

CLASSIFICAÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR

JEISON SÁNCHEZ PARRA¹, ITALLO DIRCEU COSTA SILVA², ZIGOMAR MENEZES DE SOUZA³, CAMILA V. VIEIRA FARHATE⁴, LENON LOVERA⁵, INGRID OLIVEIRA⁶

¹Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP, jeisonandrey11@gmail.com

²Engenheiro Ambiental, Mestrando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP

³Engenheiro Agrônomo, Prof. Associado, Faculdade de Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP

⁴Engenheira Agrônoma, Pós-doutoranda na Unesp de Jaboticabal, UNESP/FCAV, Jaboticabal – SP

⁵Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP

⁶Engenheira Agrícola, Doutoranda na Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas – SP

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: A produção de cana-de-açúcar no Brasil geralmente está associada a processos de degradação do solo relacionados a compactação no solo. Logo, o objetivo deste estudo foi identificar um subconjunto de atributos que afetam a compactação do solo em área de cana-de-açúcar mediante uso de ferramentas para seleção de variáveis e modelagem preditiva. O experimento foi realizado no município de Ibitinga-SP. O delineamento experimental foi por meio de faixas com esquema de parcelas subdivididas, contendo quatro plantas de cobertura (crotalária, milheto, amendoim e sorgo) e três sistemas de preparo do solo (cultivo mínimo, cultivo mínimo com subsolagem profunda e plantio direto), para tal fim foi utilizada uma técnica de classificação por árvores de decisão. O modelo gerado apresentou uma elevada taxa de acerto e reconheceu a resistência do solo à penetração como o atributo com maior relevância na predição da compactação do solo.

PALAVRAS-CHAVE: Seleção de variáveis, técnicas de mineração de dados, árvores de decisão.

ABSTRACT: Sugarcane production in Brazil is generally associated with soil degradation processes related to soil compaction. Therefore, the objective of this study was to identify a subset of attributes that affect soil compaction in sugarcane area with techniques for selection of variables and predictive modeling. The experiment was realized in the municipality of Ibitinga - SP. The experimental design was subdivided with four cover plants (crotalaria, millet, peanut and sorghum) and three soil tillage systems (minimum tillage, minimum tillage with no tillage and no tillage). For this purpose, was used a decision tree classification technique. The generated model presented a high hit rate and recognized the resistance to penetration as the most relevant attribute in the prediction of soil compaction

KEY WORDS: Selection of variables, data mining techniques, decision trees.

INTRODUÇÃO: A produção de cana-de-açúcar no Brasil vem se expandindo em consequência de avanço tecnológico como o uso de máquinas agrícolas de grande porte. Entretanto, o uso intensivo de máquinas agrícolas ocasiona o surgimento de camadas compactadas, que por sua vez reflete na degradação do solo e compromete o desenvolvimento das raízes e plantas, bem como a redução do rendimento nos canaviais (SOUZA et al., 2014).

Contudo, a matéria orgânica é um componente fundamental para manutenção da capacidade produtiva, bem como a mitigação da compactação do solo. Logo, a escolha de um sistema de manejo adequado deve levar em consideração, entre outros aspectos, o seu efeito sobre os teores de matéria orgânica do solo (BAYER e MIELNICZUK, 2008).

As plantas de cobertura podem melhorar a qualidade do solo, assim como aumentar os teores de matéria orgânica do solo por meio da decomposição de seus resíduos vegetais (SCHMIDT et al., 2018). Além disso, a adoção de sistemas de preparo do solo conservacionistas, tem substituído os sistemas convencionais aumentando a capacidade produtiva dos solos, melhorando as condições físicas em função da redução da intensidade do preparo do solo.

Nesse contexto, torna-se importante o uso de metodologias alternativas e sustentáveis no reconhecimento de variáveis que impactam diretamente na compactação do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar e sob diferentes sistemas de manejo. Assim, o objetivo deste estudo foi identificar um subconjunto de atributos que afetam a compactação do solo em área de cana-de-açúcar mediante uso de ferramentas para seleção de variáveis e modelagem preditiva.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi conduzido em área agrícola do município de Ibitinga-SP, num Argissolo Vermelho distrófico típico. O delineamento experimental empregado foi em faixas, com três repetições, em que quatro plantas de cobertura foram dispostas nas faixas horizontais e três sistemas de preparo do solo nas faixas verticais. Para fins comparativos, foi implantado também um tratamento testemunha (adicional), sem plantas de cobertura e com preparo convencional do solo.

Foram determinados os atributos físicos do solo, granulometria (CAMARGO et al., 2009), diâmetro médio ponderado (DMP) (KEMPER e CHEPIL, 1965), porosidade (Macro e Micro) e densidade (Ds) (TEIXEIRA et al., 2017), e resistência tênil dos agregados (RT) (DEXTER e KROESBERGEN, 1985); atributos químicos como pH, acidez potencial, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, saturação por alumínio, soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases (RAIJ et al., 2001), teor de carbono e de nitrogênio do solo. Além disso, foram considerados como fontes de variação, o ciclo de cultivo (cana planta e soca), as camadas experimentais (0,00-0,05, 0,05-0,10, 0,10-0,20, 0,20-0,30 e 0,30-0,70 m), plantas de cobertura (amendoim, milho, crotalária e sorgo) e sistemas de preparo do solo (sem preparo do solo, subsolagem a 0,40 m e subsolagem profunda a 0,70 m de profundidade), totalizando 29 atributos para a análise preditiva da compactação do solo por meio de técnicas de mineração de dados.

A densidade máxima do solo (kg dm^{-3}) foi estimada por uma equação de pedotransferência conforme descrito por Marcolin e Klein (2011) e, a partir da relação entre a densidade do solo e a densidade máxima foi obtido o grau de compactação (%).

Para identificar diferentes níveis de compactação do solo, foi necessário realizar a discretização do atributo meta em categorias. Para isso, os valores do grau de compactação (%) foram ordenados de forma crescente e classificados como “compactado” e “não compactado” considerando os limites estabelecidos por Klein (2014).

Em seguida, foi realizada uma seleção das variáveis usando os seguintes métodos: sem seleção de atributos, seleção de atributos baseado em correlação (CFS), qui-quadrado (χ^2) e wrapper. Para a classificação dos dados foi utilizado o método de árvore de decisão contida no software Weka 3.8. O algoritmo de indução utilizado foi o J48, reconhecido como C4.5.

Os modelos induzidos, foram avaliados por meio de validação cruzada em 10 partes e três métricas: (i) taxa de acerto (acurácia); (ii) o número de folhas (número de regras) geradas, que em geral são associadas à facilidade de interpretação do modelo; (iii) a estatística Kappa, que é uma medida de concordância entre as classes preditas e observadas do classificador.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O método Wrapper obteve as melhores métricas de avaliação, sendo selecionados cinco atributos do conjunto de dados inicial, a saber: ciclo, plantas de cobertura, microporosidade, resistência do solo à penetração e soma de bases. Além disso, o modelo demonstrou elevada precisão indicando uma taxa de acerto de 89%, índice de concordância Kappa alto (0,75) e apenas quatro regras de classificação.

A resistência do solo à penetração (RP) foi selecionada e colocada na base da árvore, destacando-se como o atributo com menor entropia e maior concordância no que se refere à modelagem preditiva para os níveis de compactação do solo na área experimental. A resistência do solo à penetração é um dos atributos físicos utilizados na avaliação da compactação do solo (BUSSCHER et al., 2000).

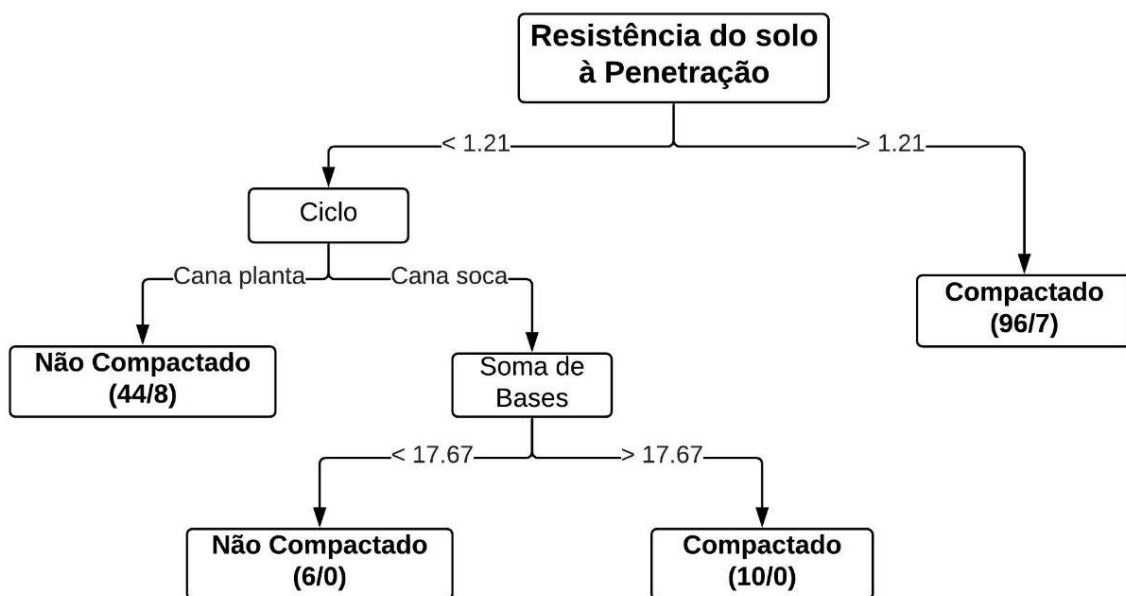


FIGURA 1. Árvore de decisão gerada utilizando o método Wapper para seleção de atributos e algoritmo J48 para indução da árvore de decisão.

Além disso, a árvore dispôs mais duas variáveis reconhecidas no processo de seleção de atributos: o ciclo de cultivo da cana-de-açúcar e a somas de bases (Figura 1). Com relação ao efeito do ciclo de cultivo, comumente problemas relacionados à compactação são inerentes às áreas de cana-de-açúcar devido às operações de colheita. O tráfego de máquinas com elevada carga por eixo nos canaviais, o qual ocorre muitas vezes sem considerar o conteúdo de água no solo e ao longo de sucessivos ciclos de cultivo, tem contribuído para o processo de degradação da qualidade estrutural do solo (PEREIRA et al., 2015).

Por fim, no que diz respeito a variável soma de bases, os processos de calagem e adubação influenciam na variabilidade das camadas compactadas ou adensadas, atribuindo-se pelo aumento da argila dispersa em água, processo causado pelo desequilíbrio de cargas e posterior dispersão de partículas (CARVALHO JUNIOR et al., 1998).

CONCLUSÃO: O modelo gerado foi adequado apresentando uma elevada taxa de acerto e informação relevante na análise das regras de classificação. A resistência do solo à penetração foi identificada como o atributo com maior relevância, caracterizando assim, sua importância

em modelos preditivos desenvolvidos para classificação da compactação de solos cultivados com cana-de-açúcar.

AGRADECIMENTOS: Os autores agradecem o apoio financeiro da Fundação Agrisus (Processo: 1439/15 e 2662/19) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo: 2018/14958-5) e, da Usina Santa Fé pelo fornecimento da área de estudos.

REFERÊNCIAS:

- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. **Dinâmica e função da matéria orgânica**. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 Ed. METRÓPOLE: Porto Alegre, p.636, 2008.
- BUSSCHER, W. J.; FREDERICK, J. R.; BAUER, P. J. Timing effects of deep tillage on penetration resistance and wheat and soybean yield. **Soil Science Society of America Journal**, v.64, n.3, p.999-1003, 2000.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim Técnico, 106, Edição Revista e Atualizada).
- CARVALHO JUNIOR, I. A.; FONTES, L. E. F.; COSTA, L. M. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensadas em um Latossolo Vermelho-Escuro textura média, na região do cerrado. **Revista brasileira de ciência do solo**, v.22, n.4, p.505-514, 1998.
- DEXTER, A. R.; KROESBERGEN, B. Methodology for determination of tensile strength of soil aggregates. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Nova York, v.31, n.2, p.139-147, 1985.
- KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. **Size distribution of aggregates**. In: BLACK, C.A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society Agronomy, 1965. p.499-510.
- KLEIN, V. A. **Física do solo**. 3 Ed. Passo Fundo: Editora da Universidade Federal de Pelotas, 2014. 263 p.
- MARCOLIN, C.D.; KLEIN, V. Determinação da densidade relativa do solo por uma função de pedotransferência para a densidade do solo máxima. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, n.2, p.349-354, 2011.
- PEREIRA, A. H. F.; VITORINO, A. C. T.; PRADO, E. A. F.; BERGAMIN, A. C.; MAUAD, M.; ARANTES, H. Least limiting water range and load bearing capacity of soil under types of tractor-trailers for mechanical harvesting of green sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.39, n.6, p.1603-1610. 2015.
- RAIJ, B.V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 285 p. 2001.
- SOUZA, G. S.; SOUZA, Z. M.; SILVA, R. B.; BARBOSA, R. S.; ARAÚJO, F. S. Effects of traffic control in the soil physical quality and the cultivation of sugarcane. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, n.1, p.135-146, 2014.
- SCHMIDT, R.; GRAVADORA, K.; BOSSANGE, A. V.; MITCHELL, J.; SCOW, K. Long-term use of cover crops and no-till shift soil microbial community life strategies in agricultural soil. **Plos One**, Califórnia, v.3, n.2, p.1-19, 2018.
- TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G.K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W.G. **Manual de Métodos de Análise de Solos**. 3ª Edição Revista e Ampliada, Brasília: Embrapa, 2017. 573p.