

MODELOS MATEMÁTICOS PARA A ESTIMATIVA DA ÁREA FOLIAR DE VARIEDADES DE Videira À CAMPO (*Vitis vinifera* L.)

MATHEMATICAL MODELS FOR LEAF AREA ESTIMATIVE OF THE GRAPEVINE CULTIVARS (*Vitis vinifera* L.)

Marcelo Borghезan¹; Olavo Gavioli¹; Fábio Antônio Pit¹; Aparecido Lima da Silva¹

¹ Depto de Fitotecnia, CCA, Universidade Federal de Santa Catarina, Rod. Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, Florianópolis, SC, Brazil, CEP: 88040-900. E-mail: mborghезan@hotmail.com

(Manuscrito recebido em 09.03.10. Aceite para publicação em 06.05.10)

RESUMO

A determinação da área foliar é uma medida importante para avaliação do crescimento, comparação de sistemas de condução e estimativa de danos fitossanitários. Métodos diretos e não-destrutivos têm sido utilizados em estudos de ecofisiologia e fitossanidade. Porém, é necessário o estabelecimento de um modelo matemático preciso para cada variedade. O objetivo deste trabalho foi estabelecer as equações para estimar a área foliar das variedades de videira Cabernet Sauvignon, Merlot e Sauvignon Blanc. Utilizando um paquímetro avaliou-se o comprimento (cm) da nervura principal (L1) e das nervuras laterais (L2 - direita e esquerda) em 70 folhas de cada variedade, e a área foliar foi medida através do analisador portátil (ADC - AM 300). As folhas foram coletadas de diferentes tamanhos e aleatoriamente em diversas plantas. A partir destas medidas foram estabelecidas, através do software Statística 6.0, as equações entre o comprimento das nervuras e a área foliar para cada variedade. Para a variedade Merlot o comprimento da nervura central apresentou alta relação com a área foliar, enquanto que para Cabernet Sauvignon e Sauvignon Blanc, o somatório do comprimento das nervuras laterais L1 e L2 se apresentou mais representativo desta medida. A área foliar, para a variedade Merlot, foi melhor definida pelo modelo polinomial $y = -0,001x^2 + 1,462x - 13,551$ ($R^2 = 0,97$). Para a Cabernet Sauvignon e Sauvignon Blanc, o modelo exponencial foi mais adequado, a partir das equações $y = 0,3039x^{2,1267}$ ($R^2 = 0,98$) e $y = 0,1732x^{2,3616}$ ($R^2 = 0,95$), respectivamente. As equações para o cálculo da determinação da área foliar apresentaram precisão, sendo de fácil e rápida realização.

SUMMARY

The leaf area determination is an important measure for the growth evaluation, conduction system comparison and phytosanitary damage valuation. Direct and non destructive methods are used for ecophysiology and phytosanitary studies. However, it's needed to establish a precise mathematic model for each variety. This work had the purpose of establishing equations to estimate the leaf area of the vine diversities Cabernet Sauvignon, Merlot and Sauvignon Blanc. It was taken the main, the lateral (right and left) nervure length (cm) evaluating 70 leaves of each diversity, using a pachymeter and the leaf area measured with a portable analyzer (ADC - AM 300). The leaves were taken in different sizes and randomly chosen from several plants. The equations between the nervures and leaf area length for each variety were established from those measures, through the software Statística 6.0. The central nervure length for Merlot specie, showed a high relation with the leaf area, while the length sum of the lateral nervures L1 and L2 for the Cabernet Sauvignon and Sauvignon Blanc were more representative of this measure. The leaf area, for specie Merlot, was better defined by model polynomial $0,001x^2 + 1,462x - 13,551$ ($R^2 = 0,97$). The exponential model was better suitable for the Cabernet Sauvignon and Sauvignon Blanc, from equations $y = 0,3039x^{2,1267}$ ($R^2 = 0,98$) e $y = 0,1732x^{2,3616}$ ($R^2 = 0,95$), respectively. The equation to calculate the leaf area determination showed accuracy, being easy and fast to accomplish.

Palavras-chave: Cabernet Sauvignon, Merlot, Sauvignon Blanc, nervuras

Key words: Cabernet Sauvignon, Merlot, Sauvignon Blanc, nervure

INTRODUÇÃO

Na viticultura, o equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e a capacidade produtiva das plantas é necessário para a obtenção de uvas destinadas à elaboração de vinhos de qualidade.

A distribuição adequada do dossel favorece a interceptação da energia solar, apresentando efeito sobre a resposta fisiológica e o desenvolvimento da videira (Smart 1985, Fournioux, 1997; Howell, 2001; Poni, 2005), sobre a composição da uva

(Smart 1985, Ollat e Gaudillere, 1998; Vasconcelos e Castagnoli, 2000; Howell, 2001) e consequentemente, sobre a qualidade dos vinhos (Hunter *et al.*, 1995; Kliewer e Dokoozlian, 2005).

A avaliação da área foliar é de fundamental importância em estudos ecofisiológicos (Gonçalves *et al.*, 2002; Kliewer e Dokoozlian, 2005; Tsialtas *et al.*, 2008) e também possibilita a estimativa de danos fitossanitários (Elsner e Jubb, 1988). Em plantas à campo, a estimativa da área foliar utilizando

modelos diretos e não destrutivos apresentam vantagens e são os métodos mais recomendados (Carbonneau, 1976a, 1976b; Elsner e Jubb, 1988; Silvestre e Eiras-Dias, 2001; Costanza *et al.*, 2004; Johnson e Pierce, 2004; Lopes *et al.*, 2004; Blom e Tarara, 2007; Amarante *et al.*, 2009), por possibilitarem a avaliação de forma simples, rápida e precisa sem a retirada das folhas durante o ciclo vegetativo.

Para a sua realização é necessário o estabelecimento de equações matemáticas a partir da definição de variáveis a serem mensuradas nas folhas (Carbonneau, 1976b). Os trabalhos encontrados na literatura sugerem que essas medidas podem ser realizadas em várias partes da folha da videira, como o comprimento e a largura da folha ou o comprimento das nervuras principais (Figura 1).

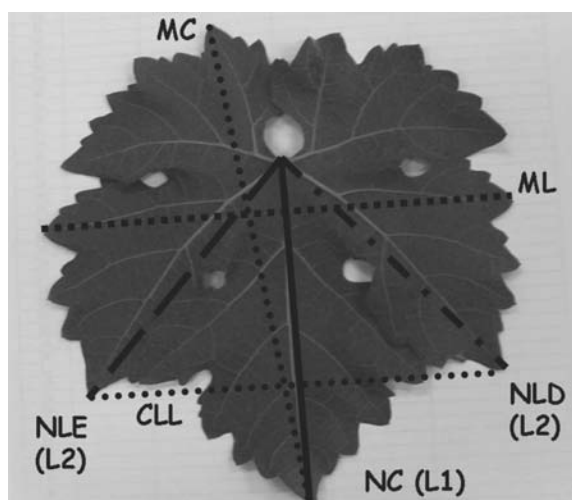


Fig. 1 - Principais dimensões descritas na literatura para realizar as medidas nas folhas, utilizadas para a determinação de modelos matemáticos com o objetivo de estimar a área foliar da videira. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

MC – Maior Comprimento da Folha, **ML** – Maior Largura da Folha, **NLE** – Comprimento da Nervura Lateral Esquerda (L2), **NLD** – Comprimento da Nervura Lateral Direita (L2), **NC** – Comprimento da Nervura Central (L1), **CLL** – Comprimento entre as pontas dos lóbulos laterais.

Main dimensions described for leaf measurements for the determination of mathematical models applied in the present study for the estimation of leaf area. UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

MC – Maior leaf length compriment **ML** – Maior leaf width **NLE** – Size of left leaf vein (L2), **NLD** – Size of right leaf vein (L2), **NC** – Size of leaf central vein (L1), **CLL** – Size between lateral lobules.

A estimacão da área foliar a partir de modelos matemáticos utilizando as avaliaoes nas folhas da videira é descrita por vários autores. Alguns deles utilizam o comprimento das nervuras (central e/ou laterais) para a definio das equaoes (Carbonneau, 1976a, 1976b; Elsner e Jubb, 1988; Gutierrez e Lavin, 2000; Lopes e Pinto, 2000; Silvestre e Eiras-Dias, 2001; Gonçalves *et al.*, 2002; Lopes *et al.*, 2004; Amarante *et al.*, 2009). Entretanto, outros pesquisadores utilizam mensuraoes nas folhas

como o comprimento máximo, a largura máxima ou a largura entre as pontas dos lóbulos laterais (Sepúlveda e Kliewer, 1983; Pire e Valenzuela, 1995; Gutierrez e Lavin, 2000; Williams e Martinson, 2003). Metodologias que relacionam o peso fresco das folhas com a área foliar também são utilizadas para a definio da área foliar total (Sepúlveda e Kliewer, 1983; Tregoat *et al.*, 2001; Petrie *et al.*, 2003). Em ambos os casos, os autores concordam sobre a eficiência de estimar a área foliar a partir de métodos não destrutivos e diretos e obtiveram elevada precisão nas equaoes resultantes. Recentemente, outros modelos que simulam a estrutura do dossel em 3D têm sido testados (Louarn *et al.*, 2008).

Para estimar a área foliar das plantas  campo existem diferentes métodos para diminuir o esforço físico e melhorar a precisão nas medioes. Esta informao pode ser obtida, a partir da avaliao de uma parcela representativa de ramos nas plantas de um vinhedo. A rea foliar de um ramo pode ser estimada, avaliando todas as folhas de um sarmento (Miele, 1989), em uma amostra de 30% das folhas distribuídas ao longo de todo o ramo (Carbonneau, 1976a) ou a partir de modelos matemáticos que associam o número de folhas, a área da maior e menor folha e o comprimento do ramo (Lopes *et al.*, 2004).

Entretanto, na maioria das regioes tradicionais de cultivo da videira no Brasil e para as principais variedades plantadas, estas equaoes que permitem a estimacão da área foliar não são conhecidas. O objetivo deste trabalho foi estabelecer os modelos matemáticos a partir da avaliao de medidas lineares realizadas nas folhas de videira, visando estimar a área foliar das variedades Cabernet Sauvignon, Merlot e Sauvignon Blanc cultivadas em São Joaquim, Santa Catarina, sul do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

As folhas foram obtidas de plantas cultivadas no município de São Joaquim,  latitude de 28 15' 13" S, longitude de 49 57' 02" W e altitude de 1.293m. As plantas de uma área de produo comercial são conduzidas em sistema espaldeira. O vinhedo foi implantado em dezembro de 2002, espaçado em 3,00 metros entre linhas e 0,75 metros entre plantas, sobre porta-enxertos Paulsen 1103, com orientao N-S. Os cachos estão a 1,20 metros do solo e o dossel vegetativo pode se desenvolver por mais 1,60 m de altura, totalizando 2,80m.

Foram utilizadas como modelo experimental, as folhas das variedades Cabernet Sauvignon, Merlot e Sauvignon Blanc (Figura 2). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, utilizando 10 plantas de cada variedade para a coleta das folhas.



Fig. 2 - Padrão ampelográfico de folhas das variedades Cabernet Sauvignon, Merlot e Sauvignon Blanc. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Leaf ampelographic pattern of Cabernet Sauvignon, Merlot and Sauvignon Blanc varieties. UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

A amostragem foi realizada durante o ciclo vegetativo 2005-2006, após a mudança da coloração das bagas, coletando-se 70 folhas completas e sadias de diferentes tamanhos obtidas aleatoriamente de diversos sarmentos. O material foi identificado, embalado em sacos plásticos, conservado em caixas com gelo e transportado até o laboratório para a avaliação.

O comprimento (cm) da nervura central (L1) e das nervuras laterais (L2) direita e esquerda foram mensurados com a utilização de um paquímetro. A área foliar foi avaliada através de um analisador portátil (ADC – AM 300). As folhas com comprimento da nervura central inferior a 3,0 centímetros não foram avaliadas, conforme recomendado por Lopes e Pinto (2000).

Os modelos matemáticos resultaram da relação entre a área foliar avaliada e o comprimento da nervura central (NC), o quadrado do comprimento da nervura central (NC^2), a soma do comprimento das nervuras laterais ($\sum NL$) e o quadrado do comprimento médio das nervuras laterais ($\bar{x} NL^2$). A análise estatística foi realizada através da análise de regressão entre o comprimento das nervuras e a área foliar avaliada, utilizando o software Statística versão 6.0. Foram avaliados os modelos linear, polinomial (quadrático) e de potência.

Para a validação do modelo matemático de regressão, Pire e Valenzuela (1995) recomendam a coleta de uma nova amostra para a comparação da área foliar avaliada com a área foliar estimada. Essa avaliação foi realizada pela amostragem no ciclo vegetativo 2006-2007, coletando-se 30 folhas completas e sadias de diferentes tamanhos ao longo de diversos sarmentos para cada uma das variedades. A área foliar foi avaliada através de um analisador portátil (ADC – AM 300) e a área foliar estimada foi obtida substituindo os valores de comprimento das nervuras nas equações obtidas no ano anterior.

As médias da área foliar avaliada e da área foliar estimada foram comparadas pelo teste *t* de Student (5%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As avaliações demonstraram que a área foliar está relacionada com o comprimento das nervuras das folhas para todas as variedades de videira estudadas (Figuras 3, 4 e 5). A área foliar obtida a partir de medidas nas folhas, utilizando as equações estimadas neste artigo apresenta alta precisão e os resultados observados estão consistentes com a literatura clássica, como por exemplo, nos trabalhos de Carbonneau (1976b), Sepúlveda e Kliewer (1983) e Elsner e Jubb (1988).

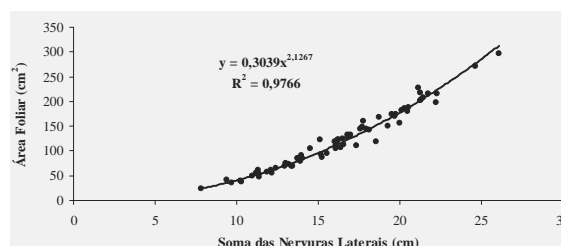


Fig. 3 - Modelo matemático selecionado para a estimativa da área foliar da variedade Cabernet Sauvignon. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Selected mathematical models for leaf area estimation from plants of Cabernet Sauvignon variety. UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

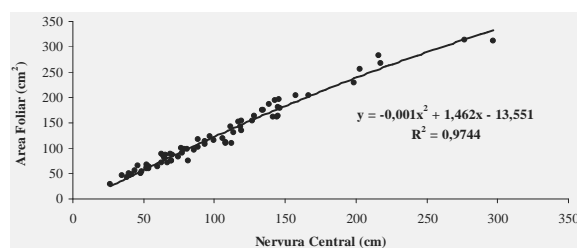


Fig. 4 - Modelo matemático selecionado para a estimativa da área foliar da variedade Merlot. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Selected mathematical models for leaf area estimation from plants of Merlot variety. UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

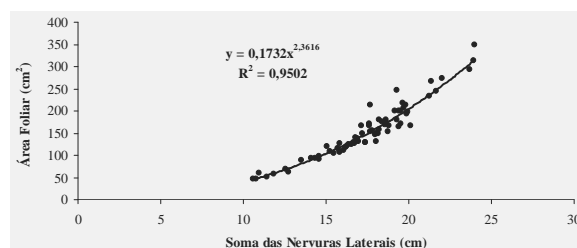


Fig. 5 - Modelo matemático selecionado para a estimativa da área foliar da variedade Sauvignon Blanc. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Selected mathematical models for leaf area estimation from plants of Sauvignon Blanc variety. UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

Para a variedade Cabernet Sauvignon observou-se que a soma do comprimento das nervuras laterais apresenta a maior correlação com a área foliar, sendo o modelo potencial com a maior precisão. A equação selecionada foi $y = 0,3039x^{2,1267}$, onde “y”

corresponde à área foliar a ser estimada e “x” corresponde à soma do comprimento das nervuras laterais (Figura 3).

Para a variedade Merlot, o modelo de melhor ajuste à estimação da área foliar utiliza o quadrado do comprimento da nervura central e uma equação polinomial (Figura 4). A equação selecionada estima a área foliar ($y = -0,001x^2 + 1,462x - 13,551$), sendo “x” o quadrado do comprimento da nervura central.

O modelo matemático que estima com maior precisão a área foliar para a variedade Sauvignon Blanc utiliza a soma do comprimento das nervuras laterais, sendo a equação potencial $y = 0,1732x^{2,3616}$ (Figura 5).

Dependendo do grau de precisão dos dados que se deseja no estudo, a equação $y = 1,1265x^{2,0445}$ ($R^2 = 0,94$), onde “y” corresponde à área foliar a ser estimada e “x” corresponde ao comprimento da nervura central, pode ser utilizada para a variedade Cabernet Sauvignon. Para a Sauvignon Blanc sugere-se a equação $y = 1,0968x^{2,1628}$ ($R^2 = 0,93$), onde “y” corresponde à área foliar a ser estimada e “x” corresponde ao comprimento da nervura central. A utilização destas equações permite maior rapidez e facilidade na coleta dos dados de campo, pela avaliação do comprimento de apenas uma nervura (nervura central), entretanto com um menor nível de precisão em comparação com os modelos anteriormente descritos (Quadro I).

QUADRO I

Modelo matemático alternativo, sugerido para a estimativa da área foliar das variedades Cabernet Sauvignon e Sauvignon Blanc. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.

Alternative mathematical models, suggested for the leaf area estimation from plants of the Cabernet Sauvignon and Sauvignon Blanc varieties. UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

	Equação de Regressão	R ²
Cabernet Sauvignon	$y = 1,1265x^{2,0445}$	0,94
Sauvignon Blanc	$y = 1,0968x^{2,1628}$	0,93

Onde “y” corresponde à área foliar a ser estimada e “x” corresponde ao comprimento da nervura central.

Where “y” corresponds to the leaf area to be estimated and “x” corresponds to the length of the leaf central vein.

Para a variedade Merlot, obteve-se uma maior precisão na estimação da área foliar quando a variável medida nas folhas foi elevada ao quadrado. Este comportamento dos dados já havia sido descrito no estabelecimento das equações para a avaliação da área foliar para a variedade Concord (Elsner e Jubb, 1988). Em relação à Cabernet Sauvignon e Sauvignon Blanc esta variação não foi observada. Esta verificação está de acordo com os resultados apresentados por Amarante *et al* (2009), que também relatam a obtenção de equações com boa estimativa da área foliar a partir dos valores diretos do comprimento das nervuras.

A estimação da área foliar de forma precisa depende da equação utilizada. Carbonneau (1976b) observou que as diferentes variedades da espécie *Vitis vinifera*

apresentam morfologia das folhas bastante diversa, o que permite o reconhecimento de grupos varietais em estudos de ampelografia (Figura 2). Assim, em alguns casos as equações definidas para o estabelecimento da área foliar para uma determinada variedade podem ser utilizadas para estimar a área foliar de outras, entretanto nem todos os modelos podem ser apropriados quando se deseja um grau maior de precisão (Tsialtas *et al*, 2008). Desta maneira, o estabelecimento das equações para cada grupo varietal é uma etapa necessária.

Observa-se que para ambas as variedades os modelos definidos apresentaram o coeficiente de correlação (R^2) superior a 0,95 indicando elevada precisão de estimação das equações selecionadas. Esses índices também foram observados nos trabalhos de Carbonneau (1976b), que descreve erro inferior a 5% na estimativa da área foliar. Os trabalhos de Sepúlveda e Kliever (1983), Elsner e Jubb (1988), Silvestre e Eiras-Dias (2001) e Gonçalves *et al* (2002) também obtiveram equações com elevados coeficientes de correlação tanto para variedades de *Vitis vinifera* como para *V. labrusca*. Nestes estudos, os autores concordam que a estimativa da área foliar a partir da mensuração de variáveis nas folhas e da aplicação em uma equação previamente definida é uma metodologia de fácil e rápida execução e que permite obter resultados precisos.

Neste trabalho, as equações que apresentavam maior coeficiente de correlação foram quando se utilizou os modelos matemáticos polinomial e potencial. Da mesma forma que os resultados obtidos neste estudo, Silvestre e Eiras-Dias (2001) e Williams e Martinson (2003), observaram que as equações lineares apresentam menor correlação com a área foliar. Estes autores também demonstram que para as diferentes variedades podem ser utilizados diferentes modelos matemáticos para a estimação da área foliar. Entretanto, Amarante *et al*. (2009) descrevem boa estimativa da área foliar a partir de equações que utilizam o modelo linear para a var. Cabernet Sauvignon ($R^2 = 0,85$). Também Tsialtas *et al* (2008) demonstraram que os modelos lineares podem propiciar equações com coeficientes mais elevados ($R^2 = 0,97$).

A comparação entre as médias obtidas entre os valores de área foliar avaliada e área foliar estimada demonstrou não haver diferenças significativas (Quadro II). A comparação com o modelo proposto por Carbonneau (1976b) utilizando a equação para a estimativa da área foliar $(y) = 0,305x^2 + 1,605x - 6,885$, sendo “x” a soma do comprimento das nervuras laterais, também não demonstrou diferenças significativas (Quadro III). A validação dos modelos matemáticos confirma a precisão das equações estabelecidas permitindo a sua utilização para a avaliação da área foliar destas variedades de videira em plantas à campo. A comparação com o modelo sugerido por Carbonneau (1976b) indica a possibilidade de utilização dos modelos matemáticos estabelecidos para uma mesma variedade para outras regiões. Os valores de erro padrão da média para cada uma das variedades deste estudo se encontram ligeiramente superiores aos obtidos por Sepúlveda e Kliewer (1983) e semelhantes aos encontrados nos trabalhos de Elsner e Jubb (1988) e Silvestre e Eiras-Dias (2001).

variáveis, como a curvatura na bainha pode-se apresentar maior dificuldade durante a execução das avaliações das folhas como, por exemplo, na avaliação do comprimento entre as pontas dos lóbulos laterais (Figura 1). No entanto, elevada precisão também foi obtida quando as equações foram estabelecidas a partir dessas variáveis (Sepúlveda e Kliewer, 1983; Pire e Valenzuela, 1995).

As equações que estimam com maior precisão a área foliar para as variedades testadas utilizam diferentes medidas nas folhas como o comprimento da nervura central para a Merlot e o comprimento das nervuras laterais para Cabernet Sauvignon e Sauvignon Blanc.

A área foliar de plantas a campo é obtida através da estimativa da área de folhas ao longo de um ramo avaliando todas as folhas de um sarmento, a partir da amostragem de um determinado número de folhas como definido por Carbonneau, (1976a) ou Lopes *et al* (2004). Após obter a área foliar de um ramo,

QUADRO II

Comparação das médias da área foliar avaliada e estimada para as variedades Cabernet Sauvignon, Merlot e Sauvignon Blanc. UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
Comparison of real and estimated leaf area from plants of Cabernet Sauvignon, Merlot and Sauvignon Blanc varieties. UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

	Cabernet Sauvignon	Merlot	Sauvignon Blanc
Área Foliar Avaliada ¹	149,30 ± 12,88	157,08 ± 13,72	129,69 ± 12,17
Área Foliar Estimada ¹	157,04 ± 13,94	150,98 ± 15,26	149,53 ± 15,91
Valor p*	0,69	0,76	0,32

¹ Média ± erro padrão. * Valor de p menor que 0,05 representa diferença entre a área foliar avaliada e a área foliar estimada, pelo teste t de Student.

*Mean ± standart error. * p less than 0.05 represents significant differences between real and estimated leaf area after t Student test.*

QUADRO III

Comparação das médias da área foliar estimadas para a variedade Cabernet Sauvignon com os valores obtidos a partir da equação estabelecida por Carbonneau (1976b). UFSC, Florianópolis, SC, Brasil.
Comparison of real and estimated leaf area from plants of Cabernet Sauvignon varieties using Carbonneau (1976b) equation's values. UFSC, Florianópolis, SC, Brazil.

	Cabernet Sauvignon ¹	Valor p*
Área Foliar Avaliada	149,30 ± 12,88	
Área Foliar Estimada (Modelo sugerido)	157,04 ± 13,94	0,69
Área Foliar Estimada (Modelo Carbonneau) ²	130,51 ± 10,26	0,26

¹ Média ± erro padrão. * Valor de p menor que 0,05 representa diferença entre a área foliar avaliada e a área foliar estimada, pelo teste t de Student. ² Equação de Carbonneau (1976b) $y = 0,305x^2 + 1,605x - 6,885$.

¹ *Mean ± standart error. * p less than 0.05 represents significant differences between real and estimated leaf area after t Student test.* ² *Carbonneau equation's (1976b) $y = 0,305x^2 + 1,605x - 6,885$.*

Esta metodologia é de fácil realização em plantas à campo, possibilitando a avaliação da área foliar para estudos de fisiologia, de desempenho agrônomico e de danos fitossanitários. A vantagem da avaliação do comprimento das nervuras é a sua rápida localização na bainha foliar. Quando são medidas outras

estima-se a área foliar total por planta através da multiplicação pelo número de ramos, conformerealizado por Miele (1989). Assim, o tempo necessário para avaliar uma amostra de plantas pode ser menor que o apresentado por Tregcoat *et al* (2001).

CONCLUSÕES

Cada cultivar apresenta um padrão de morfologia foliar necessitando de equações distintas. A avaliação da área foliar em plantas à campo pode ser realizada fácil e rapidamente através da mensuração do comprimento das nervuras foliares. A área foliar obtida através da estimação a partir dos modelos matemáticos propostos apresenta alta precisão. Os modelos matemáticos estabelecidos podem ser utilizados para a estimação da área foliar em outras regiões. Para a estimação da área foliar, recomenda-se que para a variedade Merlot seja utilizado o comprimento da nervura central e para as variedades Cabernet Sauvignon e Sauvignon Blanc, o comprimento das nervuras laterais ou da nervura central.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Empresa Villa Francioni Agronegócios Ltda por ceder a área para a realização da coleta das folhas nos ciclos vegetativos 2005-2006 e 2006-2007.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amarante C.V.T., Zanardi O.Z., Miqueloto A., Steffens C.A., Erhart J., Almeida J.A.. 2009. Quantificação da área e do teor de clorofilas em folhas de plantas jovens de videira 'cabernet sauvignon' mediante métodos não destrutivos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, **31** (3), 680-686.
- Blom, P.E., Tarara, J.M.. 2007. Rapid and nondestructive estimation of leaf area on field-grown Concord (*Vitis labruscana*) grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture*, **58**(3), 393-397.
- Carbonneau A.. 1976a. Analyse de la croissance des feuilles du sarment de vigne: estimation de surface par échantillonnage. *Connaissance de la Vigne e du Vin*, **10** (2), 141-149,.
- Carbonneau, A.. 1976b. Principes et methodes de mesure de la surface foliari. Essai de caracterizacion des types de feviles dans le genre *Vitis*. *Annales de Amelioration des Plantes*, **28** (2), 327-343.
- Costanza P., Tisseyre B., Hunter J.J., Deloire A.. 2004. Shoot development and non-destructive determination of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaf area. *South African Journal of Enology and Viticulture*, **25** (2), 43-47.
- Elsner E.A., Jubb Jr., G.L.. 1988. Leaf area estimation of Concord grape leaves from simple linear measurements. *American Journal of Enology and Viticulture*, **39** (1), 95-97.
- Fournioux J.C.. 1997. Influences foliaires sur le développement végétatif de la vigne. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, **31** (4), 165-183.
- Gonçalves C.A.A., Chalfun N.N.J., Regina M.A., Alvarenga A.A., Souza M.T., Abrahão E.. 2002. Estimativa de área foliar da videira (*vitis labrusca* L. cv. folha de figo) sobre diferentes porta-enxertos. *Ciência Agrotecnologia*, **26** (3), 500-504.
- Gutierrez A., Lavin A.. 2000. Mediciones lineales en la hoja para la estimación no destructiva del área foliar en vides cv. Chardonnay. *Agricultura Técnica*, **60** (1), 69-73.
- Howell G.S.. 2001. Sustainable grape productivity and the growth-yield relationship: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, **52** (3), 165-174.
- Hunter J.J., Ruffner H.P., Volschenk, C.G., Roux D.J.L.. 1995. Partial defoliation of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon/99 Richter: effect on root growth, canopy efficiency, grape composition, and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, **46** (3), 306-314.
- Johnson L.F., Pierce L.L.. 2004. Indirect measurement of leaf area index in California North Coast vineyards. *HortScience*, **39** (2), 236-238.
- Kliewer W.M., Dokoozlian N.K.. 2005. Leaf Area/Crop Weight Ratios of Grapevines: Influence on Fruit Composition and Wine Quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, **56** (2), 170-181.
- Lopes C.M., Andrade I., Pedrosa V., Martins S.. 2004. Modelos empíricos para estimativa da área foliar da videira na casta Jaen. *Ciência Técnica e Vitivinícola*, **19** (2), 61-75.
- Lopes C.M., Pinto P.A.. 2000. Estimation de la surface foliaire principale et secondaire d'un rameau de vigne. *Progrès Agricole et Viticole*, **117** (7), 160-166.
- Louarn G., Lecoœur J., Lebon E.. 2008. A three-dimensional statistical reconstruction model of grapevine (*Vitis vinifera*) simulating canopy structure variability within and between cultivar/training system pairs. *Annals of Botany*, **101**, 1167-1184.
- Miele A.. 1989. Influência do sistema de condução na evolução dos açúcares redutores e da acidez total durante a maturação da uva: relação com área foliar, radiação solar e fotossíntese. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, **1**(1), 31-40.
- Ollat N., Gaudillere J.P.. 1998. The effect of limiting leaf area during stage I of berry growth on development and composition of berries of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon. *American Journal of Enology and Viticulture*, **49** (3), 251-258.

Pire R., Valenzuela I.. 1995. Estimación del área foliar en vitis vinifera L. 'French colombard' a partir de mediciones lineales en las hojas. *Agronomia Tropical*, **45** (1), 143-154.

Poni S.. 2005. Produrre quantita' rispettando la qualita: il ruolo della gestione della chioma. Parte 2. *InfoWine*, **5** (1), 1-7.

Sepúlveda R.G., Kliewer W.M.. 1983. Estimation of leaf area of two grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L) using laminae linear measurements and fresh weighth. *American Journal of Enology and Viticulture*, **34** (4), 221-226.

Silvestre J., Eiras-Dias J.E.. 2001. Relações alométricas entre a área foliar e medições lineares em folhas de *Vitis vinifera* L. *Ciência Técnica e Vitivinícola*, **16** (1), 35-42.

Smart R.. 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implication for

yield and quality: a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, **35** (3), 230-239.

Tregogat O., Ollat N., Grenier G., Leeuwen C.V.. 2001. Etude comparative de la précision et de la rapidité de mise en oeuvre de différentes méthodes d'estimation de la surface foliaire de la vigne. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin*, **35** (1), 31-39.

Tsialtas J.T., Koundouras S., Zioziou E.. 2008. Leaf area estimation by simple measurements and evaluation of leaf area prediction models in Cabernet-Sauvignon grapevine leaves. *Photosynthetica*, **46** (3), 452-456.

Vasconcelos M.C., Castagnoli S.. 2000. Leaf Canopy Structure and Vine Performance. *American Journal of Enology and Viticulture*, **51** (4), 390-396.

Williams L., Martinson T.E.. 2003. Nondestructive leaf area estimation of 'Niagara' and 'DeChaunac' grapevines. *Scientia Horticulturae*, **98**, 493-498.