

## CURVA DE RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DE DOIS HORIZONTES ANTRÓPICOS (TERRA PRETA DE ÍNDIO) NA AMAZÔNIA CENTRAL

PENETRATION RESISTANCE CURVE OF TWO ANTHROPIC HORIZONS (AMAZONIAN DARK EARTH) IN CENTRAL AMAZON

NEVES JUNIOR, A.F.<sup>1</sup>; SILVA, A.P.<sup>2</sup>; TEIXEIRA, W.G.<sup>3</sup>; FALCÃO, N.P.S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ-USP) Caixa Postal 9, 13418-900, Piracicaba, SP. Bolsista de Doutorado do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Parte da Tese de Doutorado apresentada ao PPG em Solos e Nutrição de Plantas da ESALQ-USP.

<sup>2</sup> ESALQ-USP, Piracicaba, SP.

<sup>3</sup> Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Manaus, AM.  
e-mail: anevesjr@gmail.com

### Resumo

As Terras Pretas de Índio (TPI) são solos que exibem coloração escura, horizonte A antrópico com presença de artefatos líticos e/ou cerâmicos, além de elevada fertilidade e capacidade de retenção de nutrientes e altos estoques de carbono orgânico. O objetivo deste trabalho foi avaliar a curva de resistência à penetração de dois horizontes antrópicos (TPI) na Amazônia Central. Para a realização do estudo foram selecionadas duas áreas de ocorrência da TPI, uma na estação experimental da Embrapa Amazônia Ocidental (Campo Experimental do Caldeirão) no município de Iranduba e a outra em uma pequena propriedade agrícola na Costa do Laranjal, situada no município de Manacapuru, ambas no Estado do Amazonas. Um total de 120 amostras indeformadas foram coletadas nas áreas selecionadas para a estimativa da curva de retenção da água no solo e curva de resistência à penetração (RP). O incremento da RP, em função da variação no conteúdo de água, foi mais acentuado nos horizontes das TPI, superando o nível considerado crítico para o crescimento de plantas ( $RP \geq 2,0$  MPa). Dessa forma, o sistema radicular das plantas cultivadas nas TPI pode ser restringido pela RP antes de ser afetado pelo estresse hídrico, dentro da faixa de água disponível do solo. Estudos são necessários para esclarecer a interação entre a matéria orgânica (teores e constituição) e as partículas do solo em função do conteúdo de água em solos com elevados teores de carbono orgânico como as TPI.

### Abstract

Amazonian Dark Earth (ADE) shows an Anthropic A horizon, with dark color and presence of lithic and ceramics sherds, high soil fertility, nutrients holding capacity and carbon stocks. The objective of this study was to evaluate the penetration resistance curve of two anthropic horizons (ADE) in the Central Amazon. Two areas of occurrence of the TPI had been selected, one at the Experimental Research Station of Embrapa Amazônia Ocidental (Campo Experimental do Caldeirão) – Iranduba, the another site was located in a small private farm (Costa do Laranjal) - Manacapuru, both in the Amazon State. 120 soil cores were collected in the selected areas to determine the soil water retention curve and the penetration resistance curve. The increment of the RP tend to increase at rates that are greater rates than those observed in adjacent soils. The RP values were above the critical level ( $RP \geq 2,0$  MPa) which would imply a tendency to restrict plant growth. In this context, roots of plants cultivated in the TPI soils may be affected by RP before suffering from water stress at plant available water. Studies are necessary to understand the mechanisms by which organic matter affects the soil, particularly the interaction between the organic substances (levels and constitution) and soil particles in function of the water content in tropical soil with high carbon stocks as the TPI.

### Introdução

As Terras Pretas de Índio (TPI) são solos que exibem coloração escura, horizonte antrópico com presença de artefatos líticos e/ou cerâmicos (Sombroek, 1966; Smith, 1980; Kern & Kampf, 1989; Lima et al., 2002) além de elevada fertilidade e capacidade de retenção de nutrientes. São manchas de solo que ocorrem por toda a Amazônia, sendo encontradas



S  
8583



geralmente próximas aos cursos de água, em locais bem drenados, localizados em áreas com uma posição topográfica que permite boa visualização espacial (Smith, 1980; Kern & Kampf, 1989).

As TPI são utilizadas para o cultivo de diversas culturas (Hiraoka, et al. 2003) devido à elevada fertilidade apresentada por essas manchas de solo. Embora as TPI exibam condições químicas favoráveis ao cultivo, o crescimento de plantas pode ser limitado devido às restrições físicas do solo, entre as quais a resistência do solo à penetração de raízes (RP). A RP é um dos fatores que afetam diretamente o crescimento de plantas (Letey, 1985) e varia em função da umidade do solo (Busscher et al., 1997). Dessa forma, sua avaliação exige que sejam feitas várias medidas em diferentes conteúdos de água no solo, procedimento conhecido como curva de resistência à penetração do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a curva de resistência à penetração de dois horizontes antrópicos (TPI) na Amazônia Central.

### Material e Métodos

O estudo foi realizado em duas áreas com ocorrência dos horizontes antrópicos, denominados TPI Argissolo e TPI Latossolo. A primeira área está localizada na estação experimental da EMBRAPA Amazônia Ocidental (Campo Experimental do Caldeirão) no município de Iranduba, Estado do Amazonas, localizado a aproximadamente 22 km de Manaus. O solo adjacente foi classificado como Argissolo Amarelo Tb distrófico (Argissolo)

A segunda área está localizada em uma pequena propriedade agrícola dentro de uma extensa faixa de TPI, denominada Costa do Laranjal, situada no município de Manacapuru, Estado do Amazonas, localizado a aproximadamente 80 km de Manaus. O solo adjacente foi classificado como Latossolo Amarelo Tb distrófico (Latossolo). Para a realização do estudo foram coletadas 30 amostras indeformadas, utilizando anéis cilíndricos (5x5 cm), em cada uma das áreas selecionadas (TPI e solo adjacente) na profundidade de 0-0,5 m, totalizando 120 amostras de solo.

No laboratório as amostras foram utilizadas para estimar a curva de retenção da água no solo, através de pressões aplicadas em placas porosas conforme Klute (1986), nos seguintes potenciais ( $\psi$ ): -5, -10, -30, -50, -100, -200 kPa. Após cessar a drenagem (condição de equilíbrio) a resistência à penetração foi medida em cada uma das amostras utilizando um penetrômetro de laboratório descrito por Tormenta et al. (1998). A curva de resistência à penetração, relação funcional entre a resistência à penetração (RP) e a umidade volumétrica do solo ( $\theta$ ), foi ajustada por meio da equação proposta por Busscher et al. (1997), descrita pela seguinte equação  $RP = a \theta^b$ . Onde: RP = resistência do solo à penetração (MPa);  $\theta$  = umidade volumétrica do solo ( $m^3 m^{-3}$ ); a e b = coeficientes empíricos da equação. Todas as análises estatísticas deste trabalho foram feitas utilizando o software SAS (Statistical Analysis System Institute, 2000).

### Resultados e Discussão

As medidas de RP, nos teores de umidade equivalentes à capacidade de campo ( $\theta = -10$  kPa) revelaram valores próximos entre os quatro horizontes, indicando que em conteúdos de água próximos à capacidade de campo a RP não restringe o crescimento das raízes (Figura 1a). Entretanto, com o secamento do solo, observa-se que a RP nas TPI supera o nível considerado crítico ( $RP \geq 2,0$  MPa) para o crescimento da maioria das plantas (Taylor et al., 1966; Materechera et al., 1991; Silva et al., 1994). A capacidade de campo é o limite superior da disponibilidade de água, a partir daí começa a faixa de água disponível às plantas (AD), tendo como limite inferior o ponto de murcha permanente (Viehmeyer & Hendrickson, 1927). Dentro da faixa de AD, teoricamente, as plantas não encontram limitações relacionadas à disponibilidade de água, pois a água está retida às partículas do solo com energia relativamente baixa, permitindo que seja extraída pelo sistema radicular das plantas. Embora haja condições hídricas adequadas, os resultados apontam que o sistema radicular das plantas cultivadas nas TPI pode ser afetado pela resistência à penetração (RP) antes mesmo de ser afetado pelo estresse hídrico, uma vez que a RP superou o valor de 2 MPa antes do ponto de murcha permanente (Figura 1a).

Os resultados obtidos a partir do ajuste da curva de resistência à penetração ( $RP \times \theta$ ) indicaram que a RP foi negativamente correlacionada com a umidade do solo. O modelo



ajustado explicou acima de 70% da variabilidade da RP para os horizontes dos solos adjacentes e acima de 80% para as TPI. As maiores diferenças no comportamento dos coeficientes a e b foram observadas entre os horizontes do Argissolo e o horizonte da TPI Argissolo. Os horizontes do Latossolo e da TPI Latossolo apresentam valores relativamente semelhantes para o coeficiente a e b. Os sinais apresentados pelos coeficientes indicaram que a RP variou negativamente com a umidade volumétrica do solo, corroborando com resultados de outros autores (Silva et al., 1994; Tormena et al., 1998; Betz et al., 1998) que utilizaram o modelo proposto por Busscher et al. (1997).

Nas curvas de RP (Figura 1b), observa-se que com o secamento do solo, os valores de RP das TPI tendem a aumentar em magnitudes diferentes quando comparados aos aumentos observados nos solos adjacentes. A RP, dependendo do tipo de solo, pode ser influenciada pela distribuição do tamanho e formato de partículas, pela mineralogia das argilas, pelo conteúdo de óxidos amorfos, pela matéria orgânica e composição química da solução do solo. Neste aspecto, as principais diferenças entre os horizontes das TPI e os horizontes dos solos adjacentes estão relacionadas à maior retenção de água e os teores mais elevados de carbono orgânico do solo. De acordo com Hartge (1975), a matéria orgânica fortalece a ligação do menisco da água com a matriz do solo. Dessa forma, o incremento da RP só ocorre dentro de uma determinada faixa de umidade do solo com a presença da matéria orgânica do solo. Isto indica que os elevados teores de carbono orgânico nas TPI provavelmente contribuem para aumentar o impedimento mecânico do solo, a partir de uma determinada faixa de umidade, expondo as plantas às restrições físicas quando ocorre variação nos teores de água do solo.

Embora preliminares, os resultados mostram que é necessário um maior entendimento dos mecanismos de como a matéria orgânica atua nas propriedades físicas do solo, principalmente em relação à quantidade e qualidade do material que forma esta fração e suas interações com as partículas do solo, modificando suas propriedades hídricas e mecânicas

### Conclusões

O incremento da RP, em função da variação no conteúdo de água, foi mais acentuado nos horizontes das TPI. O crescimento das raízes de algumas espécies de plantas cultivadas nas Terras Pretas de Índio pode ser afetado pela RP ainda com o solo na umidade dentro da faixa de água disponível. Estudos são necessários para esclarecer a interação entre a matéria orgânica (teores e constituição) e as partículas do solo em função do conteúdo de água nas TPI.

### Referências

- BETZ, C. L.; ALLMARAS, R.R.; COPELAND, S.M.; RANDALL, G.W. Least limiting water range: traffic and long-term tillage influences in a Webster soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.62, p.1384-1393, 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**, Amsterdam, v. 43, p. 205-217, 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análises de Solos**. Rio de Janeiro. 1997, 212p.
- HARTGE, K.H. Organic matter contribution to stability of soil structure. **Soil conditioners**, Madison, n. 7, p. 103-110, 1975.
- HIRAOKA, M.; YAMAMOTO, S.; MATSUMOTO, E.; NAKAMURA, S.; FALES, I.C.; BAENA, A.R.C. Contemporary use and management of Amazonian Dark Earth. In: LEHMANN, J.; KERN, D. C.; GLASER, B.; WOODS, W. I. **Amazonian dark earths; origin, properties and management**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003. p. 387-406.
- KERN, D.C.; KÄMPF, N. Antigos assentamentos indígenas na formação de solos com Terra Preta Arqueológica na região de Oriximiná, Pará. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, p. 219-225, 1989.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In A. KLUTE (Ed.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI, p. 635-662, 1986.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p. 277-294, 1985.

LIMA, H.N.; SCHAEFER, C.E.R.; MELLO, J.W.V.; GILKES, R.J.; KER, J.C. Pedogenesis and pre-Colombian land use of "Terra Preta Anthrosols" ("Indian black earth") of Western Amazonia. **Geoderma**, Amsterdam, v. 110, p. 1-17, 2002.

MATERECHERA, S.A.; DEXTER, A.R.; ALSTON, A.M. Penetration of very strong soils by seeding of different plant species. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.135, n.1, p.31-41, 1991.

SILVA, A.P.; KAY, B.D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1775-1781, 1994.

SMITH, N.J.H. Anthrosol and human carrying capacity in Amazonia. In: ANNALS OF THE ASSOCIATION OF AMERICAN GEOGRAPHERS, 70. 1980, Durham, Anais... Durham, 1980. p. 553-566.

SOMBROEK, W.G. **Amazonian soils**. A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon. Wageningen: Centre for Agricultural Publication Documentation, 1966. 292p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT User's guide**. Version 8.2. Statistical Analysis System Institute, Cary, NC, 2000.

TAYLOR, H.M.; ROBERSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength-root penetration relations to coarse textured materials. **Soil Science**, Baltimore, v. 102, n. 1, p.18-22, 1966.

TORMENA, C.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 573-581, 1998.

VIEHMEYER, F.J.; HENDRICKSON, A.H. Soil moisture conditions in relation to plant growth. **Plant Physiology**, Rockville, v. 2, p. 71-78, 1927.

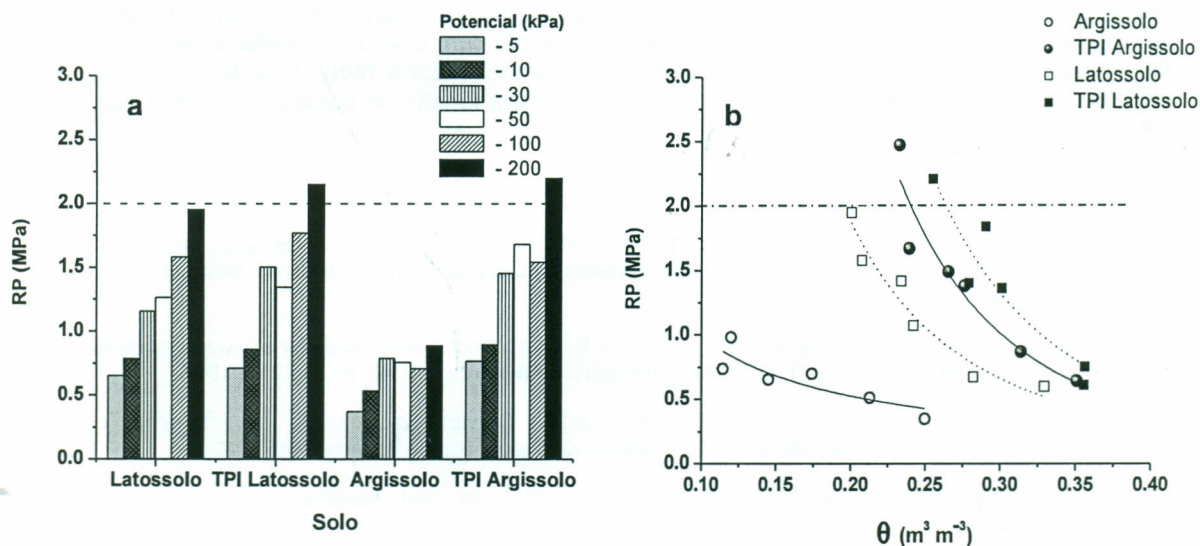


Figura 1. Valores médios de resistência à penetração (RP, MPa) em diferentes potenciais mátricos (a) e em função da umidade volumétrica do solo ( $m^3 m^{-3}$ ) (b) dos horizontes das TPI e dos solos adjacentes. A linha tracejada representa o nível de RP considerado crítico para o crescimento de plantas.