



Atributos físico, químico e mineralógico do solo para predizer a adsorção de fósforo em áreas de cana-de-açúcar

Jeison Sánchez Parra^(1*); Zigomar Menezes de Souza⁽¹⁾; Camila V. Vieira Farhate⁽¹⁾; José Marques Júnior⁽²⁾; Diego Silva Siqueira⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Água e Solos, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil, 13083-875 (*apresentador, jeison.parra@feagri.unicamp.br).

⁽²⁾ Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil, 14884-900



RESUMO: A adsorção de fósforo no solo é caracterizada por diversos atributos, que por sua vez são influenciados pelos processos naturais incidentes, sendo em última instância expresso em banco de dados de difícil interpretação. Nesse contexto, o emprego de metodologias eficientes para extração de padrões de conhecimento, como é o caso da mineração de dados, tornam-se imprescindíveis. Dessa maneira, o objetivo deste estudo foi empregar técnicas de mineração de dados por meio de árvores de decisão, para prever a adsorção de fósforo no solo a partir de variáveis físico-químicas e mineralógica do solo, em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes formas do relevo. O experimento foi realizado em áreas agrícolas de cana-de-açúcar na região de Catanduva, estado de São Paulo, sendo uma área côncava e convexa. Em cada área foi instalada uma malha amostral contendo 121 pontos com espaçamento de 10 x 10 m. Para a classificação dos dados foi utilizada a técnica de indução de árvore de decisão binária disponível no software Weka 3.6. O algoritmo de indução utilizado foi o J48, amplamente conhecido como C4.5. O modelo obtido garantiu ser apropriado e compreensível, destacando os atributos com maior relevância preditiva e a relação entre eles, sendo a susceptibilidade magnética o atributo com maior influência na predição da adsorção de fósforo no solo.

Termos de indexação: susceptibilidade magnética, árvore de decisão, mineração de dados, condições de relevo.

INTRODUÇÃO

O fósforo (P) é considerado uma molécula essencial no desenvolvimento vegetativo, pela demanda nutricional requerida pela planta (CAMARGO et al., 2012). No Brasil, a disponibilidade de fósforo para as plantas é baixa, devido a seus solos se caracterizarem como altamente intemperizados, ocasionando baixa adsorção desse elemento no solo e, conseqüente limitação do macronutriente para seu aproveitamento pelas plantas (FERREIRA et al., 2006).

Por outro lado, estudos sobre a aplicação da mineração de dados em área agrícola, apresentam resultados relevantes, no que diz respeito a modelos preditivos, sendo que a predição da adsorção de fósforo no solo pela mineração de dados ainda não foi estudada. Recentemente diversos estudos no

Brasil avaliaram conjuntos de dados usando árvores de decisão, destacando-se por apresentar elevadas taxas de acerto, notável precisão e mínimo erro ponderado (HARTEMINK et al., 2013).

Logo, acredita-se que o emprego de árvores de decisão, fornecerá um modelo preditivo com elevada acurácia, e ótima relevância na seleção de atributos significantes para prever a adsorção de fósforo no solo. Portanto, o objetivo deste trabalho é empregar técnicas de classificação de dados por meio de árvores de decisão, para prever a adsorção de fósforo no solo a partir de variáveis físico-químicas e mineralógica do solo, em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes formas do relevo.

MATERIAL E MÉTODOS

A análise experimental foi realizada no município de Catanduva, em uma área experimental localizada no planalto ocidental paulista (21°05'57,11" de latitude sul e 49°01'02,08" de longitude oeste), com uma altitude média de 500 m acima do nível do mar. O clima da região é classificado como Aw (Classificação de Köppen), savana tropical quente úmido (mesotérmico), com invernos secos, precipitação média anual de 1.350 mm e, temperatura média anual de 23 °C.

A vegetação primária da região é classificada como floresta pluvial estacional ou cerrado, o principal uso agrícola na área experimental está destinado ao cultivo intensivo de cana-de-açúcar por volta de 20 anos (MARQUES JUNIOR et al., 2014).

Amostragem do solo

Elaborou-se o modelo de elevação digital (Figura 1), identificando as diferentes formas do terreno e sua posterior classificação geomorfológica, conforme Troeh (1965). Duas parcelas de um hectare foram demarcadas, sendo que uma parcela localizada na área côncava e a outra na área convexa. Uma malha de espaçamento de 10 x 10 m foi montada em cada uma das parcelas e, os pontos localizados nos cruzamentos das malhas foram georreferenciados.

Caracterização do solo

A resistência do solo à penetração foi avaliada utilizando um penetrômetro de impacto, e os valores



foram estimados de acordo com Stolf et al. (2014); a porosidade total e a densidade do solo, foram calculadas pelo método da mesa de tensão (EMBRAPA, 2017). A percentagem de carbono foi determinada pela metodologia proposta pela Embrapa (2017); o pH do solo foi determinado conforme metodologia estabelecida por Raji et al. (2001); a adsorção de fósforo foi obtida utilizando a metodologia preconizada por Casagrande e Camargo (1997). A susceptibilidade magnética (SM) foi determinada pela metodologia descrita por Marques Junior et al. (2014).

Banco de dados

Foi obtido um banco de dados contendo oito atributos com 229 observações cada, totalizando 1.832 dados. A descrição detalhada do banco de dados utilizado é apresentada na Tabela 1.

Mineração de dados

Inicialmente, foi necessário realizar a discretização do atributo meta em categorias. Para isso, os valores de adsorção de fósforo foram ordenados em forma crescente e divididos igualmente em duas categorias de alta e baixa adsorção de fósforo.

Para indução do modelo de árvore de decisão, foi utilizado o algoritmo J48, apropriado diretamente no software de mineração de dados WEKA 3.8.1 e, baseado no modelo C4.5, desenvolvido por Quinlan (1993). Para indução do modelo, foi utilizado o método de validação cruzada com 10 partições aleatórias do conjunto de treinamento. Por último, a avaliação do modelo foi realizada com base em três métricas: (i) taxa de acerto (acurácia), (ii) Erro, e (iii) estatística Kappa, que é uma medida de concordância entre as classes preditas e observadas do classificador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A árvore de decisão gerada evidencia a susceptibilidade magnética, como o atributo com maior significância e ganho de informação para a predição da adsorção de fósforo. Além disso, verifica-se que a árvore de decisão apresentou um total de oito regras para classificação da adsorção de fósforo (Figura 2).

A matriz de confusão gerada (Tabela 1), detalha os acertos e erros apresentados pelo modelo,

juntamente com os parâmetros de avaliação obtidos (taxa de acerto, taxa de erro e coeficiente kappa). Observa-se que o modelo apresentou elevada precisão (90%), para classificar a adsorção de fósforo no solo e apresentou um coeficiente kappa com concordância muito boa.

A susceptibilidade magnética apresenta correlação direta com a adsorção de fósforo nos solos (PELUCO et al., 2015). Em que, a susceptibilidade magnética é proporcional a quantidade e tamanho de partículas de materiais ferromagnéticos ou ferrimagnéticos (VEROSUB et al., 1995). Considerando o fato, do ferro ser o principal componente da maioria dos argissolos brasileiros, os resultados encontrados nesse estudo são justificados.

Além disso, a adição de resíduos vegetais no solo, promove a elevação do pH, aumenta a disponibilidade de nutrientes na solução do solo e ocasiona uma possível saturação da CTC, proporcionando consequentemente um aumento na disponibilidade de fósforo no solo (PAVINATO e ROSOLEM, 2008).

CONCLUSÕES

O modelo gerado foi adequado e apresentou um alto taxa de acerto. A susceptibilidade magnética foi identificada como o atributo com maior relevância, caracterizando assim, sua importância em modelos preditivos desenvolvidos para classificação da adsorção de fósforo no solo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de pesquisa do Departamento de Solos e Adubos da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista, campus de Jaboticabal, pelo fornecimento do banco de dados.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, L. A. et al. Spatial correlation between the composition of the clay fraction and contents of available phosphorus of an Oxisol at hillslope scale. *Catena*, Amsterdam, 100:100-106, 2012.
- CASAGRANDE, J. C.; CAMARGO, O. A. Adsorção de fosfato em solos com caráter ácrico validada por um modelo de complexação de superfície. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21:353-360, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Manual de



- Métodos de Análise de Solos. Embrapa Solos, 3 Ed. Revisada, Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 575 p, 2017.
- FERREIRA, R. et al. Calagem e adubação orgânica: influência na adsorção de fósforo em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 30:975-983, 2006.
- HARTEMINK, A. et al. Avaliação de cinco algoritmos de árvores de decisão e três tipos de modelos digitais de elevação para mapeamento digital de solos a nível semidetalhado na bacia do lagoado Grande, RS, Brasil. *Ciência Rural*, 43:1967-1973, 2013.
- MARQUES JUNIOR, J. et al. Magnetic susceptibility and diffuse reflectance spectroscopy to characterize the spatial variability of soil properties in a Brazilian haplustalf. *Geoderma*, 219-220:63-71, 2014.
- PAVINATO, P. S.; ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:911-920, 2008.
- PELUCO, R. et al. Mapeamento do fósforo adsorvido por meio da cor e da suscetibilidade magnética do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50:259-266, 2015.
- QUINLAN, J. R. Programs for Empirical Learning: C4.5. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1993, p.235-240.
- RAIJ, B. VAN et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 285 p. 2001.
- SANCHEZ, R. B. et al. Mapeamento das formas do relevo para estimativa de custos de fertilização em cana-de-açúcar. *Revista de Engenharia Agrícola*, 32:280-292, 2012.
- STOLF, R. et al. Penetrômetro de impacto Stolf - programa computacional de dados em EXCEL-VBA. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 38:774-782, 2014.
- TROEH, F.R. Landform equations fitted to contour maps. *American Journal of Science*, 263:616-627, 1965.
- VEROSUB, K. L.; ROBERTS, A. P. Environmental magnetism: past, present and future. *Journal of Geophysical Research*, 100:2175-2192, 1995.

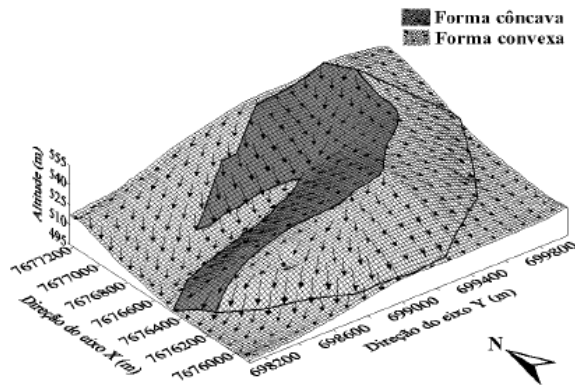


Figura 1 – Modelo digital de elevação da área de estudo, localizada no município de Catanduva, estado de São Paulo (SANCHEZ et al., 2012).

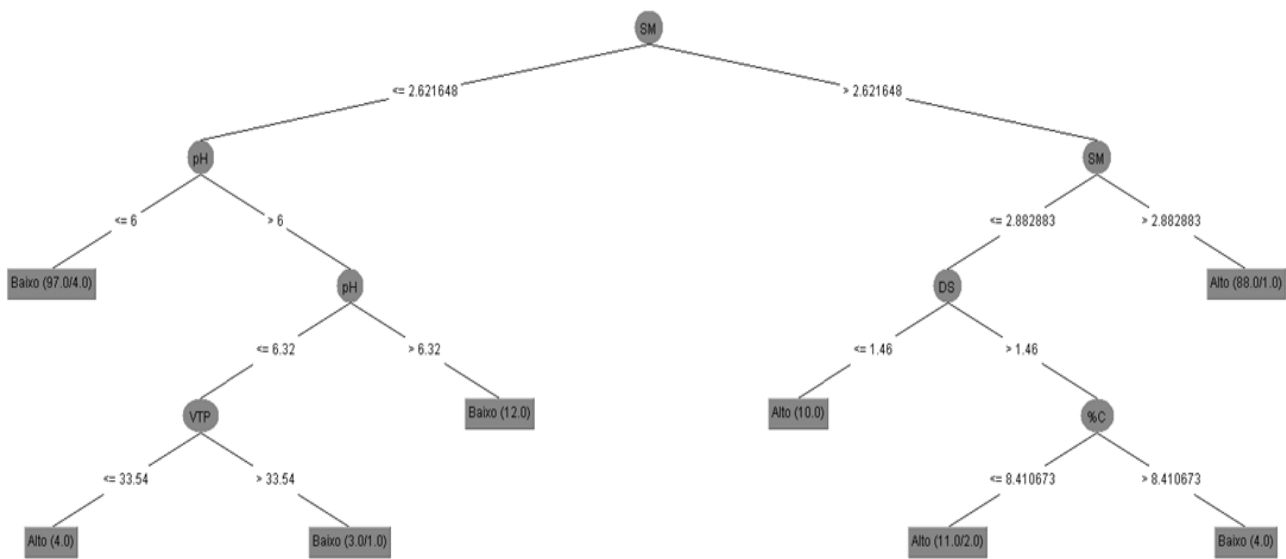


Figura 2 – Modelos de árvore de decisão gerado para prever a adsorção de fósforo no solo, empregando o algoritmo J48. SM = suscetibilidade magnética; pH = potencial hidrogeniônico; VTP = volume total de poros; DS = densidade do solo; %C = porcentagem de carbono.

Tabela 1 – Matriz de confusão e parâmetros do modelo obtidos utilizando o algoritmo J48 para indução de árvore de decisão para classificação da adsorção de fósforo no solo.

III Encontro Paulista de Ciência do Solo

III EP CiS



2018

**"Solos e suas relações com sistemas
de produção agropecuários"**
