

ESPECTRO INFRAVERMELHO-PRÓXIMO PARA DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DA ÁGUA NA FOLHA EM VINHEDOS

ANTONIO ODAIR SANTOS¹, ROBERT L. WAMPLE², OREN KAYE³

- 1- Eng. Agrônomo, Dr., Pqc Instituto Agronômico, IAC, Jundiaí - SP, Fone: (0 xx 11) 4582 8155, odairsan@iac.sp.gov.br
- 2- Plant Physiology, PhD. California State University, Viticulture and Enology Research Center, Fresno, CA, USA
- 3- Research Enologist, Ms, Constellation Wines, Madera, CA, USA

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia-02 a 05 de julho de 2007-Aracaju-SE

RESUMO: O potencial da água na folha é uma variável importante para o estudo da dinâmica do estresse hídrico. Os métodos atuais mais utilizados para determinação desta variável são trabalhosos, demorados e sujeitos a limitações, entre elas aquelas impostas por variações de temperatura e as diferenças entre o tempo de amostragem e o tempo de tomada das medidas. Portanto, é importante o desenvolvimento de metodologias alternativas, para detecções mais rápidas, precisas e intensivas, para o potencial da água na folha. Para estudar esta questão, um experimento foi conduzido com espectroscopia no infravermelho, visando a calibração e posterior determinação do potencial da água na folha da videira, a campo, no Vale de San Joaquin (CA, USA). Análise multivariada para espectros coletados, referenciados contra câmara de pressão como método padrão, evidenciou valores altos para coeficientes de correlação, o que aponta esta tecnologia como uma alternativa para o rápido acesso ao potencial da água na folha a campo, para videira ou mesmo outras culturas.

PALAVRAS-CHAVE: *QUIMIOMETRIA, VITIVINICULTURA, ECOFISIOLOGIA*

NEAR-INFRARED SPECTRUM AS A PREDICTOR OF LEAF WATER POTENTIAL IN VINEYARDS

ABSTRACT: Leaf water potential is an important variable to describe water stress dynamics. The established method for determining leaf water potential using a pressure chamber is cumbersome and subject to operator error as well as time/temperature limitations. There is a need for faster, more precise and reliable tools for determining leaf water potential. To address this issue, near-infrared (NIR) spectroscopy and multivariate data analysis were applied for the modeling and in-field prediction of leaf water potential in grapevines, in the San Joaquin Valley (CA, USA). Multivariate analysis of the leaf spectra, referenced against pressure chamber results showed high values for the correlation coefficients. This clearly demonstrates that this technology can provide a fast and reasonable assessment of leaf water potential in the field, for grapevines and other crops.

KEY-WORDS: *CHEMOMETRICS, GRAPEVINES, ECOPHYSIOLOGY*

INTRODUÇÃO

O conhecimento das relações hídricas é necessário para o entendimento das interações entre a planta e o meio circundante. O gradiente de potencial da água ajuda a explicar o fluxo da mesma no contínuo solo-planta-atmosfera. O potencial da água na folha (PAF) descreve o estado energético da água na fase da planta. Apesar das flutuações diurnas, o PAF pode ser usado como indicador geral de estresse hídrico (TARDIEU & KATERJI, 1990).

Para o caso de vinhedos, o potencial da água na folha tem sido usado como indicador de déficit hídrico, para o manejo da água de irrigação por WAMPLE et al 2005, dentre outros.

O potencial da água na folha tem sido predominantemente determinado pela técnica da câmara de pressão (SHOLLANDER et al, 1965). Apesar dos inúmeros aspectos positivos do seu uso, a sua aplicação a campo tem grandes desvantagens, por ser um método invasivo, de manuseio hermético e demorado.

Os desenvolvimentos recentes em instrumentação espectroscópica e softwares quimiométricos, têm tornado possível implementar de forma rápida análises multivariadas, correlacionando dados espectrais com “analitos” químicos diversos. Esse desenvolvimento permitiu o uso mais abrangente da espectroscopia baseada em infravermelho próximo (IVP) como quantificador/qualificador preciso da concentração de substâncias químicas dentro de uma ampla faixa de meios. (FERREIRA et al, 1999; WOLD et al, 2001). Em particular, instrumentação baseada em IVP tem sido usado em várias áreas da agricultura, onde se inclui a viticultura e a enologia (KAYE & WAMPLE, 2005).

As análises utilizando espectroscopia em IVP têm várias características vantajosas incluindo: a) amostragem não invasiva, b) aquisição rápida (7-10 segundos por scan) e c) sensibilidade para uma ampla faixa de moléculas contendo pontes do tipo C-H, N-H, S-H e O-H (CIURCZAK, 2001).

O objetivo deste trabalho foi determinar a campo o potencial da água na folha de videira, utilizando-se espectroscopia no IVP, previamente calibrada por fundamentos de quimiometria.

MATERIAIS & MÉTODOS

Vinhos

Os dados para a modelagem do potencial da água na folha foram coletados em vinhedos de Syrah, Merlot e Cabernet Sauvignon, cultivados no vale de San Joaquin (CA-USA), durante a safra de 2005/2006. Os dados foram coletados entre o estabelecimento do fruto e o “verassion”.

Instrumentação/Infravermelho próximo (IVP)

Amostras de folhas foram analisadas com utilização de um espectroscópio portátil miniaturizado (Brimrose Corp, MD, USA). Os raios monocromáticos (IVP) foram gerados com base em tecnologia AOTF (Tecnologia óptico-acústico de filtro sintonizável) (WORKMAN, 2004).

Previamente a calibração e uso a campo, o sistema foi aferido em laboratório.

Teste em vinhedos

Com objetivo de fazer medições em uma grande área, o sistema portátil foi embarcado em um veículo do tipo quadriciclo. Leituras espectrais na faixa do IVP foram feitas no limbo foliar dos cultivares Syrah, Merlot e Cabernet Sauvignon, desde Livingston até Delano, CA. Aproximadamente 900 espectros foram coletados aleatoriamente, nos vinhedos citados.

O scaneamento consistiu de três leituras (7 segundos) para cada folha escolhida. Após a leitura espectral as folhas foram colocadas em sacos plásticos e, depois extraídas da videira, colocadas em caixa isolante, sobre gelo, seguindo-se metodologia descrita por BOYER (1967).

Quimiometria e análise dos dados

Análises quimiométricas (FERREIRA et al, 1999) e interpolação estatística dos espectros coletados foram implementadas através do software Unscramble 8.0[®] (CAMO, Noruega).

As calibrações foram desenvolvidas através de regressão multivariada, com base em quadrados mínimos parciais (PLS), com validação cruzada. PLS é uma técnica de regressão múltipla, que pode relacionar a flutuação em uma ou mais variáveis (neste caso PAF) aos dados espectrais, com propósito de descrição ou previsão através de modelagem (SVANTE et al, 1983).

A performance dos modelos gerados foi verificada através dos coeficientes de correlação (CC), do erro padrão da calibração (SEC) e o erro padrão obtido na calibração cruzada (SECV). O melhor modelo de calibração foi escolhido com base no mínimo SECV.

Com base nos trabalhos de campo foi gerado um modelo combinado, a partir das leituras feitas nas cultivares Syrah, Merlot e Cabernet Sauvignon (modelo SMCs). À título de exploração de uma variedade isoladamente, um modelo foi gerado para o cultivar Cabernet Sauvignon (modelo Cs); além de um modelo previamente citado, gerado em condições de laboratório (modelo Lab).

RESULTADOS & DISCUSSÃO

Um total de 906 espectros na faixa do IVP foi utilizado para geração do modelo SMCs (Figura 1).

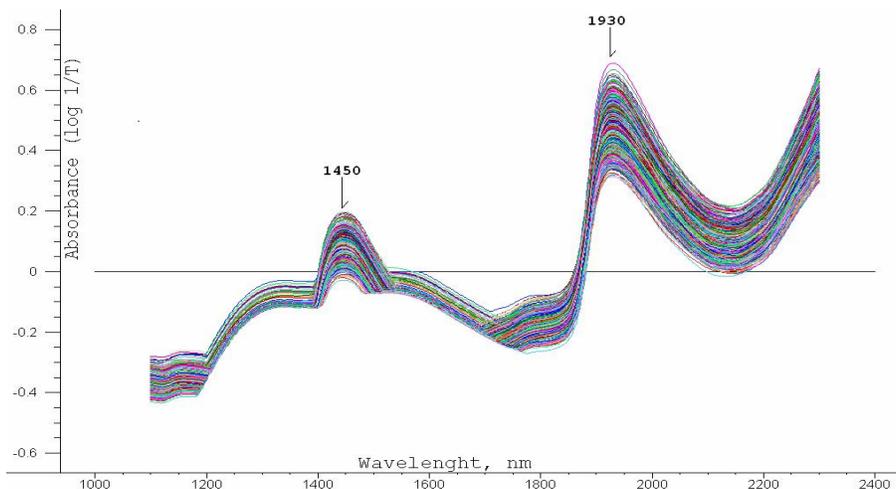


Figura 1. Espectros na faixa do infravermelho próximo, coletados em folhas de syrah, merlot e cabernet sauvignon, ao longo do vale de San Joaquin (CA, USA)

A principal característica espectral é uma indicação vibracional bem distinta nas microbandas de 1450 nm e 1930 nm. Este fenômeno observado é muito similar à caracterização vibracional de pontes descritas para água pura, na região do IVP descritos por SHENK et al (2001). Para outros produtos da área agrícola, essas microbandas correspondem ao primeiro “overtone” da excitação O-H para água e à combinação da deformação das pontes O-H e H-O-H (SHENK et al 2001). Desse modo, pode-se assumir que a água contida nos tecidos da folha está também representada por essas inflexões, não estando sobreposta pelas inflexões de outros constituintes, tais como amido e celulose (pontes C-H), que também podem ser ponderadas com IVP.

De fato, estudos mais apurados na matéria (WORKMAN & SHENK 2004) sugerem que a inflexão nas curvas de absorvância dos espectros, para os valores de IVP acima de 2.200 nm (Figura 1) corresponde a uma característica vibracional das pontes do tipo C-H relativas a amido, celulose e proteína.

A figura 2 mostra os coeficientes de correlação e validação determinados para o modelo SMCs. O coeficiente de correlação para a calibração atingiu 0,90 o que é um valor bastante razoável, para dados que foram obtidos a campo. As projeções para correlação e validação são retas praticamente sobrepostas, indicando que o modelo pode ser extrapolado com margem de segurança, pra estimar o potencial da água na folha numa ampla faixa de variação.

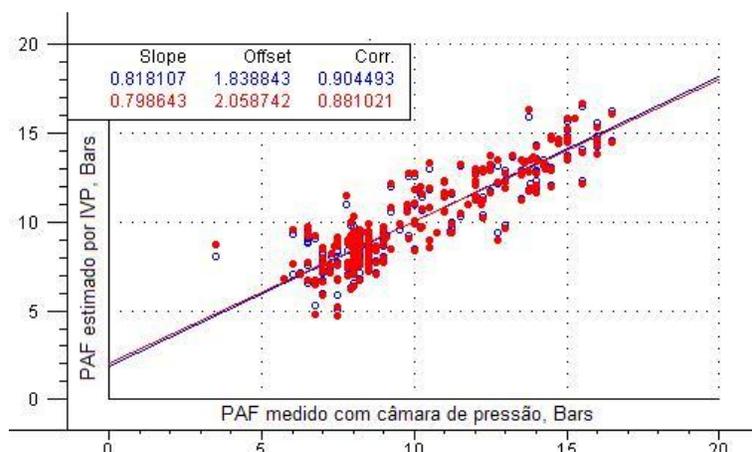


Figura 2. Relação entre o potencial da água na folha determinado com câmara de pressão e estimado através de espectroscopia no infravermelho próximo (modelo SMCs).

De acordo com os resultados da análise de PLS, o número de componentes principais, necessários para explicar a variabilidade nos dados de potencial da água na folha, ficou em torno de 10 (Modelo SMCs, Tabela 1). No entanto, a análise mostrou que três componentes foram suficientes para explicar a maior parte da variância nos espectros (variável x). Esse tipo de resultado está de acordo com o esperado em um modelo de regressão PLS. Sobretudo, porque, para uma série de dados com boa correlação, o primeiro componente explica a maior parte da variância nos dados.

Para os outros modelos gerados (Lab e Cs) os resultados estão igualmente mostrados na Tabela 1. Ambos os modelos calibrados apresentaram elevado poder de estimativa. Todos os coeficientes de correlação são maiores que 0,80, sendo que os valores para BIAS são muito próximos de zero, o que indica baixa probabilidade de erro sistemático.

Tabela 1. Estatística descritiva para os diferentes modelos de estimativa gerados para o potencial da água na folha da videira, na safra 2005/2006.

Modelos gerados	Amostras ponderadas	Componentes PLS n°	Coefficiente de calibração	SEC	SECV	BIAS
Lab	103	7	0.84	1.99	1.98	0.0000017
Field: SMCs	906	10	0.90	1.49	1.48	0.00000047
Field: Cs	359	4	0.95	1.09	1.08	0.00000039

SEC: Erro padrão de calibração; SECV: Erro padrão da validação cruzada

Na comparação entre os modelos gerados, observa-se que o modelo Cs apresentou um valor mais alto para o coeficiente de calibração, apesar do relativo pequeno número de espectros tomados nas folhas, em relação ao modelo SMCs. Além disso, para o referido modelo os valores de SEC e SECV são os menores (Tabela 1). Este fato evidencia que os dados utilizados para a modelagem Cs apresentaram menor nível de aleatoriedade, e menor número de componentes PLS foram necessários para a explicação da variância total.

CONCLUSÕES

Os modelos gerados em laboratórios e em campo demonstraram que a espectroscopia miniaturizada, com faixa de trabalho no IVP, pode ser usada para quantificar o potencial da água na folha, de forma rápida e precisa.

As análises espectrais demonstraram que as microbandas de 1440 nm e 1950 nm e acima de 2.200 nm se destacaram como pontos característicos de absorvância, quando se examinou o tecido foliar com IVP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOYER, J.S. Leaf water potential measured with a pressure chamber. *Plant physiology*, Rockville, v. 42, n.1, p.213-217, 1967.
- CIURCZARK, E.W. Principles of near-infrared spectroscopy. in: Handbook of near-infrared analysis (BURNS, D.; CIURCZAK, E.W. eds). Ed Marcel Dekker, New York, p. 4-7. 2001.
- FERREIRA, M. M. C.; ANTUNES, A. M. ; MELGO, M. S. ; VOLPE, P. L. O. Quimiometria i: calibração multivariada, um tutorial. *Quimica Nova*, v. 22, n. 5, p. 724-731, 1999.
- KAYE, O.; WAMPLE, R.L. Using near-infrared spectroscopy as an analytical tool in vineyards and wineries, in: Proc. of ASEV annual conference, Seattle, 2005.
- SCHOLLANDER, R. F.; HAMELL. H. T.; BRADSTREET, E. D. & HEMMINGSEN, E. A. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148: 339-346, 1965.
- SHENK, J.; WORKMAN, J.J.; WESTERHAUS, M.O. Application of NIR spectroscopy to agricultural products. in Handbook of near-infrared analysis (BURNS, D.; CIURCZAK, E.W. eds). Ed Narcel Dekker, New York, p. 419-474. 2001.
- SVANTE, W.; ALBANO, C.; DUNN, W.J.; EDLUND, U.; ESBENSEN, P.; GELADI, S.; HELLBERG, E.; JOHANSSON, W.; LINDBERG, W.; SJOSTROM, M. Multivariate data analysis in chemistry. in: KOWALSKI, B.R.(ed). *Chemometrics: mathematics and statistics in chemistry*. The Netherlands: Kluwer, 1983. p. 17-95.
- TARDIEU, F.; KATERJI, N. Relations entre l'état hydrique du sol, le potentiel de base et d'autres indicateurs de la cointraint hydrique chez le maïs. *Agronomie*, Paris, v.10. n.8, p.617-626, 1990.
- WAMPLE, R. L.; WILLIAMS, L.; ADAMS, D. Wine grape irrigation management in the San Joaquin valley of califórnia. in: curso internacional: Manejo de riego y suelo en vides para vino y mesa, october, Santiago de Chile, 2005, p.38-46.
- WOLD, S.; TRYGG, J.; BERGLUND, A.; ANTTI, H. Some recent developments in PLS modeling. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, v. 58, p. 131-150, 2001.
- WORKMAN-JR.,J.; SHENK, J. Understanding and using the near-infrared spectrum as an analytical method. in: ROBERTS, C.A.; WORKMAN-JR, .J.; REEVES-III, J.B. (eds). *near-infrared spectroscopy in agriculture*. Madison, ASA, 2004. p-3-10.
- WORKMAN-JR. NIR spectrophotometers. in: ROBERTS, C.A.; WORKMAN-JR, .J.; REEVES-III, J.B. (eds). *Near-infrared spectroscopy in agriculture*. Madison, ASA, 2004. p-11-48.