



Avaliação das Propriedades Físicas e Condutividade Hidráulica de Solos Contaminados por Derivados de Petróleo

CONSTANCIO, M. A.(1), LINTZ, R. C. C.(2), CONSTANCIO, D.(3), ZATTA, M. P.(4)

(1) Aluno de Iniciação Científica da Faculdade de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Rod. Dom Pedro I, km 136 – Parque das Universidades – Campinas – SP. E-mail: mateusnorman@yahoo.com.br.

(2) Professora da Faculdade de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Rod. Dom Pedro I, km 136 – Parque das Universidades – Campinas – SP. E-mail: rosacclintz@puc-campinas.edu.br.

(3) Professor da Faculdade de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Rod. Dom Pedro I, km 136 – Parque das Universidades – Campinas – SP. E-mail: douglas@helix.eng.br

(4) Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Rod. Dom Pedro I, km 136 – Parque das Universidades – Campinas – SP. E-mail: zatta@puc-campinas.edu.br.

Apoio financeiro: CNPq.

INTRODUÇÃO

O solo durante muito tempo foi considerado um receptor ilimitado de substâncias nocivas descartáveis como o lixo doméstico e resíduos industriais, com base em seu suposto potencial de autodepuração. Levando-se em consideração a preservação do Meio Ambiente este trabalho visa analisar os efeitos da poluição no solo, avaliando as propriedades físicas e a condutividade hidráulica dos mesmos, através da análise do coeficiente de permeabilidade (k), segundo a Lei de Darcy para regime de fluxo laminar de um solo, e compara esses parâmetros obtidos em solos "sãos", com os obtidos em solos contaminados por derivados de petróleo, em específico, o óleo diesel. Os solos ensaiados apresentam diferentes granulometrias, sendo um predominantemente arenoso, um silteoso e um argiloso. As amostras coletadas foram avaliadas quimicamente para a obtenção de parâmetros de contaminação.

METODOLOGIA

Numa primeira etapa foram coletadas as amostras deformadas de solo em campo, na Região Metropolitana de Campinas, utilizando-se trado, pá e escavadeira manual, transportados para o laboratório da PUC- CAMPINAS, em recipientes que evitam perda significativa da umidade para a realização dos seguintes ensaios*:

- Classificação Pedológica
- Análise Táctil e Visual
- Teor de Umidade dos Solos (w)
- Determinação do Peso Específico Natural dos Solos (γ_n)
- Determinação do Peso Específico dos Sólidos (γ_s)
- Índices Físicos – Correlações de Fórmulas
- Compactação por Proctor Normal
- Ensaio de Permeabilidade

Depois de obtidos os parâmetros do solo sem poluentes, foram acondicionadas outras amostras dos mesmos solos, em três recipientes em PVC rígido de cor branca com 1,20 metros de altura e 0,10 metros de diâmetro, separados por suas granulometrias. Os tubos foram preenchidos com solo até 1,00 metro de altura e adicionado 1,00 litro de óleo diesel em cada tubo de PVC, simulando um vazamento de combustível.

Durante um período de 30 dias, o contaminante fluiu entre os vazios do solo, observando-se em cada coluna de solo o tempo de percolação do diesel.

O tubo foi desmontado e o solo foi novamente analisado, executando-se todos os ensaios citados novamente. Outros dois ensaios referentes à análise do contaminante foram realizados:

- Medida de Vapores Orgânicos: A medição de vapores orgânicos e hidrocarbonetos do solo, foi realizada com o equipamento Gastech Innova-SV para analisar o solo quanto a sua contaminação.
- Análise Química dos Solos: Foram retiradas uma amostra de cada tipo de solo e encaminhadas ao laboratório para a análise química de BTEX e PAH'S, para se obter os teores de contaminação para posteriormente se comparar os valores com os limites estabelecidos pelo órgão ambiental da CETESB.

*Todos os ensaios seguiram as prescrições da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)



Gastech Innova - SV



Aparato de Contaminação

Areia sem contaminação	Areia contaminada
W = 0,093 %	W = 1,50 %
$\gamma_s = 2,581 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_s = 2,518 \text{ gf/cm}^3$
$\gamma_n = 1,830 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_n = 1,892 \text{ gf/cm}^3$
$\gamma_0 = 1,829 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_0 = 1,864 \text{ gf/cm}^3$
e = 0,411	e = 0,351
n = 29,13 %	n = 25,98 %
Sr = 0,584 %	Sr = 10,76 %
$K_{20} = 7,600 \times 10^{-3} \text{ cm.s}^{-1}$	$K_{20} = 8,553 \times 10^{-3} \text{ cm.s}^{-1}$
Táctil e Visual: Areia pouco argilosa	

Comparativo dos resultados (areia)

Silte sem contaminação	Silte contaminado
W = 1,51 %	W = 3,27 %
$\gamma_s = 2,550 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_s = 2,353 \text{ gf/cm}^3$
$\gamma_n = 2,058 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_n = 2,120 \text{ gf/cm}^3$
$\gamma_0 = 2,027 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_0 = 2,053 \text{ gf/cm}^3$
e = 0,258	e = 0,146
n = 20,50 %	n = 12,74 %
Sr = 14,92 %	Sr = 52,70 %
$K_{20} = 2,065 \times 10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$	$K_{20} = 5,988 \times 10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$
Táctil e Visual: Silte areno-argiloso com presença de mica muscovita	

Comparativo dos resultados (silte)

Argila sem contaminação	Argila contaminada
W = 1,46 %	W = 2,87 %
$\gamma_s = 2,637 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_s = 2,368 \text{ gf/cm}^3$
$\gamma_n = 1,939 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_n = 2,063 \text{ gf/cm}^3$
$\gamma_0 = 1,911 \text{ gf/cm}^3$	$\gamma_0 = 2,005 \text{ gf/cm}^3$
e = 0,380	e = 0,181
n = 27,536 %	n = 15,32 %
Sr = 10,132 %	Sr = 37,55 %
$K_{20} = 4,332 \times 10^{-8} \text{ cm.s}^{-1}$	$K_{20} = 4,649 \times 10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$
Táctil e Visual: Argila arenosa	

Comparativo dos resultados (argila)

DISCUSSÃO

A contaminação do solo através do aparato foi feita em 30 dias. Na areia observou-se que em 12 horas, o fluido já havia atingido o fundo da coluna, enquanto no silte e na argila, aos trinta dias o fluido não havia percorrido 1,00 m de solo.

Na primeira etapa de ensaios notou-se que não houve grandes alterações nas características físicas do solo.

Avaliando os resultados obtidos nos ensaios, através do quadro comparativo, pode-se concluir que os parâmetros não sofrem alterações significativas, somente a umidade sofre uma alteração percentual maior, isto em função da presença do combustível que ocupa os vazios dos solos analisados, provocando alteração dos demais índices dependentes de sua presença, ou seja, o peso específico natural do solo aumentou, o índice de vazios e a porosidade diminuíram e o grau de saturação aumentou.

Após a moldagem do corpo-de-prova, observou-se que o óleo diesel saía facilmente da amostra devido ao excesso, que não foi absorvido pelos grãos de solo.

Outro detalhe interessante foi a mudança de cor que ocorreu no silte quando colocado na estufa, para a cor cinza.

Os ensaios químicos e de vapores orgânicos mostraram que a porcentagem de contaminante é considerada alta, ou seja, bem concentrada, tornando o solo inadequado para os padrões de qualidade. Por fim a permeabilidade dos solos manteve-se muito próxima, aumentando sensivelmente o coeficiente de permeabilidade no silte e areia. Na argila a permeabilidade aumentou. Observou-se ainda que, no ensaio de permeabilidade, quando era realizada a saturação do corpo-de-prova, não saía apenas água mas também o óleo, como se a água "empurrasse" o diesel para fora dos vazios do solo ocupando o seu lugar. Acredita-se que isto se deve ao fato de que a água apresenta um peso específico maior que o do óleo diesel.

Através do aparato de contaminação, pôde-se determinar a velocidade média desse fluido nessas condições do solo como: argila $V = 3,240 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$, silte $V = 2,855 \times 10^{-5} \text{ cm.s}^{-1}$ e areia $V = 2,176 \times 10^{-3} \text{ cm.s}^{-1}$. Essas velocidades foram obtidas observando-se o tempo que o óleo demorou para percorrer a coluna de solo no aparato.

CONCLUSÕES

Através da análise química, realizada num período de trinta dias de contaminação, pode-se notar o quanto o solo estava fora dos padrões adotados pelo CETESB. Pelo fato da permeabilidade do silte e na argila ser menor, observados através do "k", encontrou-se uma maior concentração do diesel nesses solos, resultando em valores maiores que aqueles apresentados pela areia.

Avaliando-se os resultados obtidos nos ensaios, através do quadro comparativo, pode-se concluir que os parâmetros não sofreram alterações significativas. O solo não absorveu com tanta intensidade o óleo diesel, não causando a alteração da estrutura do grão de solo.

No caso da argila, o aumento da permeabilidade foi mais significativo. A conclusão para essa diferença deve-se ao fato da argila ser bastante ativa quimicamente, pelo pequeno tamanho de suas partículas. Devido principalmente as cargas elétricas em sua superfície, a argila, tem afinidade com a água e os elementos químicos nela dissolvidos, e com isso podem ter ocorrido pequenas reações entre os elementos (solo e óleo) alterando suas propriedades hidráulicas, ou simplesmente ter ocorrido maior absorção de óleo pelos grãos, permitindo melhor fluidez da água entre os vazios do solo.

