

Predição da resistência à penetração do solo em um sistema agroflorestal com dendê na Amazônia por meio do Hydrus-1D

Prediction of soil penetration resistance in an agroforestry system with oil palm in the Amazon using Hydrus-1D

Raimundo Leonardo Lima de Oliveira⁽¹⁾; Wenceslau Geraldes Teixeira⁽²⁾; Steel Silva Vasconcelos⁽³⁾; Alexandre Ortega Gonçalves⁽²⁾; Débora Cristina Castellani⁽⁴⁾; Osvaldo Ryohei Kato⁽³⁾;

⁽¹⁾Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, UFRA, Belém, PA. E-mail: raimundoleonardo22@gmail.com; ⁽²⁾Pesquisador Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: wenceslau.teixeira@embrapa.br; ⁽³⁾Pesquisador Embrapa Solos, Rio de Janeiro, RJ. E-mail: alexandre.ortega@embrapa.br; ⁽⁴⁾Pesquisador Embrapa Amazônia oriental, Belém, PA. E-mail: steel.vasconcelos@embrapa.br; ⁽³⁾Pesquisador Embrapa Amazônia oriental, Belém, PA. E-mail: osvaldo.kato@embrapa.br; ⁽⁴⁾Pesquisadora do Centro de Inovação, Área de Pesquisa Avançada, NATURA, Cajamar, SP. E-mail: deboracastellani@natura.net.

RESUMO: A resistência à penetração (RP) é importante propriedade nos estudos de compactação. Assim, este trabalho teve como objetivo prever a RP na zona de manejo, pilha de folhas, em um sistema agroflorestal com dendeeiro na Amazônia. Coletaram-se amostras de solo nas camadas 0-10 e 10-20 cm, para determinação dos parâmetros hidráulicos do solo. A RP foi medida em campo com um penetrômetro de impacto. Com os dados de RP e umidade volumétrica medidos em campo, ajustou-se a uma equação que prevê a RP em função da umidade. Com os dados de precipitação, evapotranspiração e parâmetros hidráulicos do solo, pode-se simular no Hydrus-1D a dinâmica da umidade volumétrica na zona de pilha de folhas. Com a umidade volumétrica, predizemos a RP no período 2008-2020. A RP na camada 0-10 cm nos meses de menor e maior umidade ficou abaixo do limite crítico (2,0 MPa). A RP aumenta com a profundidade do solo, devido ao aumento da densidade aparente, diminuição do teor de matéria orgânica e mudanças texturais do solo. Concluímos, que estudos futuros sobre RP, nos sistemas agroflorestais com dendeeiro, devem avançar nas demais zonas de manejo com presença e ausência de plantas.

Palavras-chave: Amazônia oriental; compactação; modelagem.

ABSTRACT: Penetration resistance (PR) is an important property in compaction studies. Thus, this study aimed to predict PR in the management zone, leaf pile, in an agroforestry system with oil palm in Amazonia. We collected soil samples in the 0-10 and 10-20 cm layers to determine the soil hydraulic parameters. The PR was measured in the field with an impact penetrometer (Stolf et al., 2014). With the PR

and volumetric moisture data measured in the field, we can fit an equation which predicts PR as a function of moisture. With data on precipitation, evapotranspiration and hydraulic parameters, we simulated in Hydrus-1D, the dynamics of volumetric moisture in the leaf pile zone. With the volumetric moisture, we predict the PR in the period 2008-2020. The PR in the 0-10 cm layer, in the months of lower and higher moisture, was below the critical limit (2.0 MPa). PR increases with soil depth, probably due to increased bulk density, decreased organic matter content and textural changes in the soil. We conclude that future studies on PR, in agroforestry systems with oil palm, should advance in other management zones with presence and absence of plants.

Keywords: Amazon eastern; compression; modeling.

INTRODUÇÃO

O dendeeiro ou palma de óleo (*Elaeis guineensis* Jacq.) é uma palmeira oleaginosa de origem Africana e tem sido cultivada tradicionalmente na Amazônia em sistemas de monocultivo (Sedap, 2021). No entanto, sistemas agroflorestais baseados no dendeeiro têm sido estudados e recomendados como alternativa de menor impacto ambiental (Carvalho et al., 2014; Ramos et al., 2018) e com potencial de melhorar a qualidade do solo, comparado ao monocultivo de dendê (Gomes et al., 2021).

A resistência à penetração (RP), tem sido estudada em diversos sistemas agropecuários, para avaliar o estado de compactação dos solos (Dearmon et al., 2020; Moraes et al., 2020). As práticas de manejo podem influenciar no teor de matéria orgânica, na densidade do solo e na umidade e, consequentemente, na RP (Gabriel et al., 2021). Em geral, 2,0 MPa, tem

tido utilizado como limite crítico de RP que pode afetar o crescimento de raízes (Tormena et al., 2007).

Na Amazônia, não se tem conhecimento de estudos sobre a dinâmica da RP em sistemas agroflorestais com dendezeiro. Nesses sistemas de cultivo, as práticas de manejo podem influenciar na RP. Assim, este trabalho teve como objetivo prever a RP na zona de manejo, pilha de folhas, de um sistema agroflorestal com dendezeiro na Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida numa propriedade, que está localizada no município de Tomé-Açu, Estado do Pará, Brasil. O solo da área é caracterizado como Latossolo Amarelo distrófico de textura franco arenosa (Embrapa, 2018). O estudo foi conduzido em um sistema agroflorestal que ocupa uma área de 2,0 ha e tem o dendezeiro como principal espécie de valor econômico.

O sistema consiste em linhas duplas de palma de óleo (espaçamento de 7,5 m entre linhas e 9,0 m entre plantas), alternada por faixas com espécies herbáceas, arbustivas e arbóreas. Além do dendezeiro as espécies predominantes eram: *Euterpe oleracea*, *Carapa guineenses*, *Oenocarpus mapora*, *Theobroma cacao*, *Bertholletia excelsa*, *Adenantha pavonina*, *Inga edulis*, *Tabebuia sp*, *Hymenaea courbaril*, *Mangifera indica*, *Swietenia macrophylla*, *Azadirachta indica* e *Viola surinamensis*.

Coletamos amostras de solo na zona de manejo, pilha de folhas, local de deposição das folhas podadas do dendezeiro e do cacauzeiro nas camadas 0-5 cm, 5-10 cm e 10-20 cm do solo. Para representar a camada 0-10 cm, utilizamos a média das camadas 0-5 e 5-10 cm. No laboratório determinamos a curva de retenção de água do solo (CRA), por meio das câmaras de Richards. Para o ajuste dos parâmetros da CRA, utilizamos o RETC (Van Genuchten et al., 1991).

A RP determinamos por meio de um penetrômetro de impacto (Stolf et al., 2014). Com os dados de RP e umidade gravimétrica coletados em campo, ajustamos a uma equação que prediz a RP em função da umidade volumétrica, proposta por Busscher et al. (1997). A densidade do solo e a umidade gravimétrica determinamos, conforme metodologia da Embrapa (2017).

Usamos os dados de precipitação no período 2008-2020, pertencentes a torre micrometeorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada no município de Tomé-Açu. As falhas nos dados de clima, preenchemos por meio do projeto Nasa Power. A evapotranspiração de referência (ET_o) calculamos pelo método de Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Com os dados de clima e os parâmetros hidráulicos do solo, simulamos no Hydrus-1D a dinâmica da umidade do solo na zona de manejo,

pilha de folhas, nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm do solo. Usamos a equação proposta por Busscher et al. (1997), para prevermos a RP, no período 2008-2020. Os gráficos foram feitos no software SigmaPlot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em geral, a densidade do solo é menor na superfície (0-10 cm) e aumenta com a profundidade do solo (Figura 1). Nas camadas mais superficiais devido o aporte contínuo de matéria orgânica proveniente das folhas do dendezeiro e do cacauzeiro influenciam num maior teor de carbono e, conseqüentemente, menor densidade aparente (Frazão et al., 2013; Ramos et al., 2018).

No geral, os meses de maior ou menor umidade do solo (Figuras 3A e 4A), é reflexo do período chuvoso e de maiores ou menores perdas de água do solo para atmosfera pelos processos de evaporação ou evapotranspiração (Figuras 2A e 2B).

A RP na camada 0-10 cm ficou abaixo do limite crítico (2,0 MPa), nos meses mais seco e chuvoso dos anos 2008-2020 (Figura 3B). Na superfície do solo devido a densidade aparente ser menor e apresentar maior teor de matéria orgânica, isso influenciou numa menor RP em comparação as camadas mais profundas do solo. O manejo que favorece a cobertura permanente do solo contribui num maior teor de matéria orgânica, menor densidade aparente e garante também maior retenção de umidade e, conseqüentemente, impactará na RP (Gabriel et al., 2021; Sayedahmed, 2015; Vaz et al., 2011).

Na camada 10-20 cm (Figura 4B), a RP nos meses de menor umidade do solo, foi superior ao limite crítico (2,0 MPa), que afeta o crescimento de raízes (Tormena et al., 2007). O aumento da RP em profundidades pode ser provavelmente por fatores, como maior densidade aparente, menor teor de matéria orgânica e mudanças na textura do solo que impactam no comportamento da RP (Vaz et al., 2011). O estudo recente de Silva Chaves et al. (2020) na Amazônia oriental em sistemas agroflorestais baseados nas espécies *Passiflora edulis* e *Theobroma grandiflorum*, mostraram que a RP variou significativamente dentro da profundidade do solo, corroborando com nossos resultados. Portanto, o aumento da RP em profundidade nesse solo, é provavelmente um processo natural e não de natureza antrópica.

CONCLUSÕES

A resistência à penetração na pilha de folhas é menor na camada superficial do solo, comparado as camadas subsuperficiais, mesmo nos períodos de maior ou menor umidade do solo.

Estudos futuros sobre resistência à penetração nos sistemas agroflorestais com dendezeiro devem

avançar nas demais zonas de manejo com presença e ausência de plantas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos agricultores que contribuíram para realização desta pesquisa. Ao projeto SAF Dendê: “Conciliando conservação com meios de vida”, resultado da parceria entre Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (CAMTA), Natura Inovação e Tecnologia de Produtos-Ltda, Embrapa Amazônia Oriental (CPATU), Embrapa Solos, Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal (ICRAF), e financiado pela Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID). À Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas do Estado do Pará (FAPESPA), pela concessão de bolsa de estudo a RLLO.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop Evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, p. 1-333, 1998.
- BUSSCHER, W. J.; BAUER, P. J.; CAMP, C. R.; SOJKA, R. E. Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. **Soil and Tillage Research**, v. 43, p. 205-217, 1997.
- CARVALHO, W. R.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; CAPELA, C. J. B.; CASTELLANI, D. C. Short-term changes in the soil carbon stocks of young oil palm-based agroforestry systems in the eastern Amazon. **Agroforestry systems**, v. 88, p. 357-368, 2014.
- DEARMOND, D.; FERRAZ, J. B.; EMMERT, F.; LIMA, A. J. N.; HIGUCHI, N. An Assessment of Soil Compaction after Logging Operations in Central Amazonia. **Forest Science**, v. 66, p. 230-241, 2020.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF, 2017. 573 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF, 2018. 356 p.
- FRAZÃO, L. A.; PAUSTIAN, K.; CERRI, C. E.; CERRI, C. C. Soil carbon stocks and changes after oil palm introduction in the Brazilian Amazon. **Gcb Bioenergy**, v. 5, p. 384-390, 2013.
- GABRIEL, J. L.; GARCÍA-GONZÁLEZ, I.; QUEMADA, M.; MARTIN-LAMMERDING, D.; ALONSO-AYUSO, M.; HONTORIA, C. Cover crops reduce soil resistance to penetration by preserving soil surface water content. **Geoderma**, v. 386, p. 1-8, 2021.
- GOMES, M. F.; VASCONCELOS, S. S.; VIANA-JUNIOR, A. B.; COSTA, A. N. M.; BARROS, P. C.; KATO, R. O.; CASTELLANI, D. C. Oil palm agroforestry shows higher soil permanganate oxidizable carbon than monoculture plantations in Eastern Amazonia. **Land Degradation & Development**, v. 32, p. 4313-4326, 2021.
- MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; MASTROBERTI, A. A.; LEVIEN, R.; LEITNER, D.; SCHNEPF, A. Soil compaction impacts soybean root growth in an Oxisol from subtropical Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 200, p. 1-14, 2020.
- RAMOS, H. M. N.; VASCONCELOS, S. S.; KATO, O. R.; CASTELLANI, D. C. Above-and belowground carbon stocks of two organic, agroforestry-based oil palm production systems in eastern Amazonia. **Agroforestry systems**, v. 92, p. 221-237, 2018.
- SILVA CHAVES, S. F.; GAMA, M. A. P.; ALVES, R. M.; OLIVEIRA, R. P.; NETO, J. L. P.; LIMA, V. M. N. Evaluation of physicochemical attributes of a yellow latosol under agroforestry system as compared to secondary forest in the Eastern Amazon. **Agroforestry systems**, v. 94, p. 1903-1912, 2020.
- SEDAP, 2021. **Secretária de Estado de Desenvolvimento Agropecuário e da Pesca**. Disponível:<<http://www.sedap.pa.gov.br/content/dend%C3%AA>>. Acesso em: 03 dez. 2021.
- STOLF, R.; MURAKAMI, J. H.; BRUGNARO, C.; SILVA, L. G.; SILVA, L. C. F. D.; MARGARIDO, L. A. C. Penetrômetro de impacto stolf-programa computacional de dados em EXCEL-VBA. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 774-782, 2014.
- TORMENA, C. A.; ARAÚJO, M. A.; FIDALSKI, J.; COSTA, J. M. D. Variação temporal do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Vermelho distroférico sob sistemas de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 211-219, 2007.
- VAN GENUCHTEN, M. T.; LEIJ, F. J.; YATES, S. R. The RETC code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. US Salinity Lab., USDA, Riverside, CA, 1991.
- VAZ, C. M.; MANIERI, J. M.; DE MARIA, I. C.; TULLER, M. Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content. **Geoderma**, v. 166, p. 92-101, 2011.

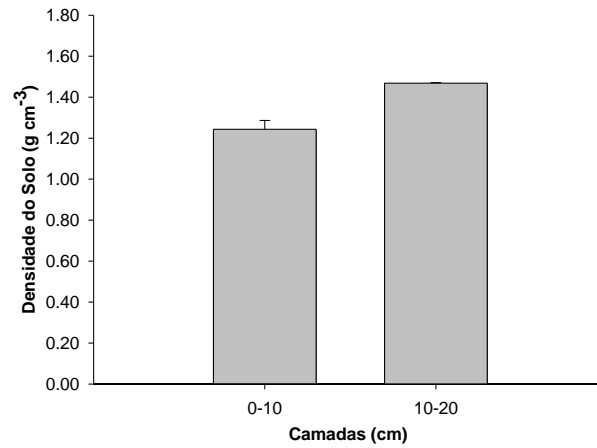


Figura 1. Densidade do solo na zona de manejo, pilha de folhas, de um sistema agroflorestal com dendezeiro em Tomé-Açu, Amazônia oriental, Brasil.

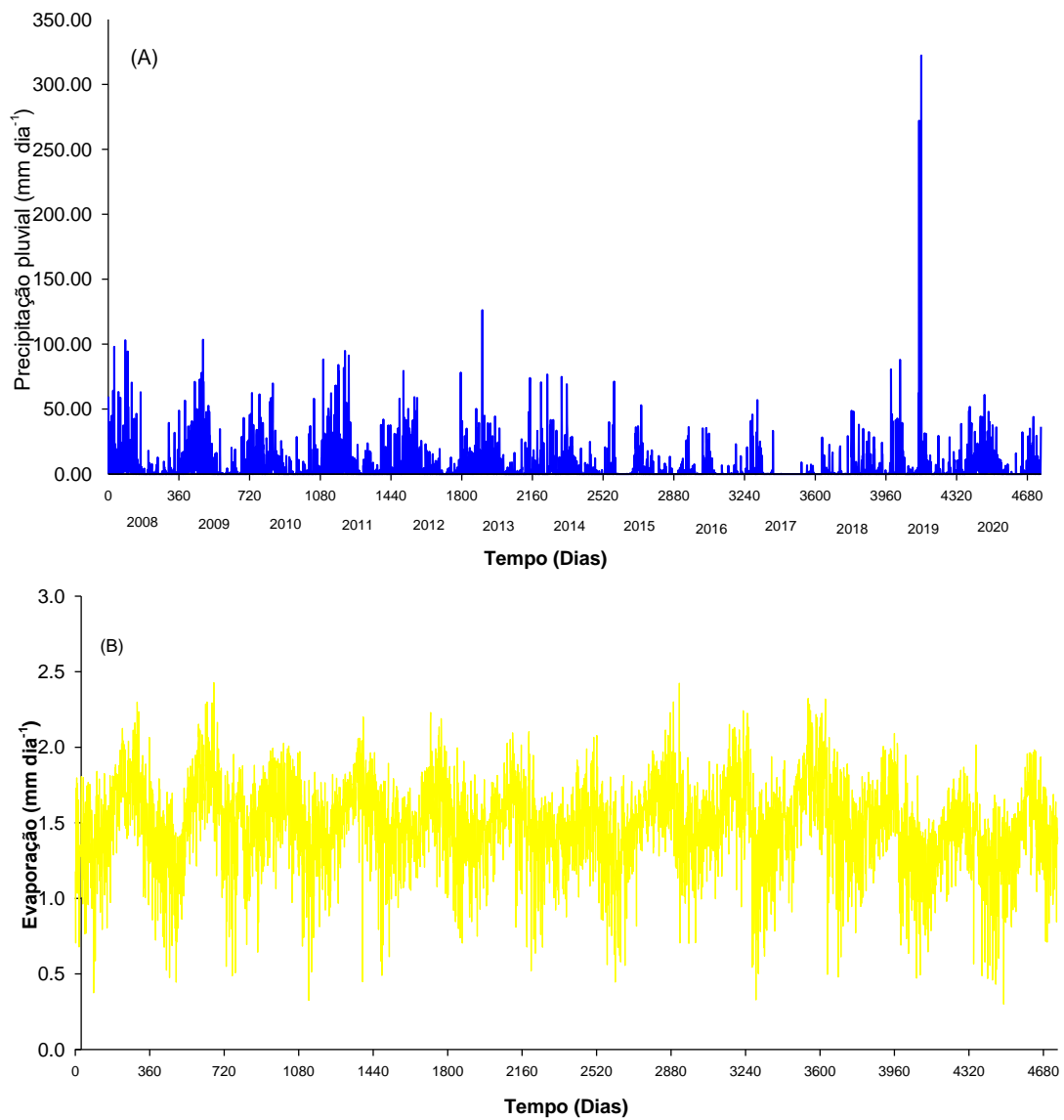


Figura 2. Precipitação (A) e evaporação (B) em um sistema agroflorestal com dendezeiro em Tomé-Açu, Amazônia oriental, Brasil.

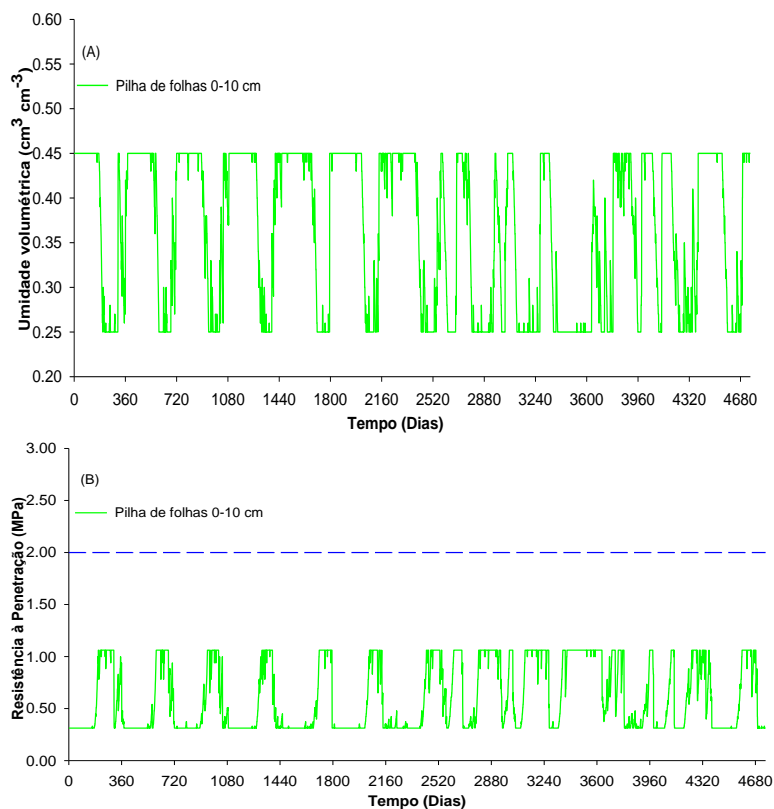


Figura 3. Umidade volumétrica (A) e resistência à penetração (B) na zona de manejo, pilha de folhas, de um sistema agroflorestal com dendezeiro em Tomé-Açu, Amazônia oriental, Brasil. A linha azul tracejada indica o limite crítico que afeta o crescimento de raízes (Tormena et al., 2007).

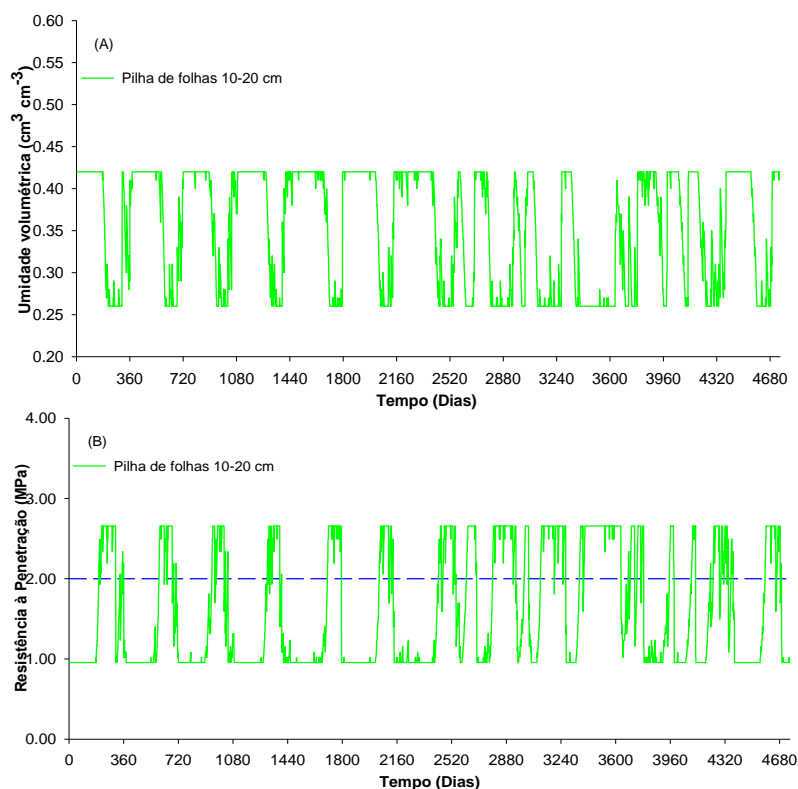


Figura 4. Umidade volumétrica (A) e resistência à penetração (B) na zona de manejo, pilha de folhas, de um sistema agroflorestal com dendezeiro em Tomé-Açu, Amazônia oriental, Brasil. A linha azul tracejada indica o limite crítico que afeta o crescimento de raízes (Tormena et al., 2007).