



## Variabilidade da resistência mecânica à penetração em áreas permeáveis na Bacia do Rio das Pedras Campinas-SP.<sup>(1)</sup>

**Desirée B. Damame<sup>(2)</sup>; Regina M. Longo<sup>(3)</sup>; Admilson I. Ribeiro<sup>(4)</sup>; Raissa T. Gomes<sup>(5)</sup>; Felipe H. Fengler<sup>(6)</sup>, Roberta P. Uzzo<sup>(7)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo e bolsa de mestrado da Capes. <sup>(2)</sup> Mestranda em Sistemas de Infraestrutura Urbana da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, [desireedamame@yahoo.com.br](mailto:desireedamame@yahoo.com.br) <sup>(3)</sup> Docente da Pontifícia Universidade Católica de Campinas <sup>(4)</sup> Docente da Universidade Estadual de São Paulo-Campus de Sorocaba/SP; <sup>(5)</sup> Mestranda em Sistemas de Infraestrutura Urbana da Pontifícia Universidade Católica de Campinas; <sup>(6)</sup> Doutorando Universidade Estadual de São Paulo, <sup>(7)</sup> Pesquisadora do, Instituto Agrônomo de Campinas IAC..

**RESUMO:** O solo é um recurso natural que vem sendo continuamente afetado pelo crescimento populacional ocorrido nas últimas décadas. O acelerado processo de urbanização e crescimento das cidades mudam severamente as paisagens, implicando em uma degradação ambiental cada vez mais notável. A compactação dos solos é um dos principais problemas relacionados ao meio urbano, pois impede que a água infiltre entre os poros e dificulta o crescimento das raízes, deixando o solo exposto e elevando os problemas de arraste de sedimentos. A área de estudo localiza-se na Bacia do Rio das Pedras, em Campinas-SP sendo densamente urbanizada, com forte influência urbana. Para a realização deste estudo utilizou-se um Penetrometro do tipo Stiboka com penetração máxima de 60 cm. Como resultados obtidos pode-se observar que, aproximadamente, 55,3% da área permeável da bacia possui resistência a penetração média podendo-se concluir que a área sofre grande pressão da urbanização, refletindo de maneira direta na compactação do solo.

**Termos de indexação:** Solo, compactação, urbanização.

### INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização e o crescimento desordenado das cidades mudam severamente a paisagem e as feições desencadeadas por processos físicos implicando em uma degradação ambiental cada vez mais notável. Neste contexto, feições erosivas decorrentes da má utilização do solo e falta de planejamento provocam sérios impactos. (GOMIDE 2011 *apud* BARBOSA, et al., 2014)

A urbanização e seus processos podem comprometer o solo, elevando sua compactação, diminuindo sua porosidade e taxa de infiltração de água, aumentando as taxas de escoamento superficial. Todos esses fatores elevam o pico de vazão no rio, devido ao rápido escoamento das chuvas até a calha do rio, o que eleva o risco de enchentes e alagamentos (PEDRON, 2004).

Compactar um solo significa elevar a compressão de um solo não saturado, aumentando sua densidade e reduzindo seu volume. A compactação produz ainda efeitos diretos nas propriedades físicas do solo. A resistência mecânica, por exemplo, aumenta substancialmente em função da compactação, enquanto a porosidade total decresce (DIAS JUNIOR, 2000).

Segundo a USDA (2000) a compactação do solo em áreas urbanas ocorre em dois estágios, no primeiro a área total do terreno é compactada a fim de auxiliar no tráfego de máquinas, pavimentação do terreno e pelas condições de construção, já o segundo ocorre quando a obra já está finalizada, devido ao trânsito de veículos e pedestres nas áreas verdes restantes. O impacto de uma chuva sobre um solo é capaz de transportá-lo, podendo causar sua compactação e diminuir sua capacidade de infiltração, fazendo com que a quantidade de escoamento superficial se eleve. (CARNEIRO et al 2009). Neste contexto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a resistência mecânica a penetração do solo em áreas permeáveis da bacia do Rio das Pedras em Campinas/SP sob diferentes usos e ocupações e pressões antrópicas.

### MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Bacia do Rio das Pedras, a qual possui área de 42 km<sup>2</sup> e está localizada a noroeste do município de Campinas-SP, sendo delimitada pelas coordenadas 22°47'10" e 22°52'20" S, e 47° 07'15" e 46° 02' 15" O. A bacia possui forte percentual de urbanização, localizando-se diversas residências, universidades, hospital e até mesmo um shopping de grande porte. Dagnino (2007) classificou a bacia como sendo ocupada por 52,6% de construções, 33,7% para fins agrícolas e 12,2% com áreas vegetadas. Os solos típicos da bacia são Latossolos, Argissolos, Gleissolos e Cambissolos. O município de Campinas/SP possui clima tipicamente subtropical, dada sua proximidade com o Trópico de Capricórnio e sua altitude, que se encontra entre 500 e 1.100 m. Está localizada entre o Planalto Cristalino Atlântico e a

Depressão Periférica, do Estado de São Paulo. O relevo na Bacia do Rio das Pedras é em sua maior parte suave ondulado e algumas áreas planas

Os pontos de amostragem foram definidos levando em consideração: o distanciamento espacial, o tipo de solo e o tipo de cobertura vegetal. Buscou-se coletar diferentes cenários ao longo da bacia, para que fosse possível assim obter uma macro visão da área estudada. No total foram amostrados 37 pontos distribuídos ao longo da bacia de modo a contemplar toda a sua área

### Análise e tratamento dos dados

Para a determinação da resistência a penetração foi utilizado um penetrômetro tipo Stiboka produzido pela Sondaterra com penetração máxima de 60 cm com o cone padrão. Foram coletadas informações de resistência a penetração e de umidade para as profundidades de 0-40cm em cada um dos pontos amostrado segundo metodologia descrita por Stolf (1991). Em seguida, coletou-se uma amostra deformada para a determinação da umidade do solo.

Os dados obtidos foram analisados segundo Canarache, (1990) observando os valores críticos para classes de resistência a penetração de solos, juntamente com o grau de limitação para o crescimento e desenvolvimento das raízes, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1-Limites de classes de resistência de solos a penetração e graus de limitação ao crescimento das raízes**

Classes	Limites (MPa)	Limitação ao Crescimento das Raízes
Muito baixa	<1,1	Sem limitação
Baixa	1,1-2,5	Pouca limitação
Média	2,6-5	Alguma limitação
Alta	5,1-10	Sérias limitações
Muito Alta	10,1-15	Raízes praticamente não crescem
Extremamente alta	>15	Raízes não crescem

Fonte: Canarache 1990 – adaptação

Para análise estatística dos dados foram calculadas as médias, as medianas, variâncias, e análises de correlação. Utilizou-se ainda a análise geoestatística no software ArcGis (10.1), fazendo uso da ferramenta de vizinhos mais próximos, para que fosse possível por meio da interpolação gerar uma visão geral da área a mostrada.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

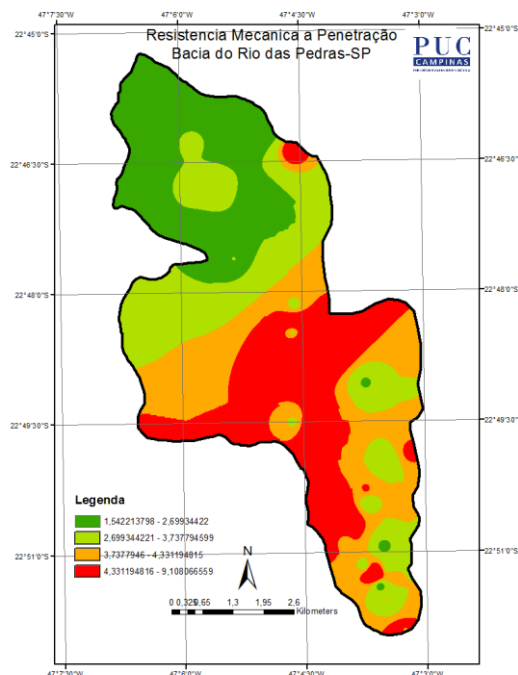
Na Tabela 2 observa-se a distribuição percentual e do número de pontos amostrados em classes com os limites de resistência a penetração do solo

relacionadas a limitação ao crescimento das raízes (Canarache, 1990), o que indica que a grande parte da bacia do Rio das Pedras encontra-se na classe de média compactação, o que implica em limitações para o crescimento e desenvolvimento das raízes e consequente infiltração da água no solo.

**Tabela 2- Número e percentual de pontos amostrados pertencentes as classes (Canarache,1990).**

Classe	Numero de pontos	Percentual de pontos (%)
Baixa	9	23,7
Média	21	55,3
Alta	8	21

Fazendo a interpolação dos dados e a distribuição espacial dos valores em um mapa base da Bacia do Rio das Pedras, foi possível observar que, de maneira geral, as áreas da parte média da bacia da bacia apresentaram o índice de resistência mecânica a penetração do solo de média e alta, podendo estar possivelmente associada a elevada urbanização nessas áreas (Figura 1). Nesses locais encontra-se a maior parte das residências, além das universidades e o shopping, o que elevaria o transito de pessoas e veículos e o aumento na quantidade de áreas permeáveis, ocasionando danos a estrutura do solo.



**Figura 1- Mapa de interpolação dos pontos amostrados em relação a resistência mecânica a penetração do solo na Bacia do Rio das Pedras-Campinas/SP.**



De maneira geral, o valor médio observado na bacia foi de 3,7782 MPa que se encontra na classe média de resistência segundo Canarache (1990). Ribeiro et al. (2006) observaram que o método de interpolação (vizinhos mais próximos), de acordo com a variação espacial da resistência mecânica à penetração, permite dividir a área estuda em subáreas possibilitando um futuro gerenciamento localizado de forma a reduzir custos e interferências desnecessárias ao ambiente.

Na Parte baixa da bacia, onde localizaram-se os menores valores de resistência mecânica a penetração, é uma área de loteamentos novos, e ainda e expansão, uma resistência mais baixa pode estar associada portanto a quantidade de área permeável que ainda resta nesse local.

Nas Figuras 2 e 3 pode-se observar a distribuição dos valores dos pontos amostrados

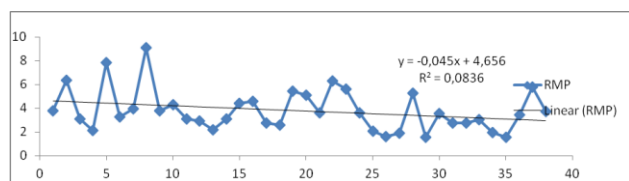


Figura 2 - Distribuição médias dos valores de Resistencia mecânica a Penetração (MPa) para os pontos amostrados.

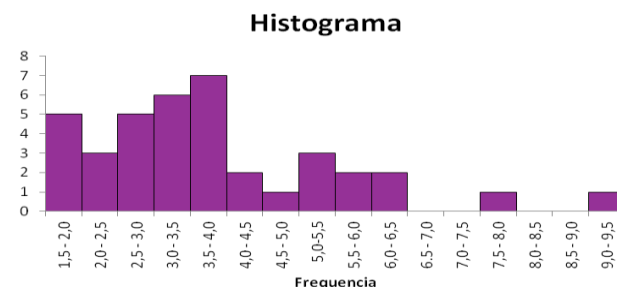


Figura 3- Histograma de distribuição de frequência da RMP em (MPa) nos pontos amostrados

Analisando-se o histograma observa-se a forte frequência de pontos no intervalo de 1,5 a 4,0 MPa, sendo possível observar que alguns apresentam uma elevação na frequência entre 5,0 a 5,5 Mpa, revelando uma grande concentração dos pontos em uma faixa de média intensidade de resistência a penetração e alguns em alta resistência. De maneira geral, pode-se observar que 55,3% da área da bacia possui resistência a penetração média, o que significa que existem limitações para o crescimento e desenvolvimento de raízes e ainda, que não existem áreas sem limitações ao crescimento das raízes, isso porque, nenhum dos pontos amostrados teve resistência mecânica a penetração inferior a 1 MPa.

## CONCLUSÕES

De maneira geral, pode-se concluir que a bacia do Rio das Pedras sofre grande pressão da urbanização, o que vem gerando impactos diretos na resistência mecânica a penetração do solo e conseqüentemente dificultando o crescimento e desenvolvimento radicular impedindo que a vegetação se estabeleça naturalmente nos pontos permeáveis da bacia e provavelmente gerando dificuldades na infiltração da água do solo. Assim elaboração de políticas públicas que visem definir o uso futuro das áreas permeáveis da bacia bem como ações que visem melhorar as propriedades do solo nas condições já existentes devem ser implementadas.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo(FAPESP), pela concessão dos recursos necessários ao desenvolvimento deste trabalho, a CAPES pela concessão da bolsa de estudo e à PUC Campinas pelo apoio estrutural.

## REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A. R., ANDRADE, R. B., MALAGUTH, L., NEGREIROS, A. B., & PEREIRA, G. (2014). Evolução de um voçorocamento em área urbana no município de Cruzilia, mg. *Revista Territorium Terram* , 2 (4), 125-142
- CANARACHE A Factors and indices regarding excessive compactness of Agricultural soil. *Soil Tillage Res.*,19:145-165 1991.
- CARNEIRO, M;SOUZA, E; et.al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. *R. Bras. Ci. Solo*, 33:147- 157, 2009.
- DAGNINO, R. S. Riscos ambientais na bacia do Ribeirão das Pedras, Campinas - São Paulo. 2007. 126f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- PEDRON, F. A. et al.. Solos urbanos. *Ciência Rural*, v. 34, n. 5, p.1647-1653, out. 2004.
- RIBEIRO, A. Í. ; LONGO, R. M.; TEIXEIRA FILHO, A MELO, W.J.. Diagnóstico de uma área compactada por atividade minerária, na floresta amazônica, empregando métodos geoestatísticos à variável resistência mecânica à penetração do solo. *Acta Amaz.* . 2006, vol.36, n.1, pp. 83-89.
- STOLF, R. Operação do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR., 1984. 8p. (Série Penetrômetro de Impacto. Boletim n.2)



USDA-NRCS. Urban soil compaction. Urban Technical Note Nº 2, march, 2000a. Capturado em 15 de maio de 2002. Online. Disponível na Internet <<http://www.statlab.iastate.edu/survey/SQL/pdf/u01d.pdf>>. Acesso em: abril.2015.