



ENSAIO DE PERMEABILIDADE PARA SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL

PERMEABILITY ASSAY FOR SUSTAINABLE DRAINAGE SYSTEMS

Lucy Antunes Grisolia Rimes; Marcelo Gomes Miguez; André de Souza Avelar

UFRJ - Programa de Engenharia Urbana, lucy@poli.ufrj.br; UFRJ - Programa de Engenharia Urbana; UFRJ
- Laboratório de Geo-Hidroecologia

Palavras-Chave: permeabilidade, permeômetro de Guelph, drenagem sustentável.

Key Words: permeability, Guelph permeameter, sustainable drainage.

1. INTRODUÇÃO

Nos sistemas de drenagem urbana, as técnicas compensatórias para o manejo das águas pluviais, em especial nas estruturas de infiltração, a determinação da permeabilidade do solo é fundamental para o sucesso do sistema. A princípio, condutividades hidráulicas compreendidas entre 10^{-3} e 10^{-6} m/s atendem às especificações destas estruturas sendo indispensáveis ensaios no local do empreendimento para verificação (Baptista et al, 2005). O valor da condutividade hidráulica depende principalmente da granulometria do solo, sugerindo a aplicação de métodos de campo que, em geral, exigem maior esforço experimental (Bielschowsky, 2012).

O conceito de drenagem sustentável visa reter a água da superfície gerada pela chuva, perto de onde ela cai, e gerencia-la de forma a reproduzir seu ciclo natural, em uma prática reversa à tradicional (Dearden, 2013). Este ciclo é alterado principalmente com a impermeabilização do solo provocada pela urbanização, que diminui significativamente a infiltração da água. Por isso, a legislação em países do Reino Unido, determina uma hierarquia na escolha da técnica não convencional adequada, dando aos sistemas de infiltração precedência sobre o reuso ou o armazenamento do escoamento superficial (Defra, 2011 apud Dearden, 2013). Este trabalho mostra resultados de ensaios de campo para a determinação da condutividade hidráulica. Sua área de aplicação, o Horto Universitário da UFRJ, está localizado dentro da Cidade Universitária, na Ilha do Fundão, com área de 26.500m². A construção da Cidade Universitária remonta do início da década de 50, após o aterramento de oito ilhas, este fato, poderia afastar a viabilidade de um projeto de drenagem sustentável com medidas de infiltração, já que se tornariam inefetivas. Porém, na sobreposição de mapas, das ilhas originais e da configuração atual infere-se que o empreendimento

está localizado na área pertencente a uma das ilhas originais, com solo de aspecto predominantemente arenoso. Esta condição não descarta possíveis aterros pouco espessos, (menores que 1 metro) realizados para a elevação de cotas do terreno. Mediante a dúvida, foram escolhidos para os ensaios três pontos (fig.1) próximos à futura instalação dos sistemas de infiltração. O projeto de drenagem sustentável, neste caso, se refere à implantação de trincheiras e valo de infiltração associados a jardins de chuva, que produzem armazenamento subterrâneo temporário para infiltração das águas pluviais, conforme apresentado na figura 1.

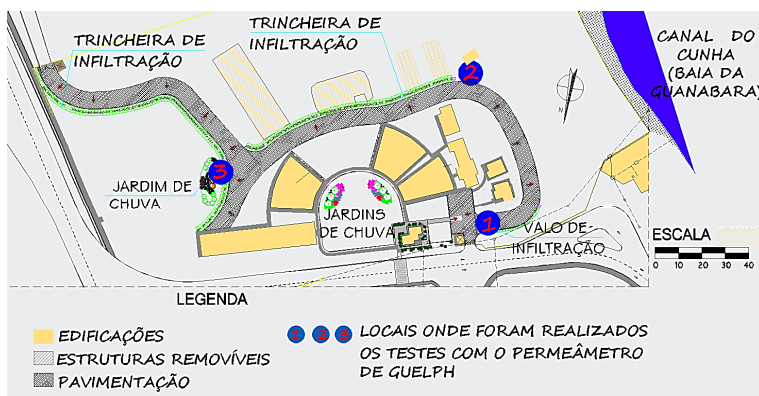


Figura 1 – Estruturas de infiltração do Horto Universitário com a localização dos ensaios.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O equipamento utilizado foi o permeâmetro de Guelph Modelo 2800K1, sua escolha se deve a característica de executar medições em profundidades que variam entre 15 a 75 cm permitindo a definição dos valores de condutividade hidráulica ao logo do furo. O permeâmetro de Guelph (fig. 2A) é dividido em quatro seções básicas: tripé; tubo de suporte e tubo de ar inferiores; reservatório na parte central e tubo superior de entrada de ar. O ensaio consiste na perfuração do solo com trado manual na profundidade desejada, regularização do fundo com o trado cilíndrico e aplicação de escova no furo para retirada de solo compactado devido à rotação do trado. O aparelho após montado é posicionado sobre o furo e o corpo de acrílico é preenchido com água. O ensaio é iniciado quando o tubo superior de entrada de ar (fig. 2C) é posicionado em posição diferente de zero (carga de pressão), simultaneamente a tampa do reservatório inferior abre e se mantém afastada do orifício de saída na mesma proporção. Com a liberação da água, uma pequena área no fundo do poço fica saturada formando um bulbo (fig. 2B) que atingirá uma forma estável depois de determinado tempo. Em intervalos de tempo constantes são feitas leituras que podem ser no reservatório combinado, para solos mais permeáveis, ou no reservatório interior, para solos de permeabilidade mais baixa. O ensaio termina quando a diferença entre as medições, no mínimo de três, atingirem um valor constante.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada um dos três pontos foram feitos quatro ensaios em duas profundidades diferentes e com duas cargas de pressão (H1 e H2). A tabela 1 mostra os resultados obtidos para o ponto 1.

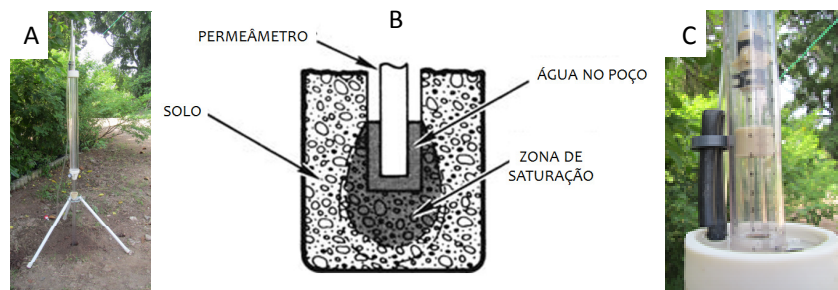


Figura 2 – A – Permeâmetro; B – Formação de bulbo dentro do poço; C – Tubo superior de entrada de ar, - Fonte: SOILMOISTURE.

Tabela 1: Leituras de campo com o permeâmetro para o ponto 1

DATA: 26/12/2013 - 1º CONJUNTO DE LEITURAS				DATA: 07/01/2014 - 2º CONJUNTO DE LEITURAS			
PONTO 1		RESERVATÓRIO INTERNO AR = 2,14 cm ²		PONTO 1		RESERVATÓRIO INTERNO AR = 2,14 cm ²	
CARGA H1 = 5 cm		PROF. = 17 cm		CARGA H1 = 5 cm		PROF. = 57 cm	
TEMPO	INTERVALO DE TEMPO	MEDICAÇÃO	VARIACÃO	TEMPO	INTERVALO DE TEMPO	MEDICAÇÃO	VARIACÃO
4	2	4,2	1,2	4	2	17,1	
6	2	5,3	1,1	6	2	19,1	2,0
8	2	6,5	1,2	8	2	20,4	1,3
10	2	7,6	1,1	10	2	21,6	1,2
12	2	8,5	0,9	12	2	22,5	0,9
14	2	9,6	1,1	14	2	23,5	1,0
16	2	10,5	0,9	16	2	24,5	1,0
18	2	11,4	0,9	18	2	25,5	1,0
20	2	13,3	0,9				
CARGA H2 = 20 cm		PROF. = 17 cm		CARGA H2 = 10cm		PROF. = 57 cm	
4	2	14,5	1	4	2	33,7	0,6
6	2	15,2	0,7	6	2	34,4	0,7
8	2	15,9	0,7	8	2	35	0,6
10	2	16,6	0,7	10	2	35,5	0,5
12	2	17,3	0,7	12	2	36,2	0,7
14	2	18	0,7	14	2	36,9	0,7
				16	2	37,6	0,7

A condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) é determinada pela equação (1), onde as constantes são dadas pelo fabricante em função das características do aparelho e diâmetro do furo, AR é a área do reservatório (interior ou combinado) onde foi feita a leitura e R1 e R2 são as taxas de fluxo em estado estacionário para o 1º e 2º conjuntos de leituras respectivamente.

$$K_{sat} = [0,0041 \times AR \times R2] - [0,0054 \times AR \times R1] \quad (1)$$

Para o 1º conjunto de leituras do ponto 1 temos: $R1 = (0,9/2)/60 = 0,0075\text{cm/s}$ e $R2 = (0,7/2)/60 = 0,0058\text{cm/s}$. Portanto, quando introduzidos os valores na equação (1) surgem valores negativos. Segundo Aguiar (2001, p.26), “Para meios heterogêneos e com grandes vazios, os cálculos utilizando mais de uma carga de pressão, levam a resultados negativos”. Significa que no segundo ensaio quando a carga é maior, os vazios são comprimidos (adensamento) dificultando a passagem da água. É possível que a sucção (capilaridade) do solo durante o primeiro ensaio esteja mais elevada, devido a menor umidade volumétrica em condição anterior ao momento da saturação,

levando a uma maior infiltração de água, isto é, saindo mais água do permeâmetro para o solo. O manual do aparelho esclarece que o procedimento pode ser feito com apenas uma carga de pressão, o que o torna mais simples e gera sempre resultados positivos, embora menos precisos. Mas, para aplicações de engenharia, este nível de precisão é suficiente. O mesmo procedimento de leitura foi realizado para os pontos 2 e 3. A tabela 2 mostra os resultados obtidos para K_{sat} nos ensaios para os pontos 1, 2, 3 e suas respectivas médias. Então, a média encontrada para os três pontos será o valor utilizado para o dimensionamento das estruturas de infiltração, que é igual a $K_{sat} = 3,23 \times 10^{-4}$ m/s. Foram necessários cinco dias sem precipitação pluviométrica, para a realização de todos os ensaios. Para o ponto 1, foram feitos oito ensaios e apenas quatro foram validados. Embora o equipamento seja de fácil manuseio, requer alguma prática do operador, por isso, nos ensaios do ponto 3, por exemplo, foram necessários apenas cinco ensaios para os quatro válidos.

Tabela 2: Média dos resultados para os três pontos.

	1º ENSAIO	2º ENSAIO	3º ENSAIO	4º ENSAIO	MÉDIA
PONTO 1	$8,67 \times 10^{-5}$ m/s	$5,09 \times 10^{-5}$ m/s	$9,59 \times 10^{-5}$ m/s	$5,09 \times 10^{-5}$ m/s	$7,11 \times 10^{-5}$ m/s
PONTO 2	$1,59 \times 10^{-3}$ m/s	$1,2 \times 10^{-3}$ m/s	$3,17 \times 10^{-4}$ m/s	$1,21 \times 10^{-3}$ m/s	$8,07 \times 10^{-4}$ m/s
PONTO 3	$9,59 \times 10^{-5}$ m/s	$5,09 \times 10^{-5}$ m/s	$1,25 \times 10^{-4}$ m/s	$8,77 \times 10^{-5}$ m/s	$8,99 \times 10^{-5}$ m/s

4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios demonstram que o solo em estudo se classifica na faixa daqueles com boa infiltração, validando a aplicabilidade das medidas de infiltração. A variação da resposta encontrada é justificada pelas diferentes profundidades de cada ensaio, que atingem camadas de solo com propriedades distintas. A permeabilidade do solo influencia diretamente na vazão de saída – tempo de esvaziamento – das estruturas de infiltração, por isso, quanto maior, mais compactas serão as dimensões do dispositivo. Portanto, conclui-se que o local é adequado a receber técnicas compensatórias de infiltração.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. B. O emprego do permeâmetro de guelph na determinação da permeabilidade do solo, de camadas de lixo e sua cobertura. Tese (Doutorado de Eng. Civil) - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 67p, 2001.
- BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. Técnicas compensatórias em drenagem urbana. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre. 266p, 2011.
- BIELSCHOWSKY, C.; Barbosa, A. C.; ALVES, L.; SILVA JUNIOR, C. G. Determinação da condutividade hidráulica saturada de campo em solos com diferentes texturas utilizando o método do permeâmetro IAC. Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO, Campos dos Goytacazes. v.03, n.01, p.44-55, 2012.
- DEARDEN, R.A.; MARCHANT, A.; ROYSE, K. Development of a suitability map for infiltration sustainable drainage systems (SuDS). Environmental Earth Science, New York. v.70, p. 2587-2602, 2013.
- SOILMOISTURE. Model 2800KI Guelph permeameter: operating instructions. Dezembro ,2012.