

# Correlação linear e espacial entre os atributos da planta de um pomar de pessegueiro e os atributos físico-hídricos do solo\*\*

Viviane Santos Silva Terra\*<sup>1</sup>, Carlos Reisser Júnior\*<sup>2</sup>, Luis Carlos Timm\*<sup>3</sup>, José Francisco Martins Pereira\*<sup>2</sup>, Flávio Luiz Carpena Carvalho\*<sup>2</sup>, Henrique Oldoni\*<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Doutora, Agronomia, PPGSPAF/UFPel, Pelotas, RS

<sup>2</sup>Pesquisadores, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS

<sup>3</sup>Professor Associado, Departamento de Engenharia Rural/FAEM/UFPel, Pelotas, RS, Bolsista CNPq,

<sup>4</sup>Acadêmico, Engenharia Agrícola, CENG/UFPel, Pelotas, RS, Bolsista PIBIC-CNPq

\*E-mails: vssterra@yahoo.com.br, carlos.reisser@embrapa.br, lctimm@ufpel.edu.br,

jose.fm.pereira@embrapa.br, flavio.carvalho@embrapa.br, ctimm@ufpel.edu.br, henriqueoldoni@gmail.com

\*\*Parte da tese de doutorado do primeiro autor no programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar/FAEM/UFPel.

**Resumo:** Na região de Pelotas-RS a produção de pêsego vem sofrendo com as práticas de manejo inadequadas. O pessegueiro para o seu desenvolvimento depende de alguns atributos do solo, que de certa forma interferem no aumento da produtividade. Por isso, o estudo da variabilidade espacial desses atributos é essencial para o refinamento das práticas de manejo. O objetivo do estudo foi determinar a variabilidade espacial e a correlação linear simples entre os atributos físico-hídricos do solo e da planta, em um pomar de pessegueiro. O trabalho foi realizado em um pomar de pessegueiro, cv. Esmeralda, onde foi estabelecida uma malha experimental de 101 plantas. Foram avaliados os atributos do solo nas camadas de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m como: areia, silte, argila, densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e porosidade total. E os atributos da planta como: número, tamanho e peso médio de frutos por planta, diâmetro do tronco, firmeza, brix e produtividade para o ano de 2010. Foi montada uma matriz de correlação, objetivando efetuar as regressões lineares simples para as combinações, duas a duas, entre todos os atributos estudados. Procurando selecionar aqueles de maior correlação linear; portanto, aqueles que poderiam apresentar semivariograma cruzado e a conseqüente cokrigagem. A geoestatística foi aplicada para avaliar a estrutura de dependência espacial. O modelo teórico de semivariograma exponencial é o que melhor descreve a estrutura de variabilidade espacial das variáveis físico-hídricas do solo e das variáveis da planta.

**Palavras-chave:** *prunus pérsica*, regressão linear, geoestatística

## Linear correlation between the attributes and spatial plant an orchard of peach and physical attributes of the soil-water

**Abstract:** In the region of Pelotas peach production has suffered from inadequate management practices. The peach for their development depends on some attributes of the soil, which somehow interfere in increasing productivity. Therefore, the spatial variability of these attributes is essential to the refinement of management practices. The aim of the study was to determine the spatial variability and simple linear correlation between the physical attributes of the soil and water the plant, in a peach orchard. The study was conducted in a peach orchard, cv. Esmeralda, where he established a mesh of 101 experimental plants. The soil in the soil layers 0.00-0.10m and 0.10-0.20m as: sand, silt, clay, bulk density, macroporosity, microporosity and total porosity. And the attributes of the plant as number, size and weight of fruits per plant, stem diameter, firmness, brix and productivity for the year 2010. Has assembled a correlation matrix, aiming to make the linear regressions for the combinations,

two by two, of all the attributes studied. Looking select those most linear correlation, so those who could present cross semivariogram and the consequent cokriging. Geostatistical analysis was applied to assess the spatial dependence structure. The theoretical model of exponential semivariogram is what best describes the structure of spatial variability of physical and hydrological variables of soil and plant variables.

**Keywords:** *prunus persica*, linear regression, geostatistics

## 1. Introdução

A fruticultura no Rio Grande do Sul é uma das atividades agrícolas que vem se destacando nos últimos anos, principalmente na região de Pelotas-RS que é responsável pela grande produção de frutíferas de Clima Temperado, em especial a cultura do pessegueiro.

A produção da Região sofre com as práticas de manejo inadequadas, sendo um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de pêssego. A produtividade das plantas depende de vários fatores do solo, dentre eles da densidade do solo e de sua granulometria. Além de outros aspectos como a sua porosidade total é tão importante quanto o entendimento do significado da dimensão das suas partículas primárias (areia, silte e argila) e, de certa forma, ambos são importantes para o estudo do aumento da produtividade (KONOPATZKI, 2003).

Para Cambardella et al. (1994), o conhecimento da variabilidade espacial desses atributos é essencial para o refinamento das práticas de manejo. Por isso, que o conhecimento detalhado da variabilidade espacial dos atributos do solo e da planta, poderá servir de subsídio para a determinação de estratégias específicas de manejo que otimizem a produtividade. Essa variabilidade poderá mostrar ao produtor a localização exata das áreas de maior produção (TERRA, 2012). Tais áreas poderão ser observadas através de mapas de produtividade, indicando a localização de áreas críticas em termo de rentabilidade.

Este trabalho teve por objetivo o estudo da correlação linear simples e variabilidade espacial entre os atributos do físico-hídricos do solo e da planta, em um pomar de pessegueiro no município de Morro Redondo-RS.

## 2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido em um pomar de pessegueiro, no município do Morro Redondo-RS, situado a 31°31'55.30" sul e 52°35'37.87" oeste. O clima da região é considerado temperado úmido com verões quentes. O solo na área experimental foi classificado como Argissolo Bruno-Acinzentado (EMBRAPA, 2006). A área em estudo possui aproximadamente 1,8ha, ocupada pela cv. Esmeralda, disposta em 18 linhas, num total de 1.450 plantas. Para o estabelecimento da malha experimental foram selecionadas, aleatoriamente 101 plantas.

A amostragem dos atributos físico-hídricos do solo foi realizada, nas camadas de 0,00-0,10m e 0,10-0,20m, com estrutura deformada e preservada em uma trincheira aberta ao lado de cada uma das 101 plantas. Os atributos foram identificados da seguinte forma: 0,00-0,10m - ARE1 (areia), SIL1 (silte), ARG1 (argila), DS1 (densidade do solo), MA1 (macroporosidade), MI1 (microporosidade) e PT1 (porosidade total); e de 0,10-0,20m - ARE2, SIL2, ARG2, DS2, MA2, MI2, PT2. Já os atributos das plantas foram identificados da seguinte forma: DT10 (diâmetro do tronco), TFP10 (tamanho do fruto por planta), NFP10 (número total de frutos por planta), PMFP10 (massa fresca dos frutos), F10 (firmeza de polpa), B10 (teor de brux) e P10 (produtividade) para o ano de 2010.

Foi utilizado o software estatístico SAS (SCHLOTZHAYER; LITTELL, 1997) para a análise descritiva dos atributos. A dispersão dos dados em torno da média foi calculada pelo coeficiente de variação (CV) e classificada segundo Wilding e Drees (1983) como: baixa ( $CV \leq 15\%$ ); moderada ( $15\% < CV \leq 35\%$ ) e alta ( $CV > 35\%$ ). Para testar a hipótese de normalidade

**Tabela 1.** Níveis de correlação.

| Muito baixa        | Baixa              | Moderada           | Alta               | Muito alta         | Perfeita              |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| $0,0 \leq r < 0,1$ | $0,1 \leq r < 0,3$ | $0,3 \leq r < 0,5$ | $0,5 \leq r < 0,7$ | $0,7 \leq r < 0,8$ | $0,8 \leq r \leq 1,0$ |

da distribuição, realizou-se o Teste de Shapiro e Wilk (1965) a 5% de probabilidade. Foi montada uma matriz de correlação, objetivando efetuar as regressões lineares simples para as combinações, duas a duas, entre todos os atributos estudados. Assim, procurou-se selecionar aqueles de maior correlação linear; portanto, aqueles que poderiam apresentar semivariograma cruzado e a consequente cokrigagem. Seguindo os níveis de correlação descritos por Hopkins (2000) (Tabela 1).

Para a análise geoestatística foi utilizado o pacote GEOEST descrito em Vieira et al. (2002). O grau de dependência espacial (GD) foi classificado segundo Zimback (2001), como:  $GD \leq 25\%$ ;  $25\% < GD \leq 75\%$  e  $GD > 75\%$ , em baixo, moderado e alto, respectivamente.

### 3. Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas para os dados referentes aos atributos da planta, no ano de 2010. Pode-se observar que os valores

da média e mediana das variáveis PMFP, DT, TFP, F e B são próximos. Também observa-se na Tabela 2, que a dispersão dos dados em torno da média, expressa, pelo coeficiente de variação (CV), foi considerada baixa ( $CV \leq 15\%$ ) para as variáveis PMFP, DT, TFP, F e B. Já as variáveis NFP e P apresentaram altos valores de dispersão ( $CV > 35\%$ ), de acordo com a classificação de Wilding e Drees (1983). Na Tabela 2, observa-se que as distribuições de NFP e P não seguiram a tendência de normalidade, pelo teste de Shapiro e Wilk ( $p \leq 0,05$ ). Para as outras variáveis não ocorreu alteração quanto a sua distribuição.

Na Tabela 3 são apresentados os valores da estatística descritiva para os dados referentes aos atributos físico-hídricos do solo. Observa-se que, em ambas as camadas, os valores da média e mediana das variáveis DS e PT são próximos. Verifica-se na Tabela 3, que a dispersão dos dados em torno da média foi baixa ( $CV \leq 15\%$ ) para as variáveis DS, MI, PT e UV nas duas camadas, e para ARE na camada de 0,10-0,20m. No entanto, as distribuições das variáveis SIL, ARG e MA

**Tabela 2.** Resultados da análise estatística descritiva dos atributos da planta para o ano de 2010.

| Variáveis | Unidade | Média | Mediana | Variância | CV   | $C_s$ | $C_k$ | $SW_{(p\text{-valor})}$ |
|-----------|---------|-------|---------|-----------|------|-------|-------|-------------------------|
| 2010      |         |       |         |           |      |       |       |                         |
| PMFP      | kg      | 0,11  | 0,11    | 0,0002    | 13,6 | -0,44 | 0,78  | $>0,100_{(N)}$          |
| DT        | cm      | 7,13  | 7,26    | 0,5597    | 10,5 | -0,04 | -0,52 | $>0,100_{(N)}$          |
| NFP       | *       | 57,53 | 54,00   | 985,81    | 54,6 | 0,40  | -0,76 | 0,025 <sub>(NN)</sub>   |
| TFP       | cm      | 57,54 | 57,42   | 8,6510    | 5,1  | -0,19 | -0,11 | $>0,100_{(N)}$          |
| F         | Lb      | 7,19  | 7,20    | 0,9571    | 13,6 | 0,22  | 0,29  | $>0,100_{(N)}$          |
| B         | %       | 13,08 | 13,15   | 1,2640    | 8,6  | 0,10  | 0,62  | $>0,100_{(N)}$          |
| P         | kg      | 6,41  | 5,86    | 12,7170   | 55,7 | 0,53  | -0,33 | 0,034 <sub>(NN)</sub>   |

s = desvio padrão; C.V. = coeficiente de variação (%);  $C_s$  = coeficiente de assimetria;  $C_k$  = coeficiente de curtose;  $N^\circ$  = número de observações; DN = Distribuição Normal (pelo Teste Shapiro e Wilk) não significativo a 5%.

**Tabela 3.** Parâmetros da estatística descritiva para os atributos físico-hídricos do solo.

| Variáveis                       | Unidade            | Média | Mediana | DP     | CV   | C <sub>s</sub> | C <sub>k</sub> | SW <sub>(p-valor)</sub> |
|---------------------------------|--------------------|-------|---------|--------|------|----------------|----------------|-------------------------|
| <b>Profundidade 0,00-0,10 m</b> |                    |       |         |        |      |                |                |                         |
| ARE1                            | g kg <sup>-1</sup> | 582   | 607     | 87,953 | 15,1 | -0,65          | -0,38          | <0,010 <sub>(NN)</sub>  |
| ARG1                            | g kg <sup>-1</sup> | 204   | 194     | 52,082 | 25,4 | 0,84           | 0,19           | <0,010 <sub>(NN)</sub>  |
| SIL1                            | g kg <sup>-1</sup> | 214   | 200     | 48,618 | 22,7 | 0,66           | -0,26          | <0,010 <sub>(NN)</sub>  |
| UV1                             | %                  | 21,33 | 20,92   | 95,279 | 14   | 0,38           | -0,49          | >0,100 <sub>(N)</sub>   |
| DS1                             | g cm <sup>-3</sup> | 1,21  | 1,21    | 0,063  | 4,9  | -0,25          | 0,83           | 0,077 <sub>(N)</sub>    |
| MA1                             | %                  | 19,33 | 19,67   | 4,230  | 21,9 | -0,28          | -0,07          | >0,100 <sub>(N)</sub>   |
| MI1                             | %                  | 26,07 | 25,50   | 3,490  | 13,4 | 0,60           | -0,31          | <0,010 <sub>(NN)</sub>  |
| PT1                             | %                  | 45,40 | 45,20   | 2,773  | 6,1  | 0,18           | -0,08          | >0,100 <sub>(N)</sub>   |
| <b>Profundidade 0,10-0,20 m</b> |                    |       |         |        |      |                |                |                         |
| ARE2                            | g kg <sup>-1</sup> | 581   | 606     | 85,788 | 14,7 | -0,62          | -0,52          | <0,010 <sub>(NN)</sub>  |
| ARG2                            | g kg <sup>-1</sup> | 210   | 200     | 53,652 | 25,5 | 0,55           | -0,36          | 0,022 <sub>(NN)</sub>   |
| SIL2                            | g kg <sup>-1</sup> | 209   | 208     | 47,075 | 22,5 | 0,38           | -0,31          | >0,100 <sub>(N)</sub>   |
| UV2                             | %                  | 21,38 | 20,95   | 97,852 | 14,0 | 0,58           | 0,32           | <0,010 <sub>(NN)</sub>  |
| DS2                             | g cm <sup>-3</sup> | 1,24  | 1,23    | 0,084  | 6,8  | 0,27           | -0,18          | >0,100 <sub>(N)</sub>   |
| MA2                             | %                  | 17,04 | 16,74   | 4,435  | 26,0 | -0,09          | -0,42          | >0,100 <sub>(N)</sub>   |
| MI2                             | %                  | 26,65 | 26,05   | 3,608  | 13,5 | 0,57           | -0,20          | 0,026 <sub>(NN)</sub>   |
| PT2                             | %                  | 43,69 | 43,46   | 3,589  | 8,2  | 0,25           | 0,09           | >0,100 <sub>(N)</sub>   |

ARE = areia, SIL = silte, ARG = argila, UV = umidade volumétrica, DS = densidade do solo, MA = macroporosidade, MI = microporosidade, PT = porosidade total, 1 = camada de 0,00-0,10m, 2 = camada de 0,10-0,20m, DP = desvio padrão; CV = coeficiente de variação (%), C<sub>s</sub> = coeficiente de assimetria, C<sub>k</sub> = coeficiente de curtose, SW = Teste Shapiro e Wilk, significativo a 5%, N = segue a distribuição normal, NN = não segue a distribuição normal.

(em ambas as camadas), ARE (camada de 0,00-0,10m) e PHA foram classificadas como moderada (WILDING; DREES, 1983). As distribuições das variáveis DS, MA e PT em ambas as camadas, UV (0,00-0,10m) e SIL (0,10-0,20m) seguiram a tendência de normalidade pelo teste de Shapiro e Wilk ( $p \leq 0,05$ ). As distribuições de ARE, ARG e MI, nas duas camadas, SIL (0,00-0,10m), UV (0,10-0,20m) e PHA não apresentaram tendência de normalidade dos dados (Tabela 3).

Na Tabela 4 é apresentada a matriz de correlação linear simples entre os atributos físico-hídricos do solo e da planta. Os valores extremos do coeficiente de correlação foram de 0,9786 (ARE2xARE1), 0,9399 (P10xNFP),

0,9194 (F10xNFP10) e 0,8873 (MI1xUV1) sendo considerados perfeitos ( $0,8 \leq r \leq 1,0$ ) de acordo com Hopkins (2000). Segundo a mesma classificação os valores de -0,0007 (F10xPT1), -0,0019 (MI1xUV1) e -0,0022 (MA1xDS2) foram considerados muito baixos ( $0,0 \leq r < 0,1$ ). Dos 276 níveis de coeficientes de correlação apresentados no ano de 2010, 90 foram considerados muito baixos, 107 baixos, 18 moderados, 22 altos, 11 muito altos e 28 perfeitos de acordo com Hopkins (2000) (Tabela 1).

Nas Tabelas 5 e 6 são apresentados os modelos matemáticos ajustados aos semivariogramas experimentais e os respectivos parâmetros de ajustes para os atributos da planta de pessegueiro e para os atributos físico-hídricos do solo,



**Tabela 4.** Matriz de correlação linear simples entre os atributos físico-hídricos do solo e os da planta no ano de 2010, em um pomar de pessegueiro.

|        | PHA     | ARG1    | ARE1   | SIL1   | ARG2    | ARE2    | SIL2   | DS1     | DS2     | UV1    | UV2     | MA1    | MI1    | PT1      | MA2    | MI2    | PT2    | DT10   | NFP10  | TFP10 | F10    | B10   | PI0    |   |
|--------|---------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|--------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|---|
| PHA    | 1       |         |        |        |         |         |        |         |         |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| ARG1   | -0,2662 | 1       |        |        |         |         |        |         |         |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| ARE1   | 0,260   | -0,8592 | 1      |        |         |         |        |         |         |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| SIL1   | -0,1771 | 0,527   | -0,868 | 1      |         |         |        |         |         |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| ARG2   | -0,1993 | 0,880   | -0,857 | 0,5755 | 1       |         |        |         |         |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| ARE2   | 0,258   | -0,8535 | 0,9786 | -0,839 | -0,8646 | 1       |        |         |         |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| SIL2   | -0,210  | 0,559   | -0,802 | 0,8518 | 0,448   | -0,8229 | 1      |         |         |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| DS1    | -0,230  | -0,070  | 0,0893 | -0,110 | -0,0583 | 0,121   | -0,142 | 1       |         |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| DS2    | 0,068   | -0,1313 | 0,1087 | -0,111 | -0,0927 | 0,163   | -0,197 | 0,213   | 1       |        |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| UV1    | -0,0939 | 0,766   | -0,791 | 0,639  | 0,737   | -0,8106 | 0,661  | -0,374  | -0,2528 | 1      |         |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| UV2    | -0,230  | 0,762   | -0,778 | 0,6066 | 0,748   | -0,8019 | 0,611  | -0,1859 | -0,3888 | 0,8181 | 1       |        |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| MA1    | 0,275   | -0,6123 | 0,655  | -0,500 | -0,6132 | 0,637   | -0,505 | -0,437  | -0,0022 | -0,503 | -0,5112 | 1      |        |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| MI1    | -0,1764 | 0,794   | -0,866 | 0,6892 | 0,811   | -0,873  | 0,695  | -0,0417 | -0,131  | 0,8873 | 0,810   | -0,758 | 1      |          |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| PT1    | 0,198   | 0,065   | -0,091 | 0,1055 | 0,086   | -0,1275 | 0,106  | -0,7194 | -0,1683 | 0,3508 | 0,240   | 0,571  | 0,1029 | 1        |        |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| MA2    | 0,144   | -0,394  | 0,4374 | -0,357 | -0,4185 | 0,409   | -0,273 | -0,0877 | -0,6575 | -0,360 | -0,212  | 0,411  | -0,424 | 0,092    | 1      |        |        |        |        |       |        |       |        |   |
| MI2    | -0,1922 | 0,756   | -0,828 | 0,6767 | 0,766   | -0,8359 | 0,648  | -0,120  | 0,033   | 0,8137 | 0,812   | -0,585 | 0,8738 | 0,208    | -0,619 | 1      |        |        |        |       |        |       |        |   |
| PT2    | -0,0128 | 0,249   | -0,221 | 0,190  | 0,186   | -0,264  | 0,256  | -0,229  | -0,8234 | 0,3589 | 0,519   | -0,031 | 0,2852 | 0,312    | 0,640  | 0,177  | 1      |        |        |       |        |       |        |   |
| PMFP10 | -0,0754 | 0,041   | 0,050  | -0,079 | -0,0161 | 0,04    | -0,052 | -0,1144 | -0,172  | 0,1613 | 0,098   | -0,040 | 0,0605 | 0,015    | 0,059  | 0,012  | 0,1732 | 1      |        |       |        |       |        |   |
| DT10   | 0,079   | 0,197   | -0,123 | -0,018 | 0,228   | -0,1465 | 0,046  | -0,1376 | -0,086  | 0,1872 | 0,130   | -0,050 | 0,1879 | 0,161    | 0,068  | 0,073  | 0,1307 | 0,286  | 1      |       |        |       |        |   |
| NFP10  | 0,043   | -0,160  | 0,2475 | -0,249 | -0,1834 | 0,222   | -0,178 | 0,055   | -0,0019 | -0,140 | -0,1323 | 0,096  | -0,112 | 0,005    | 0,096  | -0,183 | -0,031 | -0,035 | -0,211 | 1     |        |       |        |   |
| TFP10  | 0,124   | -0,1612 | 0,1987 | -0,169 | -0,2367 | 0,188   | -0,090 | 0,006   | 0,071   | -0,170 | -0,1921 | 0,177  | -0,178 | 0,046    | 0,105  | -0,242 | -0,084 | 0,319  | 0,033  | 0,181 | 1      |       |        |   |
| F10    | 0,008   | -0,100  | 0,1577 | -0,150 | -0,1314 | 0,138   | -0,081 | 0,051   | 0,012   | -0,088 | -0,0914 | 0,048  | -0,059 | -0,00065 | 0,041  | -0,125 | -0,044 | -0,119 | -0,139 | 0,919 | 0,088  | 1     |        |   |
| B10    | 0,068   | -0,0719 | 0,055  | -0,024 | -0,0891 | 0,080   | -0,030 | 0,148   | 0,137   | -0,022 | -0,0542 | -0,042 | -0,029 | -0,100   | -0,147 | -0,015 | -0,185 | -0,226 | -0,325 | 0,065 | -0,148 | 0,118 | 1      |   |
| PI0    | 0,019   | -0,1241 | 0,2461 | -0,284 | -0,1554 | 0,219   | -0,203 | 0,056   | -0,0094 | -0,090 | -0,093  | 0,042  | -0,062 | -0,015   | 0,076  | -0,147 | -0,015 | 0,233  | -0,081 | 0,940 | 0,291  | 0,825 | -0,038 | 1 |

Níveis de correlação de acordo com Hopkins (2000)

|     |   |   |   |     |          |
|-----|---|---|---|-----|----------|
| 0   | ≤ | R | < | 0,1 | M. Baixa |
| 0,1 | ≤ | R | < | 0,3 | Baixa    |
| 0,3 | ≤ | R | < | 0,5 | Moderada |
| 0,5 | ≤ | R | < | 0,7 | Alta     |
| 0,7 | ≤ | R | < | 0,8 | M. Alta  |
| 0,8 | ≤ | R | ≤ | 1   | Perfeita |

**Tabela 5.** Modelos teóricos de semivariogramas e respectivos parâmetros de ajustes dos atributos da planta no ano de 2010.

| Variável | Modelo | C <sub>0</sub> | C       | a  | GD    | Classe   |
|----------|--------|----------------|---------|----|-------|----------|
| 2010     |        |                |         |    |       |          |
| PMFP     | Exp.   | 0,0001         | 0,00014 | 40 | 58,1  | Moderado |
| DT       | Exp.   | 0,28           | 0,32    | 43 | 53,33 | Moderado |
| NFP      | Exp.   | 380            | 610     | 48 | 61,6  | Moderado |
| TFP      | Esf.   | 3,70           | 4,60    | 30 | 55,42 | Moderado |
| F        | Exp.   | 0,4            | 0,47    | 42 | 54,02 | Moderado |
| B        | Exp.   | 1,36           | 0,67    | 59 | 33,1  | Moderado |
| P        | Exp.   | 3,3            | 9,6     | 40 | 74,42 | Moderado |

C<sub>0</sub> = efeito pepita, C = variância estruturada, a = alcance (m), GD = grau de dependência espacial (%), Esf = esférico, xp = exponencial, Gaus = gaussiano, r = resíduo, PMFP = peso médio fruto/planta (kg), DT = diâmetro do tronco (cm); NFP = número de fruto/planta, TFP = tamanho do fruto/planta (cm), F = firmeza de polpa (Lb), B = teor de brix (°) e P = produtividade (kg), no ano de 2010.

respectivamente. Analisando a Tabela 5, observa-se que somente a variável TFP10 apresentou o modelo esférico, diferente do modelo exponencial que foi o ajustado para as demais variáveis. A faixa de dependência espacial (a) variou de 30m (TFP10) a 59m (B10), enquanto que o GD foi classificado como moderado para todas as variáveis avaliadas (Tabela 5).

Na Tabela 6 pode-se observar que, em ambas as camadas, as variáveis UV e PT ajustaram-se ao modelo exponencial e as variáveis SIL e MA ao modelo esférico e gaussiano, respectivamente. O modelo exponencial ajustou-se também as variáveis ARG e MI na camada de 0,00-0,10m e ARE e DS na de 0,10-0,20m. Este modelo também se ajustou melhor ao semivariograma experimental da variável PHA. Os semivariogramas das variáveis ARG e MI (0,10-0,20m) e ARE (0,00-0,10m) ajustaram-se ao esférico, enquanto que o da variável DS, na camada de 0,00-0,10m, ao modelo gaussiano (Tabela 6). McBratney e Webster (1986) citam que os modelos esféricos e exponenciais são os modelos mais, frequentemente, ajustados aos atributos do solo. Carvalho, Takeda e Freddi (2003), Cavalcante et al. (2004) corroboram com a afirmação de McBratney e Webster (1986) de que nos trabalhos direcionados aos atributos físico-hídricos do solo, esses modelos são os que melhor se ajustam as variáveis. Analisando

a Tabela 6 observa-se que ocorreu a retirada de tendência das variáveis ARE, ARG, UV e MI, em ambas as camadas avaliadas. O grau de dependência espacial (GD), de acordo com a classificação proposta por Zimback (2001), indica que as variáveis ARG, SIL, DS, MA e PT, em ambas as camadas, MI (0,10-0,20m) e PHA apresentaram GD classificado como moderado ( $25% < GD \leq 75%$ ). Os valores de GD foram altos ( $GD > 75%$ ) para ARE e UV (em ambas as camadas) e MI na camada de 0,00-0,10m (Tabela 5). Essas variações no grau de dependência espacial dos atributos físico-hídricos do solo podem ser influenciadas pelos fatores intrínsecos (fatores de formação do solo, material de origem, relevo, clima e organismos) e pelos fatores extrínsecos que, normalmente, são ligados as práticas de manejo do solo.

#### 4. Conclusão

O modelo teórico de semivariograma exponencial é o que melhor descreve a estrutura de variabilidade espacial das variáveis físico-hídricas do solo e das variáveis da planta. Dentre as variáveis físico-hídricas do solo, a areia e a umidade volumétrica são as que apresentam maior grau de dependência espacial.

**Tabela 6.** Modelos teóricos de semivariogramas e respectivos parâmetros de ajustes dos atributos físico-hídricos do solo.

| Variável                        | Unidade            | Modelo | C <sub>0</sub> | C       | a      | GD    | Classe   |
|---------------------------------|--------------------|--------|----------------|---------|--------|-------|----------|
| <b>Profundidade 0,00-0,10 m</b> |                    |        |                |         |        |       |          |
| ARE1 <sub>(r)</sub>             | g kg <sup>-1</sup> | Esf.   | 353,72         | 3658,32 | 32,40  | 91,18 | Alto     |
| ARG1 <sub>(r)</sub>             | g kg <sup>-1</sup> | Exp.   | 559,15         | 909,96  | 76,37  | 61,81 | Moderado |
| SIL1 <sub>(r)</sub>             | g kg <sup>-1</sup> | Esf.   | 480,00         | 950,00  | 35,00  | 66,43 | Moderado |
| DS1                             | g cm <sup>-3</sup> | Gaus.  | 0,0027         | 0,0016  | 118,00 | 37,21 | Moderado |
| UV1 <sub>(r)</sub>              | %                  | Exp.   | 0,50           | 5,30    | 35,00  | 91,38 | Alto     |
| MA1                             | %                  | Gaus.  | 9,00           | 14,00   | 99,00  | 60,87 | Moderado |
| MI1 <sub>(r)</sub>              | %                  | Exp.   | 1,54           | 5,85    | 37,69  | 79,21 | Alto     |
| PT1                             | %                  | Exp.   | 3,00           | 4,60    | 34,00  | 60,53 | Moderado |
| PHA                             | cm                 | Exp.   | 19,64          | 29,70   | 97,07  | 60,20 | Moderado |
| <b>Profundidade 0,10-0,20 m</b> |                    |        |                |         |        |       |          |
| ARE2 <sub>(r)</sub>             | g kg <sup>-1</sup> | Exp.   | 630,29         | 3232,32 | 50,71  | 83,68 | Alto     |
| ARG2 <sub>(r)</sub>             | g kg <sup>-1</sup> | Esf.   | 459,07         | 639,54  | 29,67  | 58,21 | Moderado |
| SIL2 <sub>(r)</sub>             | g kg <sup>-1</sup> | Esf.   | 550,00         | 840,00  | 43,00  | 60,43 | Moderado |
| DS2                             | g cm <sup>-3</sup> | Exp.   | 0,004          | 0,003   | 50,00  | 45,21 | Moderado |
| UV2 <sub>(r)</sub>              | %                  | Exp.   | 0,82           | 5,02    | 36,99  | 85,95 | Alto     |
| MA2                             | %                  | Gaus.  | 12,00          | 11,00   | 95,00  | 47,83 | Moderado |
| MI2 <sub>(r)</sub>              | %                  | Esf.   | 4,75           | 3,26    | 86,30  | 40,68 | Moderado |
| PT2                             | %                  | Exp.   | 3,70           | 8,00    | 35,00  | 68,38 | Moderado |

C<sub>0</sub> = efeito pepita, C = variância estruturada, a = alcance (m), GD = grau de dependência espacial (%), Esf = esférico, Exp = exponencial, Gaus = gaussiano, r = resíduo, areia (ARE), argila (ARG), silte (SIL), umidade volumétrica (UV), densidade do solo (DS), macroporosidade (MA), microporosidade (MI), porosidade total (PT), 1 = camada de 0,00-0,10m, 2 = camada de 0,10-0,20m e a profundidade do horizonte "A" (PHA).

## Referências

- CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in Central Iowa Soils. *Soil Science Society of America Journal*, v. 58, p. 1501-1511, 1994.
- CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil-SP. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 4, p. 695-703, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832003000400014>
- CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; SOUZA, Z. M.; PEREIRA, G. T. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, n. 37, p. 10-18, 2004.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- HOPKINS, W. G. **Correlation coefficient**. 2000. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso: 21 jul. 2010.
- KONOPATZKI, E. A. **Comparação entre solos usando o ensaio de densidade real e teste de granulometria**. Unioeste, 2003. Disponível em: <<http://efahk.com.br/artigo.doc>>. Acesso em: 1 maio 2003.
- MCBRATNEY, A. B.; WEBSTER, R. Choosing functions for semi-variograms of soil properties and fitting them to sampling estimates. *Soil Science*, v. 37, n. 3, p. 617-639, 1986. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2389.1986.tb00392.x>

- SCHLOTZHAVER, S. D.; LITTELL, R. C. **SAS System for elementary statistical analysis**. 2. ed. Cary, 1997. 905 p.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality: complete samples. **Biometrika**, v. 52, p. 591-611, 1965.
- TERRA, V. S. S **Variabilidade espacial e temporal de atributos agronômicos em pomar de pessegueiro**. 2012. 103 f. Tese (Doutorado)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.
- VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geoestatistical analysis of variability in soil and climate data. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, J. M. (Ed.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. p. 1-45. v. 2.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e fotopedologia)-Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- WILDING, L. P.; DREES, L. R. Spatial variability and pedology. In: WILDING, L. P.; SMECK, N. E.; HALL, G. F. (Ed.). **Pedogenesis and soil taxonomy: concepts and interactions**. New York: Elsevier, 1983. p. 83-116. [http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2481\(08\)70599-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0166-2481(08)70599-3)