

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO DAS RAÍZES EM DIFERENTES TIPOS DE USOS DA TERRA NO PLANALTO SUL CATARINENSE

Kristiana Fiorentin dos Santos (UFSM) E-mail: kristianafiorentin@gmail.com
Fabrício Tondello Barbosa (UEPG) E-mail: fabriciotondello@gmail.com
Ildegardis Bertol (UDESC) E-mail: ildegardis.bertol@udesc.br
Romeu De Souza Werner (UDESC) E-mail: tiomema@msn.com
Neuro Hilton Wolschick (UDESC) E-mail: neurohw@gmail.com
Luran Monteiro Museka (UDESC) E-mail: luranmuzeka@gmail.com

Resumo: As mudanças nos padrões de uso e cobertura do solo tem despertado preocupação, a fim de evitar impactos negativos ao meio ambiente. Com isso, torna-se de extrema importância o desenvolvimento de pesquisas que mensurem a magnitude destas alterações. Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi avaliar a resistência à penetração das raízes em diferentes modalidades de uso da terra no Planalto Sul Catarinense. A pesquisa foi realizada em uma propriedade rural de 1.200 ha, onde foram avaliados quatro tipos de usos da terra: floresta natural (FN), povoamento de pinus (PP), integração lavoura-pecuária (ILP) e campo natural pastejado submetido à queima (CNP). O delineamento utilizado foi o de levantamento amostral aleatório, com nove pontos amostrais para cada área. A resistência do solo à penetração mecânica (R_p) foi determinada em laboratório, com auxílio de um penetrômetro estático de bancada. A R_p variou de 0,61 a 1,93 Mpa, sendo os menores valores encontrados na FN, em todas as camadas. Em contrapartida, os maiores valores de R_p na camada de 0-5 e 5-10 cm foram observados no CNP. Já na camada de 10-20 e 20-40 cm as maiores resistências foram constatadas no PP. Logo, em condição de floresta natural a R_p foi menor em comparação ao pinus, campo natural pastejado e a integração lavoura-pecuária; tais efeitos foram mais pronunciados nas camadas superficiais do solo.

Palavras-chave: Qualidade do solo; Indicadores de qualidade; Características do solo; Lavoura, pecuária e floresta.

Abstract: Changes in land use and land use patterns have raised concerns in order to avoid negative impacts on the environment. Thus, the development of research that measures the magnitude of these changes becomes extremely important. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the resistance to root penetration in different land use patterns in the Southern Plateau. The research was carried out on a rural property of 1,200 ha, where four types of land uses were evaluated: natural forest (NF), pine stand (PP), crop-livestock integration (CLI), and burned natural rangeland (BR). The design used was random sampling, with nine sampling points for each area. The soil resistance to mechanical penetration was determined in the laboratory, with the aid of a static bench penetrometer. R_p ranged from 0.61 to 1.93 MPa, with the lowest values found in NF in all layers. In contrast, the highest R_p values in the 0-5 and 5-10 cm layers were observed in the BR. Already in the layer of 10-20 and 20-40 cm the greater resistances were verified in the PP. Soon, in condition of natural forest, the R_p was lower in comparison to the pinus, burned natural rangeland and crop-livestock integration; such effects were more pronounced in the superficial layers of the soil.

Keywords: Soil quality; Quality indicators; Soil characteristics; Crop, livestock, and forest.

1. Introdução

A degradação das propriedades físicas do solo é um dos principais processos responsáveis pela perda da qualidade do solo (Bertol et al., 2001). O cultivo do solo altera suas propriedades, especialmente quando comparado com a condição natural de campo ou florestas. Tais alterações são mais pronunciadas nos sistemas com preparo intensivo do solo, as quais influenciam a infiltração de água, a erosão hídrica e o desenvolvimento das plantas (Bertol et al., 2004).

A mobilização mecânica altera a estrutura e a cobertura do solo, modificando seus atributos físicos e hídricos (Unger e Cassel, 1991). A compactação do solo tem sido apontada como uma das principais causas da degradação física de solos. Isolada ou associada à degradação biológica e química, leva a redução da qualidade do solo (Muzarana et al., 2013). Em virtude do que foi mencionado, inúmeras iniciativas tem ocorrido no sentido de entender os processos de mudanças de uso do solo e seus principais fatores determinantes (Aguiar, 2002).

Uma das propriedades físicas mais importantes para o manejo e estudo da qualidade física dos solos é sua resistência à penetração mecânica das raízes, uma vez que esta propriedade se apresenta relacionada a diversos atributos do solo indicadores do grau de compactação (Ribon & Tavares Filho, 2008). O monitoramento do estado de compactação do solo por meio da resistência a penetração mecânica das raízes é uma forma prática de avaliação dos efeitos dos diferentes sistemas de manejo na estrutura do solo e do crescimento radicular das culturas (Tavares Filho & Ribon, 2008).

Nesse contexto, a resistência à penetração das raízes é influenciada diretamente pela densidade, sendo útil na avaliação da qualidade física do solo, por permitir a identificação de valores potencialmente limitantes ao crescimento das raízes, além de possibilitar o estabelecimento de valores críticos de umidade e densidade do solo (Imhoff et al., 2000). O aumento da resistência do solo à penetração pode causar efeitos prejudiciais ao sistema radicular das culturas, devido à estreita relação entre porosidade e crescimento radicular, com maior crescimento de raízes onde há maior número e continuidade de macroporos (Aratani, 2008). Nesse contexto, com o uso do penetrômetro é possível identificar camadas com maior resistência a penetração e com isso inferir a presença ou não da compactação do solo, o grau de compactação e a profundidade da camada compactada no perfil do solo e, com essas informações, optar pela tecnologia mais adequada para a descompactação (Drescher et al., 2012).

Diante disso, considerando o efeito dos diferentes manejos do solo, o trabalho teve como objetivo avaliar a resistência a penetração das raízes em diferentes modalidades de uso da terra no Planalto Sul Catarinense.

2. Material e Métodos

O trabalho foi realizado com dados coletados em uma propriedade rural, no município de Capão Alto, SC, localizada entre as coordenadas de 27°55' a 27°57'S e de 50°25' a 50°29'W. O clima do local, segundo a classificação de Köppen (1938), é mesotérmico úmido com verão fresco (Cfb), tendo temperatura média de 14 °C e altitude média de 1.022 m (SANTA CATARINA, 2012). O solo predominantemente no local é um Nitossolo Bruno (Embrapa, 2004), derivado de basalto da formação Serra Geral.

A área da fazenda é de 1.200 ha, sendo atualmente explorada com diferentes tipos de uso da terra. Sua paisagem original era campo natural entremeado pela floresta ombrófila mista, rica em espécies nativas, com predomínio da *Araucaria angustifolia*. Atualmente existem apenas resquícios de floresta natural e o campo natural foi ocupado por monocultivo de pinus, por pecuária extensiva e por lavouras em sucessão integrada com pecuária.

O experimento constituiu-se na avaliação de quatro tipos de uso da terra a seguir descritos:

a) floresta natural (FN), classificada como floresta ombrófila mista, com presença da espécie *Araucaria angustifolia*. Para este tratamento foi selecionada área de difícil acesso, nas quais a interferência antrópica e de animais era minimizada;

b) povoamento de *Pinus taeda* (PP), com idade entre 8 a 10 anos, sendo este o primeiro ciclo de cultivo. Anteriormente esta área era ocupada por campo natural pastejado com bovinos.

c) lavoura integrada com pecuária (ILP). Esta área foi cultivada com espécies anuais agrícolas (sucessão feijão/milho) na primavera-verão e mantido sob pastejo (aveia/azevém) no outono-inverno onde o preparo do solo era convencional (1 aração + 2 gradagens) por 10 anos. Há 8 anos o cultivo anual vem sendo sob semeadura direta, sem o revolvimento do solo, com a sucessão milho/soja na primavera-verão e sob pastejo com aveia e azevém no outono-inverno. A calagem foi realizada no ano de 2009, com aplicação superficial de 6 t ha⁻¹ de calcário dolomítico.

d) campo natural pastejado submetido à queima (CNP), na forma extensiva tradicional por mais de 70 anos. Neste tipo de uso, é realizada a queima do campo a cada dois anos, para provocar a renovação das pastagens ao final da estação de inverno.

A Tabela 1 apresenta as características granulométricas do solo nas diferentes camadas e tipos de uso da terra.

Tabela 1 - Granulometria em diferentes camadas e tipos de uso da terra

Uso da terra	Camada (cm)	Argila	Silte	Areia
		-----%-----		
FN	0-5	37	57	6
	5-10	40	54	6
	10-20	45	50	5
	20-40	48	47	5
PP	0-5	53	41	6
	5-10	53	41	6
	10-20	56	39	5
	20-40	62	34	4
ILP	0-5	60	35	5
	5-10	61	34	5
	10-20	63	33	4
	20-40	69	27	3
CP	0-5	57	37	6
	5-10	60	33	7
	10-20	57	39	4
	20-40	68	27	5

Onde: FN - floresta natural; PP - plantio de pinus; ILP - Integração lavoura-pecuária; CP - campo submetido à queima.

A definição dos pontos de coleta a campo foi realizada por meio de levantamento amostral ao acaso, com nove pontos amostrais por tipo de uso, sendo as coletas realizadas entre setembro de 2012 a abril de 2013. Para diminuir a interferência da variabilidade do ambiente, os pontos de coleta foram previamente definidos por tradagem aleatória nos locais onde a profundidade do solo (horizonte A+B) foi superior a 1 m. Foram coletadas amostras de solo com estrutura preservada em anéis volumétricos metálicos com bordas cortantes, em quatro camadas do solo (0-5; 5-10; 10-20; e 20-40 cm).

A resistência do solo à penetração mecânica foi determinada em laboratório, com auxílio de um penetrômetro estático de bancada, o qual apresentava uma haste de 4 mm de diâmetro que era introduzida no solo a uma velocidade de 30 mm min⁻¹, após as amostras serem retiradas da mesa de tensão de areia a sucção de 10 kPa (umidade na capacidade de campo).

Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva (médias dos pontos amostrados) e do intervalo de confiança das médias (IC) ao nível de 10 % de probabilidade de erro.

3. Resultados e discussões

O solo sob diferentes tipos de uso da terra apresentou comportamento distinto quanto à resistência mecânica à penetração das raízes. A R_p variou de 0,61 a 1,93 MPa (Figura 1, Tabela 2). Os menores valores deste atributo físico foram encontrados na FN, em todas as camadas. O mesmo ocorreu em experimento de Tormena et al. (2002), avaliando a R_p de diferentes tipos de usos de um Latossolo Vermelho eutrófico na cidade de Colina, SP; e de Matias et al. (2009) estudando a R_p de diferentes tipos de uso em um Latossolo Vermelho distrófico em Araruna, PR. Já em trabalho de Siqueira et al. (2017), foi constatado menor R_p no sistema de plantio convencional e mata nativa, e maiores valores da variável para sistemas de pastagem.

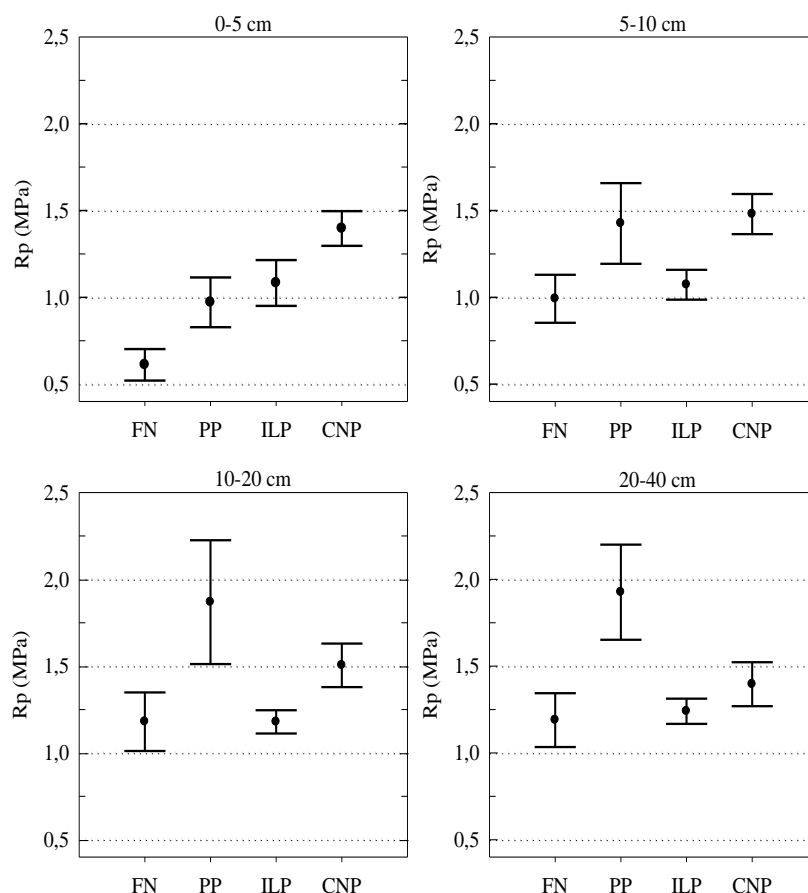
Na camada de 0-5 e 5-10 cm, o CNP se destacou pelos maiores valores de R_p , não apresentando afinidade através do IC com outro tipo de uso da terra na primeira camada do solo e semelhante ao PP na segunda camada. Senra et al. (2007) também encontraram maiores valores de R_p na camada de 0-5 cm em área de pastagem. Tais resultados podem ser explicados pela pressão exercida pelos animais no solo, agravado pelo uso do fogo a cada dois anos e pelo tempo de utilização do solo com pastejo que, foi mais de 70 anos.

Na camada de 10-20 e 20-40 cm o PP teve destaque com os maiores valores de R_p . Solos florestais podem ser compactados tanto por fatores externos, como tráfego de veículos e crescimento de grandes raízes que pressionam as partículas de solo para forçar a passagem, como por fatores internos, resultantes de ciclos de umedecimento e secagem, além de fatores pedogenéticos derivados da evolução do solo que podem causar adensamento em camadas subsuperficiais (Camargo, 1997).

Para culturas agrícolas, solos cuja resistência possui valores acima de 2,0 MPa, o crescimento de raízes é limitado (Arshad et al., 1996). No entanto, os valores encontrados na ILP e CNP variaram de 1,07 a 1,50 MPa, estando abaixo do valor crítico de crescimento das raízes. A ILP apresentou valores de R_p menores em relação ao CNP, com exceção da camada de 20-40 cm. Isto se deve ao fato que a integração com lavoura e ausência de fogo pode preservar alguns atributos físicos do solo responsáveis pelo crescimento das plantas, em comparação com a atividade de pecuária tradicional onde o fogo foi usado.

Observou-se um aumento da Rp com o aumento da profundidade, para todos os tipos de uso, com exceção do CNP, na profundidade de 20-40 cm. O aumento da Rp com o aumento da profundidade também foi observado por: Siqueira et al. (2017), avaliando a Rp sob solos de mata nativa do Cerrado, plantio convencional e pastagem; e por Mazurana et al. (2013) avaliando propriedades físicas de um argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas.

Figura 1 – Resistência do solo à penetração mecânica, em diferentes camadas, submetido a quatro tipos de uso da terra. FN – floresta natural; PP – plantio de pinus; ILP - integração lavoura pecuária; CNP - campo natural pastejado submetido à queima



Onde: Os pontos representam os valores médios e as barras verticais indicam o intervalo de confiança da média com 10 % de probabilidade de erro.

Tabela 2 -Valores médios e intervalos de confiança de resistência à penetração mecânica das raízes (MPa), nas diferentes camadas e modalidades de uso do solo

Camada (cm)	FN	PP	ILP	CNP
Resistência à penetração mecânica (MPa)				
0-5	0,61 ± 0,09	0,97 ± 0,14	1,08 ± 0,13	1,40 ± 0,10
5-10	0,99 ± 0,14	1,43 ± 0,23	1,07 ± 0,09	1,48 ± 0,12
10-20	1,18 ± 0,17	1,87 ± 0,36	1,18 ± 0,07	1,50 ± 0,13
20-40	1,19 ± 0,15	1,93 ± 0,27	1,24 ± 0,07	1,40 ± 0,13

4. Conclusões

Em condição de floresta natural, a resistência à penetração mecânica foi menor em comparação ao pinus, campo natural pastejado e a integração lavoura-pecuária; tais efeitos foram mais pronunciados nas camadas superficiais do solo.

5. Referências bibliográficas

- AGUIAR, A. P. D.** 2002. *Modelagem de mudanças de uso e cobertura do solo na Amazônia: Questões Gerais*. In: Instituto nacional de pesquisas espaciais. São José dos Campos. INPE, 2002.
- ARATANI, R. G.** *Qualidade física e química do solo sob diferentes manejos e condições edafoclimáticas no Estado de São Paulo*. 139 f. Tese (Doutorado em agronomia) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2008.
- ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B.** Physical tests for monitoring soil quality. p. 123-141. In: Doran, J. W.; Jones, A. J. *Methods for assessing soil quality*. Madison: Soil Science Society of America, 1996.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J. F.; LEITE, D.; BATISTELA, O.** *Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo*. Scientia Agrícola Vol. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.
- BERTOL, I.; ALBUQUERQUE, J. A.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JUNIOR, W. A.** *Propriedades físicas do solo sob preparo convencional e semeadura direta em rotação e sucessão de culturas comparadas às do campo nativo*. Revista Brasileira de Ciência do Solo Vol. 28, n. 1, p. 155-163, 2004.
- CAMARGO, O.A.** *Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas*. Piracicaba: Abril, 1997.
- DRESCER, M. S.; ELTZ F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGANELLO A.; GERSON L. D.** *Resistência à penetração e rendimento da soja após intervenção mecânica em Latossolo Vermelho sob plantio direto*. Revista Brasileira de Ciência do Solo Vol. 36, n. 6, p. 1836-1844, 2012.
- EMBRAPA.** *Solos do estado de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2004.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A.** *Applications of the resistance curve in the control of the physical quality of soils under grass*. Pesquisa Agropecuária Brasileira Vol. 35, n. 7, p. 1493-1500, 2000.
- MATIAS, S. S. R.; BORBA, J. A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A. R. CAMARA, F. T.** *Atributos físicos de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes usos*. Revista Ciência Agrônômica Vol. 40, n. 3, p. 331-338, 2009.
- MAZURANA, M.; FINK, J. R.; SILVEIRA, V. H.; LEVIEN, R.; ZULPO, L.; BREZOLIN, D.** *Propriedades físicas do solo e crescimento de raízes de milho em um Argissolo vermelho sob tráfego controlado de máquinas*. Revista Brasileira de Ciência do Solo Vol. 37, n. 5, p. 1185-1195, 2013.
- RIBON, A. A. & TAVARES FILHO, J.** *Estimativa da resistência mecânica à penetração de um Latossolo Vermelho sob cultura perene no norte do estado do paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo Vol. 32, n. 5, p. 1817-1825, 2008.*

SANTA CATARINA. *Capão Alto.* Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/conteudo/municipios/framesetmunicipios.htm>>. Acesso em 11 de abril de 2012.

SENRA, A. F.; LOUZADA R. O.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, C. M. A.; MOCHIVICTOR, D. *Resistência à penetração em “Latossolo Vermelho” sob diferentes sistemas de uso e manejo do solo.* Revista Ciências Técnicas Agropecuarias Vol. 16, n. 1, p. 30-36, 2007.

SIQUEIRA, K. N.; SANTOS, R. F.; SANTOS, J. M.; SANTOS, J. H.; OLIVEIRA, Q. C.; FERREIRA, A. C. A. *Resistência à penetração e estabilidade de agregados sob solos de mata nativa do cerrado, plantio convencional e pastagem.* Rev. Tree dimensional, ProFloresta Vol. 2, n. 4, p. 2017.

TAVARES FILHO, J. & RIBON, A. A. *Resistência do solo à penetração em resposta ao número de amostras e tipo de amostragem.* Revista Brasileira de Ciência do Solo Vol. 32, p. 487-494, 2008.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA A. C. S.; GONÇALVES A. C. A. *Densidade, porosidade e resistência à penetração em Latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo.* Scientia Agrícola Vol. 59, n. 4, 795-801, 2002.

UNGER, P. W.; CASSEL D. K. *Tillage implement disturbance effects on soil properties related to soil and water conservation: a literature review.* Soil Tillage Research Vol. 19, n. 4, p. 363-382, 1991.