

# Densidade e resistência a penetração de solos cultivados com seringueira sob diferentes manejos

Adriana Aparecida Ribon<sup>1\*</sup>, José Frederico Centurion<sup>1</sup>, Maria Aparecida Pessoa da Cruz Centurion<sup>2</sup> e Gener Tadeu Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Solos e Adubos, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Via de Acesso Professor Paulo Donatto Castellane, km 5, 14870-000, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Via de Acesso Professor Paulo Donatto Castellane, km 5, 14870-000, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. <sup>3</sup>Departamento de Ciências Exatas, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Via de Acesso Professor Paulo Donatto Castellane, km 5, 14870-000, Jaboticabal, São Paulo, Brasil. \*Autor para correspondência. e-mail: aaribon@yahoo.com.br

**RESUMO.** Estudou-se a influência de diferentes práticas de manejo do solo, como gradagem, utilização de roçadora e distribuição de adubo verde perene (*Pueraria phaseoloides*) na entrelinha da seringueira (*Hevea brasiliensis*) sobre a resistência do solo à penetração, avaliada em diferentes profundidades do Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa. A moderado caulínico hipoférrico, relevo plano (LV) do município de Jaboticabal, SP, e do Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abrupto, Tb, A moderado, textura areia média, fase floresta tropical subperenifólia e relevo suave ondulado (PVA), localizado em Tabapuã, SP. Utilizou-se o penetrômetro de impacto, obtendo-se os valores de resistência dinâmica para as profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3 e 0,3-0,4 m e, no momento de determinação da resistência do solo, coletaram-se amostras de solo para determinação da umidade gravimétrica e da densidade do solo para cada parcela experimental, cujos resultados indicaram maiores valores de resistência do solo à penetração e densidade do solo, além de menores valores de umidade gravimétrica na camada superficial do manejo com roçadora para ambos os solos.

**Palavras-chave:** penetrômetro de impacto, manejo, densidade do solo, umidade, *hevea brasiliensis*.

**ABSTRACT. Density and resistance to the penetration of rubber-tree cultivated soil under different managements.** The influence of different management agricultural practices such as disk harrowing, mowing and use of perennial green fertilizer (*Pueraria phaseoloides*) between rows of rubber-trees (*Hevea brasiliensis*) was studied on the penetration resistance of the soil. It was evaluated in different depths in a "Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa A moderado caulínico hipoférrico relevo plano" (LE) in the rural area of Jaboticabal and in a "Argissolo Vermelho -Amarelo distrófico abrupto, Tb, A moderado, textura areia média, fase floresta tropical subperenifólia e relevo suave ondulado" (PVA) in the rural area of Tabapuã, State of São Paulo, Brazil. Treatment effects were evaluated on the resistance to soil penetration developed by the cone, and the values of the dynamic resistance for the depths of 0-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm were obtained. Soil samples were collected to evaluate gravimetric moisture and bulk density for each experimental plot, at the same time the soil penetration resistance was measured. The results indicated higher levels of penetration resistance, bulk density and lower values of soil moisture in the upper layers of the plots that received mowing management. The values of mechanical resistance, shown by the "LE" in all depths, were higher than the critical limit for the development of roots, which may limit the development of the rubber-tree roots on every depth.

**Key words:** impact penetrometer, management, bulk density, moisture, *hevea brasiliensis*.

## Introdução

O desenvolvimento das raízes da seringueira (*Hevea brasiliensis*) está diretamente relacionado às

condições físicas ideais do solo, como boa aeração, drenagem e retenção de umidade adequada, permitindo maior exploração do sistema radicular da planta por volume de solo.

A resistência do solo à penetração é uma das características físicas do solo que exprime o grau de compactação e, conseqüentemente, a facilidade de penetração das raízes no solo. Trabalhos de pesquisa têm mostrado a relação direta entre a resistência do solo à penetração e a densidade do solo (Beltrame *et al.*, 1981; Castro, 1995; Borges *et al.*, 1999); de acordo com Borges *et al.* (1999) altos valores de densidades do solo reduzem os espaços vazios, aumentando a resistência mecânica dos solos e, em conseqüência, prejudicam o desenvolvimento do sistema radicular das culturas. Por outro lado, a umidade do solo é um parâmetro importante na quantificação da resistência à penetração, pois há elevada dependência dos resultados com relação ao conteúdo de água no solo. Beltrame *et al.* (1981) verificaram que, para uma variação da umidade do solo, ocorre variação no sentido contrário na resistência do solo à penetração, pois o teor de água intervém modificando a coesão entre as partículas do solo.

Tormena (1998), ao analisar a resistência à penetração de um Latossolo Roxo sob plantio direto e convencional, verificaram que, quanto menor a umidade volumétrica do solo, maior a resistência, cujo fato eles atribuíram ao menor efeito lubrificante da água ao redor das partículas em solos com menor teor de umidade.

Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo a avaliação da resistência do solo à penetração em dois solos (Latossolo e Argissolo), ambos cultivados com seringueira, sob três tipos de manejo na entrelinha: gradagem, roçadora e adubo verde perene (*Pueraria phaseoloides*).

## Material e métodos

Conduziram-se dois experimentos: um em Latossolo Vermelho distrófico textura argilosa (Tabela 1) A moderado caulínítico hipoférrico relevo plano (LV), no município de Jaboticabal, Estado de São Paulo (Latitude: 21°S 15'W; longitude: 48°S 18'W; altitude 595 m) e outro em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico abrupto, Tb, A moderado, textura areia média (Tabela 1), fase floresta tropical subperenifólia e relevo suave, em Tabapuã, Estado de São Paulo (latitude: 20°S 57'W; longitude: 49°S 03'W; altitude 545 m), ambos com seringueira plantada em 1992.

O experimento foi instalado em blocos ao acaso, apresentando três tratamentos caracterizados pelo manejo na entrelinha (espaçamento de 7,0 m): gradagem, utilização de roçadora e aplicação de *Pueraria phaseoloides*. Os sistemas de manejo instalados têm sido utilizados desde 1992, com a implantação da cultura. A roçadora foi utilizada para

o controle de ervas daninhas na entrelinha da seringueira. A gradagem foi realizada com grade pesada no Latossolo Vermelho (LV) e grade leve no Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA).

**Tabela 1.** Composição granulométrica dos solos estudados\*

Prof.(m)	Solo	Composição Granulométrica. TF. (g kg <sup>-1</sup> )			
		Areia Grossa	Areia fina	Silte	Argila
0-0,15		210	250	100	440
0,15-0,43	Latossolo Vermelho	180	230	90	500
0,43-0,72		150	210	70	570
0,72-1,02		150	210	60	580
1,02-1,07+		160	220	60	560
0-0,2		160	670	30	140
0,2-0,4	Argissolo Vermelho-Amarelo	130	640	40	190
0,4-0,58		120	540	30	310
0,58-0,95		110	480	30	380
0,95-1,30		130	570	40	260
1,30-1,60		110	580	20	290

As determinações de resistência do solo à penetração foram realizadas no ano de 1999 com penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar /Stolf em 8 pontos determinados totalmente ao acaso nas profundidades de 0-0,1 m; 0,1-0,2 m; 0,2-0,3 m; 0,3-0,4 m em cada tratamento em ambos os experimentos, num total de 192 pontos. O penetrômetro de impacto com um diâmetro de base de 1 cm foi introduzindo perpendicularmente à superfície do solo. De acordo com Stolf (1991), a haste do aparelho penetra no solo através do impacto do êmbolo (4 kg) que cai de uma altura constante, em queda livre, contando-se o número de impactos necessários para que o aparelho penetre por meio da ponta cônica a uma determinada distância. As análises dos dados de penetrômetro de impacto (impactos/cm) em resistência dinâmica do solo (MPa) foram realizadas de acordo com a seguinte fórmula proposta por Stolf (1991):  $R = (5,6 + 6,89 \times N) \times 10$ ; onde: N - número de impactos/decímetro; R-resistência do solo-MPa.

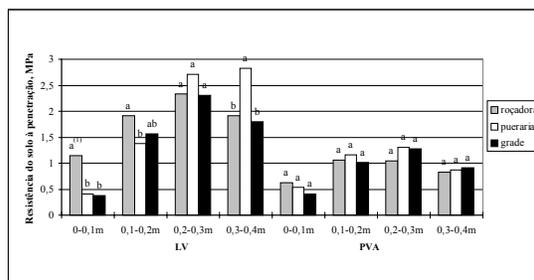
Determinaram-se a umidade gravimétrica e a densidade do solo (Método do anel volumétrico; Embrapa, 1979) nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3 e 0,3-0,4 m, no momento das determinações da resistência do solo à penetração, para cada parcela experimental, em amostras retiradas na entrelinha da seringueira, nas profundidades de 0-0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,3 e 0,3-0,4 m, sendo que para cada profundidade foram retiradas oito amostras por tratamento, por experimento, totalizando 192 amostras.

As análises de variância dos resultados referentes à resistência do solo à penetração foram realizadas comparando-se os tratamentos, por profundidade. Aplicou-se o teste de Tukey para comparação de médias, considerando-se somente o efeito da resistência, e testando-se o teste de Tukey em nível

de 5% de probabilidade para comparação de médias, com o uso da umidade gravimétrica, como co-variável. Adotou-se este procedimento porque alterações no conteúdo de água no solo provocam modificações na resistência (Correchel *et al.*, 1997).

### Resultados e discussão

Os resultados de resistência do solo à penetração apresentados na Figura 1 indicam maiores valores na camada superficial (0-0,1 m) do tratamento com a utilização de roçadora para o LV e para o PVA, a exemplo de Silva *et al.* (1997), os quais citam que a mecanização intensiva oriunda do manejo dos pomares de citrus; com o uso de máquinas promove compactação, sendo esta compactação causada pelo efeito de forças mecânicas no solo, diminuindo o volume ocupado pelos poros e aumentando a resistência do solo à penetração da matriz do solo; além disso, o número de macroporos diminui, causando redução da taxa de infiltração e drenagem da camada compactada, porque os macroporos são mais efetivos no transporte de água quando o solo está saturado.

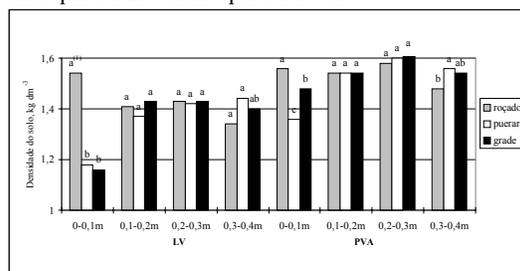


**Figura 1.** Resistência à penetração (MPa) obtida para os diferentes tratamentos nos solos estudados. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os valores de resistência do solo à penetração do PVA na camada de 0-0,1 m não apresentaram diferenças estatisticamente significativas, apesar do tratamento com roçadora ter apresentado maiores valores absolutos de resistência do solo à penetração. Essas diferenças não significativas estatisticamente entre as médias desta característica analisada, nos três manejos empregados, podem ser explicadas pelos elevados coeficientes de variação obtidos nas análises dos dados, nos quais o CV(%) foi de 42,85% no tratamento roçadora para a profundidade de 0-0,1 m. Coeficiente de variação elevado (41,08), para a resistência do solo à penetração na camada superficial, também foi encontrado por Castro (1995) em Latossolo Roxo, para cultura anual, sendo que nesta camada, apesar do preparo com escarificador ter apresentado maior valor de

resistência do solo à penetração (2,21 kgf cm<sup>-2</sup>) em relação ao plantio direto (2,05 kgf cm<sup>-2</sup>) e plantio convencional (1,26 kgf cm<sup>-2</sup>), os dados não diferiram significativamente, semelhante aos resultados obtidos neste trabalho.

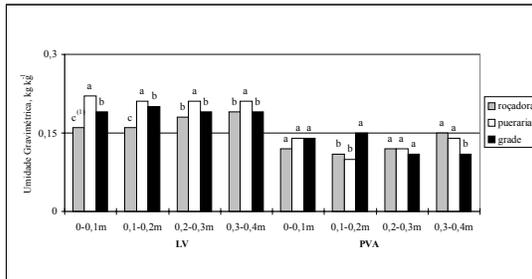
Verificou-se que o manejo com a utilização de roçadora, cujos valores de resistência do solo à penetração foram os maiores na camada superficial de 0-0,1 m, também foi para essa camada nos dois solos estudados o que apresentou os maiores valores de densidade do solo (Figura 2) em relação ao manejo com gradagem e com aplicação de Pueraria, tanto para o LV como para o PVA.



**Figura 2.** Valores de densidade do solo para o Latossolo Vermelho e o Argissolo Vermelho-Amarelo nas diferentes profundidades dos solos. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Os resultados de densidade do solo obtidos são semelhantes aos obtidos por Castro (1995). Este autor, determinando a resistência do solo à penetração, obteve as mesmas tendências dos dados de densidade do solo em diferentes sistemas de preparo. Beltrame *et al.* (1981) afirmam que, para uma mudança na densidade, ocorre uma mudança no mesmo sentido da resistência do solo à penetração, isto é, há uma relação direta entre a densidade do solo e a resistência do solo à penetração. Em relação à umidade do solo, estes mesmos autores citam que o aumento da umidade do solo causa uma redução na resistência do solo à penetração, concordando com os resultados aqui obtidos (Figura 3). Segundo eles, o teor de umidade intervém, modificando a coesão entre as partículas do solo.

Comparando os valores de resistência do solo à penetração em todas as profundidades para ambos os solos, verificou-se que a máxima resistência foi encontrada na profundidade 0,2-0,3 m, em todos os sistemas de manejo, caracterizando uma camada compactada formada pelo uso deste implemento. Beutler (1999) também verificou uma máxima resistência do solo na profundidade de 0,2-0,3m com o uso de arado de discos, concordando com os resultados obtidos neste trabalho.



**Figura 3.** Valores de umidade do solo para o Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho-Amarelo nas diferentes profundidades dos solos. Médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

De acordo com Sarvasi (1994), é comum se encontrar solos com uma camada compactada no fundo dos sulcos de aração e gradagem. Vieira *et al.* (1989) denominam esta camada de “pé de arado ou “pé de grade” e atribuíram sua formação ao uso de quase todos os implementos agrícolas, quando operados em condições de solo úmido.

A resistência do solo à penetração tem sido utilizada como parâmetro importante na determinação das condições físicas para o crescimento das plantas através da sua relação com o crescimento das raízes. Taylor *et al.* (1966), trabalhando quatro tipos de solos com estrutura deformada, consideram como resistência mecânica do solo impeditiva ao crescimento e desenvolvimento de raízes, o valor de 2,0 MPa.

A interpretação conjunta da resistência à penetração com a porosidade de ar e a disponibilidade de água é denominada, por Silva (1998) como Intervalo Hídrico Ótimo (IHO). Tormena e Roloff (1996), considerando um índice de cone de 2,0 MPa como impeditivo ao crescimento de raízes do solo, verificaram que, na umidade padrão de 0,34 kg kg<sup>-1</sup> para Latossolo Vermelho distrófico, não ocorreu impedimento ao crescimento de raízes. Tormena (1998) encontrou, para o Latossolo Vermelho distroférico que a resistência do solo à penetração de 2,0 MPa determinou o conteúdo de água do solo no limite inferior do IOH. Tomando-se como referência esses valores, observou-se que os valores de resistência do solo para o LV na camada de 0,2-0,3 m para todos os tratamentos (Figura 1) podem ser considerados impeditivos ao desenvolvimento radicular da cultura da seringueira. Para o PVA, entretanto, não houve valores considerados críticos para o desenvolvimento radicular da cultura da seringueira.

### Conclusão

1. o manejo com a roçadora foi o que apresentou os maiores valores de resistência do solo à

penetração, densidade do solo e menores valores de umidade na camada superficial (0-0,1 m) dos solos estudados;

2. o Latossolo Vermelho apresentou valores superiores ao limite crítico considerado impeditivo ao desenvolvimento de raízes na camada de 0,2-0,3 m em todos os sistemas de manejo;

3. o Argissolo Vermelho-Amarelo apresentou menores níveis de resistência do solo à penetração em relação ao Latossolo Vermelho, não apresentando valores acima do limite crítico considerado.

### Referências

- BELTRAME, L.F.S. *et al.* Estrutura e compactação na permeabilidade de solos do Rio Grande do Sul. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.5, p.145-149, 1981.
- BEUTLER, A.N. *Produtividade de culturas e atributos físicos de Latossolo Vermelho-Escuro fase cerrado sob diferentes sistemas de manejo*. 1999. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.
- BORGES, A.L. *et al.* Alteração de propriedades físicas e atividade microbiana de um Latossolo Amarelo álico após cultivo com fruteiras perenes e mandioca. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v.23, p.1019-25, 1999.
- CASTRO, O. M. *Comportamento físico e químico de um latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (Zea mays l.)*. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- CORRECHEL, V. *et al.* Resistência de um Latossolo Roxo em dois sistemas de preparo do solo. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Rio de Janeiro, 1997 (Resumos).
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos solos. Manual de Métodos de análises de solo. Rio de Janeiro, 1979. não paginado.
- SARVASI, F.O.C. *Dinâmica da água, erosão hídrica e produtividade das culturas em função do preparo do solo*. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994.
- SILVA, A.P. *et al.* Distribuição de poros de Argissolo Vermelho-Amarelo sob pomares de laranja: uma abordagem multivariada. In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. Rio de Janeiro, 1997 (Resumos).
- SILVA, I.F. *Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo*.: Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 1998.
- STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Campinas, v.15, p.249-252, 1991.

TAYLOR, H.M. *et al.* Soil strength-root penetration for medium- to coarse-textured soil materials. *Soil Sci. Madison.*, v.102, p.18-22, 1966.

TORMENA, C.A. *Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo*. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência a penetração de um solo sob plantio direto. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, Campinas, v.20, p.333-339, 1996.

VIEIRA, S.R. *et al.* Dinâmica da água no solo em função do manejo. In: FANCELLI, A.L. (Coord.). *Plantio direto no Estado de São Paulo*. Piracicaba, Fezlo/Esalq/USP, 1989. p.103-106.

*Received on January 19, 2002.*

*Accepted on March 14, 2003.*