



Análise exploratória de atributos do solo em sistemas de manejo na bacia do rio Cuiá, em João Pessoa-PB, empregando análise de componentes principais (PCA)

**Alexandre Fonseca D'Andrea¹, Antônio Cícero de Sousa², Hermano Oliveira Rolim³,
Eugênio Pacelli Fernandes Leite⁴, Rosicléa Maria Santos D'Andrea⁵**

¹Professor, IFPB campus João Pessoa, Doutor em Agronomia, e-mail: alexandre.dandrea@ifpb.edu.br

²Professor, IFPB campus João Pessoa, Doutor em Química, e-mail: antoniocicero1@yahoo.com.br

³Engenheiro Agrônomo, IFPB campus Sousa, Mestre em Manejo de Solo e Água, e-mail: rolimano@hotmail.com

⁴Professor, IFPB campus João Pessoa, Doutor em Agronomia, e-mail: eupaf@ifpb.edu.br

⁵Professora, IFPB campus João Pessoa, Especialista em Gestão Ambiental, e-mail: rosidandrea@yahoo.com.br

Resumo: Este trabalho teve por objetivo estudar a influência da profundidade de amostragem e do manejo sobre atributos físicos e de fertilidade do solo, na bacia do rio Cuiá, no município de João Pessoa, PB. Foi proposta uma abordagem multivariada por análises de componentes principais (PCA), para investigar interações entre as variáveis e influências eventuais, a fim de se obter uma visão global dos fenômenos. Análises univariadas previamente conduzidas revelaram que a retirada de vegetação nativa de um remanescente de Mata Atlântica provocou aumento na densidade do solo e redução na porosidade total, no índice de floculação e nos teores de matéria orgânica do solo. Por meio da análise exploratória dos dados, foi observada influência da profundidade de amostragem e interações entre as variáveis. As amostras coletadas na área desmatada são diferentes do remanescente de mata nativa, indicando que o solo apresenta-se em estado de alerta ambiental, com a necessidade de uma melhor avaliação quanto seu ao manejo e uso. Os resultados sugerem que o plano de amostragem para fins de monitoramento da qualidade do solo na área de estudo seja efetuado apenas em duas profundidades, 0-10 e 30-40 cm, com economia de tempo e recursos humanos e materiais. Dentre os atributos que melhor discriminaram alterações na qualidade do solo em função do uso da terra estão a matéria orgânica do solo, a porosidade total, o índice de floculação, a densidade do solo e o pH.

Palavras-chave: área desmatada, manejo do solo, mata nativa, PCA, qualidade do solo

1. INTRODUÇÃO

A região metropolitana de João Pessoa tem crescido de maneira desordenada nas últimas décadas, acarretando diversos problemas de ordem ambiental, como a contaminação de cursos d'água e o desmatamento de áreas com vegetação nativa. Em João Pessoa, o rio Cuiá assume uma condição de destacada relevância ambiental, visto que o vale em que está inserido é indicado no Plano Diretor do município como uma Zona Especial de Preservação, além do fato de que a sua margem esquerda abriga, no bairro Mangabeira, um setor de tratamento e disposição de resíduos líquidos (PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, 2009).

A criação de um banco de dados de atributos relacionados ao ambiente na bacia do rio Cuiá constitui, atualmente, uma importante estratégia para análises ambientais. Considerando que o monitoramento da qualidade do solo pode ser realizado por meio do levantamento de atributos físicos, químicos e biológicos, a análise de dados ambientais dentro de uma concepção



multivariada pode permitir o desenvolvimento de ações para a correção de práticas de degradação do solo e o estabelecimento de registros de informações armazenadas que servirão de consulta para futuros trabalhos. A denominação “análise multivariada” corresponde a um grande número de métodos e técnicas que utilizam, simultaneamente, todas as variáveis na interpretação teórica do conjunto de dados obtidos (NETO, 2004). A análise por componentes principais consiste em projetar os objetos (as amostras) na direção do espaço dimensional das variáveis que contenham a maior quantidade de informação (variância) possível, resultando em um novo sistema de eixos ortogonais denominados componentes principais. Como os primeiros componentes contêm a maior variância dos dados, é possível representar as informações mais relevantes do conjunto de dados usando um número pequeno de componentes (MASSART, 1997). Por outro lado, as informações irrelevantes, os erros aleatórios e os ruídos nos dados são mais significativos nos últimos componentes principais.

Os métodos estatísticos, para analisar variáveis, estão dispostos em dois grupos: um que trata da estatística considerando as variáveis de maneira isolada (a estatística univariada) e outro que olha as variáveis de forma conjunta (a estatística multivariada). Quando um fenômeno depende de muitas variáveis, geralmente a análise univariada falha, pois não basta conhecer informações estatísticas isoladas, mas é necessário também conhecer a totalidade das informações fornecidas pelo conjunto das variáveis e suas relações. Quando as relações existentes entre as variáveis não são percebidas, os efeitos desconhecidos entre elas dificultam a interpretação do fenômeno a partir das variáveis consideradas. Neste sentido, são necessárias ferramentas estatísticas que apresentem uma visão mais global dos fenômenos, recorrendo-se a uma abordagem multivariada.

O objetivo do presente trabalho foi realizar a análise exploratória, por meio de análise de componentes principais, de atributos físicos e de fertilidade do solo relacionados à sua qualidade, a fim de identificar a influência da profundidade de amostragem e do uso da terra em área desmatada e em um remanescente de mata nativa na bacia do rio Cuiá, para o diagnóstico da condição atual e suporte à tomada de decisões para o desenvolvimento de ações que visem à sustentabilidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área em estudo está localizada na mesorregião do Litoral Paraibano, microrregião de João Pessoa, município de João Pessoa-PB, com clima do tipo As' na classificação de Köppen (tropical úmido com estação seca de verão), pluviosidade média anual em torno de 2.000 mm ano⁻¹ e temperatura média anual entre 26 e 27° C (RODRIGUEZ, 2002).



Foram coletadas amostras de solos em duas glebas de terras na bacia do rio Cuiá, selecionadas previamente de acordo com o seu uso, sendo uma remanescente de mata nativa e a outra uma área desmatada. Em cada gleba foram coletadas amostras de solos em quatro pontos amostrais, cada um representando uma repetição, nas profundidades de 0-10, 10-20 e 20-30 cm. Foram avaliados a textura do solo, a densidade de partículas, o teor de matéria orgânica do solo (por meio do carbono orgânico total), o pH do solo, o teor de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) e a acidez potencial, sendo calculadas a soma de bases e a capacidade de troca catiônica. As amostras foram preparadas e analisadas nos laboratórios do IFPB dos campi de João Pessoa e Sousa (PB), conforme os métodos constantes em Embrapa (1997). Foram também avaliados a densidade do solo, a porosidade total, o índice de floculação e a condutividade elétrica. O carbono orgânico total foi determinado de acordo com metodologia de Walkley e Black (1934).

A análise multivariada de dados foi realizada por meio da análise de componentes principais (PCA). Na construção dos modelos de PCA, os dados foram previamente autoescalados com intuito de corrigir as diferenças de ordem de grandeza nas variáveis, por se tratar de parâmetros físicos e químicos, atribuindo um mesmo peso para todas as variáveis. Para esse estudo, inicialmente foi realizada uma PCA com todas as amostras e atributos físicos e químicos nas três profundidades de amostragem, a fim de se promover uma investigação do comportamento global do sistema e, em seguida, foi realizada uma PCA para investigar a influência do uso da terra (mata nativa e área desmatada) e da profundidade de amostragem sobre os atributos avaliados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de componente principal por meio da representação gráfica de seus escores, considerando o uso da terra em glebas da bacia do rio Cuiá está representado graficamente na Figura 1. O componente principal PC1 explica 47% da variância dos dados e o componente principal PC2 discrimina 16% da variância presente. Os resultados indicam que as amostras de solos coletadas no remanescente de mata nativa (sistema mais preservado do ponto de vista ambiental) diferem das amostras da área desmatada, visto que os pontos da mata posicionam-se ao longo de escores positivos do eixo PC1 (pontos 1, em azul), enquanto os pontos da área desmatada encontram-se à esquerda dos escores deste mesmo componente, com valores negativos (pontos 2, em vermelho). Essa nítida separação na análise gráfica reflete as alterações na constituição do solo quando da retirada da vegetação nativa, expressas por meio dos atributos físicos e de fertilidade do solo avaliados. Outro ponto a ser considerado é a dispersão dos pontos no gráfico dos escores dos componentes principais em função do uso da



terra, visto que é possível perceber uma maior dispersão dos pontos no sistema de mata nativa (pontos 1), refletindo uma condição natural de maior variabilidade e diversidade neste ambiente, ao contrário dos pontos relacionados à área desmatada, que se apresentam um pouco mais concentrados na representação gráfica.

Do mesmo modo que foi analisada a influência do uso da terra, foi também realizada uma análise de componentes principais considerando as profundidades de amostragem nas glebas consideradas. Na Figura 2, são apresentados os dados de PCA para as amostras do solo da bacia do rio Cuiá, rotuladas em função da profundidade da coleta. A análise dos resultados do componente principal PC1 indica que as amostras de solos coletadas nas profundidades de 0-10 cm (pontos 1, em azul) e 10-20 cm (pontos 2, em vermelho) apresentam comportamento similar, uma vez que as amostras relativas a estas profundidades estão sobrepostas numa mesma classe. Por outro lado, a análise do componente principal PC2 destaca a diferença entre as amostras coletadas na profundidade de 0-10 cm e 20-30 cm (pontos 3, em verde), visto que estão agrupadas em classes distintas.

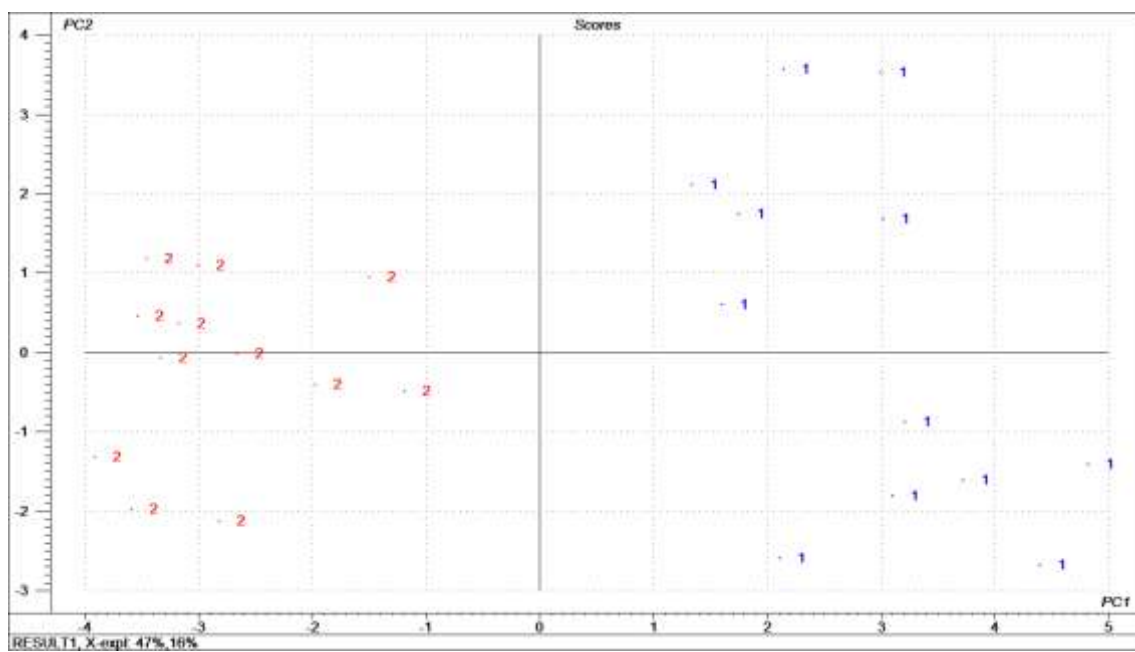


Figura 1. Gráfico dos escores de PC1 x PC2 para atributos físicos e de fertilidade do solo na bacia do rio Cuiá, em João Pessoa, PB, rotulados em função do uso da terra (rótulo 1, em azul: remanescente de Mata Nativa e rótulo 2, em vermelho: Área Desmatada).

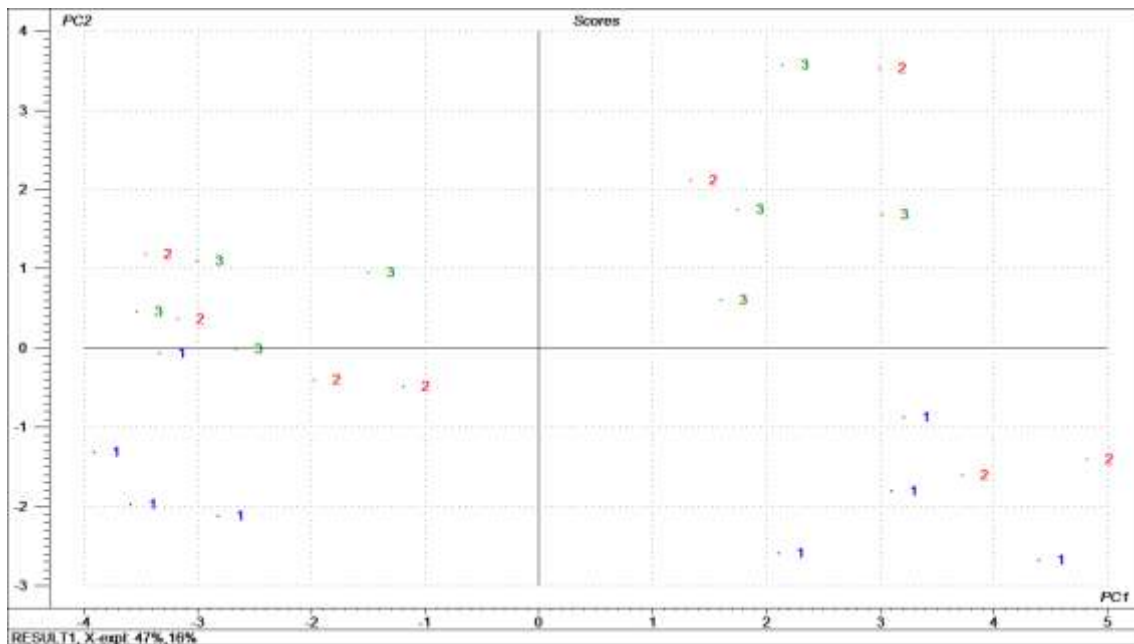


Figura 2. Gráfico dos escores de PC1 x PC2 para atributos físicos e de fertilidade do solo na bacia do rio Cuiá, em João Pessoa, PB, rotuladas em função da profundidade de amostragem (rótulo 1, em azul: 0-10 cm; rótulo 2, em vermelho: 10-20 cm; rótulo 3, em verde: 20-30 cm).

Figura 3 apresenta os pesos e escores (biplot) de PCA dos parâmetros físico-químicos do solo para amostras da baica do rio Cuiá. O gráfico dos pesos de PCA indica que, quando se desloca na direção de pesos positivos do componente principal PC1, são observados altos valores de pesos dos atributos índice de floculação (IF), matéria orgânica do solo (MOS) e porosidade total (PT), sobrepostos ao sistema de mata nativa. Esse comportamento está relacionado à melhor agregação do solo no remanescente de mata nativa e à preservação da estrutura do solo pela reduzida perturbação (o que influencia IF e PT), e ao aporte maior e mais contínuo de resíduos orgânicos ao solo, favorecendo um estado de maior equilíbrio dinâmico (o que influencia os teores de MOS), além da proteção da superfície do solo observada no sistema de mata.

Por outro lado, quando se desloca no sentido dos valores negativos de PC1, observa-se pesos elevados para os atributos densidade do solo (Ds) e pH, sobrepostos ao sistema desmatado. Este comportamento está associado à área degradada (sistema 2 no gráfico), em função das piores condições da estrutura do solo com a retirada da vegetação nativa, e dos maiores valores de pH do solo no sistema desmatado, em função da menor presença de matéria orgânica, que possui caráter ácido devido aos seus constituintes químicos.

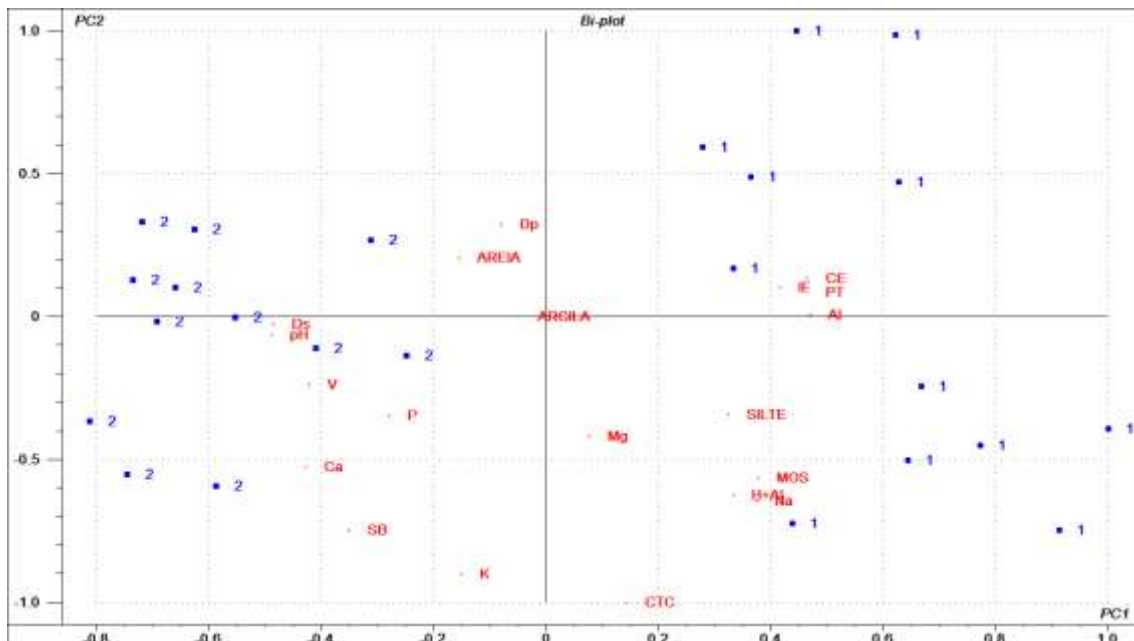


Figura 3. Gráfico dos escores e pesos de PCA dos atributos físicos e de fertilidade do solo na bacia do rio Cuiá, em João Pessoa, PB, em remanescente de Mata Nativa (rótulo 1) e Área Desmatada (rótulo 2). IF: índice de floculação; Dp: densidade de partículas; Ds: densidade do solo; PT: porosidade total; P: fósforo disponível; K: potássio; Ca: cálcio; Mg: magnésio; H+Al: acidez potencial; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; MOS: matéria orgânica do solo; V: saturação por bases; CE: condutividade elétrica.

A análise multivariada é uma ferramenta importante para a análise exploratória dos atributos do solo no manejo da bacia hidrográfica do rio Cuiá. Os resultados indicam que amostragens em um estudo mais detalhado podem dispensar a coleta de amostras de solos na profundidade de 10-20 cm, por possuir semelhança com a camada mais superficial do solo. Este fato contribui para melhorar o rendimento das atividades desenvolvidas no âmbito da pesquisa e na análise técnica de atributos de solo, uma vez que reduz a necessidade de recursos humanos, materiais e reagentes de laboratório, e melhora o rendimento nas etapas de coleta e análises de atributos do solo.

Neste trabalho, a análise exploratória dos dados mostrou influência da profundidade de amostragem e interações entre as variáveis, o que sugere um estudo mais aprofundado com a inclusão de novas amostras, bem como análises em outros períodos das estações do ano. Espera-se que o presente estudo venha subsidiar futuras investigações e a implantação de programas de gestão do manejo do solo em contextos locais, no desenvolvimento de políticas públicas direcionadas à gestão e manejo do solo em áreas similares e em unidades de conservação.



4. CONCLUSÕES

Amostragens de solos para fins de avaliação de sua qualidade conduzidas em condições semelhantes às do presente estudo podem dispensar coletas nas camadas intermediárias do solo, sendo conduzidas de maneira representativa apenas considerando as profundidades de 0-10 cm e 20-30 cm.

Os sistemas de mata nativa e área desmatada influenciam de maneira distinta os atributos físicos e de fertilidade do solo avaliados. Por sua vez, a análise de componentes principais indicou que, dentre os atributos que melhor discriminaram alterações na qualidade do solo em função do uso da terra estão a matéria orgânica do solo, a porosidade total, o índice de floculação, a densidade do solo e o pH.



REFERÊNCIAS

- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1997, 212p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).
- KARLEN, D.L.; STOTT, D.E. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p.53-72.
- MASSART, D. L.; VANDEGINSTE, B. G. M.; BUYENS, L. M. C.; JONG, S. DE LEWI, P. J.; SMEYERS-VERBEKE, J. **Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A**. Amsterdam: ELSEVIER, 1997.
- NETO, M. M. J. **Estatística multivariada**. Revista de Filosofia e Ensino. Disponível em: http://www.criticarede.com/cien_estatistica.html. Acesso em 9/8/2012.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. SEPLAN. **Decreto Municipal n. 6.499 de 20/03/2009**. <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2012/04/planodiretor2009.pdf>>. João Pessoa, PB. 2009. Acesso em 9/8/2012.
- RODRIGUEZ, J. L. **Atlas escolar da Paraíba**. 3ª Ed. João Pessoa: Editora Grafset, 2002.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v.37, p.29-38, Jan./June 1934.