



Revista
Técnico-Científica



QUALIDADE DO SOLO E DA UVA: SUAS RELAÇÕES ATRAVÉS DA ANÁLISE MULTIVARIADA

¹Cristiane Mariliz Stöcker, ²Cesar Valmor Rombaldi, ³Ricardo Alexandre Vargas, ⁴Ana Cláudia Rodrigues de Lima

¹Doutoranda em agronomia, programa de pós-graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL); ²Professor Titular do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Universidade Federal de Pelotas (UFPEL); ³Pesquisador B na área de estatística Embrapa Clima Temperado Pelotas; ⁴Professora Associada do Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – Universidade Federal de Pelotas (UFPEL)

RESUMO: A viticultura na região de Pelotas vem ganhando espaço, principalmente entre os agricultores familiares que objetivam diversificar a produção de área. Um dos entraves para a produção de uvas e a qualidade do solo o qual influencia na disponibilidade de nutrientes e no fornecimento de água a videira. O objetivo deste trabalho foi avaliar as relações existentes entre as variáveis da qualidade do solo e a da uva em vinhedos localizados no município de Pelotas/RS, por meio da análise de correlação canônica. Foram avaliadas quatro áreas de vinhedos familiares. As coletas de solo foram realizadas em duas camadas, para a realização das análises: densidade do solo, porosidade total, diâmetro médio ponderado, carbono da biomassa microbiana, pH, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, matéria orgânica e boro. Também foram coletadas amostras de uva para a realização da análise do pH do mosto da fruta e sólidos solúveis totais. Os resultados indicaram que a matéria orgânica e a porosidade total apresentaram maior correlação com as variáveis da uva. O pH do mosto da uva foi o que mais se correlacionou com as variáveis da qualidade do solo.

Palavras-chave: *Vitis labrusca*, correlação canônica, variáveis do solo

SOIL AND GRAPE QUALITY: RELATIONSHIPS THROUGH MULTIVARIATE ANALYSIS

ABSTRACT: Viticulture in the Pelotas region has been gaining ground, especially among family farmers who aim to diversify area production. One of the obstacles to the production of grapes and the quality of the soil, which influences the availability of nutrients and the supply of water to the vine. The objective of this work was to evaluate the relationship between soil and grape quality variables in vineyards located in the city of Pelotas, RS, by canonical correlation analysis. Four areas of family vineyards were evaluated. Soil samples were collected in two layers for the analysis of soil bulk density, total porosity, weighted average diameter, microbial biomass carbon, pH, cation exchange capacity, base saturation, organic matter and boron. grape samples were collected for pH analysis of fruit juice and total soluble

solids. The results indicated that organic matter and total porosity presented a higher correlation with the grape variables. The pH of the grape must was the one that most correlated with the soil quality variables.

Keywords: *Vitis labrusca, canonical correlation, soil properties*

INTRODUÇÃO

O Rio Grande do Sul (RS) em 2016 possuía uma área de 49.226 hectares destinados a produção de videira, representando aproximadamente 63% da área total do Brasil, com uma produção de 78.553 toneladas, concedendo ao estado o *status* de maior produtor de uvas a nível nacional (IBGE, 2016).

O município de Pelotas tinha uma área de 24 hectares destinados a produção de videira (IBGE, 2016). Apesar da região ter uma área pequena de cultivo, a produção de uvas e derivados tem se tornado uma promissora fonte de renda. Se constituindo numa das alternativas para compor a diversificação da matriz produtora das propriedades agrícolas familiares da região, visto que a viticultura acontece predominantemente, em pequenas propriedades agrícolas com a produção destinada à elaboração artesanal de sucos, vinhos e também para o consumo *in natura*.

Dentro do âmbito de desenvolvimento de uma região vitícola, o clima e o solo são, entre outros, elementos de suma importância para determinar a qualidade final da uva, pois estes interferem no crescimento e na produção das videiras (CHAVARRIA et al., 2011).

Os estudos sobre a qualidade do solo (QS), apesar de sua grande importância, são recentes no meio acadêmico, pois tiveram seu início na década de 90, quando nos Estados Unidos começou-se a relacionar a saúde das pessoas com a “saúde” do solo. Desta forma, a discussão sobre este tema intensificou-se, pois, a comunidade científica tornou-se cada vez mais consciente da importância do solo para a qualidade ambiental bem como para a sustentabilidade (VEZZANI; MIELNICZUK, 2009).

Na região do Vale dos Vinhedos, Flores et al. (2013) observaram que a partir do levantamento detalhado do solo, através de variáveis físicas e químicas, aproximadamente 35% dos vinhedos estão localizados em regiões onde os solos

não são os mais indicados para a obtenção de uvas, que irão originar vinhos de qualidade. Para os autores, essas variáveis são fundamentais na relação solo-planta refletindo no abastecimento de água e fertilidade os quais exercem uma forte influência na qualidade final da uva.

A qualidade das uvas corresponde às características sensoriais que as tornam atrativas. Esta qualidade depende da composição das bagas no momento da colheita, como, teores de açúcares, acidez, taninos e demais elementos, garantindo a qualidade da uva (SILVA et al., 2015).

Segundo Van Leeuwen et al. (2004), para a obtenção de uvas de qualidade, é essencial que se conheça as características do solo, possibilitando a obtenção de frutas de qualidade. Dentre as características edáficas, a textura, a densidade do solo e a compactação influenciam diretamente na produtividade das videiras e na qualidade das uvas. Terra (2003) considera que geralmente o melhor desenvolvimento da videira ocorre em solos profundos e bem drenados, uma vez que solos compactados e com baixa capacidade de drenagem são limitantes para o seu desenvolvimento.

Assim como algumas características químicas do solo são responsáveis pelo sabor da uva, como sólidos solúveis totais e a acidez, e precisam ter seus valores avaliados com a finalidade de caracterizar o fruto como um todo, já que estas características podem sofrer alterações devido as diferentes condições ambientais e de manejo (NEIS et al. 2010).

Neste sentido, definir a contribuição de cada variável do solo para a qualidade da uva contribui para a compreensão da complexidade destas relações. A análise de correlação canônica é um método estatístico multivariado que permite examinar as correlações lineares existentes entre dois grupos ou conjuntos de variáveis (X e Y). Esta técnica é uma das mais apropriadas para avaliar as relações de caracteres primários e secundários da produtividade e/ou caracteres fisiológicos e agrônômicos de uma cultura.

Trabalhos que identifiquem a interação de variáveis da QS que são mais influentes nas variáveis da qualidade do fruto, ainda são ineficientes. É importante frisar que, assim como se procedeu para a escolha dos indicadores da qualidade da uva, os indicadores do solo são aqueles mais sensíveis às variações e apontam o

efeito do uso e manejo do solo, além de serem simples, de fácil mensuração, com respostas rápidas e de razoável precisão. Além disso, são reconhecidos no meio acadêmico e não-acadêmico como sendo fundamentais para a produção agrícola. Assim, podem ser utilizados como fonte para a interpretação da dinâmica dos processos do solo ao longo do tempo. Diante do exposto, se torna evidente e necessário avaliar as alterações dos indicadores da QS em função do seu uso e manejo, assumindo importância prática e fornecendo elementos para uma produção mais sustentável.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar as inter-relações existentes entre as variáveis da QS com as da uva, em vinhedos localizados no município de Pelotas/RS, por meio da técnica estatística de análise de correlação canônica.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em quatro vinhedos pertencentes às propriedades agrícolas familiares localizados no interior do Município de Pelotas/RS. Os vinhedos encontram-se na região fisiográfica chamada de Escudo Sul-rio-grandense. Nesta região há predominância da associação de Neossolos e Argissolos, apresentando relevo que varia de suave ondulado a forte ondulado (EMBRAPA, 2013). Os vinhedos são constituídos pela cultivar Bordô e, na ocasião das coletas, possuíam oito anos de implantação. O sistema de condução utilizado é latada, também chamado de pérgula, com espaçamento entre plantas de 1,5 m e espaçamento entre fileiras de 3,0 m. Os vinhedos possuem em média 225 m de altitude.

Foram coletadas amostras com estrutura preservada e não preservada de solo, na linha de cultivo das videiras, nas camadas de 0,00-0,20 m e 0,20-0,40 m. Em cada camada, foram coletadas amostras de solo em três pontos, compondo três repetições por ponto, cada um localizado em partes distintas do relevo (alto, médio e baixo), para que toda a área do pomar fosse contemplada.

As amostras foram encaminhadas aos laboratórios de física e química de solo localizados na UFPel, Pelotas/RS, e na Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, para determinação das seguintes variáveis físicas do solo, densidade do solo (Ds),

porosidade total (Pt) de acordo com EMBRAPA (2017), diâmetro médio ponderado (DMP), de acordo com Palmeira (1999); análises microbiológicas do solo, carbono da biomassa microbiana (CBM), de acordo com FERREIRA (1999). As análises químicas utilizadas foram o pH, capacidade de troca de cátions (CTC), saturação por bases (V%), matéria orgânica (MO) e boro (B), conforme a rotina utilizada pelo laboratório de fertilidade da Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS.

As coletas das uvas foram realizadas no mês de fevereiro, quando esta atingiu a plena maturação, ponto em que a uva se encontra ideal para a colheita. As análises do mosto das uvas foram realizadas no Laboratório de Metabolismo Secundário do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial da UFPel, Pelotas/RS, e foram as seguintes: pH e sólidos solúveis totais (SST) de acordo com ORGANIZATION INTERNATIONALE DE LA VIGNE ET DU VIN (OIV, 2009).

A análise exploratória dos dados como média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação, foi realizada com o auxílio do software estatístico ASSISTAT 7.7. A análise de correlação canônica foi aplicada para analisar a inter-relação existente entre o grupo das variáveis do solo e o grupo das variáveis da uva, utilizando o software R core team. Na análise de correlação canônica foram consideradas 18 variáveis do solo denotados como X' ($x_1, x_2, x_3 \dots x_{18}$) e 2 variáveis da uva denotados como Y' (y_1 e y_2). A identificação das variáveis pertencentes a cada grupo é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Identificação das variáveis em cada grupo, a letra A' refere-se a camada 0,00-0,20 m e o B' refere-se a camada 0,20-0,40 m.

Table 1. Identification of the variables in each group, the letter A' refers to the layer 0.00-0.20 m and the B' refers to the layer 0.20-0.40 m.

Variáveis		
X (solo)		Y (fruta)
X ₁ - DsA'	X ₁₀ - pH B'	Y ₁ -SST
X ₂ - DsB'	X ₁₁ - CTC A'	Y ₂ - pH _i
X ₃ - PtA'	X ₁₂ - CTC B'	
X ₄ - PtB'	X ₁₃ - V(%) A'	
X ₅ - DMP A'	X ₁₄ - V(%) B'	
X ₆ - DMP B'	X ₁₅ - MO A'	
X ₇ - CBM A'	X ₁₆ - MO B'	
X ₈ - CBM B'	X ₁₇ - B A'	
X ₉ - pH A'	X ₁₈ - B B'	

Variáveis do solo: Ds=densidade do solo (g cm⁻³), Pt=porosidade total (%), DMP=Diâmetro médio ponderado (mm), CBM=carbono da biomassa microbiana (mg kg⁻¹), pH=potencial hidrogeniônico, CTC=capacidade e troca de cátions, V%=Saturação por bases (%), MO= matéria orgânica, B= Boro, Variáveis da uva; SST= Sólidos solúveis totais (%) e pH_i=potencial hidrogeniônico do mosto.

As combinações lineares $X_1 = a_1x_1 + \dots + a_px_p$ e $Y_1 = b_1y_1 + \dots + b_qy_q$ e os valores $a' = [a_1 \dots a_p]$ e $b' = [b_1 \dots b_q]$ são os vetores dos pesos das características correspondentes aos grupos 1 e 2, respectivamente. A primeira correlação canônica corresponde à equação 1.

$$r_1 = \frac{\sqrt{\text{var}(x_1) \text{var}(y_1)}}{\text{cov}(X_1, Y_1)} \quad (\text{Equação 1})$$

Assim verifica-se que: $\text{cov}(X_1, Y_1) = a'S_{12}b$; $\text{var}(X_1) = a'S_{11}a$; $\text{var}(Y_1) = b'S_{22}b$. Deste modo: S_{11} é a matriz $p \times p$ de covariâncias entre caracteres das variáveis do grupo 1 (solo); S_{22} é matriz $q \times q$ de covariância dos caracteres das variáveis do grupo 2 (uva); S_{12} é a matriz $p \times q$ de covariâncias entre os caracteres dos grupos 1(solo) e 2 (planta). R_{11} , R_{22} e R_{12} são as matrizes de correlações amostrais, a primeira correlação canônica (r_1), correspondente ao primeiro par canônico, é a raiz quadrada do primeiro autovalor ($r_1 = \sqrt{\lambda_1}$, solução da equação $|R_{11}R_{22} - 1R_{12} - \lambda R_{11}|$). Os coeficientes de ponderação dos pares canônicos são conhecidos como autovetores e estão associados aos respectivos autovalores. Além da determinação dos pares

canônicos, também foram testadas as cargas canônicas e as cargas canônicas cruzadas.

RESULTADOS

Na Tabela 2 estão discriminados os resultados das análises físicas, químicas e microbiológicas do solo e os resultados das análises de sólidos solúveis totais e pH do mosto da uva nos vinhedos estudados.

Para as variáveis físicas do solo (Tabela 2), os resultados da Ds revelaram que na camada superficial (0,00-0,20 m) a média da Ds foi de 1,42 g cm⁻³, enquanto que na camada subsuperficial (0,20-0,40 m) a Ds foi de 1,53, observando um aumento da Ds conforme aumenta a profundidade. Para a variável Pt, na camada superficial (0,00-0,20 m) apresentou um percentual de poros de 44,64% enquanto que na camada de 0,20-0,40 m foi de 39,35%. Com relação aos resultados obtidos para o DMP (Tabela 2), verifica-se que estes foram de 2,14 mm (0,00-0,20 m) e de 1,74 mm (0,20-0,40 m).

Para a variável microbiológica do solo (Tabela 2), a média do CBM, na camada superficial do solo foi de 172,74 mg kg⁻¹, e na camada subsuperficial foi de 109,11 mg kg⁻¹.

Tabela 2. Variáveis físicas, químicas e microbiológicas do solo oriundos de pomares de videiras nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m, e variáveis do mosto da uva.

Table 2. Physical, chemical and microbiological variables of the soil from grapevine orchards in the layers of 0.00-0.20 and 0.20-0.40 m, and grape must variables.

Variáveis	Unidade	Média	Mediana	DP	CV
0,00-0,20 m					
Ds	g cm ⁻³	1,42	1,42	0,15	10,41
Pt	%	44,64	43,66	5,47	12,25
DMP	mm	2,14	2,07	0,41	19,10
CBM	mg kg ⁻¹	172,74	175,33	54,78	31,51
pH	*	5,88	5,85	0,37	6,31
CTC	cmolc dm ⁻³	8,09	7,55	1,75	21,62
V%	%	60,25	59,0	9,22	15,29
MO	%	2,51	2,30	0,69	27,70
B	mg dm ⁻³	0,40	0,40	0,11	28,20
Areia	%	63,49	61,95	6,40	10,08
Silte	%	15,48	14,21	4,58	26,61
Argila	%	21,02	21,30	3,47	16,50
0,20-0,40 m					
Ds	g cm ⁻³	1,53	1,56	0,08	5,14
Pt	%	39,35	38,26	3,36	8,54
DMP	mm	1,74	1,77	0,31	17,95
CBM	mg kg ⁻¹	109,11	112,42	15,64	14,33
pH	*	5,78	5,70	0,41	7,12
CTC	cmolc dm ⁻³	6,60	6,20	1,48	22,40
V%	%	51,25	48,00	10,77	21,02
MO	%	1,10	1,15	0,36	32,89
B	mg dm ⁻³	0,41	0,40	0,11	26,54
Areia	%	61,75	58,48	6,38	10,34
Silte	%	15,39	15,23	4,53	29,42
Argila	%	22,85	22,31	3,66	16,02
Uva					
SST	°Brix	14,23	14,62	1,89	13,27
pHf	*	3,31	3,17	0,12	4,04

Ds=densidade do solo, Pt=porosidade total, DMP=Diâmetro médio ponderado, CBM=carbono da biomassa microbiana, pH=potencial hidrogeniônico, CTC=capacidade e troca de cátions, V%=Saturação por bases, MO= matéria orgânica, B= Boro, SST= Sólidos solúveis totais, pHf=potencial hidrogeniônico do mosto da uva, *=não possui unidade, DP= desvio padrão, CV= coeficiente de variação (%).

Os resultados médios das variáveis químicas do solo apresentados na Tabela 2, demonstram que os solos estudados apresentam pH ácido (5,88 e 5,78) nas camadas 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m respectivamente. A CTC média dos solos dos pomares de videira foi de 8,09 cmol_c dm⁻³ (0,00-0,20m) e 6,60 cmol_c dm⁻³ (0,20-0,40 m). Os valores médio de V(%), indicam que os solos avaliados são considerados eutróficos, ou seja, V(%) maior ou igual a 50%. Sendo assim na camada superficial a V(%) foi de 60,25%, enquanto que na camada subsuperficial foi de 51,25%. Os valores médios de MO determinado na camada superficial (0,00-0,20 m) foi de 2,51% enquanto que na camada subsuperficial (0,20-0,40 m) foi de 1,10%.

Com relação as variáveis analisadas no mosto da uva, podemos observar que as médias de SST encontrados neste estudo foram de 14,23 °Brix (Tabela 2), e que a média do pH do mosto da uva, foi de 3,31 nos vinhedos estudados (Tabela 2).

Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes aos coeficientes de correlação canônica entre o grupo das variáveis do solo (grupo 1) e o grupo das variáveis da uva (grupo 2).

Tabela 3. Coeficientes de correlação canônica dos pares canônicos entre o grupo das variáveis solo (grupo 1) nas camadas de 0,00-0,20 e 0,20-0,40 m e o grupo da uva (grupo 2).
 Table 3. Coefficients of canonical correlation of canonical pairs between the group of the soil variables (group 1) in the layers of 0.00-0.20 and 0.20-0.40 m and the grape group (group 2).

Variáveis	Pares canônicos		Pares canônicos	
	1º	2º	1º	2º
Grupo 1 (solo)				
0,00-0,20 m				
Ds	-0,20009	-18,93157	12,29361	-37,07557
Pt	-0,00249	-0,63234	0,66955	-0,49684
DMP	0,00939	-1,08278	-1,71582	0,17811
CBM	-0,00024	-0,00692	-0,04006	-0,01696
pH	0,04717	2,36444	5,23654	1,85204
CTC	0,00502	1,66818	-0,56901	0,00480
V%	-0,00143	-0,04249	-0,20791	-0,05998
MO	-1,46580	-1,52147	-1,18520	-1,45634
B	-1,33662	1,18816	6,22486	-3,91927
Grupo 2 (uva)				
SST	1,44114	-1,04041	1,60927	-0,75471
pHf	-4,34125	1,45094	-3,37626	3,09072
r	0,999844*	0,9358259ns	0,988943ns	0,772163ns
p-valor	0	0,917033	0,167871	0,999419

Ds=densidade do solo, Pt=porosidade total, DMP=Diâmetro médio ponderado, CBM=carbono da biomassa microbiana, pH=potencial hidrogeniônico, CTC=capacidade e troca de cátions, V%=Saturação por bases, MO=matéria orgânica, B= Boro, SST= Sólidos solúveis totais, pHf=potencial hidrogeniônico da fruta, *=significativo e ns=não significativo

O grupo um possui nove variáveis e o grupo dois é composto por duas variáveis, possibilitando assim, formar até dois pares canônicos. Observa-se que o primeiro par canônico apresentou coeficiente de correlação $r = 0,9998$, sendo significativo (p -valor= 0); no entanto o segundo par canônico apresentou correlação não significativa (p -valor= 0,9170). Desta forma, serão discutidos somente os dados referentes ao primeiro par canônico, na camada superficial (0,00-0,20 m), já que para a camada mais subsuperficial (0,20-0,40 m) os dois pares canônicos não foram significativos.

DISCUSSÃO

Normalmente, a Ds tende a aumentar com a profundidade, sendo influenciada por multifatores como teor reduzido de MO, menor agregação, maior grau de compactação, diminuição da porosidade do solo, entre outros (ARAÚJO et al., 2007).

Resultados do presente estudo concordam com estas constatações, pois na camada de 0,20-0,40 m a média da Ds foi de 1,53 g cm⁻³, com valores médios de Pt e MO menores que na camada superficial estudada. Reichert et al. (2003) propuseram valores de Ds críticos para os solos franco-arenosos de 1,70 a 1,80 g cm⁻³. Ainda, de acordo com estes autores, o valor de 1,40 g cm⁻³ seria o ideal para as classes texturais dos solos aqui estudados. Baseado, portanto, nestas informações, os solos avaliados não apresentaram valores de Ds superiores aos determinados pela literatura como críticos, considerando que, em sua maioria, apresentam em média uma classe textural franco-argilo-arenosa (26% argila, 14% silte e 60% areia).

De acordo os resultados encontrados pra a Pt (Tabela 2), estes valores estão abaixo do que a literatura recomenda, pois um solo considerado ideal deveria ter em torno de 50% de espaço poroso. De acordo com Kiehl (1979), solos com DMP superiores a 0,5 mm são relativamente mais resistentes ao esboroamento e à dispersão, logo, pouco susceptíveis às alterações das suas características pedológicas quando submetidos a um manejo bem conduzido. Sendo assim, os solos avaliados apresentam valores superiores a 0,5 mm, indicando adequada qualidade estrutural nas duas camadas avaliadas.

De acordo com Silva e Mendonça (2007), existe uma tendência do CBM ser maior em camadas mais superficiais, pela maior disponibilidade de MO, água e nutrientes. Sendo este maior acúmulo de material orgânico depositado pelas plantas e animais na superfície. Esses valores encontrados para o CBM, sugerem que na camada superficial (0,00-0,20 m) há o favorecimento de microorganismos.

De acordo com o manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul (2016) estes valores encontrados para a MO são considerados baixos, no entanto é importante salientar que, levando em consideração as características naturais dos solos componentes da região em estudo, estes valores podem ser considerados satisfatórios.

Para os resultados encontrados para os SST (Tabela 2), a média dos resultados é semelhante aos encontrados por Mota et al. (2010) e Chiarotti et al. (2011) com a cultivar bordô que obtiveram médias de 14,90 °Brix e de 14,79 °Brix respectivamente. De acordo com os autores Rizzon e Meneguzzo (2007), na cultivar

bordô, o teor de SST do mosto varia de 13 °Brix a 16 °Brix, sendo os resultados encontrados neste estudo considerados satisfatórios.

Da mesma forma ocorre com o pH do mosto da uva onde a média encontrada é semelhante com os resultados encontrados por Norberto et al. (2008) e Mota et al. (2010) onde, encontraram um pH de 2,48 e 3,25, respectivamente, utilizando o mesmo sistema de condução do vinhedo em estudo e a mesma cultivar (Bordô). De acordo com a legislação brasileira a faixa de pH ideal da uva varia de 3,1 a 3,4 (OIV, 2009).

Na análise de correlação canônica busca-se verificar as relações existentes entre o grupo das variáveis do solo e o grupo das variáveis da uva, assim como as relações dentro de cada um dos grupos. Conforme os coeficientes presentes na Tabela 3, observa-se que no grupo do solo a MO e o B são as variáveis de maior importância para a formação do primeiro par canônico, pois apresentam os maiores valores absolutos. Já no grupo da uva, a variável com maior peso é pHf.

As cargas canônicas (*loadings*), indicam a contribuição de cada variável para o seu próprio grupo (Tabela 4), revelam que no grupo do solo a variável MO apresentou os maiores valores de coeficientes de correlação (-0,98773) com as demais variáveis pertencentes a esse mesmo grupo.

A MO é considerada uma variável da QS por ser muito sensível às práticas de manejo e por estar relacionada as demais variáveis do solo, como a estabilidade dos agregados, a atividade biológica, a resistência à erosão, a infiltração e a retenção de água, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de nutrientes às plantas (CELIK et al., 2010; MIELNICZUK, 2008).

Tabela 4. Análise dos índices dos grupos por meio das cargas canônicas (*loadings*) e cargas canônicas cruzadas (*cross-loadings*).

Table 4. Analysis of the indices of the groups by canonical loadings and cross-loading

Variáveis	1° par canônico		2° par canônico	
	Loadings	Cross	Loadings	Cross
Solo	XX	XY	XX	XY
0,00-0,20 m				
Ds	0,57383	0,57382	-0,0684	-0,06405
Pt	-0,71603	-0,71601	-0,0157	-0,01466
DMP	-0,60038	-0,60037	-0,0623	-0,05827
CBM	-0,48007	-0,48006	-0,6052	-0,56631
pH	-0,01743	-0,01743	-0,1315	-0,12306
CTC	-0,84546	-0,84544	0,1664	0,15572
V%	-0,34014	-0,34013	0,17667	-0,16534
MO	-0,98773	-0,98771	-0,0234	-0,02189
B	-0,00468	-0,00468	0,23406	0,21904
0,20-0,40 m				
Ds	0,32269	0,31912	-0,81288	-0,62767
Pt	-0,28543	-0,28227	0,78514	0,60626
DMP	-0,64972	-0,64253	-0,27701	-0,21389
CBM	0,06920	0,06844	0,39007	0,30120
pH	0,25484	0,25203	-0,35825	-0,27662
CTC	-0,62685	-0,61992	0,36343	0,28062
V%	0,07205	0,07126	-0,33230	-0,25659
MO	-0,57334	-0,56700	0,32573	0,25152
B	-0,20856	-0,20625	-0,58725	-0,45345
Uva	YY	YX	YY	YX
SST	-0,31698	-0,31698	-0,9484	-0,88756
pHf	-0,58533	-0,58533	-0,8108	-0,75875

Ds=densidade do solo, Pt=porosidade total, DMP=Diâmetro médio ponderado, CBM=carbono da biomassa microbiana, pH=potencial hidrogeniônico, CTC=capacidade e troca de cátions, V%=Saturação por bases, MO=matéria orgânica, B= Boro, SST= Sólidos solúveis totais, pHf=potencial hidrogeniônico da fruta, loadings=cargas canônicas (XX; YY) e cross=cargas canônicas cruzadas (XY; YX).

Também se pode constatar que a variável MO possui o sinal oposto do coeficiente de carga canônica em relação a Ds. Normalmente a Ds é fortemente influenciada pela MO, pois solos com teores de MO mais altos tendem a ter menores índices de Ds. A MO exerce influência na redução da Ds por proporcionar maior e melhor agregação do solo (VEZZANI; MIELNICZUK, 2011).

Ainda na Tabela 4, verifica-se que entre as variáveis físicas do solo (Ds, Pt e DMP), a variável Pt foi a que apresentou o maior valor de coeficiente de correlação (-0,71603) em relação as demais variáveis de mesma ordem. Por outro lado, no grupo das variáveis da uva, a variável pHf foi a que apresentou o maior coeficiente de carga canônica (-0,58533). Esta variável também possui correlação no mesmo sentido da variável SST.

Dentre as variáveis da física do solo, a Pt apresentou o maior coeficiente de carga canônica cruzada (-0,71601) com as variáveis do grupo da uva (Tabela 4).

Isso ocorre porque a Pt está relacionada com a disponibilidade hídrica e nutricional da videira, uma vez que a concentração de SST na uva é influenciada, também, pelo nível de fornecimento adequado da solução do solo, pois solos mal drenados não são aptos para o desenvolvimento adequado da videira. O déficit hídrico moderado ocasiona o rápido amadurecimento da uva reduzindo, assim, a competição por carboidratos entre as bagas e a parte aérea, que permite um maior acúmulo de açúcares produzidos pela fotossíntese os quais ficam disponíveis para o amadurecimento da uva (ZSÓFI et al., 2011).

Dentre todas as variáveis do grupo solo, a variável MO foi a que apresentou o maior valor de coeficiente canônico cruzado (-0,98771). A MO é uma variável que está relacionada com as variáveis de ordem física, química e biológica, pois atua como agente cimentante, a qual faz a união entre as partículas de solo, formando os agregados, tornando o solo mais estruturado, melhorando e aumentando a infiltração da água. Além disso, é fundamental para aumentar CTC e V%, além de ser capaz de fornecer nitrogênio, fósforo e enxofre para a nutrição das videiras.

Dentre as variáveis do grupo da uva (tabela 4), a análise de correlação canônica permitiu verificar que as variáveis SST e pHf estão relacionadas no mesmo sentido e que o maior valor de coeficiente de carga canônica da variável pHf (-0,58533) é a que reflete, dentro do grupo das uva, o maior coeficiente de carga canônica cruzada com o grupo do solo. Sendo desta forma, a variável mais sensível para detectar as variações do solo.

CONCLUSÕES

A matéria orgânica e a porosidade total do solo foram as variáveis que mais se correlacionaram com as variáveis da uva. Portanto, estes podem ser considerados os indicadores mais sensíveis para detectar as variações na qualidade da fruta.

O pH da fruta foi a variável mais sensível para detectar as variações na qualidade do solo, pois foi o que apresentou maior correlação cruzada de acordo com as variáveis consideradas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.31, n.5, p.1099-1108, 2007.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832007000500025>

CELIK, I.; GUNAL, H.; BUDAK, M.; AKPINAR, C. Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions. *Geoderma*, v.160, n.2, p. 236-243, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.09.028>

CHAVARRIA, G.; BERGAMASCHI, H.; SILVA, L. C.; SANTOS, H. P dos; 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.

CHIAROTTI, F.; GUERIOS, I. T.; CUQUEL, F. L. BIASI, L. A. Melhoria da qualidade de uva “Bordo” para a produção de vinho e suco de uva. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 33, n. esp., p. 618-624, out. 2011.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011000500085>

EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 573p. 2017.

EMBRAPA-Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3ª ed. Brasília: Embrapa, 353 p. 2013.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 23, n.4, p.991-996, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000400026>.

FLORES, C. A.; SARMENTO, E. C.; WEBER, E. J.; Hasenack, H.; Pötter, R. O. Increase of detail in soil surveys and its contribution for managing wine quality in vale dos vinhedos, Brazil. *Journal of Viticulture and Enology*, Califórnia, v.28, n.1, p.370-374, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE)-Produção Agrícola estadual e municipal 2016. Rio de Janeiro. 2016.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia: Relações solo-planta. 1ªed. São Paulo: Ceres, 262 p. 1979.

MANUAL de calagem e de adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 11 ed. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul - Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2016. 376p.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A; SILVA, L. S; CANELLAS L. P. et al. (Ed.)-Fundamentos da matéria orgânica do solo. 2008. p.1-5.

MOTA, R. V.; SILVA, C. P. C.; CARMO, E. L.; FONSECA. A. R.; FAVERO, A. C.; PURGATTO, E.; SHIGA, T. M.; REGINA, M. de A. Composição de bagas de “Niágara rosada” e “Folha-de-figo” relacionadas ao sistema de condução. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.32, n.4, p.1116-1126, dez. 2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452011005000010>

NEIS, S.; REIS, E. F. Dos.; SANTOS, S. C. Produção e qualidade da videira cv. Niágara Rosada em diferentes épocas de poda no sudoeste goiano. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.32, n.4, p:1146-1153. Dez. 2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452010000400024>

NORBERTO, P. M.; REGINA, M. A.; CHALFUN, N. N. J.; SOARES, A. M.; FERNANDES, V. B. Influência do sistema de condução na produção e qualidade dos frutos das videiras folha de figo e niágara rosada em Caldas, MG. *Ciência e*

Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 2, p. 450-455, mar/abr. 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000200016>.

ORGANIZATION INTERNATIONALE DE LA VIGNE ET DU VIN. (OIV) -Compendium of international methods of wine and must analysis. Paris: OIV, v.1, p. 419, 2009.

PALMEIRA, P. R. T.; PAULETTO, E. A.; TEIXEIRA, C. F. A.; GOMES, A. S.; SILVA, J. B. Agregação de um Planossolo submetido a diferentes sistemas de cultivo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.23, n.2, p.189-195, 1999. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06831999000200001>

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Ciência e Ambiente, Santa Maria, v.27, p.29-48, 2003.

RIZZON, L. A.; MIELE, A.; MENEGUZZO, J. Avaliação da uva cv. Bordô para a elaboração de vinho tinto. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 20, n.1, p.115-121, abr. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612000000100022>.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; V. H.; BARROS, N. F. (Eds.)-Fertilidade do Solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.275-374, 2007.

SILVA, M. J. R. DA.; TECCHIO, M. A.; MOURA, M. F.; BRUNELLI, L. T.; IMAIZUMI, V. M.; VENTURINI FILHO, W. G. Composição físico-química do mosto e do vinho branco de cultivares de videiras em resposta a porta-enxertos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.50, n.11, p.1105-1113, nov. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015001100014>

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

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 33, n.4, p. 743-755, jul./ago. 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000400001>

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em Argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, vol.35, n.1, p.213-223, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000100020>.

ZSÓFI, Z.; TÓTHA, E.; RUSJAN, D. BÁLO, B. Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: Relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. Scientia Horticulturae. vol. 127, n. 4, p.494–499, fev. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.11.014>