

## MAPEAMENTO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM SOLO SOB CULTIVO DE AÇAÍ

GIULIAN SANMER SANTOS BATISTA<sup>1</sup>, GISLAYNE FARIAS VALENTE<sup>2</sup>,  
VICENTE FILHO ALVES SILVA<sup>3</sup>, CHAYANNE COSTA LOPES<sup>4</sup>, JOSÉ NILTON  
DA SILVA<sup>5</sup>, GABRIEL ARAÚJO E SILVA FERRAZ<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas/PA.

<sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola (Máquinas e Mecanização Agrícola), Universidade Federal de Lavras, UFLA, Lavras/ MG, [gislaynnfv@hotmail.com](mailto:gislaynnfv@hotmail.com).

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. doutor, Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas/PA.

<sup>4</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônoma, Universidade Federal Rural da Amazônia, Parauapebas/PA.

<sup>5</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. doutor, Universidade Federal da Amazônia, Parauapebas/PA.

<sup>6</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Prof. doutor, Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG.

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** O uso intensivo do solo no sistema de cultivo comercial de açaí em terra firme pode levar a um efeito negativo das propriedades físicas do solo e no potencial produtivo das culturas. O objetivo deste trabalho foi mapear a distribuição espacial da resistência mecânica do solo a penetração (RMSP) e umidade do solo (U%) em uma área de produção agroindustrial de Açaí localizado na cidade de Parauapebas-PA. A RMSP e umidade do solo foram avaliadas nas profundidades 0–20 e 20-40 cm em grade amostral aleatória de 45 pontos georreferenciadas. A RMSP foi mensurada utilizando o Medidor Eletrônico de Compactação do Solo. Para determinação da umidade do solo (U%), foi utilizado o método da estufa em laboratório. A modelagem geoestatística de RMSP e U% foram realizadas no software Qgis. Os mapas foram gerados pelo método de interpolação por krigagem. Os modelos que melhor se ajustaram aos semivariogramas foram o Exponencial e Gaussiano para todos os atributos. Na maioria dos parâmetros estudados apresentaram variabilidade espacial com índice de dependência espacial forte ou moderado. O mapeamento evidenciou zonas crítica para a RMSP (> 2,5 MPa) e as zonas críticas de umidade (< 14%).

**PALAVRAS-CHAVE:** Agricultura de precisão; Compactação do solo; Geoestatística.

### MAPPING OF THE SOIL MECHANICAL RESISTANCE TO PENETRATION IN SANDY CLAY UNDER AÇAÍ CULTIVATION

**ABSTRACT:** The intensive and inadequate use of soil in the commercial cultivation system of acai can lead to a negative effect of the physical properties of the soil, reducing the productive potential of the crops. In this sense, the objective of this work was to map the spatial distribution of soil mechanical resistance to penetration (RMSP) and soil moisture in an agro-industrial production area of Aça. The study was conducted in the rural area of the city of Parauapebas-PA in 2022. The RMSP and soil moisture were evaluated at depths 0-20 and 20-40 cm in a random sampling grid of 45 georeferenced points. The RMSP was measured using the Electronic Soil Compaction Meter. For determination of soil water content (U%), the greenhouse method was used in the laboratory. The geostatistical modeling of RMSP and TAS were performed in the Qgis software. The models that best fit the semivariograms were the Spherical, Exponential and Gaussian for all attributes. Most of the parameters studied showed spatial variability with strong or moderate spatial dependence

index. The mapping of soil parameters allowed to verify critical zones for the RMSP (>2.5 MPa).

**KEYWORDS:** Precision agriculture; Soil compaction; Geostatistics.

**INTRODUÇÃO:** O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart) é originária da região Amazônica brasileira e o Estado do Pará é o principal produtor (Silva et al., 2019). O estado do Pará responde por, aproximadamente, 92% da produção nacional e área plantada superior a 188 mil hectares (açai de terra firme + açai manejado em várzeas). O reflexo imediato da valorização do produto açai nos últimos anos, resultou na expansão de açazais manejados em áreas de várzeas, e estimulou a implantação de cultivos racionais em terra firme. A crescente demanda pelo fruto e derivados do açai, tem despertado o interesse no estudo de técnicas de manejo e de produção dessa cultura (Santos et al., 2022). Dependendo do sistema de manejo utilizado o crescimento de raízes e o desenvolvimento e a produção das culturas são influenciados pelo nível de compactação do solo (Abreu et al., 2008). Nos últimos anos, técnicas de agricultura de precisão vêm sendo utilizadas para avaliar a influência das práticas culturais sobre a variabilidade espacial dos atributos do solo em áreas de cultivos agrícola. No entanto, a aplicação de técnicas de agricultura de precisão e estudos sobre a qualidade do solo em plantios de açai é escasso. Dada a importância dessa cultura, torna-se imprescindível o estudo da aplicação de ferramentas como a geoestatística na avaliação de indicadores de qualidade do solo em plantio de açaizeiros. O objetivo deste estudo foi avaliar a variabilidade espacial das características físicas do solo sob plantio de açai em terra firme.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O estudo foi realizado em plantio comercial de açai irrigado, localizados em Parauapebas-PA. A data da avaliação ocorreu no ano de 2022. O plantio estava estabelecido há 4 anos com a cultivar Açai BRS Pai d'Égua. O solo da área de estudo foi classificado segundo a sua textura como um solo Franco Argiloso-Arenoso. As variáveis de qualidade do solo foram avaliadas em grade amostral de 45 pontos aleatórios georreferenciados, nas profundidades de 0,0 – 0,20 m e 0,20-0,40 m. Para determinação da umidade do solo (U%), foram coletadas amostras deformadas de solo e utilizado o método da estufa em laboratório segundo a norma NBR 6457/1986 – ABNT. A resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), foi medida com um penetrômetro eletrônico, de pressão da marca Falker modelo PLG1020. Os resultados obtidos foram submetidos a análise de geoestatística. A análise geoestatística foi realizada a partir do ajuste de um modelo matemático (gaussiano, esférico ou exponencial) aos dados, sendo definidos os seguintes parâmetros do semivariograma: efeito pepita (C0), patamar (C0 + C) e alcance (a). Os modelos foram ajustados pelo *software* GS+, versão 7. Para o grau de dependência espacial (GDE), utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994) que consiste na razão entre o efeito pepita (C0) e o patamar (C0 + C), sendo considerada fraca para GDE superior a 75%, moderada entre 25 e 75% e forte para GDE inferior a 25%. Posteriormente, realizou-se a interpolação pelo método da krigagem ordinária, por meio do *software* Surfer, versão 11.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A análise geoestatística apresentada na Tabela 1, evidenciou na maioria dos casos uma dependência espacial de moderada para forte para todos os semivariogramas da variável umidade (U%). O melhor ajuste foi o exponencial e gaussiano. O grau de dependência espacial foi de moderado a forte para as variáveis analisadas conforme classificação adaptada de Cambardella et al. (1994), indicando um bom ajuste dos semivariogramas aos dados amostrados.

TABELA 1. Análise geoestatística para RMSP e U% para a camada de 0 a 0,40 m de

profundidade do solo da área experimental. **Geostatistical analysis for RMSP and TAS for the 0 to 0.40 m soil depth of the experimental area.**

Abreviação	Modelo	Co	A	Co+C	1-(Co/Co+C)	R <sup>2</sup>
U% 00-20	Gaussiano	0	30,07	10,92	1	0,94
U% 20-40	Exponencial	0	34,83	23,96	1	0,91
RMPS 00-20	Gaussiano	0,03	32,36	0,12	0,77	0,99
RMPS 20-40	Exponencial	0	60,30	0,33	1	0,98

Co = efeito pepita; Ao = Alcance; Co + C=patamar; (Co/Co+C) = grau de dependência espacial; R<sup>2</sup>= coeficiente de determinação.

Corá e Beraldo (2006), estudaram modelos de propriedades do solo ajustados ao semivariograma e relataram que os modelos exponenciais foram os mais comuns. Segundo Santos (2006), o ajuste do modelo é importante no cálculo de valores não amostrados, bem como na interpretação de valores amostrais adjacentes, para que alguns pontos possam ser melhor estimados e, por fim, eles descrevem o fato de serem espacialmente dependentes. Após o melhor ajuste do semivariograma, foram confeccionados os mapas para visualização da distribuição espacial das variáveis em estudo (Figura 1).

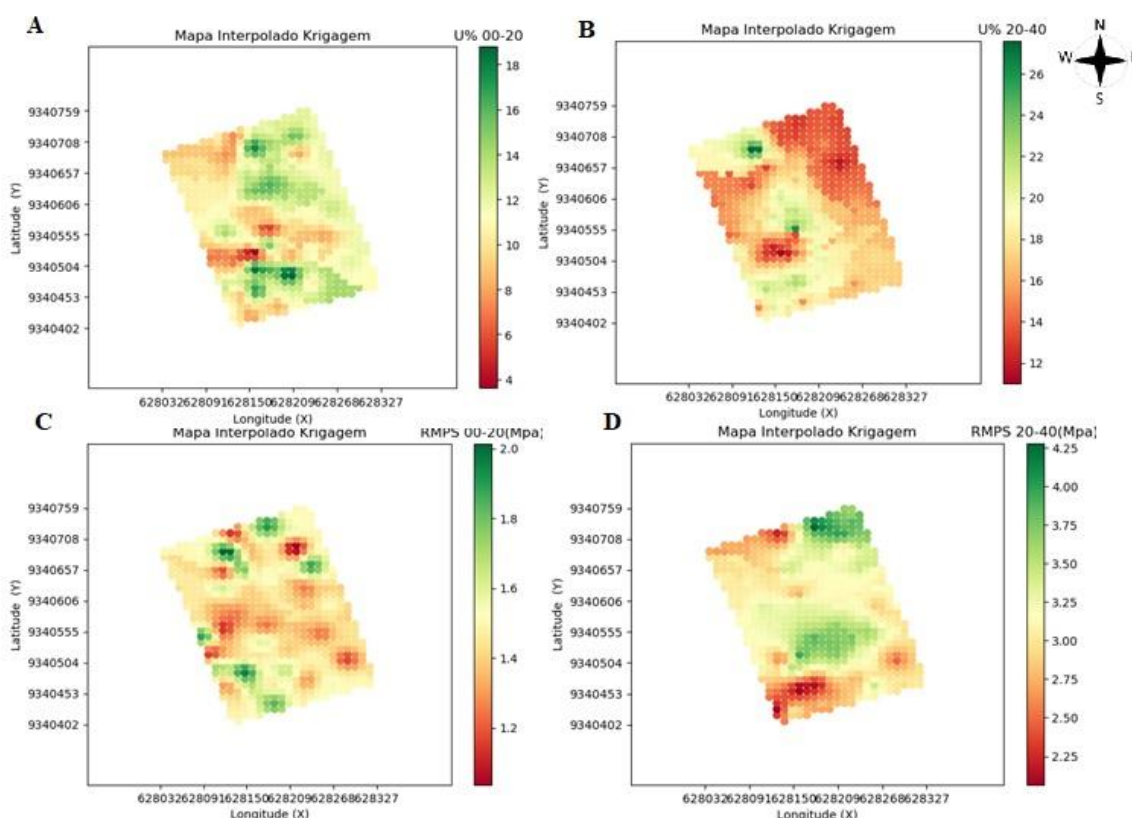


FIGURA 1. Mapas de Krigagem da U% e RMSP nas profundidades 00- 20 e 20-40 cm.

Quando se analisa o mapa (Figura 1A) é possível a percepção de que ocorre grandes acúmulos de maior U% (>16), na porção leste da área, na camada de 0-20 cm, já na camada mais profunda (20-40 cm) (Figura 1B), ainda na área leste do mapa, ocorre a diminuição da U% (<16). No mapa de RMSP (Figura 1C), na camada de 0-20 cm os valores mais altos (>1,8) se concentram em manchas pequenas ao longo de toda área, já na camada de 20-40 cm (Figura 1D), toda a área apresenta elevada RMSP com valores variando de 2,25 a 4,25 Mpa. No comparativo entre os mapas de U% e RMSP da camada 20-40 cm (Figura 1B e 1D), onde a U% varia entre 14 e 16% a RMSP é acima de 3Mpa. De acordo com Oliveira et al. (2018) o agricultor pode tirar proveito das informações da área providas de mapeamentos para tomar

as decisões necessárias para um correto manejo da cultura, identificando regiões onde há maior ou menor necessidade de intervenção, seja no solo ou na planta. Pelos resultados verificou que a área possui baixa umidade do solo em toda área, onde mesmo na região com maior umidade concentrando em torno de 16% de água, a RMSD foi alta, com indicativos de camada compactada. Em estudos, Brasil Neto et al. (2018), verificaram indicativos de compactação do solo em plantio de açaí nas camadas subsuperficiais (10-20 e 20-40 cm). De acordo com os autores, o tráfego constante de maquinários nas atividades de roçagem na entrelinha do plantio e a constante exposição do solo aos fatores climáticos no sistema de plantio de açaí, favoreceram estes resultados. De acordo com Jabro et al. (2016), é comum a ocorrência de compactação do solo inclusive em suas camadas mais superficiais quando da passagem constante de maquinário pesado, mesmo em solos de textura franco-arenosa, como é o caso do solo em estudo no presente trabalho. Estudos com monitoramento da área necessários para acompanhar o comportamento desse solo para verificar se estas condições são permanentes e se serão necessárias intervenções na área.

**CONCLUSÕES:** Os modelos que melhor se ajustaram aos semivariogramas foram o Exponencial e Gaussiano para todos os atributos. Na maioria dos parâmetros estudados apresentaram variabilidade espacial com índice de dependência espacial forte ou moderado. O mapeamento dos parâmetros do solo permitiu verificar zonas crítica para a RMSD ( $> 2,5$  MPa) e as zonas críticas de umidade ( $< 14\%$ ), permitindo que os produtores possam realizar práticas de descompactação do solo de maneira localizada, favorecendo o desenvolvimento adequado das plantas de açaizeiro.

**REFERÊNCIAS:** ABREU, M. L., BICUDO, S. J., BRACHTVOGEL, E. L., CURCELLI, F., & AGUIAR, E. B. Interação genótipo ambiente na cultura da mandioca. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 4, p. 43-53, 2008.

BRASIL NETO, A. B.; SANTOS, C. R. C. dos.; NORONHA, N. C.; GAMA, M. A. P.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, A. R.; GUIMARÃES, I. V. P.; SOUZA, P. Í. A. de. Matéria orgânica e atributos físico-hídricos de um latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 147 – 164, 2018.

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, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CORÁ, J. E., & BERALDO, J. M. Variabilidade espacial de atributos do solo antes e após calagem e fosfatagem em doses variadas na cultura de cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, v. 26, p. 374-387, 2006.

JABRO, J. D.; IVERSEN, W. M.; STEVENS, W. B.; EVANS, R. G.; MIKHA, M. M.; ALLEN, B. L. Physical and hydraulic properties of a sandy loam soil under zero, shallow and deep tillage practices. *Soil & Tillage Research*, v. 159, p. 67-72, 2016.

NETO, A. B. B.; SANTOS, C. R. C.; NORONHA, N. C.; GAMA, M. A. P.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, A. R.; VICTÓRIA, I.; GUIMARÃES, P.; SOUZA, P. I. A. Matéria orgânica e atributos físico-hídricos de um Latossolo sob diferentes sistemas de manejo. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 2, p. 147-164, 2018.

OLIVEIRA, J. T; DE PASSOS, M; ROQUE, C. G; BAIO, F. H. R; KAMIMURA, K. M; DA SILVA RIBEIRO, I; & TEODORO, P. E. Space variability of phenological indicators of common bean crop. **Bioscience Journal**, v. 34, n.2, p. 341-350, 2018.

SANTOS NT. Estatística espacial aplicada. Viçosa: UFV; 2006.

SILVA, A. O; MERA, W. Y. W. L; SOUZA, d. p.; SANTOS, d. c. r.; JUNIOR, a. m. g. s. Estudo da produção de açaí: Aspectos econômicos e produtivos baseados nos anos de 2015 a 2017. **IV Congresso Internacional de Ciências Agrárias**, 2019.