

Uso da fluorescência da clorofila como variável para avaliar a evolução das antocianinas em uvas da cultivar Merlot em diferentes solos

Use of chlorophyll fluorescence as a variable to evaluate the evolution of anthocyanins in Merlot grapes cultivated in different soils

Giseli Rodrigues Crizel¹, César Luis Girardi², Carlos Alberto Flores³, José Maria Filippini-Alba⁴

¹ GC Assessoria de Alimentos, Pelotas (RS), Brasil, giseli.crizel@gmail.com

² Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves (RS), Brasil, cesar.girardi@embrapa.br

³ Aposentado, Embrapa Clima Temperado, Pelotas (RS), Brasil, cflores@terra.com.br

⁴ Embrapa Clima Temperado, Pelotas (RS), Brasil, jose.filippini@embrapa.br

RESUMO


Antocianinas são compostos fenólicos de primordial importância em uvas tintas destinados à produção de vinhos tintos, sendo seu acúmulo afetado pela variabilidade edafoclimática. Diante disso, foi avaliada a aplicabilidade do equipamento Multiplex[®] 3 (10-270, Force-A, France) durante duas safras como parâmetro de evolução das antocianinas em uvas da cultivar Merlot, clone 347. Esse equipamento determina de forma não destrutiva o índice de antocianinas através da correlação com o teor de fluorescência da clorofila medida diretamente na uva. O experimento foi conduzido no Vale dos Vinhedos, na cidade de Bento Gonçalves/RS, em vinhedo que apresenta cinco diferentes classes de solos. Em cada solo foram realizadas leituras não destrutivas de antocianinas a campo em 12 cachos em diferentes períodos de maturação, coletando em cada momento bagas para determinar em laboratório a maturação tecnológica (sólidos solúveis – SS e acidez titulável – AT) e teor de antocianinas. O equipamento demonstrou ser eficaz para o monitoramento da evolução das antocianinas apresentando um elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,92$) quando comparado com os métodos laboratoriais convencionais (destrutivo) utilizados para acompanhamento da maturação de uvas utilizadas para elaboração de vinhos. Os resultados obtidos demonstram que a fluorescência da clorofila apresenta potencial para uma rápida classificação de uvas intactas baseado no índice de antocianinas, e, portanto, para um controle rápido de maturidade fenólica. Quanto às classes de solos não foi possível verificar diferença nas principais datas de avaliação, mas algumas diferenças no matiz e teor de antocianinas em casos específicos.

Palavras-chave: vinho brasileiro; evolução da qualidade fenólica; viticultura de precisão; *Vitis vinifera*.

ABSTRACT

Anthocyanins are phenolic compounds of prime importance in red wine grapes, and their accumulation affected by soil and climate variability. Therefore, the applicability of the Multiplex[®] 3 equipment (10-270, Force-A, France) was evaluated over two harvests as a parameter for the evolution of anthocyanins in grapes of the cultivar Merlot, clone 347. This equipment non-destructively determines the index of anthocyanins by correlating it with the fluorescence content of chlorophyll measured directly on the grape. The experiment carried out in Vale dos Vinhedos in the city of Bento Gonçalves/RS in a vineyard that has five different soil classes. In each soil, non-destructive anthocyanin *in loco* readings were carried out in the field of 12 bunches at different maturation periods, collecting berries at each moment to determine the technological maturation (Soluble solids - SS and titratable acidity - TA) and anthocyanin content in the laboratory. The equipment proved to be effective in monitoring the evolution of anthocyanins, showing a high coefficient of determination ($R^2 = 0.92$) when compared to conventional (destructive) laboratory methods used to monitor the ripeness of grapes used in wine making. The results

<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-38-0.1000041>

 Este é um capítulo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais, sem alterações e que o trabalho original seja corretamente citado.

obtained demonstrate that chlorophyll fluorescence has the potential for a rapid classification of intact grapes based on the anthocyanin index, and therefore for a quick control of phenolic maturity. Soil classes was not verified differences on the main evaluation dates, but there were some differences in colour and anthocyanin content in specific cases.

Keywords: precision agriculture; phenols evolution; wine; precision viticulture; *Vitis vinifera*.

1 INTRODUÇÃO

Videiras (*Vitis vinifera* L.) são uma das culturas mais importantes do mundo, e cerca de 80% de uvas cultivadas são utilizadas na produção de vinho (Kammerer et al., 2004). A qualidade dos vinhos tintos é afetada pelo estágio de maturação das uvas, e a síntese e o acúmulo de compostos como as antocianinas são alterados pela variabilidade edafoclimática (Bramley et al., 2011; Cheng et al., 2014; Scarlett et al., 2014). Essas variações se devem, em parte, à radiação solar, à topografia, ao aporte hídrico, ao manejo e às características do solo (Anesi et al., 2015; Wang et al., 2015). Assim, torna-se importante estudar a composição da uva e do vinho a partir de diferentes solos (Bramley et al., 2011; Anesi et al., 2015), pois para elaborar vinhos tintos de qualidade enológica deve-se acompanhar a evolução da maturação fenólica (Cozzolino, 2015; Ribéreau-Gayon; Stonestreet, 2006), principalmente a evolução das antocianinas em uvas tintas (Kuhn et al., 2013). Geralmente, a determinação da maturação tecnológica (açúcares e acidez titulável) é a mais utilizada, por ser prática e rápida (Rodríguez-Pulido et al., 2013). No entanto, não é suficiente para prever a qualidade enológica da uva (Zamora, 2003), sendo necessária pelo menos uma das variáveis da maturação fenólica (antocianinas e/ou taninos), que indica a potencialidade da matéria-prima para elaboração dos vinhos finos (Anesi et al., 2015; Cozzolino, 2015; Wang et al., 2015). Essa última normalmente inclui análises químicas destrutivas, demoradas e dispendiosas (Fragoso et al., 2011), o que limita o uso quando se deve avaliar um grande número de amostras, considerando tipos de solos, climas, variedades, clones e porta-enxertos (Baluja et al., 2012; Rodríguez-Pulido et al., 2013).

Todos esses fatores podem afetar o acúmulo de antocianinas e, por conseguinte, a qualidade do vinho (King et al., 2014). Assim, essa relação deve ser avaliada para cada local, auxiliando na tomada de decisões relativas à gestão do vinhedo, à colheita e à vinificação (Baluja et al., 2012; Bramley et al., 2011). Entretanto, essas determinações dependem da disponibilidade de ferramentas que possibilitem a avaliação dos frutos na pré-colheita, de modo rápido e preferentemente não destrutivo (Giovenzana et al., 2015;

Rossi et al., 2013). É nessa perspectiva que, nos últimos dez anos, têm sido desenvolvidos métodos não destrutivos, que preenchem esses pré-requisitos e que possibilitam uma agricultura de precisão (AP), como fluorímetros portáteis (Hagen et al., 2006), imagem hiperespectral (Yang et al., 2015), espectroscopia VIS/NIR (Ferrer-Gallego et al., 2011) e os sensores de fluorescência da clorofila (Agati et al., 2013; Betemps et al., 2012; Cerovic et al., 2008). Todos esses equipamentos adaptam-se à AP, pela facilidade de medição conforme um desenho reticular, com espaçamento métrico. Alguns deles envolvem tempos de medição curtos com captação in loco, isto é, no próprio vinhedo. Esse desenho reticular, com medição nos pontos de uma grade imaginária adequada à forma do vinhedo, tem sido criticado eventualmente, mas permite o manuseio da informação com precisão e o resultado encaixa-se muito bem no contexto da AP.

Sensores de fluorescência da clorofila vêm sendo calibrados para determinar o índice de antocianinas em diversas cultivares tintas (Agati et al., 2013; Betemps et al., 2012; Cerovic et al., 2008). No entanto, o equipamento precisa ser calibrado por métodos externos para cada aplicação específica, como diferentes áreas de produção e cultivares, sobretudo porque o número de trabalhos que aperfeiçoaram a técnica é escasso (Agati et al., 2013; Ben Ghazlen et al., 2010; Tuccio et al., 2011), principalmente no Brasil. Diante disso, objetivou-se neste trabalho testar a aplicabilidade do sensor de fluorescência da clorofila para monitorar a evolução das antocianinas durante a maturação de uvas Merlot. Além disso, buscou-se avaliar a variação deste índice durante a maturação em vinhedos, de mesma cultivar e clone, em cinco classes de solo, além de avaliar os respectivos vinhos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material vegetal

A coleta dos dados e das amostras foi realizada em vinhedo localizado no Vale dos Vinhedos, município de Bento Gonçalves/RS, Brasil (latitude entre 29°11'11" S e 29°11'20" S, longitude entre 51°34'53" O e 51°35'02" O, altitude de 550 a 610 m). Nesse local

que possui denominação de origem (DO), a Merlot é uma das variedades mais utilizadas. Os vinhedos foram formados em 2005 com a cultivar Merlot (*Vitis vinifera*), com o clone 347, sobre porta-enxerto Paulsen 1103, conduzido em espaldeira. O experimento foi dividido em três: 1) calibração do sensor de fluorescência; 2) estudo da evolução das antocianinas no espaço e no tempo, para cinco classes de solos; e 3) avaliação dos respectivos vinhos.

2.2 Calibração do sensor de fluorescência (Multiplex®3)

O índice de antocianinas foi determinado com o sensor de fluorescência da clorofila Multiplex®3 (10-270, Force-A, France), usando o índice Ferrari de antocianinas. O sensor possui díodos emissores de luz em diferentes comprimentos de onda que ao incidirem sobre o material vegetal determinam o índice de antocianinas baseado na fluorescência da clorofila do epicarpo dos frutos, que pode ser filtrada pelas antocianinas. Para calibrar o sensor, como detector de antocianinas na uva Merlot, foram usadas plantas previamente marcadas após o véraison (50% de desenvolvimento da cor). Com o sensor (Multiplex) avaliaram-se três cachos em cada planta, e as amostras foram analisadas semanalmente, em sete semanas de avaliação. Foram realizadas duas leituras por cacho, em regiões opostas, totalizando 24 leituras por avaliação. As bagas foram coletadas mediante corte do pedicelo e foram transportadas em caixas de poliestireno expandido até o laboratório. No laboratório as bagas foram analisadas quanto aos teores de sólidos solúveis (°Brix), conforme Parpinello et al. (2013) e acidez titulável do mosto, conforme Silva et al. (2004). O epicarpo das bagas foi imerso em nitrogênio (N₂) líquido, posteriormente elas foram trituradas em moinho de bolas (2 x 30 segundos) e armazenadas a -20 °C até o momento da extração e quantificação das antocianinas totais e taninos totais, por hidrólise ácida, conforme Ribereau e Stonestr (1966).

2.3 Análise da variabilidade espacial dos índices de antocianinas

Os vinhedos foram georreferenciados, servindo de base para a criação de cartas de altimetria, declividade e malha (10 m x 10 m) de coordenadas para o mapeamento dos solos. Nos vinhedos foram georreferenciadas 248 plantas.

Caracterizaram-se três classes taxonômicas de primeira ordem de solos (Flores et al., 2012): a) Cambissolos (CXve 1, 2, 3), que ocupam 34,7% da área apresentam alta saturação de base; b) Argissolos (PBACal 1, 2, 3), 26,0% da área, com alta saturação por alumínio; e

c) Neossolos (RRh 1, 2, 3, 4), 39,3% da área, que são rasos e pedregosos, com ocorrência de alto teor de carbono orgânico, no caso. Os solos foram agrupados em cinco unidades em função do manejo (Figura 1), existindo significativa influência da declividade (Filippini-Alba et al., 2021).

Os tratos culturais e o manejo da vegetação foram realizados nas mesmas datas e intensidade em toda a área. A evolução das antocianinas da uva foi acompanhada com avaliações realizadas em sete épocas, ou seja, sete semanas após o véraison (SAV). Em 2014 e 2015, as avaliações foram realizadas a partir do véraison até o momento da colheita, semanalmente. Os semivariogramas e mapas foram executados no aplicativo GS+ considerando os índices de antocianinas derivados do sensor de fluorescência. Os mapas foram construídos com base na média do índice de antocianinas de seis leituras. Em todos os casos de ausência de variabilidade espacial foi usado o método de interpolação por inverso do quadrado da distância.

2.4 Efeito das classes de solo na composição da uva e do vinho

As amostras de uva foram avaliadas quanto ao teor de sólidos solúveis (°Brix) e acidez titulável do mosto, as antocianinas totais e taninos totais da película, conforme descrito no item 2.2. Os vinhos foram elaborados por microvinificação de cada uma das cinco

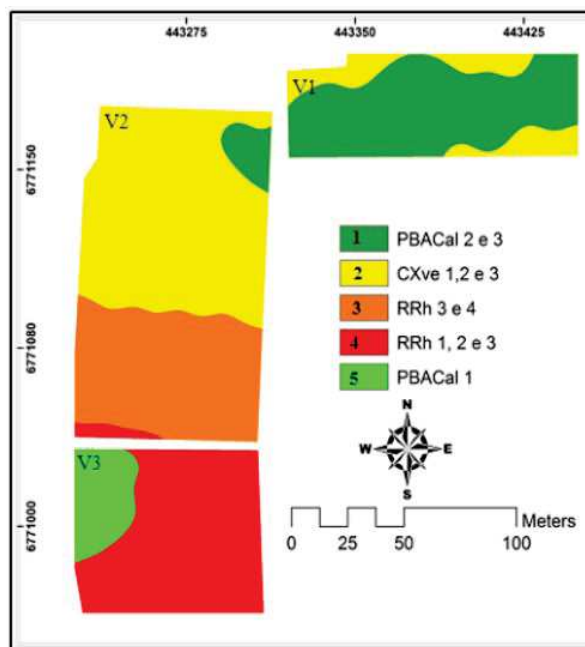


Figura 1. Esquema representativo dos solos considerados para coleta dos dados, Argissolos classe 1 (PBACal 2, 3) e classe 5 (PBACal 1), Cambissolos classe 2 (CXve 1, 2, 3), e Neossolos classe 3 (RRh 3 e 4) e classe 4 (RRh 1, 2 e 3).

Fonte: Laboratório de Planejamento Ambiental/ Embrapa Clima Temperado.

classes de solo, colheram-se 40 kg de uva, os quais foram processados, então, transferidos para recipientes de vidro de 20 L, adicionando-se 50 mg.L⁻¹ de SO₂ em cada um deles. A seguir, adicionou-se 0,20 g.L⁻¹ de levedura seca ativa (*Saccharomyces cerevisiae*), fechando-se os recipientes. Após oito dias de fermentação alcoólica, os vinhos foram transferidos para recipientes de vidro e armazenados a 24 °C ± 1 °C até que a concentração de açúcar fosse menor que 4 g.L⁻¹. A fermentação malolática ocorreu naturalmente. Adicionou-se, então, SO₂ até a concentração de 50 mg L⁻¹, transferindo os vinhos para garrafas de 750 mL, as quais foram fechadas e armazenadas a 15 °C ± 1 °C. Nos vinhos, após seis meses de envelhecimento, foram avaliados teor de antocianinas, índice de polifenóis totais – IPT (Ribéreau-Gayon; Stonestreet, 2006), taninos (Ribereau; Stonestr, 1966) e as absorvâncias 420, 520 e 620 nm em espectrofotômetro UV/VIS, com cubeta de 1 mm de percurso óptico. A intensidade de cor foi calculada pela soma das três absorvâncias (420, 520 e 620 nm) e o matiz pela divisão das absorvâncias (absorvância em 420 dividida pela absorvância em 520 nm).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Calibração do sensor de fluorescência da clorofila (Multiplex®3)

A relação entre os dois métodos de determinação de antocianinas na uva Merlot foi obtida por regressão, na qual se obteve uma curva polinomial e um coeficiente de determinação de R² = 0,92, o que indica uma relação forte entre os dois métodos (Figura 2). Esse foi o primeiro estudo com sensor de fluorescência a ser aplicado para uva Merlot em vinhedos brasileiros, na região do Vale dos Vinhedos, Bento Gonçalves/RS, Brasil. Desse modo, fica evidenciado que se trata de um bom método para estimar a evolu-

ção de antocianinas na uva Merlot, à semelhança do que já havia ocorrido com outras cultivares em outros terroirs (Ben Ghazlen et al., 2010; Agati et al., 2013; Tuccio et al., 2011; Bramley et al., 2011; Cerovic et al., 2008). Quanto às relações entre os teores de taninos totais da película e o índice de antocianinas (Mx), se obteve um coeficiente de determinação de R² = 0,73 (Figura 2). Assim, o método de campo para determinar taninos, considerando o equipamento multiplex, é algo menos preciso que o método convencional. No entanto, pode-se verificar com esses resultados que a aplicabilidade do sensor de fluorescência da clorofila é uma forma viável para monitorar a evolução de antocianinas do epicarpo em uvas Merlot.

3.1.1 Maturação e variabilidade espacial do índice de antocianinas (Mx)

Para os índices de antocianinas houve incremento durante as primeiras quatro semanas após o véraison (SAV) e, nas duas últimas semanas, houve um decréscimo em todas as uvas, independentemente da classe de solo. Esse evento ocorre frequentemente, pois o teor de antocianinas na película da uva atinge um máximo entre a terceira e a quarta SAV, ocorre um decréscimo e tende a se estabilizar próximo à colheita (Kennedy et al., 2001; Ribéreau-Gayon; Stonestreet, 2006; Wang et al., 2015).

A variabilidade espacial do índice de antocianinas (Mx) foi avaliada ao longo da maturação durante os ciclos de 2013/2014 e 2014/2015 (Figura 3). Em ambos os ciclos a variabilidade do índice de antocianinas foi maior no início da maturação. Já com a evolução do amadurecimento se obtiveram comportamentos ligeiramente distintos entre os ciclos. Para o primeiro ciclo avaliado 2013/2014, as médias do índice de antocianinas não apresentaram variabilidade entre os solos nas principais datas de coleta, ou seja, próximo à colheita final. Porém, os Argissolos (PBACal 2 e 3), Cambissolos (CXve 1, 2, 3) e Neossolos (RRh 3

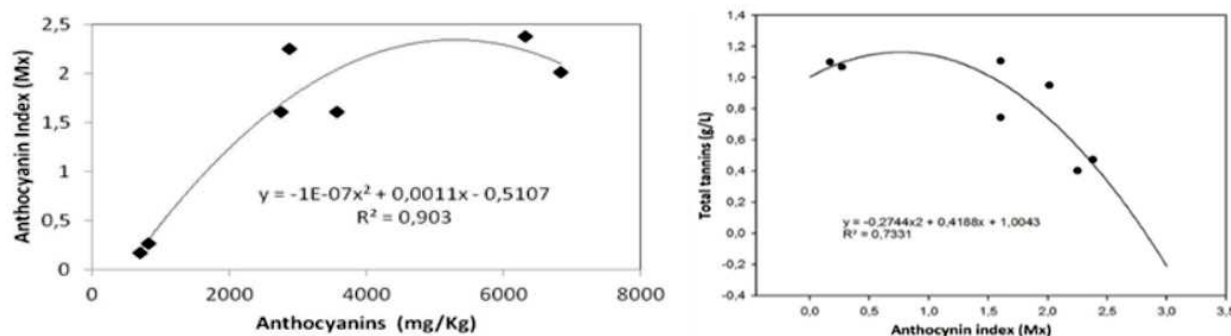


Figura 2. Relação entre o índice de antocianinas determinado pelo sensor e o teor de antocianinas determinado pelo método convencional (A), Coeficiente de determinação entre o índice de antocianinas e o teor de taninos (B) presente no pericarpo da uva.

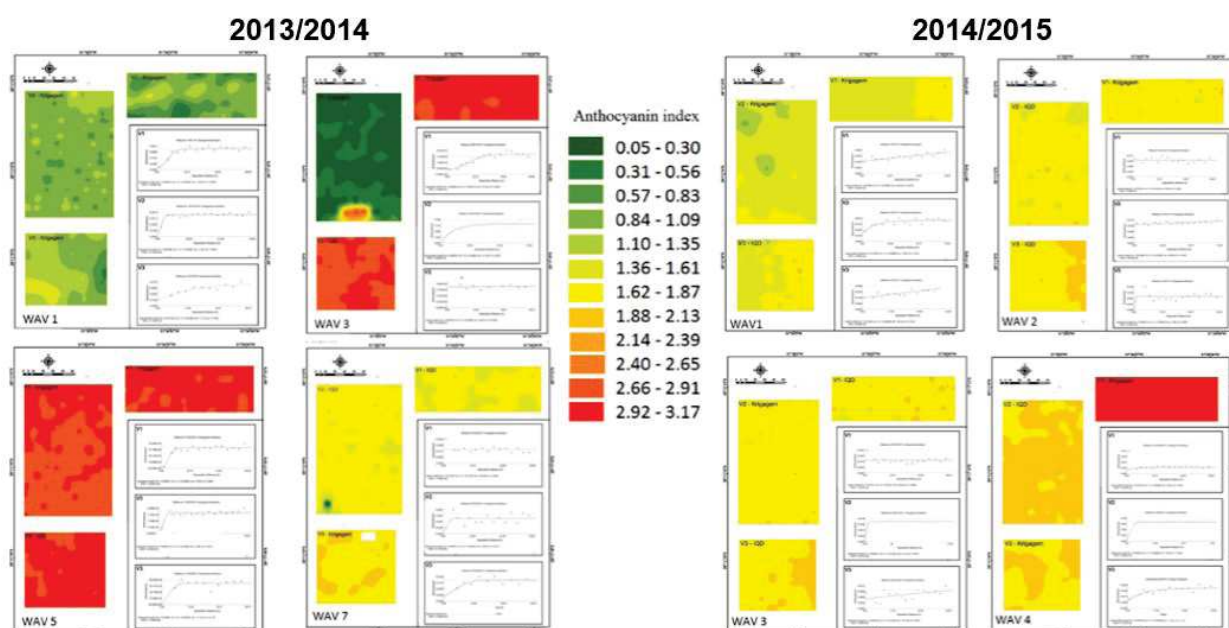


Figura 3. Mapas mostrando a variabilidade espacial do índice de antocianinas nos vinhedos 1, 2 e 3 em relação às classes de solo para os ciclos correspondentes. WAV = Semanas após o véraison.

e 4) apresentaram uma variabilidade que parece ter como principal causa a declividade (20 a 45%) desse vinhedo e não as classes de solos; a parte do vinhedo com maior declividade apresentou menor índice de antocianinas para essa data. Diferentemente do primeiro ciclo avaliado, o segundo ciclo (Figura 3, 2014/15) apresentou variabilidade espacial próximo à colheita, sendo o Cambissolo (CXve 1, 2, 3) o que teve os maiores índices de antocianinas em relação ao Neossolo (RRh 1, 2, 3, 4). Essa variabilidade ocorreu na quinta SAV, período em que os índices de antocianinas foram mais elevados, seguido do decréscimo até o momento da colheita. A heterogeneidade temporal e espacial das uvas deve ser acompanhada, principalmente no que se refere às antocianinas, a fim de embasar as decisões relativas ao momento da colheita (Giovenzana et al., 2015). Nesse sentido, os semivariogramas e os índices de antocianinas mostraram que não houve diferença entre as classes de solos avaliadas na última coleta dos ciclos 2013/2014 e 2014/2015. Isso demonstra que independentemente da classe de solo, no momento da colheita, as uvas poderiam ser colhidas em conjunto, sem a necessidade de uma coleta seletiva. Um trabalho realizado por Van Leeuwen et al. 2004 mostra que as condições climáticas do ciclo, tipos de solo e cultivares podem influenciar a composição das bagas e dos respectivos vinhos. Em nosso experimento o índice de antocianinas parece ser mais influenciado pelo ciclo do que pelas classes de solo, concordando com estudos de Pereira et al. (2006) e Roullier-Gall et al. (2014), que

demonstram ser o ciclo o responsável pelo padrão metabólico da uva. No entanto, o sensor de fluorescência da clorofila pode não ter a sensibilidade suficiente para determinar as diferenças entre o índice de antocianinas das uvas cultivadas em diferentes solos.

3.1.2 Efeito dos solos na composição da uva e do vinho

De acordo com a Tabela 1, no ciclo 2013/2014, a evolução do teor antocianinas entre as classes de solos não ocorreu da mesma maneira: os maiores teores foram os detectados nas uvas cultivadas no Neossolo 2 e no Argissolo 2, e os menores, no Neossolo 1 integrado ao Argissolo 1. Essa distinção nos resultados se deve à diferenciação do comportamento das plantas localizadas no Cambissolo (ao Norte) e no Neossolo (ao Sul), o que evidencia variações extremas na zona de transição entre as classes de solos. As uvas dos Neossolos 2 e Argissolo 2, com maiores índices de antocianinas, estão localizadas em um local de maior altitude (600 a 610 m), o que pode ter alterado a síntese de antocianinas em relação aos demais solos que se encontravam em menor altitude. Nesse contexto, o maior índice de antocianinas no Neossolo 2 pode ainda estar relacionado com a baixa disponibilidade hídrica desse solo (Kennedy et al., 2001), o que estimula o acúmulo desse pigmento. Para os fenóis totais extraídos da película, os maiores teores foram obtidos nos Neossolos 1 e 2 (Tabela 1). Conforme Chavarria et al. (2010), videiras cultivadas em Neossolos apresentam menor crescimento e rendimento e maiores teores de taninos e polifenóis totais em relação a outras classes de solos.

Tabela 1. Composição analítica de mosto e do vinho de acordo com o tipo de solo para o ciclo 2013/2014.

	Argissolo 1	Cambissolo	Neossolo 1	Neossolo 2	Argissolo 2
Composição do mosto					
Índice de Antocianinas	1,64±0,06b	1,67 ±0,06b	1,72±0,05ab	1,81±0,05a	1,8±0,1a
IPT (mg GAE.L ⁻¹)	1223±46b	1252±63b	1535±38a	1524±67a	1302±5b
Composição do Vinho					
Antocianinas (mg/L)	238±28a	245±1a	208±25ab	210±56ab	131±24b
IPT (mg GAE.100 g ⁻¹)	40±4a	34,60±0,01a	36±2a	39,9±2a	35,7±1,6a
Taninos (g/L)	0,71±0,08a	0,99±0,06a	0,67±0,02a	0,74±0,29a	0,76±0,12a
Intensidade de cor (DO 420 + DO 520)	0,43±0,04a	0,44±0,01a	0,48±0,04a	0,48±0,02a	0,41±0,02a
Matiz (DO 420/DO 520)	0,91±0,02b	0,90±0,02b	0,90±0,04b	0,96±0,03b	1,05±14a

Valores com letras diferentes são significativamente diferentes por teste de Tukey ($p \leq 0,05$). SS: Sólidos Solúveis; TA: Acidez Titulável; IPT: índice de fenólicos totais.

Os teores de compostos fenólicos do Argissolo 1 e 2 e do Cambissolo não apresentaram diferenças entre si, indicando que, mesmo havendo variação entre as características desses solos, estas parecem não interferir nos teores de fenóis totais no momento em que as uvas foram colhidas. Nos vinhos ocorreram diferenças significativas entre as classes de solo com relação ao extrato seco, antocianinas e matiz, sendo o Argissolo 2 com os maiores valores de extrato seco e matiz, e um menor teor de antocianinas diferindo dos demais (Tabela 1). O teor de polifenóis totais (IPT), o teor de taninos totais e a intensidade de cor do vinho não foram afetados pela classe de solo em que a videira Merlot foi cultivada. Os valores relativamente elevados do matiz, para todas as classes de solo, evidenciam certo grau de oxidação da matéria corante, provavelmente pelo estado de maturação da uva.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que a mensuração do índice de antocianinas pelo método da fluorescência da clorofila pode prever como está evoluindo a síntese de antocianinas em vinhedos da região do Vale dos Vinhedos, Bento Gonçalves/RS, Brasil da cultivar Merlot. Quanto ao índice de antocianinas, não foi possível verificar diferença entre as classes de solos nas principais datas de avaliação, ou seja, datas próximas à colheita. Verificou-se que nesse estudo a composição dos vinhos apresentou diferenças no extrato seco, teor de antocianinas e matiz.

Neste trabalho, são reconhecidas as importantes contribuições, incentivos e dedicação do Dr. Alberto Miele (in memoriam).

REFERENCIAS

- AGATI, G.; D'ONOFRIO, C.; DUCCI, E.; CUZZOLA, A.; REMORINI, D.; TUCCIO, L.; LAZZINI, F.; MATTII, G. Potential of a multiparametric optical sensor for determining in situ the maturity components of red and white *Vitis vinifera* wine grapes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 50, p. 12211-12218, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1021/jf405099n>.
- ANESI, A.; STOCCHERO, M.; DAL SANTO, S.; COMMISSO, M.; ZENONI, S.; CEOLDO, S.; TORNIELLI, G. B.; SIEBERT, T. E.; HERDERICH, M.; PEZZOTTI, M.; GUZZO, F. Towards a scientific interpretation of the terroir concept: plasticity of the grape berry metabolome. **BMC Plant Biology**, v. 15, n. 1, p. 191, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1186/s12870-015-0584-4>.
- BALUJA, J.; DIAGO, M. P.; GOOVAERTS, P.; TARDAGUILA, J. Assessment of the spatial variability of anthocyanins in grapes using a fluorescence sensor: relationships with vine vigour and yield. **Precision Agriculture**, v. 13, n. 4, p. 457-472, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11119-012-9261-x>.
- BEN GHOZLEN, N.; MOISE, N.; LATOUCHE, G.; MARTINON, V.; MERCIER, L.; BESANCON, E.; CEROVIC, Z. G. Assessment of grapevine maturity using a new portable sensor: non-destructive quantification of anthocyanins. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin**, v. 44, p. 1-8, 2010.
- BETEMPS, D. L.; FACHINELLO, J. C.; GALARÇA, S. P.; PORTELA, N. M.; REMORINI, D.; MASSAI, R.; AGATI, G. Non-destructive evaluation of ripening and quality traits in apples using a multiparametric fluorescence sensor. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 9, p. 1855-1864, 2012. DOI: <http://doi.org/10.1002/jsfa.5552>.
- BRAMLEY, R. G. V.; LE MOIGNE, M.; EVAÏN, S.; OUZMAN, J.; FLORIN, L.; FADAILI, E. M.; HINZE, C. J.; CEROVIC, Z. G. On-the-go sensing of grape berry anthocyanins during commercial harvest: development and prospects. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 17,

- n. 3, p. 316-326, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00158.x>.
- CEROVIC, Z. G.; MOISE, N.; AGATI, G.; LATOUCHE, G.; BEN GHOZLEN, N.; MEYER, S. New portable optical sensors for the assessment of winegrape phenolic maturity based on berry fluorescence. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 21, n. 8, p. 650-654, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.03.012>.
- CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. D.; ZANUS, M. C.; MARODIN, G. A. B.; CHALAÇA, M. Z.; ZORZAN, C. Maturação de uvas Moscato Giallo sob cultivo protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 151-160, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000014>.
- CHENG, G.; HE, Y. N.; YUE, T. X.; WANG, J.; ZHANG, Z. W. Effects of climatic conditions and soil properties on Cabernet Sauvignon berry growth and anthocyanin profiles. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 19, n. 9, p. 13683-13703, 2014. DOI: <http://doi.org/10.3390/molecules190913683>.
- COZZOLINO, D. The role of visible and infrared spectroscopy combined with chemometrics to measure phenolic compounds in grape and wine samples. **Molecules (Basel, Switzerland)**, v. 20, n. 1, p. 726-737, 2015. DOI: <http://doi.org/10.3390/molecules20010726>.
- FERRER-GALLEGO, R.; HERNÁNDEZ-HIERRO, J. M.; RIVAS-GONZALO, J. C.; ESCRIBANO-BAILÓN, M. T. Determination of phenolic compounds of grape skins during ripening by NIR spectroscopy. **Lebensmittel-Wissenschaft + Technologie**, v. 44, n. 4, p. 847-853, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.001>.
- FILIPPINI-ALBA, J. M.; FLORES, C. A.; MIELE, A. Relationships between A and B/A2 horizons of three soils in the context of viticulture. **Journal of Agricultural Studies**, v. 9, n. 1, p. 440-454, 2021. DOI: <http://doi.org/10.5296/jas.v9i1.18320>.
- FLORES, C. A.; PÖTTER, R. O.; SARMENTO, E. C.; WEBER, E. J.; HASENACK, H. **Os solos do Vale dos Vinhedos**. Brasília: Embrapa, 2012.
- FRAGOSO, S.; ACENA, L.; GUASCH, J.; BUSTO, O.; MESTRES, M. Application of FT-MIR spectroscopy for fast control of red grape phenolic ripening. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 6, p. 2175-2183, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1021/jf104039g>.
- GIOVENZANA, V.; CIVELLI, R.; BEGHI, R.; OBERTI, R.; GUIDETTI, R. Testing of a simplified LED based vis/NIR system for rapid ripeness evaluation of white grape (*Vitis vinifera* L.) for Franciacorta wine. **Talanta**, v. 144, p. 584-591, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.06.055>.
- HAGEN, S. F.; SOLHAUG, K. A.; BENGTTSSON, G. B.; BORGE, G. I. A.; BILGER, W. Chlorophyll fluorescence as a tool for non-destructive estimation of anthocyanins and total flavonoids in apples. **Postharvest Biology and Technology**, v. 41, n. 2, p. 156-163, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.04.003>.
- KAMMERER, D.; CLAUS, A.; CARLE, R.; SCHIEBER, A. Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DAD-MS/MS. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 14, p. 4360-4367, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1021/jf049613b>.
- KENNEDY, J. A.; HAYASAKA, Y.; VIDAL, S.; WATERS, E. J.; JONES, G. P. Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 11, p. 5348-5355, 2001. DOI: <http://doi.org/10.1021/jf010758h>.
- KING, P. D.; SMART, R. E.; MCCLELLAN, D. J. Within-vineyard variability in vine vegetative growth, yield, and fruit and wine composition of Cabernet Sauvignon in Hawke's Bay, New Zealand. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 20, n. 2, p. 234-246, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1111/ajgw.12080>.
- KUHN, N.; GUAN, L.; DAI, Z. W.; WU, B. H.; LAUVERGEAT, V.; GOMÈS, E.; LI, S.; GODOY, F.; ARCE-JOHNSON, P.; DELROT, S. Berry ripening: recently heard through the grapevine. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 16, p. 4543-4559, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1093/jxb/ert395>.
- PARPINELLO, G. P.; NUNZIATINI, G.; ROMBOLÀ, A. D.; GOTTARDI, F.; VERSARI, A. Relationship between sensory and NIR spectroscopy in consumer preference of table grape (cv Italia). **Postharvest Biology and Technology**, v. 83, p. 47-53, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.03.013>.
- PEREIRA, G. E.; GAUDILLERE, J. P.; VAN LEEUWEN, C.; HILBERT, G.; MAUCOURT, M.; DEBORDE, C.; MOING, A.; ROLIN, D. 1H NMR metabolite fingerprints of grape berry: comparison of vintage and soil effects in Bordeaux grapevine growing areas. **Analytica Chimica Acta**, v. 563, n. 1-2, p. 346-352, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.aca.2005.11.007>.
- RIBEREAU, P.; STONESTR, E. Dosage des tanins du vin rouge et détermination de leur structure. **Chimie Analytique**, v. 48, p. 188, 1966.
- RIBÉREAU-GAYON, P.; STONESTREET, E. Phenolic compounds. In: RIBÉREAU-GAYON, P.; GLORIES, Y.; MAUJEAN, A.; DUBOURDIEU, D. (ed.). **Handbook of Enology: the chemistry of wine stabilization and treatments**. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2006. v. 2, p. 141-203. DOI: <http://doi.org/10.1002/0470010398.ch6>.
- RODRÍGUEZ-PULIDO, F. J.; BARBIN, D. F.; SUN, D. W.; GORDILLO, B.; GONZÁLEZ-MIRET, M. L.; HEREDIA, F. J. Grape seed characterization by NIR hyperspectral imaging. **Postharvest Biology and Technology**, v. 76, p. 74-82, 2013. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.09.007>.
- ROSSI, R.; POLLICE, A.; DIAGO, M. P.; OLIVEIRA, M.; MILLAN, B.; BITELLA, G.; TARDAGUILA, J. Using an automatic resistivity profiler soil sensor on-the-go in precision viticulture. **Sensors**, v. 13, p. 1121-1136, 2013.
- ROULLIER-GALL, C.; BOUTEGRABET, L.; GOUGEON, R. D.; SCHMITT-KOPPLIN, P. A grape and wine chemodiversity comparison of different appellations in Burgundy: vinta-

- ge vs terroir effects. **Food Chemistry**, v. 152, p. 100-107, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.056>.
- SCARLETT, N. J.; BRAMLEY, R. G. V.; SIEBERT, T. E. Within-vineyard variation in the 'pepper' compound rotundone is spatially structured and related to variation in the land underlying the vineyard. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 20, n. 2, p. 214-222, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1111/ajgw.12075>.
- SILVA, J. A.; DA COSTA, T. S.; LUCCHETTA, L.; MARINI, L. J.; ZANUZO, M. R.; NORA, L.; NORA, F. R.; TWYMAN, R. M.; ROMBALDI, C. V. Characterization of ripening behavior in transgenic melons expressing an antisense 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) oxidase gene from apple. **Postharvest Biology and Technology**, v. 32, n. 3, p. 263-268, 2004. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2004.01.002>.
- TUCCIO, L.; REMORINI, D.; PINELLI, P.; FIERINI, E.; TONUTTI, P.; SCALABRELLI, G.; AGATI, G. Rapid and non-destructive method to assess in the vineyard grape berry anthocyanins under different seasonal and water conditions. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 17, n. 2, p. 181-189, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2011.00139.x>.
- WANG, R.; SUN, Q.; CHANG, Q. Soil types effect on grape and wine composition in Helan Mountain area of Ningxia. **PLoS One**, v. 10, n. 2, p. e0116690, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0116690>.
- YANG, Y. C.; SUN, D. W.; PU, H.; WANG, N.; ZHU, Z. Rapid detection of anthocyanin content in lychee pericarp during storage using hyperspectral imaging coupled with model fusion. **Postharvest Biology and Technology**, v. 103, p. 55-65, 2015. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.02.008>.
- ZAMORA, F. El tanino enológico en la vinificación en tinto. **Enologos**, v. 25, p. 26-30, 2003.