

Produtividade do feijão e atributos de um Latossolo em Selvíria, MS, por técnicas multivariadas

Pamela Kerlyane Tomaz⁽¹⁾; Rafael Montanari⁽²⁾; Alan Rodrigo Panoso⁽²⁾; Morel de Passos e Carvalho⁽²⁾; Antonio Sergio Ferraudo⁽³⁾ e Elói Panachuki⁽⁴⁾

⁽¹⁾Estudante de Graduação em Zootecnia, UNESP – Campus Experimental de Dracena, Dracena, SP; pamelazootecnia@hotmail.com; ⁽²⁾ Professores – UNESP-FEIS, Campus de Ilha Solteira, SP; ⁽³⁾ Professor, UNESP - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP; ⁽⁴⁾ Professor, UEMS/Unidade de Aquidauana, MS.

RESUMO: Objetivo do trabalho foi identificar por meio de técnicas multivariadas os principais atributos físico-químicos do solo associados com os componentes produtivos da cultura do feijão. O estudo foi estabelecido sob plantio direto em Latossolo e desenvolvido na Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Ilha Solteira. Uma malha geoestatística com 117 pontos amostrais foi alocada para coleta de dados do solo e da planta, foram coletadas amostras indeformadas para caracterização da densidade do solo (DS), umidade gravimétrica (UG), umidade volumétrica (UV), teor de matéria orgânica (MO) e potencial hidrogênionico (pH) na profundidade de 0,0-0,10 m. Na cultura foi determinada a produtividade de grãos (PRG), número de vagens por planta (NVP) e o número de grãos por planta (NGP). Análises multivariadas de agrupamento por método hierárquico e não hierárquico e componentes principais permitiram ordenar acessos em três grupos de alta, média e baixa produtividade de plantas de feijão considerando atributos do solo bem como explicar a estrutura multivariada associada a esses grupos. Nas condições ideais de densidade do solo, umidade gravimétrica, umidade volumétrica, teor de matéria orgânica e pH ocorreu a maior produtividade de grãos e dos componentes produtivos do feijão.

Termos de indexação: plantio direto, análise de agrupamento, componentes principais, *Phaseolus vulgaris* L.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é mais lembrado como fonte protéica. Entretanto, constituem também importante base energética na alimentação. É importante fonte de fósforo, ferro e tiamina. Na safra 2012/2013, sua produção chegou a 3,283 milhões de toneladas, ocupando uma área de aproximadamente 3,261 milhões de hectares, com destaque para as regiões sul, sudeste e nordeste, que produziram respectivamente 945, 900 e 714 mil toneladas de grãos (CONAB, 2013).

Os atributos físico-químicos do solo influenciam diretamente no desenvolvimento do sistema radicular da cultura do feijão. Sob condições naturais, os solos do Cerrado brasileiro apresentam baixa fertilidade e elevada compactação, com baixo

conteúdo de cátions trocáveis e elevada acidez. Além disso, os solos agricultáveis do Estado de Mato Grosso do Sul tem passado por grandes problemas de degradação física e química devido ao intensivo uso, à erosão, à perda da fertilidade, à redução do conteúdo de matéria orgânica e principalmente, à formação de camadas compactadas. Essa compactação gera substancial alteração da sua estrutura, desencadeando a reorganização das partículas e de seus agregados, podendo limitar a absorção de nutrientes, a infiltração e redistribuição de água, as trocas gasosas e o crescimento do sistema radicular, resultando no decréscimo da produtividade das culturas (Dalchiavon et al., 2013).

Análises estatísticas multivariadas surgiram da necessidade de compreender a complexa estrutura interna contida em conjuntos de múltiplas variáveis correlacionadas projetando a informação original em conjuntos de menores dimensões preservando a informação original relevante que dificilmente seria gerada com o uso de métodos univariados (Beebe et al., 1998). Assim, o objetivo do trabalho foi projetar, por técnicas multivariadas, o hiperplano com atributos físico-químicos do solo em conjuntos de dimensão dois na tentativa de entender a estrutura de grupos e de variáveis contida no conjunto de dados original.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino e Pesquisa – Setor de Produção Vegetal, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FE/IS/UNESP), localizada no município de Selvíria (MS), entre as latitudes de 20°18'05"S e 20°18'28"S e as longitudes de 52°39'02"W e 52°40'28"W. Sua precipitação média anual é de 1300 mm, enquanto que a temperatura média é de 23,7 °C. O solo no qual a malha experimental foi instalada é um LATOSSOLO VERMELHO distroférrico típico muito argiloso (EMBRAPA, 2006), sendo cultivado há pelo menos vinte e cinco anos com a sucessão de culturas do milho e do feijão, respectivamente semeadas no verão e inverno. Nos anos de 1998 e 2003, nas duas estações, o solo foi preparado com o arado de aivecas. Contudo, nos demais, pelo sistema plantio direto irrigado sob pivô central.

A planta-teste pesquisada foi o feijão (*Phaseolus*

vulgaris L.), sendo que o cultivar semeado foi o Pérola com espaçamento entre linhas foi de 0,45 m, e uma densidade final de 16 plantas por metro na linha de semeadura. Foram definidas as direções x e y do sistema de coordenadas cartesianas num lançante estabelecido entre dois terraços agrícolas, no qual estava semeada a cultura estudada. A malha geoestatística apresentou área de 2025 m² de 5 x 5 m com pontos adensados de 1,67 m em algumas regiões, totalizando 117 pontos amostrais. Todos os atributos pesquisados do solo e da planta foram individualmente coletados no entorno do ponto amostral da malha. Os atributos do solo estudados foram: densidade da partícula (DP), densidade do solo (DS), porosidade total (PT), umidade gravimétrica (UG), umidade volumétrica (UV), teor de matéria orgânica (MO) e potencial hidrogeniônico (pH) na profundidade: 0-0,10 m, conforme Embrapa (1997) e Raji et al. (1987). Os atributos da planta foram a produtividade de grãos (PRG), número de vagens por planta (NVP) e o número de grãos por planta (NGP), coletando-se quatro linhas de semeadura (1,80 m), de forma a haver sempre duas de cada lado do ponto amostral, numa área útil colhida de 3,24 m².

Foram utilizados três métodos multivariados. A análise de agrupamento por método hierárquico e não-hierárquico e análise de componentes principais. Todas as análises estatísticas foram processadas após padronização dos dados

A análise de agrupamento por método hierárquico foi processada com a distância euclidiana entre os pontos amostrais e o algoritmo de Ward como ligações de grupos. A análise de agrupamento por método hierárquico foi processada com o método k-médias com o objetivo de explorar a estrutura das variáveis por grupos (HAIR, 2005).

A análise de componentes principais (ACP) condensa a informação relevante em um conjunto menor de variáveis latentes ortogonais denominados componentes principais (autovetores), gerados por combinações lineares das variáveis originais a partir dos autovalores da matriz de covariância. A ACP apresenta um mapa bidimensional onde pode ser observada aquelas amostras com propriedades específicas bem como a distribuição das variáveis. Foram considerados os componentes principais cujos autovalores foram superiores à unidade (Kaiser, 1958). Os coeficientes das funções lineares, que definem os CPs, foram utilizados na interpretação de seu significado, usando o sinal e o tamanho relativo dos coeficientes como uma indicação do peso a ser atribuído para cada variável.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1a apresenta o dendrograma obtido pela análise de agrupamento por método hierárquico em que foi admitida a divisão do conjunto original de dados em três grupos. Essa divisão mostrou um resultado muito importante que foi a ordenação dos acessos segundo a produtividade e componentes produtivos do feijão com os atributos físico-químicos do solo para a profundidade de 0,00-0,10 m. Na Figura 1 b, observa-se que o grupo 3, possui um centróide em que ficaram concentrados os acessos com baixa produtividade (PRG) e valores baixos para os componentes produtivos (NVP e NGP) e valores abaixo e/ou acima do ideal para os atributos físicos do solo. Em contrapartida, no centróide do grupo 2, ficaram concentrados os acessos com alta produtividade e valores elevados dos componentes produtivos e valores ideais para os atributos físico-químicos do solo. Assim, observa-se que, nas condições ideais de densidade do solo, umidade gravimétrica, umidade volumétrica, teor de matéria orgânica e potencial hidrogeniônico da profundidade de 0,00-0,10 m, ocorreu a maior produtividade de grãos e dos componentes produtivos do feijão.

A Figura 1c, mostra a distribuição espacial dos grupos formados. Observa-se que na região norte do mapa ficaram concentrados os acessos do grupo 2 caracterizados como de alta produtividade e elevado valor dos componentes produtivos do feijão e valores ideais para os atributos físico-químicos do solo. Já a região sul do mapa, ficaram concentrados os acessos do grupo 1 caracterizados com baixa produtividade e baixo valor dos componentes produtivos do feijão e valores críticos para os atributos físico-químicos do solo.

Os resultados da análise de componentes principais são apresentados na Tabela 1. Os 3 primeiros componentes principais (CP1, CP2 e CP3), concentraram 75% da variabilidade contida nos dados originais. Foi possível separar três feixes independentes de variáveis. O CP1 mostrou correlação com um grupo de atributos físicos do solo formados por DS, UG e UV. O CP2 mostra uma correlação com os atributos de planta (PRG, NVP e NGP) e CP3 mostrou correlação com os atributos químicos do solo (MO e pH).

A representação bidimensional (biplot) da Figura 2 é a projeção plana formada com os dois primeiros componentes principais que concentrou 58,49% da variabilidade dos dados originais. É possível visualizar a separação das observações em três grupos o que confirma os resultados das análises de agrupamento e permite também discriminar nesses grupos aquelas amostras com propriedades específicas (localizadas nos extremos dos eixos).



As variáveis DS, UG e UV discriminam amostras em de CP1 (esquerda ou direita). Quanto mais a esquerda uma amostra se localizar maiores os valores dessas variáveis (correlação negativa) e quanto mais a direita menores. Assim, o grupo 2 possui amostras com maiores valores dessas variáveis enquanto que o grupo 1 os menores valores. As variáveis PRG, NVP e NGP discriminam amostras em CP2 (acima e abaixo) Quanto mais acima uma amostra se localizar maiores os valores dessas variáveis (correlação positiva) e quanto mais abaixo menores (correlação negativa). Na Figura 2, vê-se, na vertical (CP2), separação entre os grupos 1 e 3. Assim, o grupo 1 ficou caracterizado por ter maiores valores das variáveis PRG, NVP e NGP (correlação positiva) e o grupo 3 os menores.

Freddi et al. (2008) estudando a compactação de um Latossolo cultivado com milho, observaram que a densidade do solo foi a mais importante em CP1, sendo a produtividade do milho a mais importante em CP2.

CONCLUSÕES

As análises de agrupamento por métodos hierárquico e não hierárquico permitiram ordenar acessos em três grupos de alta, média e baixa produtividade de plantas de feijão, utilizando variáveis do solo.

A análise de componentes principais indicou que elevadas produtividades de feijão mostraram ter associações com os componentes produtivos, em condições de adequada densidade do solo e elevada umidade, teor de matéria orgânica e potencial hidrogeniônico do solo.

Análise estatísticas levando em conta a estrutura multivariada contida nos dados originais podem contribuir ainda mais com o planejamento, controle da produtividade do feijão e execução das atividades de manejo do solo.

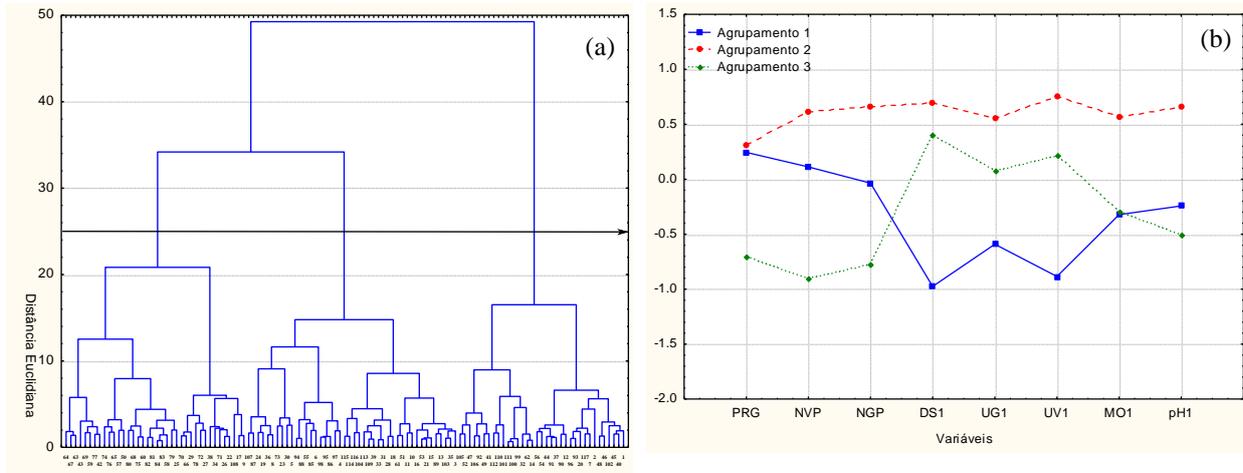
REFERÊNCIAS

- BEEBE, K.R., PELL, R.J., SEASHOLTZ, M.B. Chemometrics, A Practical Guide. John Wiley and Sons, New York, pp. 81–112, 1998.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Feijão total (1ª, 2ª e 3ª Safra). Quadro Comparativo de Área, Produção e Produtividade, Safras 2011/2012 e 2012/2013. abril 2013, <http://www.conab.gov.br/conabweb/>.
- DALCHIAVON, F.C.; CARVALHO, M.P.; MONTANARI, R.; ANDREOTTI, M. Strategy of specification of management areas: rice grain yield as related to soil fertility. R. Bras. Ci. Solo, 37:45-54, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 412p.
- FREDDI, O.S.; FERRAUDO, A.S.; CENTURION, J.F.; Análise multivariada na compactação de um Latossolo Vermelho cultivado com milho. R. Bras. Ci. Solo, Urbana, 32:953-961, 2008.
- HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W. Análise multivariada de dados. Porto Alegre, Bookman, 2005.
- KAISER, H. F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. Psychometrika, Urbana, v.23, n.3, p.187-200, 1958.
- RAIJ, B. van.; FEITOSA C.T.; CANTARELLA H.; CAMARGO A.P.; DECHEN A.R.; ALVES S.; SORDI G.; VEIGA A.A.; CAMPANA M.P.; PETINELLI A.; NERY C. Análise química do solo para fins de fertilidade. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre os atributos da planta e do solo e os três primeiros componentes principais.

Componentes Principais	CP1	CP2	CP3
Autovalor	2,68	1,99	1,16
VE (%)	33	24	14
Variável	Correlação		
PRG	0,06	0,60*	0,21
NVP	-0,23	0,89*	-0,12
NGP	-0,25	0,88*	-0,15
DS	-0,65*	-0,18	-0,23
UG	-0,81*	-0,12	-0,27
UV	-0,92*	-0,17	-0,30
MO	-0,55	-0,05	0,65*
pH	-0,56	0,03	0,66*

N = 117; VE = Variância explicada. correlações consideradas na interpretação do componente principal.



Agrupamento atributos de planta e solo

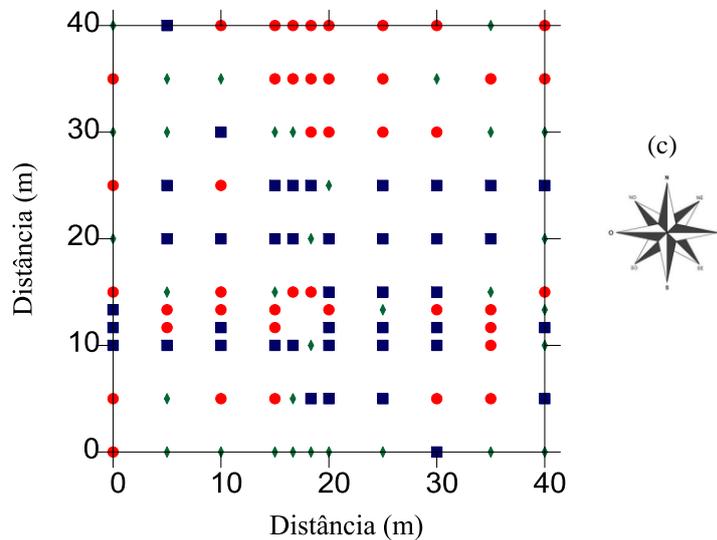


Figura 1. (a) Dendrograma resultante da análise de agrupamento por método hierárquico para os atributos de planta e solo (PRG, NVP, NGP, DS1, UG1, UV1, MO1 e pH1); (b) Centróide das variáveis por grupo gerado pela análise de agrupamento por método não hierárquico (c) Distribuição espacial dos grupos gerados.

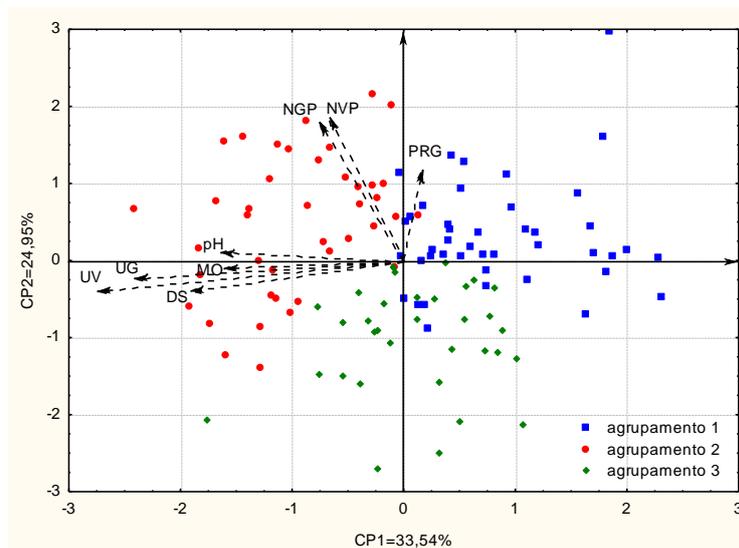


Figura 2. Biplot contendo a representação bidimensional dos componentes principais 1 e 2.