.; ZALAMENA, J. & GROHSKOPF, M. A. 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.

MANICA, I. & POMMER, C.V. **Uva: do plantio a produção, pós-colheita e mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 185 p, 2006.

MATTHEWS, M.; ISHII, R.; ANDERSON, M. & MAHONY, M.O. Dependence of wine sensory attributes on vine water status. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 51, 321–335. 1990.

MELO, G.W.B. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Uva para processamento produção. Frutas do Brasil, 34. **Solos** 45 -55 p. 2003. 134 p.

MELLO, L.M.R. Viticultura Brasileira: Panorama 2010. **[Economia]**. Disponível em: <http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/prodvit2010.pdf>. Acessado em: 30 set. 2011.

McBRATNEY, A.B. & WEBSTER, R. Choosing functions for semivariograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. **Journal Soil Science**. 37:617-639, 1986.

McGRAW. Soil test level variability in Southern Minnesota. Better crops, Potash & Phosphate Institute, **Norcross**.v. 78,nº 4,p 5-24,1994.

MORETI, D.; LIBARDI, P.; ROCHA, G.C.; LOVATTI, M.J. & AGUIAR, L.I.G. Avaliação espaço-temporal das armazenagens gravimétricas e volumétricas da água em um Latossolo com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 31 ,1281-1290, 2007.

MOTA, R.V.; REGINA, M.A.; AMORIM, D.A. & FÁVERO, A.C. Fatores que afetam a maturação e a qualidade da uva para vinificação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.234, p.56-64, 2006.

MYBURGH, P.A & MOOLMAN, J.H. Ridging - A soil preparation practice to improve aeration of vineyard soils. **South African Journal of Plant and Soil** 8, 189-193, 1991 a.

MYBURGH, P.A. & MOOLMAN, J.H. The effect of ridging on the soil water status of a waterlogged vineyard soil. **South African Journal of Plant and Soil** 8, 184-188, 1991b.

MYBURGH, P.A.; CASS, A. & CLINGELEFFER, P.R. Root systems and soils in Australian vineyards and orchards - an assessment. 1996 Barossa Valley Rotary Foundation

Fellowship Report. **CRC Soil & Land Management**, 1996a.

NORTHCOTE, K.H. Soil and Australian viticulture. In: ‘**Viticulture: Volume 1 Resources**’ Eds. BG Coombe and PR Dry (Winetitles, Adelaide) p. 61-90. 1988.

NOVAES FILHO, J.P.; SELVA, E.C.; COUTO, E.G.; LEHMANN, J.; JOHNSON, M.S. & RIHA, S.J.; Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na Amazônia Meridional. **Revista da Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.83-92, 2007.

OLIVEIRA, J.B.; JACOMINE, P.K.T. & CAMARGO, M.N. **Classes gerais de solos do Brasil: guia auxiliar para seu reconhecimento**. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201 p.

PANDOLFO, C.; HAMMES, L.A.; MACHADO, L.N.; MASSIGNAN, A.M.; SILVA, A.L. & VIEIRA, H.J. Mudanças climáticas e a área de produção da videira europeia (*Vitis vinifera* L.) no Estado de Santa Catarina. In: **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. 2009, Belo Horizonte - MG. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia.

PENTER, F. **Efeito do raleio de cachos na qualidade dos frutos da videira cv Cabernet Sauvignon produzida na serra catarinense**. Lages, SC. 2006.72 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC, 2006.

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

POMMER, C.V. Edição **Uva: tecnologia de produção, pós-colheita, mercado**. Porto Alegre: Editora Cinco Continentes, 2003. 778 p.

RAIJ, B.van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 285 p. (Boletim técnico, 100)

RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H. & QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agrônômico, 2001. 285 p.

REGINA, M.A.; FRÁGUAS, J.C.; ALVARENGA, A.A.; SOUZA, C. R; AMORIM, D.A.; MOTA, R.V. & FÁVERO, A.C. Implantação e manejo do vinhedo para produção de vinhos de qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.234, p.16-31, 2006.

REGULES, A.O.; CASCALES, I.R.; ROCA, J.M.L.; GARCIA, J.M.R. & PLAZA, E.G. Anthocyanin fingerprint of grapes: environmental and genetic variations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 86:1460–1467 (2006).

REICHARDT, K. & TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri: Manole, 2004. 478 p.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. Condições físicas de solos associadas à sua qualidade e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Revista Ciência & Ambiente**, 27:29-48, 2003.

REICHERT, J.M.; SUZUKI, L.E.A.S.; REINERT, D.J.; HORN, R. & KANSSON, I.H. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop, production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, 102:242-254, 2009.

RIBEIRO, G.M. **Características químicas, físicas e biológicas do solo em pomares de macieiras conduzidos nos sistemas orgânico e convencional de produção**. Lages, SC. 2003. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC 2003.

RIBERAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A. & DUBOURDIEU, D. **Traité d'œnologie. 2. Chimie du vin: stabilisation et traitements**. Paris: Dumond. V. 2, 1998. 519 p.

RIZZON, L.A. & MIELE, A. avaliação da cv. Cabernet Sauvignon para elaboração de vinho tinto. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 22(2): 192-198, maio-ago. 2002

RIZZON, L.A. & MIELE, A. Efeito da safra vitícola na composição da uva, do mosto e do vinho Isabel da Serra Gaúcha, Brasil. **Ciência Rural**, v.36, n.3, mai-jun, 2006.

ROBERTSON, G.P. GS+: Geostatistics for the environmental sciences (version 5.1 for windows) – **GS+ User's Guide**. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152p.

ROBY, G.; HARBERTSON, J.F.; ADAMS, D.A. & MATTHEWS, M.A. Berry size and vine water deficits as factors in winegrape composition: anthocyanins and tannins. **Australian Journal of Grape and Wine Research**. 10, 100–107. 2004.

ROCHA, G.C.; LIBARDI, P.L.; CARVALHO, L.A. & CRUZ, A.C.R. Estabilidade temporal da distribuição espacial da armazenagem de água em um solo cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29 , 41-50, 2005.

ROSA, J.D. **Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico e produtividade de videiras sob manejos de plantas de cobertura**. Lages, SC. 2008. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina. Lages, SC 2008.

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

SAMPAIO, F. M.T.; FERREIRA, M.M.; OLIVEIRA, M.S.; ALMEIDA, A.C. & JOSÉ, M.R. Variabilidade espacial da umidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob plantio direto. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.5, p.854-861, set./out, 2010.

SANTOS, G.A.S. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. In: BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e Função da Matéria Orgânica. 2008. Cap. 02. p.7-16.

SEGUIN, G. 'Terriors' and pedology of wine growing. **Experientia** 42, p.861-872, 1986.

SILVA, A.P. da; LIBARDI, P.L. & CAMARGO, O.A. Influência da compactação nas propriedades físicas de dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, 10:91-95, 1986.

SILVA, J.G.C. Estatística Experimental: **Análise Estatística de Experimentos**. Universidade Federal de Pelotas Instituto de Física e Matemática Departamento de Matemática, Estatística e Computação. Apostila. 2003. 319 p

SILVA, I.F & DOURADO NETO, D. **Princípios e Práticas da Ciência do Solo**. O Solo como um Recurso Natural. Editora Andrei – São Paulo, SP. 4ª Edição. 426 p. 2009.

SILVA, S.A.; LIMA, J. S.S.; XAVIER, A.C. & TEIXEIRA, M.M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:15-22, 2010.

SILVA, F. DE A. S. E. & AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat 7.6 Beta para o sistema operacional Windows. 2011.

SILVA, A.F.; QUARTEZANI, W.Z.; ZIMBACK, C.R.L. & LANDIN, P.M.B. **Aplicação da Geoestatística em Ciências Agrárias**. (Apostila de Curso). Botucatu-SP: UNESP-FEPAF, 2011, 136 p.

SIMÕES, W. L.; SILVA, E.L.; LIMA, D. M. & OLIVEIRA, M. S. Variabilidade espacial de atributos físicos de um Latossolo Vermelho Distroférrico, submetido a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 30:1061-1068, 2006.

SOARES, A. **Geoestatística para Ciências da Terra e do Ambiente**. Instituto Superior Técnico. Lisboa-Portugal. 2006. 214 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, Comissão de Química e Fertilidade do Solo. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10ª edição Porto Alegre, 2004. 394 p.

SOCCOL, M.C.H.; IDE, G.M.; SILVA, L.C. & FICAGNA, P.R. Comparação de parâmetros físico-químicos durante a vinificação de uvas Cabernet Sauvignon, produzidas em Lages e São Joaquim. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.7, n.1, p. 54-60, 2008.

SOUZA, J.S.I. **Uvas do Brasil**. Piracicaba: FEALQ, 791 p, 1996.

SOUZA, L.S; COGO, N.P. & VIEIRA, S.R. Variabilidade de propriedades físicas e químicas do solo em um pomar cítrico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 21:367-372, 1997.

SOUZA, Z.M.; SILVA, M.L.; GUIMARÃES, G.L.; CAMPOS, D.T.S. & CARVALHO, M.P. PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Latossolo Vermelho Distrófico sob semeadura em Selvíria (MS). **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v.25, n.3, p.699-707, jul./set. 2001.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria. ISSN 0103-8478. 2010

SUZUKI, L.E.A.S.; REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & LIMA, C.L.R. Grau de compactação, propriedades físicas e rendimento de culturas em Latossolo e Argissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 42:1159-1167, 2007.

SMART, R.E. Aspects of water relations of the grapevine (*Vitis vinifera*). **American Journal of Enology and Viticulture** 25, p.84-91, 1974.

SPAYD, S.; WAMPLE, R.; STEVENS, R.; EVANS, R. & KAWAKAMI, A. Nitrogen fertilization of white Riesling grapes in Washington. Effects on petiole nutrient concentration, yield, yield components, and vegetative growth. **American Journal Enology and Viticulture**, 44: 378–386, 1993.

SPAYD, S.; WAMPLE, R.; EVANS, R.; STEVENS, R.; SEYMOUR, B. & NAGEL, C. Nitrogen fertilization of White Riesling grapes in Washington. Must and wine composition. **American Journal Enology and Viticulture**, 45: 34–4, 1994.

STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B. & VILAR, O.M. **Ensaio de laboratórios em mecânica dos solos**. São Carlos: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, 1981. 208 p.

SYSTAT Software. SigmaPlot 11. San Jose, Califórnia, 2008.

TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M. & PARKER, J.J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, New York, v.102, p.18-22, 1966.

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.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. & SÁ, J. C. M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 301-309, 1998.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S. & UEHARA, G. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, v.38, p.45-94, 1985.

TRANGMAR, B. B. & SUDJADI, M. Spatial variation of soil properties and rice yield on recently cleared land. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v. 51, n. 3, p. 668-74, 1987.

TURATTI, A.L. & REICHARDT, K. Variabilidade do armazenamento de água em terra roxa estruturada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 15:253-257, 1991.

UBALDE, J.M; SORT, X.; ALICIA ZAYAS, A & POCH, R.M. Effects of Soil and Climatic Conditions on Grape Ripening and Wine Quality of Cabernet Sauvignon. **Journal of Wine Research**, 21:1, 1-17. 2010.

VAN HUYSSEEN, L. Interpretation and use of penetrometer data to describe soil compaction in vineyards. **South African Journal of Enology and Viticulture** 4, 59-65, 1983.

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* variété Cabernet Franc, Saint Emilion 1990). **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin** 28: 81–110, 1994.

VAN LEEUWEN, C.; FRIANT, Ph.; SOYER, J.-P.; MOLOT, C.; CHONE, X. & DUBOURDIEU, D. L'intérêt du dosage de l'azote total et l'azote assimilable dans le moult comme indicateur de la nutrition azotée de la vigne, **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, 34, 75–82, 2000.

VAN LEEUWEN, C.; FRIANT, Ph.; CHONE', X.; TRE' GOAT, O.; KOUNDOURAS, S. & DUBOURDIEU, D. The influence of climate, soil and cultivar on terroir, **American Journal of Enology and Viticulture**, 55, 207–217, 2004.

VAN LEEUWEN, C. & SEGUIN, G. The Concept of Terroir in Viticulture. **Journal of Wine Research**, Vol. 17, Nº. 1, 1–10 p, 2006.

VAN LEEUWEN, C.; TREGOAT, O.; CHONÉ, X.; BOIS, B.; PERNET, D. & GAUDILLÈRE, J.P. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red Bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, 43, nº3, 121-134, 2009.

VIEIRA, S.R.; NIELSEN, D.R. & BIGGAR, J.W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.45, n.5, p.1040-1048. sep./oct. 1981.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R. & BIGGAR, J.W. Geoestatistical theory and applications to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, v. 51, n.3, p.1- 75, 1983.

VIEIRA, S.R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um Latossolo Roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v.56, n.1, p.181- 190, 1997.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R.F., ALVAREZ, V.H., SCHAEFER, G.R. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1, 2000. p. 1-54.

VIEIRA, S.R.; MILLETE, J.; TOPP, G.C. & REYNOLDS, W.D. Handbook for geoestatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V.V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, J.M. **Tópicos em Ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.2, 2002. p.1-45.

VIEIRA, S.R.; GARCIA, M.A.G.; GONZÁLEZ, A.P. & SIQUIERA, G.M. Variabilidade espacial e temporal do teor de água do solo sob duas formas de uso. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.181-190, 2010.

VIÑEIRA, M.; LARA, M.; CORDERO, J.; VALCÁRCEL, M. C. & GARCIA de LUJAN, A. Contribución al conocimiento de variedades de vinificación em Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. **Colección Informaciones Técnicas 1996**, Publicación de la Dirección General de Investigación Agrária. Espanha. 87 pp. 1996.

VITRAC, X.; LARRONDE, F.; KRISA, S.; DECENDIT, A.; DEFFIEUX, G. & MÉRILLON, J.M. Sugar sensing and Ca²⁺-calmodulin requirement in *Vitis vinifera* cells producing anthocyanins. **Phytochemistry**, London, v.53, n.6, p.659-665, 2000.

XU, X.; NIEBER.; J. L. & GUPTA, S.C. Compaction effect on the gas diffusion coefficient in soils. **Soil Science Society of America Journal**. 56:1743-1750, 1992.

ZANETTI, S.V.; SAMPAIO, S.C.; SILVESTRE, M.G.; BOAS, M.A.V.; URIBE-OPAZO, M.A.; QUEIROZ, M.M.F. Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 11 ,239-274, 2007.

ZARDO, K. **Vitivinicultura de precisão aplicada à produção e qualidade de uva *pinot noir* no Rio Grande do Sul**. Santa Maria, RS. 2009. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, RS. 2009.

ZSOFIA, Z.; GAL, L.; SZILAGYI, Z.; SZU" C.S. E.; MARSCHALL, M.; NAGY, Z. & BALO, B. Use of stomatal conductance and pre-dawn water potential to classify terroir for the grape variety Kekfrankos. **Australian Journal of Grape and Wine Research**. 15, 36–47, 2009a.

ZSOFIA, Z.; TOTHA, E.; RUSJANB, D. & BALOA, B. Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: Relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. **Scientia Horticulturae**. 127, 494–499 p, 2011.

WESTPHALEN,S.L & MALUF, J.R.T. Caracterização das Áreas Bioclimáticas para o cultivo de *Vitis vinifera* L. EMBRAPA. Brasília, DF. 2000. 98 p.

WHITE, R.E. **Understanding Vineyard Soils**. Oxford University Press. 230 p. 2009.

ANEXOS

Anexo 1 - Caracterização química, granulometria e teor de carbono orgânico total em um Cambissolo Húmico Alumínico típico em um vinhedo comercial, São Joaquim (SC), 2011.

Análises típicas em um vinhedo comercial, São Joaquim (SC), 2011.											
Horiz.	Prof.	pH		Índice	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg
	cm	Água	CaCl ₂	SMP	mg kg ⁻¹			cmol _c kg ⁻¹			
Ap	0-15	5,3	5,0	4,7	6,8	55	8	19,0	0,6	7,3	1,5
Ap2	15-33	5,2	4,9	4,7	4,8	53	7	19,0	0,6	7,9	1,2
AB	33-50	4,9	4,7	4,4	1,6	37	5	17,9	3,2	1,8	0,5
BC	66+	4,5	4,5	4,1	0,1	21	5	12,5	4,8	1,0	0,2
Horiz.	Prof.	Areia Fina		Areia Grossa		Silte	Argila	CO	Classe Textural		
	cm	g kg ⁻¹									
Ap	0-15	40		110		530	330	78	Argila Siltosa		
A	15-33	40		110		570	280	91	Franco Argilo Siltoso		
AB	33-50	40		310		270	380	47	Argila		
BC	66+	30		70		260	640	35	Muito Argiloso		

Horiz. = horizonte pedológico, cm; Prof. = profundidade, cm

Anexo 2- Caracterização química, granulometria e teor de carbono orgânico total em um Neossolo Litólico Húmico típico próximo ao vinhedo comercial, São Joaquim (SC), 2011.

Análise típica próxima ao vinhedo comercial, São Joaquim (SC), 2011.											
Horiz.	Prof.	pH		Índice	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg
	cm	Água	CaCl ₂	SMP	mg kg ⁻¹			cmol _c kg ⁻¹			
A	0-20	4,7	4,2	4,4	5,4	45	6	18	4,6	1,5	0,8
Horiz.	Prof.	Areia Fina		Areia Grossa		Silte	Argila	CO	Classe Textural		
	cm	g kg ⁻¹									
A	0-20	40		70		640	260	81	Franco Argilo Siltoso		

Horiz. = horizonte pedológico, cm; Prof. = profundidade, cm

Anexo 3 - Caracterização química, granulometria e teor de carbono orgânico total em um Cambissolo Háplico Alítico típico adjacente ao vinhedo comercial, São Joaquim (SC), 2011.

Índice após adjacência do vinhedo comercial, São Joaquim (SC), 2011.											
Horiz.	Prof.	pH		Índice	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg
	cm	Água	CaCl ₂	SMP	mg kg ⁻¹			cmol _c kg ⁻¹			
A1	0-10	5,2	4,9	5,1	2,1	84	0	11,9	0,3	4,0	1,4
A2	10-34	4,6	4,6	4,3	0,6	48	0	14,8	7,0	1,6	0,3
B	34-60	4,8	4,7	3,9	1,2	46	0	15,8	10,1	1,8	0,4
Cr	60-80	4,6	4,6	3,6	0,2	72	2	19,7	17,3	5,0	1,6
C	80+	4,6	4,5	3,6	0,6	86	5	21,8	21,1	7,2	2,6
Horiz.	Prof.	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila	CO	Classe Textural				
	cm	g kg ⁻¹									
A1	0-10	70	190	340	400	70	Argila				
A2	10-34	50	180	280	490	44	Muito Argiloso				
B	34-60	50	110	320	510	25	Muito Argiloso				
Cr	60-80	60	40	560	340	17	Argila Siltosa				
C	80+	70	20	820	90	12	Franco Siltoso				

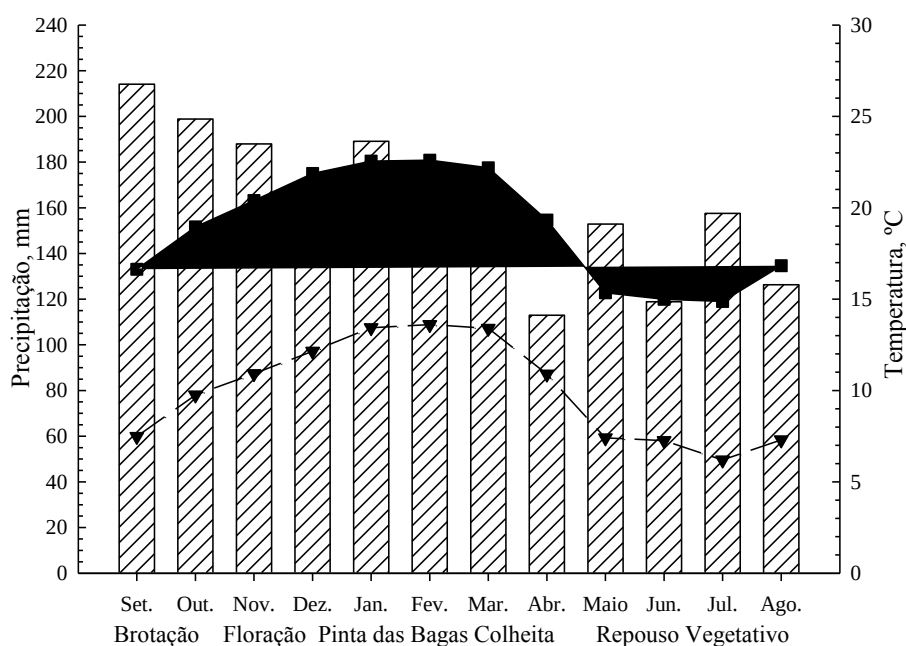
Horiz. = horizonte pedológico, cm; Prof. = profundidade, cm

Anexo 4 - Caracterização química, granulometria e teor de carbono orgânico total em um Nitossolo Bruno Distroférrico típico adjacente a um vinhedo comercial, São Joaquim (SC), 2011.

Horiz.	Prof.	pH			P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg
	cm	Água	CaCl ₂	SMP	mg kg ⁻¹			cmol _c kg ⁻¹			
A	0-29	4,7	4,6	4,6	3,9	97	10	16,1	3,4	1,2	0,2
AB	29-53	4,7	4,6	4,7	0,2	24	4	11,9	2,4	0,5	0,1
BA	53-75	4,7	4,6	4,7	1,0	14	0	11,3	2,6	0,3	0,1
B	75+	4,8	4,7	4,4	1,0	19	0	11,6	3,6	0,4	0,1
C		4,8	4,7	4,3	1,0	17	0	11,3	4,2	0,4	0,1

Horiz.	Prof.	Areia Fina	Areia Grossa	Silte	Argila	CO	Classe Textural
	cm	g kg ⁻¹					
A	0-29	50	120	310	520	76	Muito Argiloso
AB	29-53	40	130	290	540	47	Muito Argiloso
BA	53-75	50	60	290	600	30	Muito Argiloso
B	75+	40	50	240	670	29	Muito Argiloso
C		70	30	400	500	16	Muito Argiloso

Horiz. = horizonte pedológico, cm; Prof. = profundidade, cm



Precipitação, mm
 Temperatura Mínima, °C
 Temperatura Máxima, °C

Anexo 5 - Precipitação (mm) e evolução das temperaturas mínimas e máximas em São Joaquim-SC durante o ciclo vegetativo da cultivar Cabernet Sauvignon, médias dos últimos 10 anos (2001-2010) Fonte: CIRAM-EPAGRI, 2011.

Anexo 6 – Saturação por Ca, Mg e K na CTC em um Cambissolo Húmico em um vinhedo comercial, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

Atributo	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
0-15 cm									
Ca	63,8	65,1	15,1	23,6	18,1	89,7	-1,29	2,03	0,17 [*]
Mg	16,3	16,4	4,4	26,9	4,8	24,6	-0,75	1,31	0,12 ^{ns}
K	2,2	2,1	1,2	56,1	0,7	5,0	0,75	-0,44	0,15 [*]
15-30 cm									
Ca	58,7	67,1	22,4	38,2	4,5	90,5	-1,00	0,17	0,16 [*]
Mg	15,0	16,3	5,7	38,0	0,6	23,6	-1,16	0,95	0,18 [*]
K	0,9	0,9	0,5	52,2	0,4	2,9	2,11	6,20	0,16 [*]

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; Ca = saturação por cálcio, %; Mg = saturação por magnésio, % e K = saturação por potássio, %.

Anexo 7 – Saturação por Ca, Mg e K na CTC em um Cambissolo Háplico em um vinhedo comercial, nas camadas 0-15 e 15-30 cm, São Joaquim (SC), 2011.

Atributo	Média	Mediana	Valores		Desvio Padrão	Coeficiente			K-S
			Mín.	Máx.		CV	Assim.	Curt.	
0-15 cm									
Ca	40,8	41,4	14,3	35,1	2,4	19,3	65,0	0,01	0,10 ^{ns}
Mg	11,0	11,8	4,6	41,9	0,8	3,0	19,8	-0,21	0,11 ^{ns}
K	1,0	0,8	0,6	58,9	0,1	0,3	2,5	1,21	0,22 [*]
15-30 cm									
Ca	40,7	39,7	14,7	36,2	2,4	19,5	70,5	0,10	0,11 ^{ns}
Mg	11,0	10,4	5,3	47,9	0,9	2,7	20,0	0,04	0,12 ^{ns}
K	0,5	0,4	0,3	63,4	0,1	0,2	1,5	1,77	0,20 [*]

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; Ca = saturação por cálcio, %; Mg = saturação por magnésio, % e K = saturação por potássio, %.

Anexo 8 - Correlação entre o número de cachos, produtividade e as características físicas do cacho, de plantas da variedade Cabernet Sauvignon média de três safras, São Joaquim (SC), 2011.

	Número Cacho	Prod.	Massa do Cacho	Massa da Ráquis	Comp. Cacho	Número Bagas	M 50 bagas	Alt. Baga	Larg. Baga
Cambissolo Húmico									
Produtividade	0,84**								
Massa do Cacho	0,42*	0,82**							
Massa da Ráquis	0,30*	0,58*	0,72**						
Comp. Cacho		0,34*	0,44*	0,69**					
Nº Bagas			0,37*	0,63**	0,73**				
Massa de 50 bagas		0,42*	0,47*			-0,40*			
Alt. Baga						-0,38*	0,67**		
Larg. Baga							0,50*	0,92**	
Cambissolo Háplico									
Produtividade	0,72**								
Massa do Cacho		0,72**							
Massa da Ráquis		0,41*	0,58*						
Comp. Cacho			0,34*	0,63**					
Nº Bagas		0,52*	0,59*	0,83**	0,58*				
Massa de 50 bagas			0,46*			-0,33*			
Alt. Baga						-0,41*	0,56*		
Larg. Baga				-0,42*		-0,53*	0,57*	0,77**	

Prod. = produtividade, t ha⁻¹; Comp. Cacho = comprimento do cacho, cm; Nº Bagas = número de bagas por cachos; M 50 bagas = massa de 50 bagas, g; Alt. Baga = altura da baga, mm; Larg. Baga = largura da baga, mm; ** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05)

Anexo 9 - Correlação entre as características físico-químicas e massa das bagas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.

	2008/2009	Brix	2010/2011
Acidez	-0,33*	2009/2010	
pH do Mosto			
		Acidez titulável	
pH do Mosto			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo ao nível de 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05) e ^{ns} não significativo (p ≥ 0,05).

Anexo 10 - Correlação entre as características físico-químicas e massa das bagas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon, enxertada sobre Paulsen 1103, em um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.

	2008/2009	Brix 2009/2010	2010/2011
Acidez	-0,50*		-0,62**
pH do Mosto			
		Acidez titulável	
pH do Mosto			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 11 - Correlação entre o número de cachos, a produção e as características físicas da variedade Cabernet Sauvignon e os atributos químicos de um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.

	Safrá 2008/2009							
	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P	K	Na	Ca	Mg	CO
Número de Cacho	-0,51*	-0,46*				-0,42*	-0,49*	
Produtividade	-0,43*	-0,43*	0,33*			-0,38*	-0,42*	
Massa do Cacho			0,32*	0,32*				0,36*
Massa da Ráquis				0,44*				0,33*
Comprimento do Cacho				0,30*				0,55*
Número de Bagas								0,35*
Massa de 50 bagas	-0,32*			0,36*				
Altura da Baga								
Largura da Baga		-0,34*						

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 12 - Correlação entre o número de cachos, a produção e as características físicas da variedade Cabernet Sauvignon e os atributos químicos de um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.

	Safrá 2008/2009							
	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P	K	Na	Ca	Mg	CO
Número de Cacho	0,37*	0,38*						
Produtividade	0,46*	0,48*						
Massa do Cacho		0,33*						
Massa da Ráquis				0,67*			0,30*	0,35*
Comprimento do Cacho				0,44*				
Número de Bagas		0,31*						
Massa de 50 bagas								
Altura da Baga								
Largura da Baga								
Número de Cacho	0,37*	0,38*						

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 13 - Correlação entre as características físico-químicas das bagas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon e atributos químicos de um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.

	Safr 2008/2009							
	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P	K	Na	Ca	Mg	CO
Brix						-0,32 [*]		
Acidez	0,68 ^{**}	0,73 ^{**}			0,38 [*]	0,63 ^{**}	0,64 ^{**}	
pH Mosto				0,41 [*]				
I280								
Antocianinas		-0,31 [*]		-0,30 [*]		-0,46 [*]	-0,38 [*]	-0,31 [*]
Taninos								

^{**} significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ^{*} significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 14 - Correlação entre as características físico-químicas das bagas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon e atributos químicos de um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.

	Safr 2008/2009							
	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P	K	Na	Ca	Mg	CO
Brix	-0,35 [*]	-0,56 [*]	-0,63 ^{**}		-0,53 [*]	-0,57 [*]	-0,34 [*]	-0,36 [*]
Acidez								
pH Mosto		-0,36 [*]			-0,35 [*]	-0,37 [*]		
I280						-0,31 [*]	-0,34 [*]	
Antocianinas		-0,39 [*]			-0,41 [*]	-0,33 [*]		
Taninos							-0,34 [*]	

^{**} significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ^{*} significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$) e ^{ns} não significativo ($p \geq 0,05$).

Anexo 15 - Correlação entre a produtividade, as características físicas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon e atributos físicos de um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.

	Safr 2008/2009							
	AF	AG	Silte	Argila	Macro	Micro	Ds	DMG
Número de Cacho						0,39 [*]		
Produtividade						0,39 [*]		
Massa do Cacho								
Massa da Ráquis								
Comprimento do Cacho	-0,31 [*]		0,33 [*]				-0,31 [*]	
Número de Bagas	-0,30 [*]							
Massa de 50 bagas			0,30 [*]					
Altura da Baga	0,36 [*]		0,41 [*]	-0,42 [*]			-0,30 [*]	
Largura da Baga	0,35 [*]		0,37 [*]	-0,42 [*]			-0,30 [*]	

AF = areia fina, g kg⁻¹; AG = areia grossa, g kg⁻¹; CO = carbono orgânico total, g kg⁻¹; Pt = porosidade total, cm³ cm⁻³; Macro = macroporosidade, cm³ cm⁻³; Micro = microporosidade, cm³ cm⁻³ e Ds = densidade do solo, g cm⁻³; DMG = Diâmetro Médio Geométrico, mm ^{*} = significativo a 5% de probabilidade.

Anexo 16 - Correlação entre a produtividade, as características físicas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon e atributos físicos de um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.

	AF	AG	Safr 2008/2009				Ds	DMG
			Silte	Argila	Macro	Micro		
Número de Cacho								-0,35*
Produtividade								
Massa do Cacho						0,31*		
Massa da Ráquis						0,31*		
Comprimento do Cacho					-0,31*	0,32*		0,36*
Número de Bagas						0,37*		
Massa de 50 bagas	0,39*							
Altura da Baga				-0,33*				
Largura da Baga						0,31*		

AF = areia fina, g kg⁻¹; AG = areia grossa, g kg⁻¹; CO = carbono orgânico total, g kg⁻¹; Pt = porosidade total, cm³ cm⁻³; Macro = macroporosidade, cm³ cm⁻³; Micro = microporosidade, cm³ cm⁻³ e Ds = densidade do solo, g cm⁻³; DMG = Diâmetro Médio Geométrico, mm * = significativo a 5% de probabilidade.

Anexo 17 - Correlação entre as características físico-químicas, compostos fenólicos das bagas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon e atributos físicos de um Cambissolo Húmico, São Joaquim (SC), 2011.

	AF	AG	Safr 2008-2009				Ds	DMG
			Silte	Argila	Macro	Micro		
Brix								
Acidez	-0,35*							
pH Mosto								
I280								
Antocianinas								
Taninos								

AF = areia fina, g kg⁻¹; AG = areia grossa, g kg⁻¹; CO = carbono orgânico total, g kg⁻¹; Pt = porosidade total, cm³ cm⁻³; Macro = macroporosidade, cm³ cm⁻³; Micro = microporosidade, cm³ cm⁻³ e Ds = densidade do solo, g cm⁻³; DMG = Diâmetro Médio Geométrico, mm * = significativo a 5% de probabilidade.

Anexo 18 - Correlação entre as características físico-químicas, compostos fenólicos das bagas de plantas da variedade Cabernet Sauvignon e atributos físicos de um Cambissolo Háplico, São Joaquim (SC), 2011.

	AF	AG	Safr 2008-2009				Ds	DMG
			Silte	Argila	Macro	Micro		
Brix	0,30*				-0,54*		0,47*	
Acidez	-0,30*					0,38*		
pH Mosto					-0,41*			
I280				0,32*				
Antocianinas								
Taninos				0,32*				

AF = areia fina, g kg⁻¹; AG = areia grossa, g kg⁻¹; CO = carbono orgânico total, g kg⁻¹; Pt = porosidade total, cm³ cm⁻³; Macro = macroporosidade, cm³ cm⁻³; Micro = microporosidade, cm³ cm⁻³ e Ds = densidade do solo, g cm⁻³; DMG = Diâmetro Médio Geométrico, mm; * = significativo a 5% de probabilidade.