

AVALIAÇÃO DE PERMEÂMETRO ALTERNATIVO NO EMPREGO DE SOLOS E MISTURA DE SOLOS ARENOSOS FINOS COM LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA. Bruno Simão Rocha Moraes, Jorge Hamada, Heraldo Luiz Giacheti. Sub-área: Engenharia Sanitária. Curso de Engenharia Civil - Faculdade de Engenharia – Campus Unesp de Bauru.

Aterros sanitários modernos devem ser constituídos por uma base impermeabilizada, dotada, segundo especificações dos órgãos ambientais do Estado de São Paulo, de uma camada de solo compactado com coeficiente de permeabilidade inferior a 10^{-6} cm/s, sendo preferencial valores da ordem de 10^{-7} cm/s. Sobre esta camada de solo, deve ser lançada uma geomembrana de PEAD de 2 mm de espessura. Esta configuração pode ser considerada padrão para os novos aterros sanitários projetados e instalados no Estado de São Paulo. Desta forma, o estudo da permeabilidade dos solos é de extrema importância para estabelecer critérios de projetos de aterros sanitários.

Neste projeto, foi desenvolvido um permeâmetro diferente do tradicional, utilizado atualmente no Laboratório de Geotecnia da UNESP – Bauru, visando assim facilitar a execução dos ensaios. O permeâmetro que foi desenvolvido neste projeto teve como referência o permeâmetro do Departamento de Geotecnia da EESC-USP (Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo). Foram realizadas medições comparativas entre o método tradicional e com o novo permeâmetro. Verificou-se que a montagem do corpo de prova no novo permeâmetro é mais simples mas as etapas para a determinação do coeficiente de permeabilidade, exigiram maiores cuidados, com procedimentos diferenciados.

Durante os ensaios houve a oportunidade de se testar um novo solo em mistura com alguns aditivos conhecidos, quais sejam: cimento, bentonita e Dynabase. Este último constitui um produto comercial empregado na melhoria de solos na construção de estradas, sendo que uma das vantagens atestadas para o produto é a redução de permeabilidade. Nesta etapa foram coletadas amostras de solo da região de Votuporanga – SP, onde está sendo implantado um aterro sanitário regional, que pretende receber resíduos deste município e de outros vizinhos. As seis amostras de solo ensaiadas foram selecionadas, coletadas e transportadas para o Laboratório de Mecânica dos Solos da Unesp. Misturas com diferentes materiais foram ensaiadas para procurar reduzir a condutividade hidráulica do solo local com a finalidade de estudar sua possível utilização na base do referido aterro. Além disso, para procurar reduzir a permeabilidade de solo, foram feitas misturas de solo local com 3% de aditivo Dynabase, solo local com cimento, amostras com 2,5 e 5,0 %, e solo local com 2% de Bentonita.

A mistura de solo local com 3% de Dynabase adequadamente compactado apresentou uma permeabilidade muito alta ($k = 5 \times 10^{-5}$ cm/s), igual a do solo local compactado. Uma possível razão para justificar esse valor elevado é que os ensaios de permeabilidade de laboratório, realizados com gradiente hidráulico elevado ($i = 10$), carregou o aditivo, que foi constatado no efluente durante a realização do ensaio. A mistura de solo local com 5% de cimento compactado na umidade ótima e com cerca de 95% da Energia do Proctor Normal apresentou um coeficiente de permeabilidade igual a 9×10^{-7} cm/s. Para o corpo de prova compactado de mistura de solo local e 2% de bentonita o coeficiente de permeabilidade médio determinado em laboratório foi igual a 4×10^{-7} cm/s. A adição de 2% de bentonita no solo local não prejudicou a trabalhabilidade do material quando da compactação do corpo de prova e reduziu significativamente o coeficiente de permeabilidade do corpo de prova ensaiado.

Na busca de novas alternativas para os resíduos gerados nas ETAs, alguns ensaios foram feitos com o lodo que é gerado nesse sistema, misturando-o com o solo, visando assim diminuir a sua permeabilidade, podendo então ser empregada essa mistura em base de aterros sanitários. Para tanto, foi preciso fazer a busca de material na Estação de Tratamento de Água de Bauru, sendo a água vinda do Rio Batalha, que passa pela cidade, e tendo como coagulante na ETA o sulfato de alumínio.

O ensaio feito com o permeâmetro da FE-Bauru, utilizando o mesmo solo, da região de Bauru, com acréscimo de 5% de lodo em massa, resultou em permeabilidade da mistura de lodo e solo igual a $1,9 \times 10^{-5}$ cm/s. Comparando-se esse resultado com o resultado da permeabilidade do experimento feito apenas com o mesmo solo, sem a mistura de lodo ($7,6 \times 10^{-6}$ cm/s), percebe-se que há pequeno acréscimo da permeabilidade na amostra. Com acréscimo de 10% de lodo em massa, resultou em permeabilidade da mistura de lodo e solo igual a $2,2 \times 10^{-5}$ cm/s.

Através da experiência no desenvolvimento do permeâmetro, no preparo de amostras, nos procedimentos de ensaios e na manutenção dos dispositivos empregados, conclui-se que leituras relacionadas a evidentes diferenças de permeabilidade podem ter ocorrido devido a fatores tais como:

- Heterogeneidade do solo e das misturas
- Procedimentos iguais não conduzem necessariamente a corpos de prova idênticos
- Diferenças construtivas entre permeâmetros podem ter tido influência nos resultados
- Pequenos vazamentos, por vezes não detectados, podem ter influenciado em alguns resultados
- A qualidade de um permeâmetro somente pode ser atestada com um número bem maior de ensaios, em que devem ser considerados parâmetros estatísticos

Quanto ao uso de misturas de solo e aditivos, conclui-se que:

- A mistura com solo e Dynabase em porcentuais recomendados pelo fabricante, não trouxe melhoria na permeabilidade do solo
- O emprego de solo-cimento pode ser uma alternativa interessante, contudo, os teores de cimento devem ser comparativamente elevados (teor de 7%) o que restringe economicamente essa alternativa, se comparada ao uso da bentonita (teor de 2%), para permeabilidades próximas.
- Para o solo estudado, a bentonita mostrou-se eficiente com teores menores, o que resulta em custo benefício mais atraente que o solo cimento, além da capacidade de se trabalhar como uma camada ativa.
- O emprego de lodo da ETA de Bauru não se mostrou viável, devendo ser considerados alguns aspectos operacionais, relacionados à dificuldade de secagem e preparação da mistura com teores adequados de água.

Nos ensaios realizados, o lodo empregado não se traduziu em redução da permeabilidade, possivelmente devido a:

- Dificuldade de produção de um lodo seco em pó compatível
- Qualidade do lodo ruim empregado, devido ao baixo teor de argila e muito material orgânico (medido como voláteis)

Ainda para os ensaios com lodo de ETA's recomenda-se o uso de lodos com teores mais elevados de argila, que podem resultar em misturas mais eficientes para a redução da permeabilidade de solos.

Bolsa: CNPq/PIBIC