*Ciência Téc. Vitiv.* 16 (1), 35-42. 2001

## NOTA TÉCNICA

# RELAÇÕES ALOMÉTRICAS ENTRE A ÁREA FOLIAR E MEDIÇÕES LINEARES EM FOLHAS DE *VITIS VINIFERA* L.

## ALLOMETRIC RELATIONSHIP BETWEEN LEAF AREA AND LENGTH MEASUREMENTS OF *VITIS VINIFERA* L. LEAVES.

**José Silvestre, José E. Eiras-Dias**

Estação Vitivinícola Nacional. INIA, 2565-191 DOIS PORTOS. Portugal.

E-mail: inia.evn.viti@oninet.pt

*(Manuscrito recebido em 15.05.01. Aceite para publicação em 31.05.01)*

**RESUMO**

A utilização de diferentes parâmetros medidos nas folhas para estimar a área foliar foi avaliada para 12 cultivares recorrendo a regressões pelo método dos mínimos rectângulos, segundo um modelo linear ($Y = a + bX$) e uma função potência ($Y = aX^c$). Os resultados, avaliados pelo coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa e distribuição dos resíduos reduzidos, mostraram uma estimativa mais adequada pela utilização da função potência, sendo possível seleccionar dois parâmetros com um coeficiente de determinação superior a 95% para o conjunto das 12 cultivares.

**Palavras-chave**: área foliar, biometria

**Key words**: leaf area, biometry

## INTRODUÇÃO

A determinação da área foliar é frequentemente indispensável a várias áreas de investigação em viticultura. Sendo as folhas as principais superfícies da planta para as trocas gasosas e intercepção da radiação, a área foliar, expressa pelo Índice de Área Foliar (área de folhas por unidade de área de solo), é um importante parâmetro biológico para caracterizar o crescimento vegetativo e estudar o efeito de práticas culturais, sendo por isso usado na maioria dos modelos de evapotranspiração, fotossíntese e de crescimento vegetativo.

Os métodos para a medição da área foliar em vinha são frequentemente

classificados em directos e indirectos. Os métodos indirectos são baseados em modelos matemáticos que descrevem a intercepção da radiação pela vegetação. Várias metodologias tem sido propostas (Oliveira e Santos, 1995; Cohen *et al*., 2000) e alguma instrumentação comercial (LAI 2000 (LI-COR, Lincoln; NE, USA), Demon (CSIRO, Camberra, Austrália) e CI-100 (CID, Inc. Vancouver, WA, USA)) tem sido desenvolvida nos últimos anos e testada para a vinha (Iacono, 1998; Ollat *et al*., 1998, Sommer e Lang, 1994). No entanto, este tipo de metodologia exige calibrações frequentes com métodos directos. Um outro tipo de métodos indirectos, de base empírica, têm sido propostos recentemente (Mabrouk e Carbonneau, 1996) e envolvem o estabelecimento de relações lineares simples entre a área foliar dos pâmpanos e o comprimento dos mesmos ou regressões múltiplas utilizando como variáveis o comprimento do pâmpano, número de folhas e área da maior e menor folhas (Lopes e Pinto, 2000).

Os métodos directos referem-se a medições feitas directamente nas folhas e podem ser divididos em destrutivos e não destrutivos, sendo os primeiros incompatíveis com a vida da folha e/ou planta. A medição directa com medidores de área foliar portáteis é frequentemente limitada devido ao facto de a largura das folhas exceder a gama de trabalho do sensor. Por exemplo, a largura máxima da folha é de cerca de 9.8 cm para o AM100 (ADC Bioscientific Ldt.) e 12.7 cm para o LI-3000A (LI-COR Ltd., Lincoln, NE, USA). Assim, os métodos directos não destrutivos referem-se essencialmente a relações entre a área foliar e medições lineares nas folhas. Salientam-se a soma do comprimento das duas nervuras laterais principais (Carbonneau, 1976) ou o produto do comprimento pela largura da folha (Sepúlveda e Kliewer, 1983, Smith e Kliewer, 1984; Elsner e Jubb, 1988). Estes métodos apresentam como vantagem principal a precisão dos resultados e como desvantagem o facto de serem muito laboriosos.

O principal objectivo deste trabalho foi avaliar parâmetros facilmente reconhecíveis à vista e mesuráveis em alguns segundos com técnicas de medição simples e compatíveis com a vida da folha, bem como avaliar diferentes modelos de regressão que correlacionam a área foliar com os parâmetros estudados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As folhas utilizadas neste estudo foram provenientes das cultivares Cabernet Franc (**C.F.**), Cabernet Sauvignon (**C.S.**), Chardonnay (**Ch**.), Grenache Noir (**G.N.**), Merlot (**Mr.**), Pinot Blanc (**P.B.**), Pinot Noir (**P.N.**), Sangiovese (**Sg.**), Sauvignon (**Sv.**), Riesling (**Rs.**), Trebbiano Toscano (**T.T.**) e Trincadeira Preta (**T.P.**), provenientes da Colecção Ampelográfica Nacional da Estação Vitivinícola Nacional (EVN). A colheita foi efectuada após o pintor, sendo as folhas provenientes de várias videiras e colhidas a vários níveis ao longo do

pâmpano, por forma a obter uma grande variabilidade em idade, dimensões e forma das folhas. Este procedimento foi aplicado a todas as cultivares em estudo. A dimensão da amostra foi de 50 folhas por cultivar. Este número é considerado adequado por Carbonneau (1976), tendo este autor verificado que uma amostragem maior não acrescenta benefícios significativos aos resultados. Imediatamente após a colheita procedeu-se à eliminação dos pecíolos e à realização de todas as medições.

As medições efectuadas nas folhas, esquematizadas na Figura 1, foram o comprimento das três nervuras principais (N1, N2 e N3), a distância entre as extremidades das primeiras nervuras principais laterais (L), a distância entre a nervura principal mediana e a extremidade da primeira nervura secundária da primeira nervura principal lateral (D).

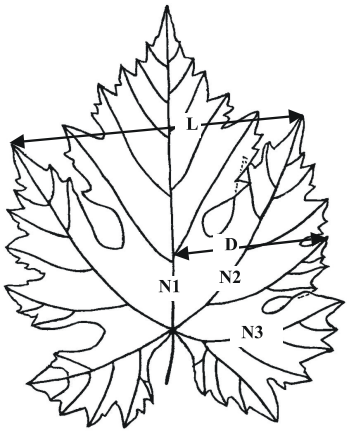


**Fig. 1**.- Definição dos parâmetros N1, N2, N3, L e D.
Graphic representation of measured leaf variables.

A área foliar foi medida recorrendo a um sistema de medição DIAS - Delta-T Image Analysis System (Delta-T Devices, Cambridge, UK), tendo sido medidas as áreas das folhas intactas e as áreas das folhas cortadas por forma a evitar a sobreposição dos lóbulos das folhas.

A análise dos dados foi efectuada recorrendo à utilização da recta de regressão pelo método dos mínimos rectângulos. Este método é mais adequado do que o dos mínimos quadrados quando se estudam variações simultâneas de duas características do mesmo órgão ou organismo, uma vez que as duas variáveis devem ser consideradas em pé de igualdade, como variáveis interdependentes, não havendo assim razões para minimizar a soma dos quadrados dos desvios paralelamente a um ou a outro eixo de coordenadas, nem sobretudo paralelamente a um e outro eixo de coordenadas. A solução para o problema da regressão pode ser obtida assegurando o mínimo da soma dos produtos dos

desvios, medidos em valor absoluto, uns paralelamente ao eixo das abcissas e outros paralelamente ao eixo das ordenadas (Dagnielie, 1973). Assim, foram ajustados um modelo linear ($Y = a + bX$) e uma função potência ($Y = aX^c$), linearizada efectuando uma dupla transformação logarítmica ($\ln Y = \ln a + c(\ln X)$).

As variáveis estudadas foram N1, L, N1*L, $N2_{(e+d)}$, $N3_{(e+d)}$, $D_{(e+d)}$, $N2_{(e*d)}$, $N3_{(e*d)}$ e $D_{(e*d)}$. Os índices $_{(e+d)}$ e $_{(e*d)}$ referem-se à soma e ao produto dos comprimentos dos lados esquerdo e direito da folha.

Os critérios para a selecção da equações de estimação foram a precisão (avaliada pelo coeficiente de determinação, erro padrão da estimativa e distribuição gráfica dos resíduos reduzidos) e a simplicidade (em termos das variáveis nas equações e facilidade de cálculo).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO.

As áreas foliares foram determinadas com as folhas inteiras e com as folhas cortadas por forma a evitar a sobreposição dos lóbulos das folhas. Os resultados obtidos encontram-se resumidos no Quadro I para as cultivares estudadas. A diferença entre os dois tipos de medição de áreas foi considerável, cerca de 3% para o conjunto das cultivares e chegando a ser maior do que 6% para o caso da cultivar **T.P.**, pelo que as equações de regressão serão efectuadas tendo como variável a explicar a área da folha cortada.

QUADRO I

Área média por cultivar ($cm^2$), obtida com e sem sobreposição dos lóbulos das folhas e percentagem de diferença (n=50).
*Mean leaf area measured by cultivar with and without lobe juxtaposition and difference percentage*

| | Área média ($cm^2$) | | % | | Área média ($cm^2$) | | % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cultivar | f. inteira | f. cortada | dif. | Cultivar | f. inteira | f. cortada | dif. |
| **C.F.** | 154.24 | 156.22 | 1.27 | **P.N.** | 152.76 | 156.34 | 2.29 |
| **C.S.** | 169.29 | 176.63 | 4.16 | **Rs.** | - | 190.51 | - |
| **Ch.** | 147.13 | 148.94 | 1.21 | **Sg.** | - | 140.36 | - |
| **G.N.** | 136.48 | 143.36 | 4.80 | **Sv.** | 165.78 | 172.73 | 4.03 |
| **Mr.** | 196.98 | 201.51 | 2.25 | **T.T.** | 144.01 | 145.34 | 0.91 |
| **P.B.** | 162.26 | 164.29 | 1.23 | **T.P.** | 126.46 | 135.46 | 6.65 |

As variáveis estudadas apresentaram-se fortemente relacionadas com a área foliar, tendo-se verificado coeficientes de correlação (**r**) significativos a um nível de 0.1%. N1 e L apresentaram, para qualquer um dos modelos estudados, valores de **r** inferiores a 0.95 e um erro padrão da estimativa (**EP**) de cerca de 24 $cm^2$ (valores médios para o conjunto das cultivares e para os dois

modelos em estudo). Resultados semelhantes foram obtidos por Lopes e Pinto (2000) para N1. Por outro lado, a análise da distribuição gráfica dos resíduos reduzidos para estas duas variáveis mostrou-se inadequada pelo que não serão mais referidos neste estudo. A variável N1*L apresentou um **r** médio de cerca de 0.95, valor inferior ao considerado por Carbonneau (1973) como adequado a este tipo de estudos e um **EP** próximo de 19 $cm^2$.

Os resultados médios relativos às restantes variáveis estudadas são apresentados no Quadro II. Para as variáveis $N2_{(e+d)}$ $N3_{(e+d)}$ e $D_{(e+d)}$ e para o modelo linear, os valores da constante (a) fortemente negativos tornam as respectivas equações inaceitáveis. Resultados semelhantes foram obtidos por Elsner e Jubb (1988), Forlani *et al.* (1986), Sepúlveda e Kliewer (1983), Smith e Kliwer (1984) utilizando como variáveis independentes o comprimento e a largura das folhas.

QUADRO II

Relação entre a área foliar e medições lineares das folhas. Valores médios de 12 cultivares.
*Relationship between leaf area and measured leaves lengths. Means for 12 cultivars*

| Variável | Equação de regressão Y = a + bX | | | | Equação de regressão $Y = aX^c$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | $r^2$ | EP ($cm^2$) | a | c | $r^2$ | EP ($cm^2$) |
| $N2_{(e+d)}$ | -150.18 | 16.16 | 0.9337 | 14.6 | 0.40 | 2.03 | 0.9529 | 13.6 |
| $N3_{(e+d)}$ | -126.66 | 20.11 | 0.9236 | 15.7 | 1.12 | 1.86 | 0.9446 | 14.9 |
| $D_{(e+d)}$ | -140.81 | 20.26 | 0.9539 | 12.2 | 0.77 | 1.97 | 0.9710 | 10.8 |
| $N2_{(e*d)}$ | -2.24 | 1.71 | 0.9397 | 13.7 | 1.59 | 1.02 | 0.9523 | 13.7 |
| $N3_{(e*d)}$ | 9.28 | 2.87 | 0.9277 | 15.0 | 4.05 | 0.93 | 0.9446 | 14.9 |
| $D_{(e*d)}$ | 2.34 | 2.77 | 0.9620 | 10.8 | 3.01 | 0.98 | 0.9704 | 10.9 |

Da análise do Quadro II salienta-se igualmente que a regressão com uma função do tipo potência apresenta coeficientes de determinação (**$r^2$**) mais elevados e tende a apresentar **EP** menores. Este tipo de abordagem (utilização de uma transformação logarítmica) apresenta ainda a vantagem de normalizar as distribuições (Dagnelie, 1973b). A utilização da soma ou do produto do comprimento das nervuras e de D produz resultados idênticos em termos de **$r^2$** e **EP**. No entanto, os valores de c (também designado por coeficiente de alometria) verificados para $N2_{(e*d)}$ e $D_{(e*d)}$ são muito próximos da unidade, indicando que as variações relativas das variáveis (explicativa e a explicar) são praticamente iguais.

As variáveis explicativas que apresentam valores de **$r^2$** mais elevados são N2 e D. Os resultados obtidos para cada cultivar e para estas variáveis são apresentados no Quadro III, sendo de assinalar que, apesar dos diferentes tipos de folhas, não se verificaram diferenças assinaláveis ao nível dos coeficientes de determinação, indicando que este tipo de abordagem pode ser

aplicado à generalidade das cultivares. D apresentou também valores de **EP** mais baixos e tende a apresentar distribuições dos resíduos reduzidos mais favoráveis. De facto, os resíduos reduzidos situaram-se aproximadamente entre –2 e +2 e não apresentaram estruturas particulares, condições necessárias para um modelo de regressão correcto (Tomassone *et al.*, 1983).

QUADRO III

Equações de regressão($\mathbf{Y = aX^c}$), coeficientes de determinação ($\mathbf{r^2}$) e erro padrão da estimativa (**EP**) para as cultivares em estudo.

*Regression equations ($\mathbf{Y = aX^c}$), coefficients of determination ($\mathbf{r^2}$) and standard errors of estimates (**EP**) for 12 cultivars leaf area estimation models.*

| | $N2_{(e*d)}$ | | | | $D_{(e*d)}$ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Cultivar** | **a** | **c** | $\mathbf{r^2}$ | **EP** ($cm^2$) | **a** | **c** | $\mathbf{r^2}$ | **EP** ($cm^2$) |
| **C.F.** | 1.608 | 1.002 | 0.957 | 15.7 | 3.489 | 0.933 | 0.972 | 10.7 |
| **C.S.** | 1.551 | 1.020 | 0.947 | 11.7 | 3.265 | 0.974 | 0.952 | 11.2 |
| **Ch.** | 1.196 | 1.054 | 0.939 | 14.0 | 3.241 | 0.956 | 0.968 | 9.6 |
| **G.N.** | 1.265 | 1.060 | 0.944 | 12.4 | 2.250 | 1.060 | 0.952 | 10.9 |
| **Mr.** | 1.735 | 0.988 | 0.977 | 15.8 | 2.947 | 0.999 | 0.987 | 11.8 |
| **P.B.** | 1.762 | 0.988 | 0.961 | 11.4 | 3.046 | 0.981 | 0.987 | 8.4 |
| **P.N.** | 1.410 | 1.025 | 0.959 | 11.4 | 2.587 | 1.022 | 0.979 | 9.5 |
| **Rs.** | 1.383 | 1.077 | 0.962 | 16.2 | 2.896 | 1.002 | 0.961 | 18.8 |
| **Sg.** | 2.481 | 0.863 | 0.943 | 11.9 | 3.094 | 0.965 | 0.966 | 9.7 |
| **Sv.** | 1.942 | 0.984 | 0.977 | 12.4 | 3.665 | 0.941 | 0.983 | 9.9 |
| **T.T.** | 1.273 | 1.060 | 0.942 | 11.8 | 2.980 | 0.973 | 0.974 | 7.4 |
| **T.P.** | 1.516 | 1.068 | 0.919 | 19.9 | 2.707 | 1.013 | 0.966 | 12.5 |

# CONCLUSÕES

Apesar dos parâmetros estudados terem apresentado uma correlação significativa a um nível de 0.1% com a área foliar, apenas a soma e o produto dos comprimentos das duas primeiras nervuras principais laterais (N2) e de D apresentaram coeficientes de determinação compatíveis com a precisão exigida a este tipo de métodos. Sendo a variável N2 de mais fácil medição, apenas se recomenda a utilização de D para estudos de maior precisão. A utilização de uma função potência produziu os melhores resultados e apresenta a vantagem de indicar directamente o valor do coeficiente de alometria.


**RESUME**

**Relations allométriques entre la surface foliaire et mesures linéaires des feuilles de *Vitis vinifera* L.**

L'utilisation de différentes paramètres mesurés dans les feuilles pour estimer la surface foliaire a été évalué dans 12 cépages avec régressions effectués par la méthode des moindres rectangles,

selon un modèle linéaire (Y =a + bX) et une fonction puissance ($Y = aX^c$). Les résultats, évalués avec le coefficient de détermination, écart type et distribution des résidus réduits, ont montré que la fonction puissance était plus adapté pour cette estimation, étant possible de sélectionner deux paramètres avec un coefficient de détermination supérieur à 95%, pour l'ensemble des 12 cépages.


# SUMMARY

**Allometric relationship between leaf area and length measurements of *Vitis vinifera* L. leaves.**

The use of different parameters of the leaves in order to estimate the leaf area was evaluated for 12 cultivars with regressions on the least rectangles method, according to a linear model (Y =a + bX) and to a power function ($Y = aX^c$). The results, evaluated by the coefficients of determination, standard error of estimate and the distribution of the reduced residuals showed a more adequate estimation on account of the use of the power function. Enabling, thus, the selection of two parameters with a higher than 95% coefficient of determination for the whole of the 12 cultivars.


# REFERÊNCIAS


Carbonneau, A. 1976. Principes et méthodes de mesure de la surface foliaire. Essai de caractérisation des types de feuilles dans le genre *Vitis*. *Ann. Amélio. Plantes*, **26** (2), 327-343.

Cohen S., Striem M.J., Bruner M., Klein I. 2000. Grapevine leaf-area-index evaluation by gap fraction inversion. *Acta Horticulturae*, **537**, 87-94.

Dagnielie, P. 1973a. *Estatística, teoria e métodos. Volume I*. 440 p. Publicações Europa - America, Mem Martins.

Dagnielie, P. 1973b. *Estatística, teoria e métodos. Volume II*. 536 p. Publicações Europa - America, Mem Martins.

Elsner E.A., Jubb G.L.1988. Leaf area estimation of Concord grape leaves from simple linear measurements. Research note. *Am. J. Enol. Vitic.* **39** (1), 95-97.

Forlani M., Pasquarella C., Rotundo A. 1986. Stima della superficie delle foglie della vite mediante misure lineari della lamina fogliare. *Riv. Vitic. Enol*. **39** (4), 173-178.

Iacono F. 1998. Attendibilità di un metodo di stima indiretta della superficie fogliare di chiome di viti. *Riv. Vitic. Enol.* **51** (2), 9-17.

Lopes C.M.A., 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.

Mabrouk H., Carbonneau A. 1996. Une méthode simple de détermination de la surface foliaire de la vigne (*Vitis vinifera* L.). *Progrès Agricole et Viticole*, **113** (18), 392-398.

Oliveira, M., Santos, M. 1995. A semi-empirical method to estimate canopy leaf area of vineyards. *Am. J. Enol. Vitic.* **46** (3), 389-391.

Ollat N., Fermaud M., Tandonnet J.P., Neveux M. 1998. Evaluation of an indirect method for leaf area index determination in the vineyard: Combined effects of cultivar, year and training system. *Vitis*, **37** (2), 73-78.

Sepúlveda G., Kliewer W.M. 1983. Estimation of leaf area of two grapevine cultivars (Vitis vinifera L.) using laminae linear measurements and fresh weight. *Am. J. Enol. Vitic.* **34** (4), 221-226.

Smith R.J., Kliewer, W.M., 1984. Estimation of Thompson Seedless grapevine leaf area. *Am. J. Enol. Vitic.* **35** (1), 16-22.

Sommer K.J.; Lang, A.R.G. 1994. Comparative analysis of two indirect methods of measuring leaf area index as applied to minimal and spur pruned grape vines. *Austr. J. Plant Physiol*. **21**, 197-206.

Tomassone R., Lesquoy E., Millier C. 1983. *La régression. Nouveaux regards sur une ancienne méthode statistique*. 177 p. Masson (ed.), Paris