



Correção da resistência à penetração para umidades de referência em solos coesos de Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia⁽¹⁾.

Emanuela Barbosa Santos⁽²⁾; Luciano da Silva Souza⁽³⁾; Laércio Duarte Souza⁽⁴⁾; Carlos Alberto da Silva Ledo⁽⁴⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESB.

⁽²⁾ Graduando em Agronomia; Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; Cruz das Almas, Bahia; emanuela_bs@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor Adjunto do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas; Universidade Federal do Recôncavo da Bahia; lsouza@ufrb.edu.br; ⁽⁴⁾ Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura; Cruz das Almas, Bahia; laercio.souza@embrapa.br; carlos.ledo@embrapa.br.

RESUMO: A resistência à penetração (RP) é muito utilizada para detectar a presença de compactação no solo. Dificuldades na interpretação dos resultados existem devido à dependência em relação à umidade. Assim, esse trabalho teve por objetivo desenvolver modelos matemáticos para corrigir os valores de RP para umidades de referência, para Latossolo Amarelo (LAdx), Argissolo Amarelo (PAdx) e Argissolo Acinzentado (PACdx) todos Distrocócosos de Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia. O trabalho foi realizado com base em modelos ajustados para a curva de retenção de água e para a curva de RP em função da umidade, obtidos no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura, para os três solos. A curva de retenção de água foi determinada em amostras de solo indeformadas, em câmaras de Richards, a 10, 33, 100,; 300 e 1500 kPa. A RP foi determinada, utilizando penetrômetro de bancada, no centro das amostras indeformadas equilibradas em cada uma das tensões. Com base nos modelos ajustados para as curvas de retenção de água e de RP em função da umidade foram desenvolvidas funções de acordo com a equação $RP_c = a U_d^{b \cdot RP_d}$, para correção da RP para valores de umidade de referência estabelecidos como sendo a umidade retida nas tensões de 10, 33 e 100 kPa. As funções de pedotransferência desenvolvidas para os vários horizontes dos três solos mostraram praticidade para reduzir problemas de interpretação de resultados de RP obtidos em diferentes condições de umidade, situação comum em várias pesquisas.

Termos de indexação: funções de pedotransferência; umidade gravimétrica do solo; potencial mátrico do solo.

INTRODUÇÃO

A utilização intensiva de máquinas e equipamentos agrícolas em todas as etapas de produção pode resultar em compactação do solo (Roque et al., 2003). Os solos mais compactados apresentam maior resistência à penetração (Marasca et al., 2011), devido à maior proximidade entre as partículas, o que confere menor índice de vazios (volume de poros/volume de sólidos) e maior

densidade do solo. A RP é um atributo do solo sensível e eficiente em identificar as alterações estruturais do solo (Dias Junior et al., 2004); permite também inferir sobre a maior ou menor facilidade de penetração das raízes (Silveira et al., 2010), servindo como indicador dos efeitos dos sistemas de manejo do solo sobre o ambiente radicular (Tormena & Roloff, 1996). A RP depende, além da densidade e do conteúdo de água do solo, do nível de compactação (Almeida et al., 2008), teor de matéria orgânica (To & Kay, 2005), e textura do solo (Almeida et al., 2008; Vaz et al., 2011). A estreita relação da RP com a umidade limita comparações de solos do mesmo tipo com diferentes teores de água, uma vez que uma pequena redução ou aumento na umidade resulta em grande incremento ou redução da RP (Vaz et al., 2011), levando a uma super ou subestimação do nível de compactação do solo. A avaliação da resistência e a determinação da sua curva em função da umidade são importantes no estudo do efeito da compactação sobre as condições físicas do solo, podendo ser utilizadas para orientar o manejo e o controle da qualidade física do solo (Imhoff et al., 2000). Diante do exposto, esse trabalho teve por objetivo desenvolver modelos matemáticos para corrigir os valores de RP para umidades de referência em solos coesos de Tabuleiros Costeiros da Bahia, mais especificamente Latossolo Amarelo (LAdx), Argissolo Amarelo (PAdx) e Argissolo Acinzentado (PACdx), todos Distrocócosos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado com base em modelos ajustados para a curva de retenção de água e para a curva de RP em função da umidade, obtidos no Laboratório de Física do Solo da Embrapa Mandioca e Fruticultura para os três solos localizados em Cruz das Almas (LAdx e PAdx) e em Rio Real (PACdx). A curva de retenção de água foi determinada em amostras de solo indeformadas, em câmaras de Richards, nas tensões de 10; 33; 100; 300; e 1500 kPa. A RP foi determinada utilizando penetrômetro de bancada, no centro das amostras indeformadas e equilibradas em cada



uma das tensões, de modo a obter-se grande variação de umidade. Os valores de umidade gravimétrica e RP obtidos foram ajustados a modelos potenciais de regressão, com base na seguinte equação: $RP = a U_g^{-b}$, em que: RP = resistência do solo à penetração em MPa; U_g = umidade gravimétrica do solo em $kg\ kg^{-1}$; a e b = coeficientes empíricos de ajuste. Esse ajuste foi feito utilizando o aplicativo Excel.

Os valores de umidade gravimétrica e potencial mátrico foram ajustados ao modelo de Van Genuchten (1980), por meio do programa SWRC (Dourado Neto et al., 2000), com base na seguinte equação:

$$U_g = U_{g_r} + \frac{U_{g_s} - U_{g_r}}{[1 + (\alpha \phi_m)^n]^m}$$

em que: U_g = umidade gravimétrica do solo, em $kg\ kg^{-1}$; U_{g_r} = umidade residual do solo, em $kg\ kg^{-1}$; U_{g_s} = umidade de saturação do solo, em $kg\ kg^{-1}$; ϕ_m = potencial mátrico da água no solo, em kPa; e α , n e m = coeficientes empíricos de ajuste.

Com base nos modelos ajustados para a curva de retenção de água e para a curva de RP em função da umidade, para os vários horizontes dos três solos, foram desenvolvidas funções de pedotransferência para correção da RP em função da umidade, para um valor de umidade de referência, com base na seguinte equação: $RP_c = a U_{g_d}^{-b} \cdot RP_d$; sendo RP_c = resistência do solo à penetração corrigida para um valor de umidade de referência, em MPa; U_{g_d} = umidade gravimétrica do solo determinada durante a medida da RP, em $kg\ kg^{-1}$; RP_d = resistência do solo à penetração determinada, em MPa; e a e b = coeficientes empíricos de ajuste.

Como valores de umidade de referência optou-se por ajustar a RP para a umidade retida nas tensões de 10, 33 e 100 kPa, desde quando seria subjetiva a escolha de valores absolutos de umidade do solos, além de que não teriam significado físico que pudesse estabelecer relação entre eles.

Visando dar maior praticidade ao processo de correção da RP para um valor de umidade de referência foram ajustados modelos potenciais e lineares de regressão entre os fatores de correção e a umidade gravimétrica, para cada horizonte, solo e tensão de umidade de referência. Foi utilizado o aplicativo TableCurve 2D v;5.01 (Jandel Scientific, 1991), adotando como critério de escolha a praticidade do modelo e a precisão do ajuste avaliada pelo coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram ajustados modelos matemáticos para a tensão de 100 kPa (Figura 1), na qual ocorre mais

clara manifestação de coesão, podendo assim ela ser utilizada para detectar a presença de horizontes ou camadas coesas em solos de Tabuleiros Costeiros (Silva e Giarola, 2001). A medição de RP é recomendada próximo à capacidade de campo e por isso foram ajustados, também, modelos matemáticos para 10 kPa e 33 kPa de tensão, consideradas como equivalentes à capacidade de campo em solos de textura grossa (arenosos) e fina (argilosos), respectivamente (Medina, 1972).

Portanto, a partir de modelos matemáticos para a curva de retenção de água e para a curva de RP em função da umidade ajustados para os horizontes dos solos LAdx, PAdx e PACdx, foi possível desenvolver funções de pedotransferência para corrigir valores de RP para valores de umidade de referência, atendendo a recomendação de Vaz et al. (2002), para os quais o processo ideal seria medir a umidade junto com a RP e aplicar algum tipo de correção para um valor de referência de umidade no solo. Concorda também com Vaz et al. (2011), que concluíram que os modelos baseados em umidade poderiam ser um procedimento menos complexo e trabalhoso de correção da RP, do que aqueles que envolvem outros atributos como a densidade do solo (Busscher, 1997) ou a textura e a densidade do solo (Almeida et al., 2008). A tabela 1 reúne todos as funções de pedotransferência desenvolvidas para corrigir a RP determinada nos vários horizontes dos solos LAdx, PAdx e PACdx, junto com a determinação da umidade atual no campo, para valores de umidade de referência baseados nas tensões de 10, 33 e 100 kPa.

CONCLUSÃO

As funções de pedotransferência para corrigir valores de resistência do solo à penetração em função de uma umidade de referência, desenvolvidas para cada horizonte estudado de Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo e Argissolo Acinzentado Distrocócos de Tabuleiros Costeiros do Estado da Bahia, mostraram praticidade para reduzir problemas na interpretação de resultados de RP obtidos em diferentes condições de umidade, situação comum em várias pesquisas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C.X.; CENTURION, J.F.; FREDDI, O.S.; JORGE, R.F. BARBOSA, J.C. Funções de pedotransferência para a curva de resistência do solo à penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 32:2235-2243, 2008.
- 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 & Tillage Research, Amsterdam, 43:205-217, 1997.



DIAS JUNIOR, M. S.; SILVA, A. R.; FONSECA, S.; LEITE, F. P. Método alternativo de avaliação da pressão de preconsolidação por meio de um penetrômetro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 28:805-810, 2004.

DOURADO-NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Programa computacional para modelagem de curvas de retenção de água no solo (SWRC, versão 2.00). *Scientia Agricola*, Piracicaba, 57:191-192, 2000.

GENUCHTEN, M. T. H. VAN. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, 44:892-898, 1980.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P. da; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 35:1493-1500, 2000.

JANDEL SCIENTIFIC. User's manual. California: 1991. 280p.

MARASCA, I.; OLIVEIRA, C.; GUIMARÃES, E.; CUNHA, J.; ASSIS, R.; PERIN, A.; MENEZES, L. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e do teor de água em sistema de plantio direto na cultura da soja. *Bioscience Journal*, Uberlândia, 27:239-246, 2011.

MEDINA, H. P. Água no solo. In: MONIZ, A.C. Elementos de pedologia. São Paulo: Polígono, 1972. p.45-57.

ROQUE, C.G.; CENTURION, J.F.; ALENCAR, G.V.; BEUTLER, A.N.; PEREIRA, G.T., ANDRIOLI, I. Comparação de dois penetrômetros na avaliação da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, 25:53- 57, 2003.

SILVA, A.P.; GIAROLA, N.F.B. Estabelecimento de índice de resistência dos solos para quantificação do grau de coesão. In: WORKSHOP SOBRE COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001. *Anais...* Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.145-160.

SILVEIRA, D.C.; MELO FILHO, J.F. de; SACRAMENTO, J.A.A.S.; SILVEIRA, E.C.P. Relação umidade versus resistência à penetração para um Argissolo Amarelo Distrocoeso no Recôncavo da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 34:659-667, 2010.

TO, J.; KAY, B.D. Variation in penetrometer resistance with soil properties: The contribution of effective stress and implications for pedotransfer functions. *Geoderma*, Amsterdam, 126:261-276, 2005.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, 20:333-339, 1996.

VAZ, C.M.P.; MANIERI, J.M.; MARIA, I.C.; TULLER, M. Modeling and correction of soil penetration resistance for varying soil water content. *Geoderma*, Amsterdam, 166:92-101, 2011.

VAZ, C.M.P.; PRIMAVESI, O.; PATRIZZI, V.C.; IOSSI, M.F. **Influência da umidade na resistência do solo medida com penetrômetro de impacto.** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2002. 5p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 51).

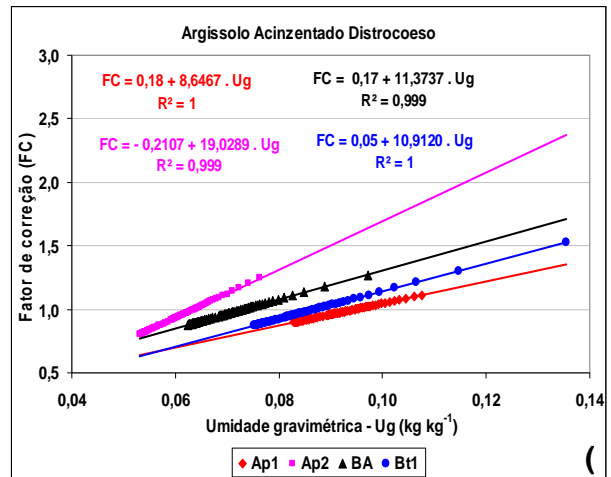
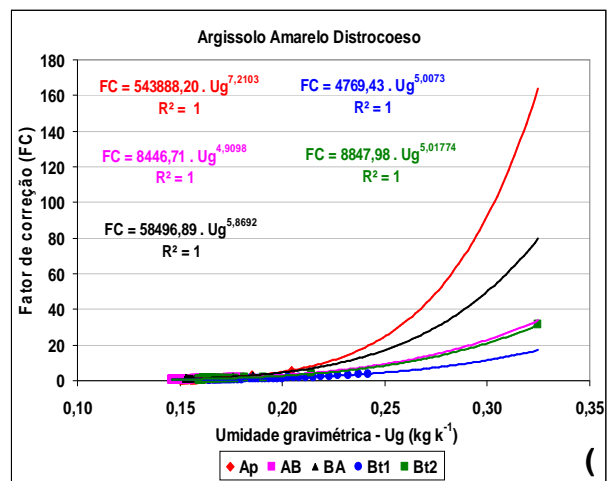
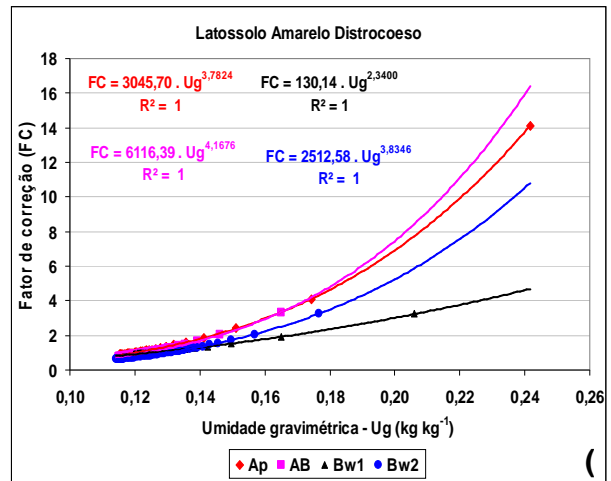


Figura 1. Funções de pedotransferência para RP_{100kPa} para os horizontes Ap, AB, Bw1 e Bw2 do Latossolo Amarelo (A), Ap, AB, BA, Bt1 e Bt2 do Argissolo Amarelo (B) e Ap1, Ap2, BA e Bt1 do Argissolo Acinzentado (C), todos Distrocoesos.



Tabela 1. Funções de pedotransferência para corrigir a RP determinada nos vários horizontes dos solos Latossolo Amarelo, Argissolo Amarelo e Argissolo Acinzentado, todos Distrocócosos, simultaneamente com a determinação da umidade atual no campo, para valores de umidade de referência baseados nas tensões de 10, 33 e 100 kPa.

Horizontes	Umidade de referência		
	RP _{10kPa}	RP _{33kPa}	RP _{100kPa}
LATOSSOLO AMARELO			
Ap	$RP_{10kPa} = 1270,57 \times U_g^{3,7824} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 2353,49 \times U_g^{3,7824} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 3045,70 \times U_g^{3,7824} \times RP_{medida}$
AB	$RP_{10kPa} = 3722,38 \times U_g^{4,1686} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 4986,84 \times U_g^{4,1686} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 6116,39 \times U_g^{4,1676} \times RP_{medida}$
Bw1	$RP_{10kPa} = 85,28 \times U_g^{2,3401} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 113,43 \times U_g^{2,3401} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 130,14 \times U_g^{2,3400} \times RP_{medida}$
Bw2	$RP_{10kPa} = 1460,50 \times U_g^{3,8345} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 1963,94 \times U_g^{3,8346} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 2512,58 \times U_g^{3,8346} \times RP_{medida}$
ARGISSOLO AMARELO			
Ap	$RP_{10kPa} = 257476,83 \times U_g^{7,2104} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 398012,23 \times U_g^{7,2102} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 543888,20 \times U_g^{7,2103} \times RP_{medida}$
AB	$RP_{10kPa} = 4980,26 \times U_g^{4,9098} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 5986,25 \times U_g^{4,9103} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 8446,71 \times U_g^{4,9098} \times RP_{medida}$
BA	$RP_{10kPa} = 26756,11 \times U_g^{5,8692} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 42307,73 \times U_g^{5,8693} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 58496,89 \times U_g^{5,8692} \times RP_{medida}$
Bt1	$RP_{10kPa} = 1503,00 \times U_g^{5,0073} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 2316,67 \times U_g^{5,0074} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 4769,43 \times U_g^{5,0073} \times RP_{medida}$
Bt2	$RP_{10kPa} = 4087,7419 \times U_g^{5,0177} \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = 7143,58 \times U_g^{5,0177} \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = 8847,98 \times U_g^{5,01774} \times RP_{medida}$
ARGISSOLO ACINZENTADO			
Ap1	$RP_{10kPa} = (0,17 + 7,9709 U_g) \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = (0,17 + 8,2572 U_g) \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = (0,18 + 8,6467 U_g) \times RP_{medida}$
Ap2	$RP_{10kPa} = (0,17 + 16,2994 U_g) \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = (0,19 + 17,5223 U_g) \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = (-0,2107 + 19,0289 U_g) \times RP_{medida}$
BA	$RP_{10kPa} = (0,15 + 10,0428 U_g) \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = (0,15 + 10,7246 U_g) \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = (0,17 + 11,3737 U_g) \times RP_{medida}$
Bt1	$RP_{10kPa} = (0,04 + 8,9929 U_g) \times RP_{medida}$	$RP_{33kPa} = (0,04 + 10,0344 U_g) \times RP_{medida}$	$RP_{100kPa} = (0,05 + 10,9120 U_g) \times RP_{medida}$

**XXXV Congresso
Brasileiro de
Ciência do Solo**

CENTRO DE CONVENÇÕES - NATAL / RN



**O SOLO E SUAS
MÚLTIPLAS FUNÇÕES**
02 a 07 DE AGOSTO DE 2015