

# Revista de Agricultura

## DIRETORES

Prof. Dr. F. Pimentel-Gomes  
Prof. Dr. Luiz Gonzaga E. Lordello  
Prof. Dr. Evoneo Berti Filho  
Profª Drª Marli de Bem Gomes

## CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Hilton T. Zarate do Couto  
Dr. Rubens R.A. Lordello  
Dr. Tsuioshi Yamada

---

Vol. 70

Setembro/1995

Nº 2

---

## A PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO EM FUNÇÃO DAS VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS DO SOLO<sup>1</sup>

F. Pimentel-Gomes<sup>2</sup>  
Silas Zen<sup>3</sup>

### INTRODUÇÃO

Com o objetivo de estudar a relação entre as variáveis do solo e a produtividade florestal, foram tomados 44 perfis de solo, associados a parcelas de inventário de *Eucalyptus grandis* (1ª rotação), em quatro fazendas da Cia. Su

---

<sup>1</sup> Resumo de trabalho apresentado no XXV CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23 a 29 de julho de 1995 - Viçosa-MG.

<sup>2</sup> Prof. Catedrático da ESALQ/USP (aposentado). Consultor Estatístico. Caixa Postal 60, CEP 13400-970 Piracicaba-SP.

<sup>3</sup> Engº Florestal da Cia. Suzano de Papel e Celulose. Caixa Postal 228, CEP 18.200-000 Itapetininga-SP.

zано de Papel e Celulose, localizadas no Estado de São Paulo, Brasil. Os perfis foram divididos em quatro camadas: de zero a 30 cm, de 30 a 60 cm, de 60 a 100 cm e de 100 a 200 cm. De cada camada se consideraram 21 variáveis, totalizando 84 variáveis do solo (independentes), além da variável dependente, o volume de madeira, expresso em st/ha. ano. Com número de perfis (44) inferior ao número de variáveis independentes (84), não é possível usar os métodos clássicos de regressão. Portanto, fez-se necessário reduzir o número de variáveis independentes, o que pode ser feito por meio da técnica dos Componentes Principais ou pelo Método das Variáveis Canônicas, ambos relativos à Análise Multivariada.

### MÉTODO DOS COMPONENTES PRINCIPAIS

Este método pode ser aplicado através da matriz de Somas de Quadrados e Produtos, ou da matriz de correlações, entre variáveis independentes. A última opção é preferida quando as variáveis são de natureza heterogênea e pode ser aplicada por meio do programa PRINCOMP do SAS. Neste método não existe o problema das matrizes singulares, pois estas em mada impedem a obtenção dos Componentes Principais. Assim sendo, não é necessária a eliminação prévia de algumas variáveis. Esse programa permite obter  $k$  funções lineares ortogonais de importância decrescente, dada pelos valores próprios ("eigenvalues", em Inglês), com  $k < n =$  número de perfis. Este método, usado por DONKIN (1994) é tradicional (KENDALL, 1975; PIMENTEL-GOMES, 1982).

### MÉTODO DAS VARIÁVEIS CANÔNICAS

Aplicado através do programa CANDISC do SAS, este método tem semelhança com o anterior. Baseia-se numa Análise Multivariada da Variância (MANOVA) (PIMENTEL-GOMES, 1990), em que entram, a variável dependente (volume) e as variáveis independentes (do solo), com um total de 3.696 valores. Mas neste método surge o problema das matrizes

singulares, ou quase singulares, o que exigiu a eliminação de algumas variáveis independentes (areia total, S e CTC), estreitamente correlacionadas com as variáveis restantes. Desta forma, restaram 19 variáveis para cada uma das quatro camadas, totalizando 3.344 valores para os 44 perfis.

A análise da variância baseia-se na formação de grupos de produtividade, relativos às 44 parcelas de inventário. Com isto, o programa CANDISC originou Variáveis Canônicas, que são funções lineares das variáveis do solo, fornecidas em ordem decrescente de importância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O método dos Componentes Principais, levou a uma equação de regressão linear com coeficiente de determinação  $R^2 = 72,6\%$  e coeficiente de determinação ajustado  $R_a^2 = 46,6\%$ , quando consideradas as quatro camadas, com o total de 84 variáveis independentes. Se tomadas apenas as duas camadas superiores (zero a 30 cm e 30 a 60 cm), obtiveram-se  $R^2 = 68,7\%$  e  $R_a^2 = 40,1\%$ . Com as duas camadas inferiores, os valores foram semelhantes:  $R^2 = 69,7\%$  e  $R_a^2 = 40,8\%$ . Tais resultados foram considerados medíocres e o processo foi abandonado.

A consideração das 76 variáveis das quatro camadas do solo, no método das Variáveis Canônicas, levou a uma equação de regressão para volume com  $R^2 = 88,8\%$ . O cálculo com as duas camadas inferiores obteve  $R^2 = 76,8\%$  e, com as duas superiores,  $R^2 = 87,0\%$ . Isto sugere a possibilidade de estudar o solo apenas até 60 cm de profundidade e com apenas 38 determinações físicas e químicas. O uso do programa STIPWISE do SAS, com opção MAXR, permitiu reduzir essas 38 variáveis a 25, sendo 12 da primeira camada (zero a 30 cm) e 13 da segunda (30 a 60 cm), com  $R^2 = 95,7\%$  e  $R_a^2 = 89,6\%$ , valores bem superiores aos obtidos por DONKIN (1994):  $R^2$  entre 30 e 40%. A equação obtida para estimativa do potencial produtivo do solo é a seguinte para o Volume (V):

$$\begin{aligned}
 V = & 2856,4 - 3,069 X_1 + 8.325 X_2 + 1,484 X_3 + 80,01 X_4 - \\
 & - 19,52 X_5 - 23,70 X_6 - 11,66 X_7 + 57,50 X_8 + \\
 & + 268,3 X_9 + 4,834 X_{10} - 182,3 X_{11} + 525,1 X_{12} - \\
 & - 6,682 X_{13} - 1,112 X_{14} - 233,5 X_{15} + 31,57 X_{16} - \\
 & - 87,54 X_{17} - 6,250 X_{18} + 2,648 X_{19} - 499,3 X_{20} - \\
 & - 1,775 X_{21} - 464,1 X_{22} - 412,3 X_{23} - 3,122 X_{24} - \\
 & - 4,842 X_{25}.
 \end{aligned}$$

Nessa equação, as variáveis têm o seguinte significado: na camada de 0 a 30 cm, variáveis  $X_1$  a  $X_{12}$ , e na camada de 30 a 60 cm, variáveis  $X_{13}$  a  $X_{25}$ , cuja relação é a seguinte:

$X_1$  = Arg Total     $X_2$  = Arg  $H_2O$      $X_3$  = Gr Floc     $X_4$  = Silte/Arg  
 $X_5$  = Silte %     $X_6$  = Al     $X_7$  = Al+H     $X_8$  = C     $X_9$  = Ca     $X_{10}$  = P  
 $X_{11}$  = pHCaCl2     $X_{12}$  = pHKCl     $X_{13}$  = Arg  $H_2O$      $X_{14}$  = Gr Floc  
 $X_{15}$  = Silte/Arg     $X_{16}$  = Silte%     $X_{17}$  = Al     $X_{18}$  = C     $X_{19}$  = K  
 $X_{20}$  = Mg     $X_{21}$  = P     $X_{22}$  = pHCaCl2     $X_{23}$  = pHKCl     $X_{24}$  = Sat.Al  
 $X_{25}$  = V.

**Palavras-chave:** Eucalipto, análise do solo, componentes principais, variáveis canônicas, equação de regressão.

## SUMMARY

### PRODUCTIVITY OF EUCALYPTS AS FUNCTION OF PHYSICAL AND CHEMICAL SOIL VARIABLES

Data on soil analysis in 44 profiles, corresponding to 44 inventory plots, were collected. The research had in view obtaining the productivity, in steres/ha.year, as a function of physical and chemical variables of the soil. The procedure started with 84 variables, 21 from each of 4 soil layers, and finally obtained a linear equation with only 25 variables, from the two top layers, with coefficient of determination  $R^2 = 95,7\%$  and adjusted coefficient of determination  $R_a^2 = 89,6\%$ .

**Key words:** *Eucalyptus*, soil analysis, principal components, canonical variables, regression equation.

## CONCLUSÕES

O método das Variáveis Canônicas, combinado com a opção MAXR do programa STEPWISE do aplicativo SAS (versão 1985) permitiu a obtenção de equação de regressão linear do volume de madeira, em st/ha.ano, em função de apenas 25 variáveis do solo, 12 da camada de 0 a 30 cm e 13 da camada de 30 a 60 cm, com  $R^2 = 95,7\%$  e  $R_a^2 = 89,6\%$ , valores excepcionalmente elevados, que recomendam o procedimento adotado. Convém salientar, porém, que, como se sabe da Teoria da Regressão, a equação obtida só deve ser usada dentro dos limites das variáveis do solo para os quais foi calculada. A extrapolação, isto é, o uso da equação para valores fora dos intervalos de variação das observações, poderá levar a resultados errôneos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DONKIN, M.J., 1994. Multivariate Reappraisal of a Site Evaluation Study in *Acacia mearnii* de Wild. **South African Forestry Journal**, 169: 1-10.
- KENDALL, M., 1975. **Multivariate Analysis**. Londres, Charles Griffin. 210p.
- PIMENTEL-GOMES, F., 1982. **Componentes Principais e Correlações Canônicas**. Piracicaba. (mimeografado).
- PIMENTEL-GOMES, F., 1990. **Curso de Estatística Experimental**. 13. ed. São Paulo, Nobel. 467p.