



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CT – CENTRO TECNOLÓGICO**  
**DEC – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**  
**LAMES – Laboratório de Mecânica dos Solos**

## **RELATÓRIO DE ENSAIO N° 5009**

**MATERIAL:** Solo compactado com Aditivo a base de polímeros sintéticos líquidos de secagem rápida (CMV)

**INTERESSADO:** Chroma Engenharia e Tecnologia Ltda  
Rua Montes Claros, 1052 - Conj. 105 - Anchieta - Belo Horizonte/ MG -  
CEP: 30310-370

**ENSAIO:** Determinação de permeabilidade in situ por meio de utilização de permeâmetro tipo Guelph.

**OBSERVAÇÃO:** Campo experimental compactado e tratado superficialmente com Aditivo a base de polímeros sintéticos líquidos de secagem rápida (CMV) de acordo com as recomendações técnicas do fabricante.

**NÚMERO TOTAL DE AMOSTRAS ENSAIADAS:** 2 unidades.

Vitória, 25 de abril de 2014.

Prof. Dr. Patrício José Moreira Pires  
**Coordenador do LAMES**





## Solo Compactado e Tratado Superficialmente com CMV

### PERMEÂMETRO DE GUELPH ENSAIO DE CAMPO



CLIENTE: CHOMA ENSAIO Nº: E-03  
 PROJETO: Determinação de K EMPRESA EXECUTORA: UFES  
 LOCAL: Vitória DATA EXECUÇÃO: 25/04/2014  
 COORD N: \_\_\_\_\_ COORD E: \_\_\_\_\_ COTA: \_\_\_\_\_  
 TÉCNICO RESP.: Patricio Pires AUXILIAR: \_\_\_\_\_

CONDIÇÕES DO ENSAIO	
RESERVATÓRIO INTERNO (Y = 2,17cm <sup>2</sup> )	<input checked="" type="checkbox"/>
RESERVATÓRIOS COMBINADOS (X = 35,39cm <sup>2</sup> )	<input type="checkbox"/>

INFORMAÇÕES GEOMÉTRICAS	
DIÂMETRO DO FURO:	<u>3,5 (pol.)</u>
PROFUNDIDADE DO FURO:	<u>17,50 (cm)</u>

Nível de Água no Poço (cm) = 5,00			Nível de Água no Poço (cm) = 10,00		
Tempo t (s)	Leitura Nível Reservatório h (cm)	Taxa Δ Nível Reservatório Δh/Δt (cm/s)	Tempo t (s)	Leitura Nível Reservatório h (cm)	Taxa Δ Nível Reservatório Δh/Δt (cm/s)
00:00:00	9,10	-	00:00:00	12,200	-
00:01:30	9,40	0,003	00:01:30	12,300	0,001
00:03:00	9,40	0,000	00:03:00	12,300	0,000
00:04:30	9,40	0,000	00:04:30	12,300	0,000
00:06:00	9,40	0,000	00:06:00	12,300	0,000
00:07:30	9,40	0,000	00:07:30	12,300	0,000
00:09:00	9,40	0,000	00:09:00	12,300	0,000
00:10:30	9,40	0,000	00:10:30	12,300	0,000
00:12:00	9,40	0,000	00:12:00	12,300	0,000
00:13:30	9,40	0,000	00:13:30	12,300	0,000
00:15:00	9,40	0,000	00:15:00	12,300	0,000
00:16:30	9,40	0,000	00:16:30	12,300	0,000
00:18:00	9,40	0,000	00:18:00	12,300	0,000
00:19:30	9,40	0,000	00:19:30	12,300	0,000
00:21:00	9,40	0,000	00:21:00	12,300	0,000
00:22:30	9,40	0,000	00:22:30	12,300	0,000
00:24:00	9,40	0,000	00:24:00	12,300	0,000
00:25:30	9,40	0,000	00:25:30	12,300	0,000
00:27:00	9,40	0,000	00:27:00	12,300	0,000
00:28:30	9,40	0,000	00:28:30	12,300	0,000
00:30:00	9,40	0,000	00:30:00	12,300	0,000
00:31:30	9,40	0,000	00:31:30	12,300	0,000
00:33:00	9,40	0,000	00:33:00	12,300	0,000
00:34:30	9,40	0,000	00:34:30	12,300	0,000
00:36:00	9,40	0,000	00:36:00	12,300	0,000
00:37:30	9,40	0,000	00:37:30	12,300	0,000
00:39:00	9,40	0,000	00:39:00	12,300	0,000
00:40:30	9,40	0,000	00:40:30	12,300	0,000
00:42:00	9,40	0,000	00:42:00	12,300	0,000
00:43:30	9,40	0,000	00:43:30	12,300	0,000
00:45:00	9,40	0,000	00:45:00	12,300	0,000
00:46:30	9,40	0,000	00:46:30	12,300	0,000
00:48:00	9,40	0,000	00:48:00	12,300	0,000
00:49:30	9,40	0,000	00:49:30	12,300	0,000
00:51:00	9,40	0,000	00:51:00	12,300	0,000
00:52:30	9,40	0,000	00:52:30	12,300	0,000
00:54:00	9,40	0,000	00:54:00	12,300	0,000
00:55:30	9,40	0,000			
00:57:00	9,40	0,000			
00:58:30	9,40	0,000			
01:00:00	9,40	0,000			
Taxa constante de fluxo (R <sub>1</sub> ) 3 leituras consecutivas:	0,000		Taxa constante de fluxo (R <sub>2</sub> ) 3 leituras consecutivas:	0,000	

#### Considerações para Cálculo:

- H<sub>1</sub> = 1ª carga hidráulica estabelecida no furo (cm).
- R<sub>1</sub> = Taxa constante de fluxo, obtida quando R<sub>1</sub> possui o mesmo valor em 3 leituras com intervalos de tempo consecutivos (cm/s).
- H<sub>2</sub> = 1ª carga hidráulica estabelecida no furo (cm).
- R<sub>2</sub> = Taxa constante de fluxo, obtida quando R<sub>2</sub> possui o mesmo valor em 3 leituras com intervalos de tempo consecutivos (cm/s).
- A<sub>trans</sub> = Área transversal do reservatório (cm<sup>2</sup>) podendo ser X ou Y definido de acordo com cada ensaio.
- X = Área transversal de 2 reservatórios (cm<sup>2</sup>).
- Y = Área transversal do reservatório interno (cm<sup>2</sup>).
- a = Raio do poço (cm).
- K<sub>s</sub> = Condutividade hidráulica saturada (cm/s).
- Φ<sub>m</sub> = Fluxo Potencial Mático, expresso em cm<sup>2</sup>/s.
- α = Parâmetro alfa, expresso em cm<sup>-1</sup>.
- C = Parâmetro C, proporcional H/a (Gráfico C x H/a)
- C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> = Fator C correspondente a H<sub>1</sub>/a e H<sub>2</sub>/a, respectivamente.

#### Cálculo da Condutividade Hidráulica Saturada de Campo (Ehrick et al., 1989)

##### • Método 1:

$$C_1 = 0,6 \quad C_2 = 1,2$$

$$G_2 = H_1 \times C_2 / \pi [2 \times H_1 \times H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 \times C_2 - H_2 \times C_1)]$$

$$G_1 = G_2 \times [(H_2 \times C_1) / (H_1 \times C_2)]$$

$$G_2 = 0,006 \text{ cm}^2 \quad G_1 = 0,0059 \text{ cm}^2$$

$$Q_1 = A_{trans} \times R_1 \quad \rightarrow \quad Q_1 = 0,000 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$Q_2 = A_{trans} \times R_2 \quad \rightarrow \quad Q_2 = 0,000 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$J_1 = (2 \times H_2^2 + a^2 \times C_2) C_1 / 2 \times \pi [2 \times H_1 \times H_2 (H_2 - H_1) + a^2 (H_1 \times C_2 - H_2 \times C_1)]$$

$$J_2 = J_1 \times [(2 \times H_1^2 + a^2 \times C_1) \times C_2] / [(2 \times H_2^2 + a^2 \times C_2) \times C_1]$$

$$J_1 = 0,043 \quad J_2 = 0,022$$

$$\phi_m = J_1 \times Q_1 - J_2 \times Q_2 \quad \phi_m = 0,00E+00 \text{ cm}^3/\text{s}$$

$$K_s = G_2 \times Q_2 - G_1 \times Q_1 \quad K_s = 0,00E+00$$

##### • Método 2:

$$K_s = (C \times Q_s) / [2 \times \pi \times H^2 + C \times \pi \times a^2 + (2 \times \pi \times H / \alpha^2)]$$

$$\alpha^2 = 1$$

$$K_s = 0,00E+00 \text{ cm/s}$$



## Parecer:

De acordo com os ensaios de permeabilidade realizada em campo por meio do permeâmetro tipo Guelph, foi observado que a permeabilidade do solo sem adição de polímero é da ordem de  $3,53E-04\text{cm/s}$ . Esse material depois de compactado foi tratado superficialmente com Aditivo a base de polímeros sintéticos líquidos de secagem rápida (CMV) de acordo com as recomendações técnicas do fabricante. Durante a realização do ensaio no solo compactado com CMV não foi possível observar, para o tempo do ensaio, percolação de água para o solo compactado.

O permeâmetro Guelph tem um faixa de trabalho no qual é possível determinar permeabilidade em solos da ordem de  $1,0E-09\text{cm/s}$ . Conforme Tabela 01, solos com valores de permeabilidade inferiores a  $1,0E-09\text{cm/s}$  são classificados com solos impermeáveis.

Tabela 01 – Valores típicos de permeabilidade de solos (adaptada de Terzaghi e Peck, 1967)

Permeabilidade		Tipo de solo	k (cm/s)
Solos permeáveis	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
	Alta	Areias	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
	Baixa	Siltes e argilas	$10^{-5}$ a $10^{-7}$
Solos impermeáveis	Muito baixa	Argila	$10^{-7}$ a $10^{-9}$
	Baixíssima	Argila	$< 10^{-9}$

## Conclusão:

O solo compactado e tratado superficialmente com CMV é classificado como impermeável, haja vista os valores de permeabilidade determinada por meio do permeâmetro Tipo Guelph indicam que o solo possui permeabilidade inferior a  $1,0E-09\text{cm/s}$ .

A faixa de permeabilidade para o solo compactado tratado superficialmente com CMV torna o solo, de acordo com a tabela 01, impermeável ou de baixíssima permeabilidade, o que impede a percolação de líquidos na massa deste material.