

Avaliação das Condições de Impermeabilização do Solo pelo Permeâmetro Guelph

Msc. Tiago Casseb Barbosa
Analista de Modelo Conceitual

II CONFERÊNCIA DE GERENCIAMENTO
DE ÁREAS CONTAMINADAS



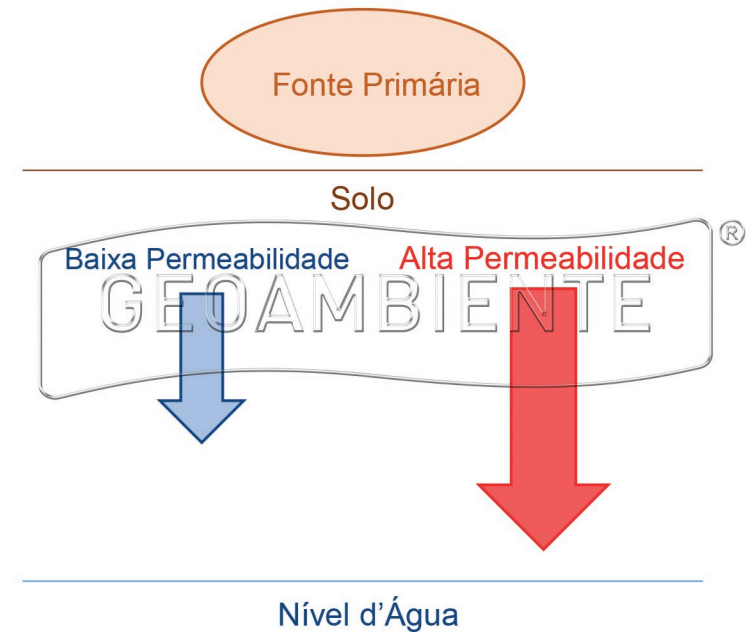
GEOAMBIENTE[®]

APRESENTAÇÃO

- Permeâmetro *Guelph*
- Métodos Comparativos
- Referência Normativa
- Estudo de Caso
- Resultados Obtidos
- Considerações Finais

PERMEÂMETRO *GUELPH*

- O permeâmetro é um equipamento de medição da condutividade hidráulica do solo superficial
- Permite uma avaliação inicial das condições de impermeabilização do solo
- Método não invasivo
- Equipamento analógico
- Fácil operação (média de 3 a 4 ensaios por dia)
- Fácil tratamento dos dados



PERMEÂMETRO *GUELPH*



Pátios de gerenciamento de rejeitos industrial



Pátios de estocagem de matéria-prima

PERMEÂMETRO *GUELPH*



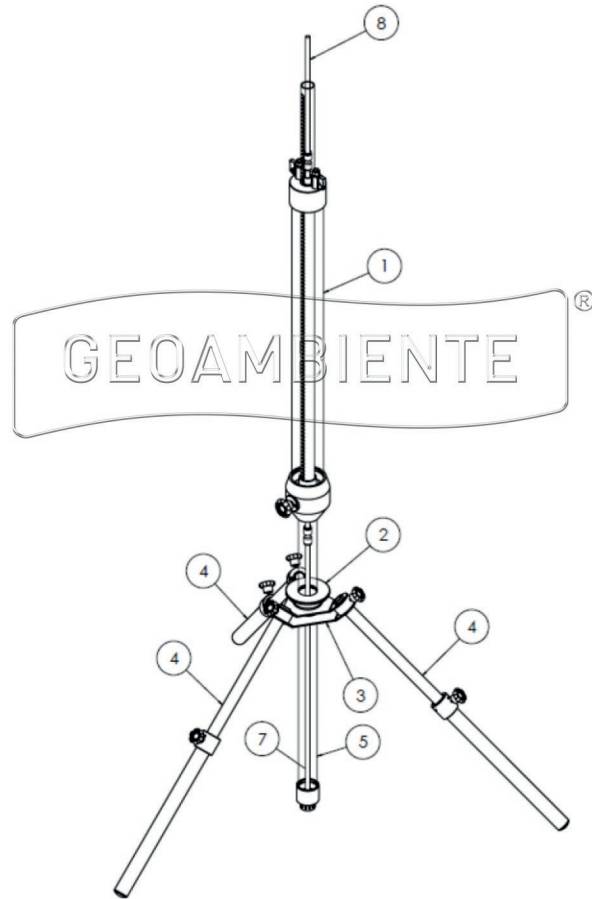
Tancagem aérea em bases de armazenamento e distribuição de combustíveis



Tancagem aérea em áreas industriais

PERMEÂMETRO *GUELPH*

Fonte: Owntec (2019).



1 – Depósito;

2 – Base Niveladora;

3 – Base do tripé;

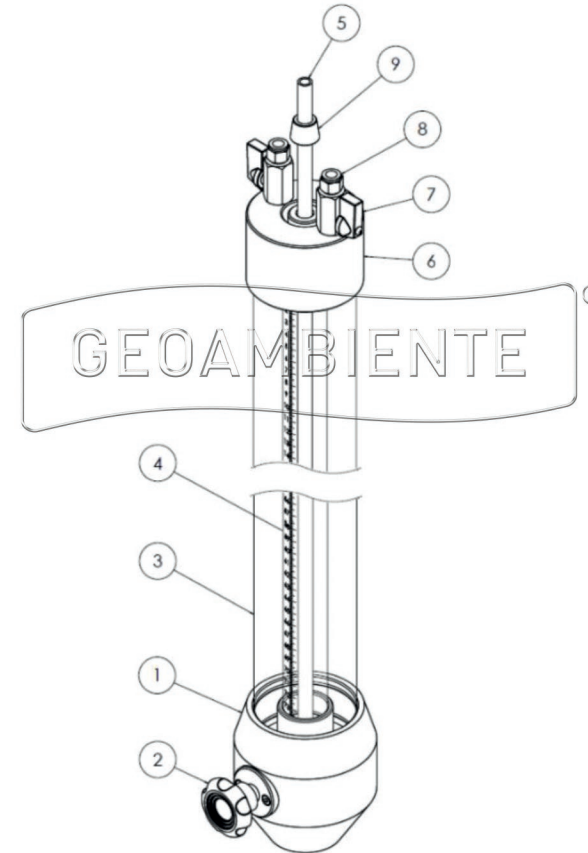
4 – Pé telescópico;

5 – Conjunto distribuidor;

6 – Tubo graduado do poço;

7 – Conjunto de estancamento;

8 – Tubo auxiliar;



1 – Tampa inferior;

2 – Válvula do depósito;

3 – Reservatório externo;

4 – Reservatório interno;

5 – Tubo de ar;

6 – Tampa superior;

7 – Válvula de entrada;

8 – Conexão rápida;

9 – Indicador;

GEOAMBIENTE®

PERMEÂMETRO *GUELPH*



Conjunto de ferramentas



Sondagem manual



TP-03-11



TP-04-11

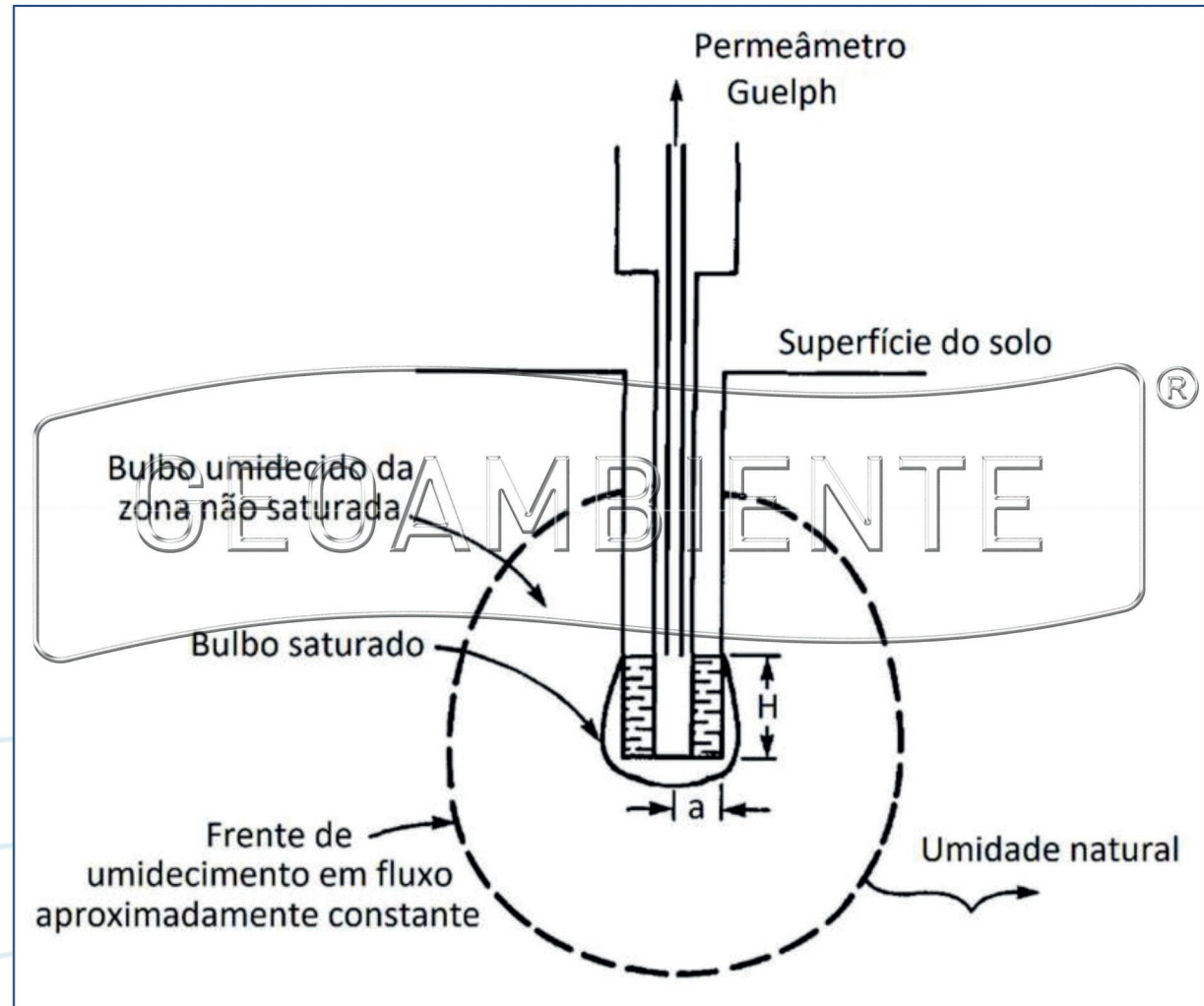
PERMEÂMETRO GUELPH

Extensão Capilar Macroscópica por Tipo de Solo	
α^* (cm ⁻¹)	Tipo de solo
0,01	Argilas compactas (aterros, liners, sedimentos lacustres e marinhos)
0,04	Solos de textura fina, principalmente sem macro poros e fissuras.
0,12	Argilas até areias finas com alta a moderada quantidade de macro poros.
0,36	Areia grossa, inclui solos com macro poros e fissuras.

(α^*): extensão capilar macroscópica; cm: centímetro.

$$C = \left(\frac{H/\alpha}{2,102 + 0,118 \times (H/\alpha)} \right)^{0,655}$$

- C= Fator da forma (adimensional);
- H= Carga (altura de água) (cm);
- α = Raio do poço de sondagem (3,20 cm)



Fonte: Owntec (2019).

PERMEÂMETRO *GUELPH*

$$Q = Y.R$$

$$K_{fs} = \frac{C.Q}{2.\pi.H^2 + \pi.\alpha^2.C + 2.\pi.\left(\frac{H}{\alpha^*}\right)}$$

- K_{fs} = Condutividade hidráulica saturada (cm/min);
- α^* = Parâmetro da extensão capilar macroscópica (cm⁻¹);
- R = Taxa de queda estável (cm/min);
- Q = Vazão (cm³/min);
- Y = área da seção transversal do reservatório interno (3,86 cm²);
- C = Fator da forma (adimensional);
- H = Carga (altura de água) (cm);
- α = Raio do poço de sondagem (3,20 cm)

MÉTODOS DE COMPARAÇÃO

Ensaio de Índices Físicos (Indeformada/Deformada)

- ABNT NBR 9.604:2016 e NBR 9.820:1997
- Coleta de amostra indeformada em cilindro de alumínio
- Aproximadamente 500 g de amostra deformada
- Permeabilidade (EMBRAPA 1997)



Ensaio de Condutividade Hidráulica (*Bail Test*)

ABNT NBR 15.495-2:2009

- Medição da profundidade do poço e nível estático (NE) – coluna d'água;
- Esgotamento de 70% do volume de água contida no poço;
- Medidas consecutivas ao longo do processo de recuperação do nível dinâmico (ND);
- *Water level logger*, modelo U20L-02 da Onset;
- Planilhados e tratados nos softwares HOBOWare (Vs. 3.7.23) e AQTESOLV (Vs. 4.50), para a determinação da Condutividade Hidráulica, por meio do método Bouwer & Rice (1976).



REFERÊNCIA NORMATIVA

- Valores limites do coeficiente de permeabilidade de diques de contenção para pools é de 10^{-6} cm/s – ABNT NBR 17.505-2:2015
- Valores típicos dos coeficientes de permeabilidade do solo (k) em função do seu grau de permeabilidade – ABNT NBR 16.416:2015

Tipos de Infiltração em Função da Permeabilidade			
Coeficiente de permeabilidade do solo (k)		Grau de Permeabilidade	Infiltração
m/s	cm/s		
$>10^{-3}$	$>10^{-1}$	Alta	Total
10^{-3} a 10^{-5}	10^{-1} a 10^{-3}	Média	Parcial
10^{-5} a 10^{-7}	10^{-3} a 10^{-5}	Baixa	Sem infiltração
10^{-7} a 10^{-9}	10^{-5} a 10^{-7}	Muito baixa	Sem infiltração
$<10^{-9}$	$<10^{-7}$	Praticamente impermeável	Sem infiltração

K: Coeficiente de Permeabilidade; m: metro; cm: centímetro; mm: milímetro; s: segundo; h: hora; (<): menor; (>): maior.

ESTUDO DE CASO

Área de interesse:

- Pátio de estocagem em área fabril;
- Estocagem de entulho e resíduos do tipo Classe IIA – Não inertes e Classe IIB – Inertes;
- Todos os resíduos armazenados no pátio são enviados externamente para Aterro Classe II, devidamente licenciado.

Objetivo:

- Detalhamento das bem-feitorias e estruturas locais;
- Avaliação das condições de impermeabilização do solo quanto à ocupação e uso que é atualmente destinado.

LAYOUT DA ÁREA DE INTERESSE



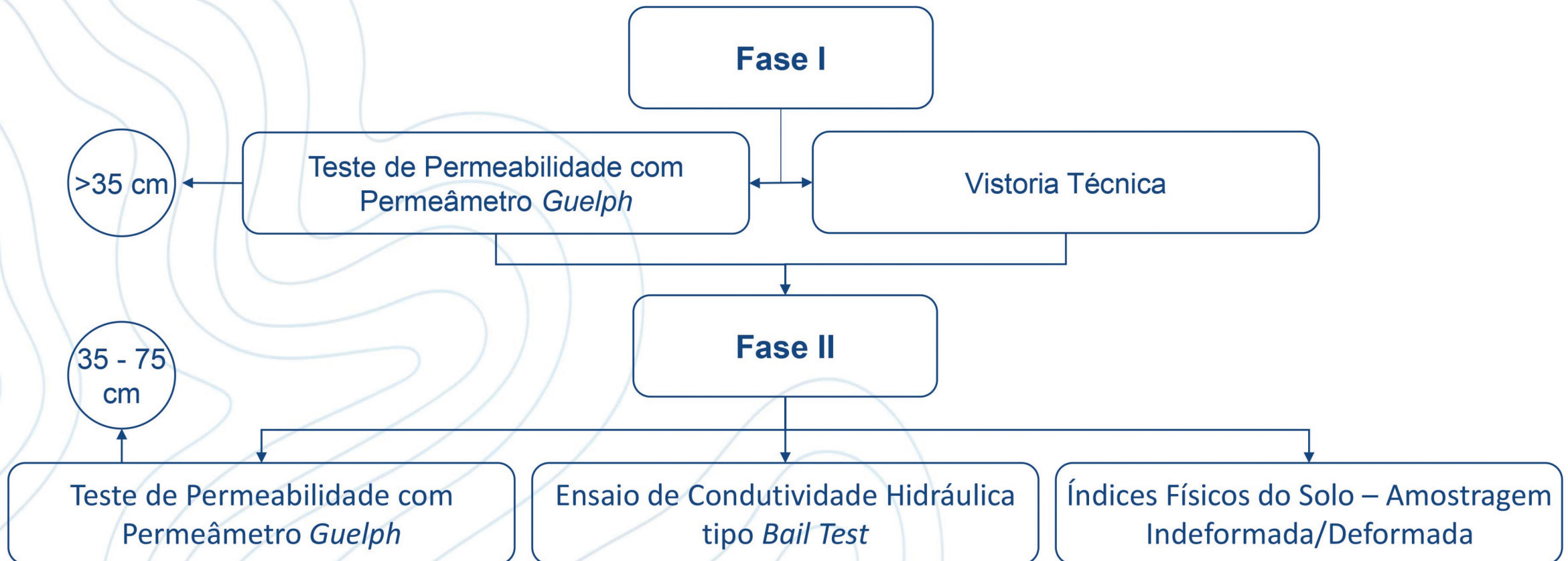
MATERIAIS ESTOCADOS

- Solo orgânico, resíduo de construção civil e sucata metálica
- Lixiviação de compostos metálicos, hidrocarbonetos e graxas

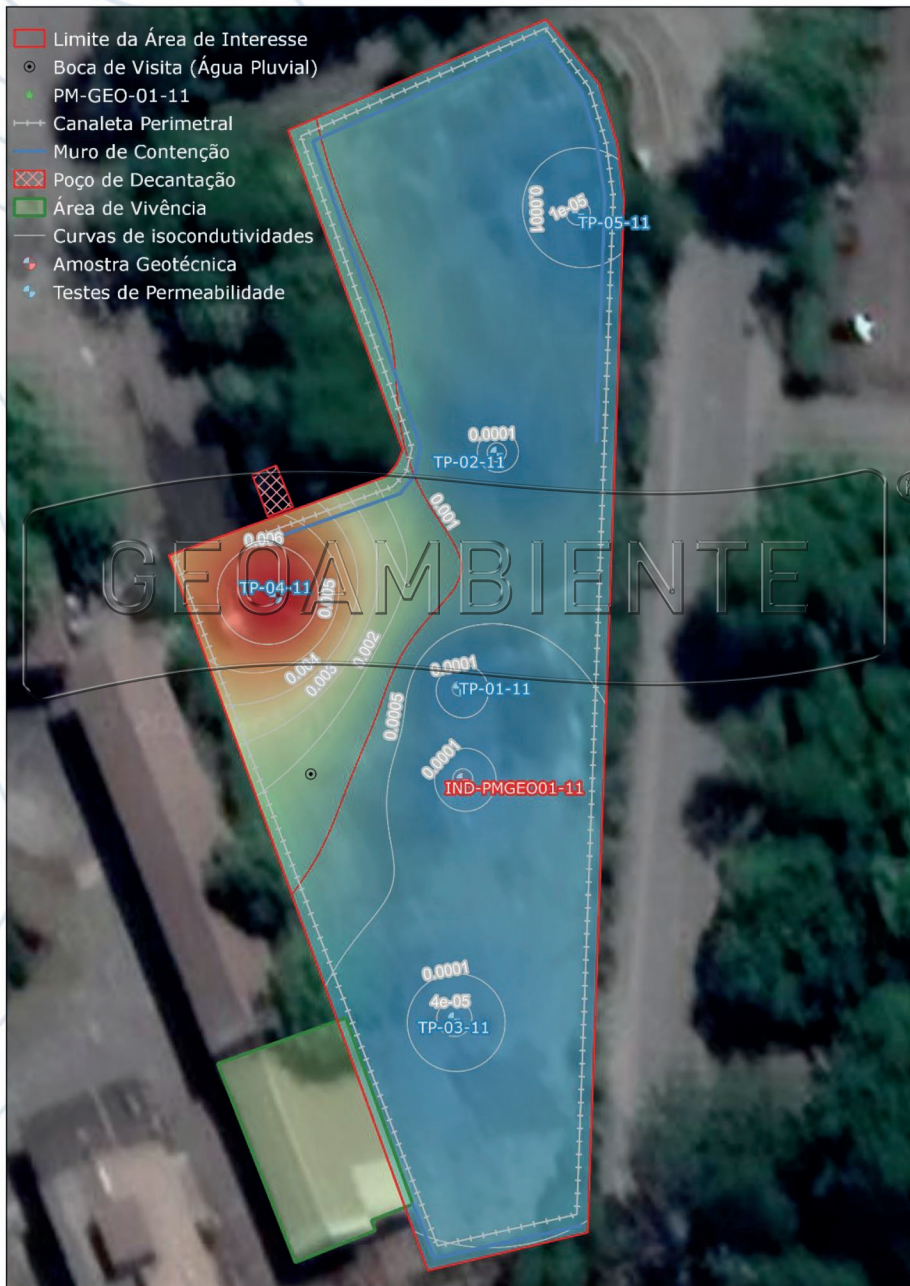


EXECUÇÃO DO ESTUDO

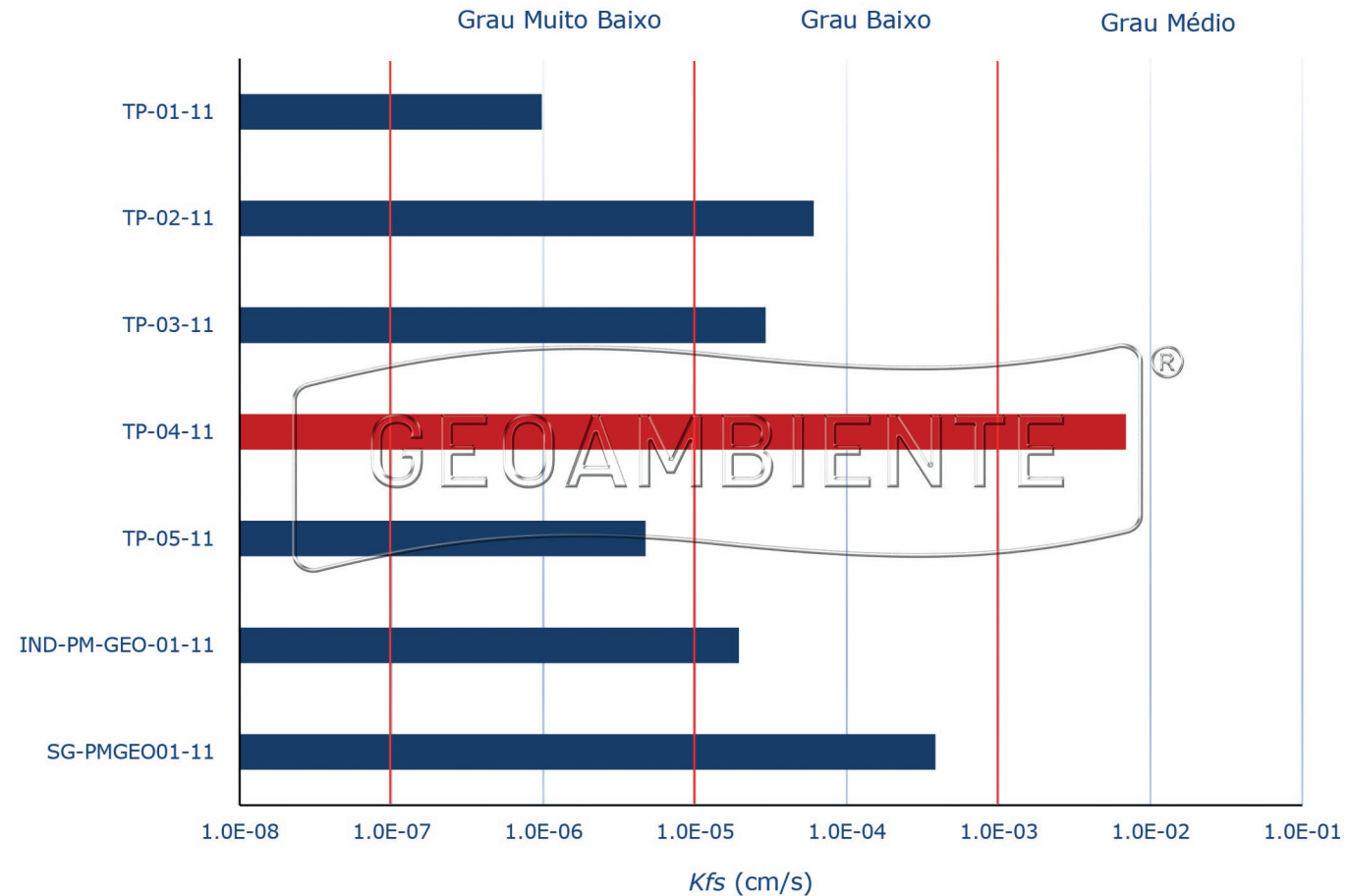
- Serviços foram realizados em fases, de forma escalonada;
- Novas fases – linhas de evidência, afim de complementar e/ou confirmar resultados obtidos em fases anteriores.



RESULTADOS



Avaliação dos Resultados de Condutividade Hidráulica



Barra Azul: Condutividade Hidráulica Saturada abaixo de 10^{-3} ; Barra Vermelha: Condutividade Hidráulica Saturada acima de 10^{-3} ; Linha Vermelha: Limite entre os Graus de Permeabilidade; SG: *Slug Test*; IND: Amostra para ensaio Geotécnico; PM: Poço de Monitoramento; TP: Teste de Permeabilidade; Kfs: Condutividade Hidráulica Saturada; cm: centímetro; s: segundo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Permeâmetro *Guelph* – entre $9,78 \times 10^{-7}$ a $6,89 \times 10^{-3}$ cm/s;
- Ensaio de condutividade hidráulica, do tipo *Bail Test* – $3,82 \times 10^{-4}$ cm/s;
- Ensaio geotécnico da amostra de solo indeformado – $1,94 \times 10^{-5}$ cm/s;
- O único valor médio observado, restringe-se a porção noroeste da área, próximo à entrada do pátio, sendo esta área destinada a circulação e não a deposição de material;
- Quando comparados a classificação estabelecida na norma de referência, ABNT NBR 16.416:2015, os resultados se equiparam a graus de permeabilidade baixos a muito baixos, que segundo a norma supracitada, indicam uma taxa de infiltração irrisória;
- Determinação da impermeabilização do solo, de maneira não invasiva, rápida e econômica.

REFERÊNCIAS

Bibliografia:

- BOUWER, H. and R.C. RICE. (1976). A slug test method for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating wells. *Water Resources Research*, vol. 12, no. 3, pp. 423-428.
- DRISCOLL F.G. (1986). *Groundwater and Wells*. Johnson Filtration Systems.
- EMBRAPA. (2017). *Manual de métodos de análise de solo*. 3° Ed. Brasília. 2017.
- FEITOSA A.C., MANOEL FILHO J. (2000). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM.
- GONÇALVES A.D.M.A.; LIBARDI P.L. (2013). Análise da determinação da condutividade hidráulica do solo pelo método do perfil instantâneo. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, vol.37, no.5, pp. 1174-1184
- OWNTEC SOLUÇÕES EM ENGENHARIA LTDA. (2019). *MS 130 – Permeâmetro Guelph: Manual de Instruções*.

REFERÊNCIAS

Normas Técnicas aplicáveis:

- ABNT NBR 15.492:2007 – Sondagem de reconhecimento para fins de qualidade ambiental – Procedimento;
- ABNT NBR 9.603:2015 – Sondagem a trado – Procedimento;
- ABNT NBR 9.604:2016 – Abertura de poço e trincheira em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas – Procedimento;
- ABNT NBR 9.820:1997 – Coleta de amostras indeformadas de solos de baixa consistência em furos de sondagem;
- ABNT NBR 15.495-1:2009 – Poços de monitoramento, Parte 1 – Projeto e Construção;
- ABNT NBR 15.495-2:2009 – Poços de monitoramento, Parte 2 – Desenvolvimento;
- ABNT NBR 16.416:2015 – Pavimentos Permeáveis de Concreto – Requisitos e Procedimentos

GEOAMBIENTE®



Msc. Tiago Casseb Barbosa
Analista de Modelo Conceitual
(41) 99899-1888 – tiago@geoambiente.eng.br

OBRIGADO!



**II CONFERÊNCIA DE GERENCIAMENTO
DE ÁREAS CONTAMINADAS**