

1 Introdução

Ao se deparar com situações de contaminação do subsolo e de águas subterrâneas, as primeiras providências a serem tomadas compreendem uma avaliação dos riscos ao meio ambiente e à saúde pública envolvidos e a definição do grau e extensão da contaminação. Com base nestas informações inicia-se o processo de definição da técnica ou técnicas de descontaminação a serem utilizadas tanto no que se refere a fontes primárias e secundárias quanto a área afetada pela pluma de contaminação.

A escolha do tema estudado, Avaliação de Propriedades Termo-Hidráulicas de Solos Requeridas na Aplicação da Técnica de Dessorção Térmica, deve-se a grande demanda atual em conhecimentos sobre técnica de descontaminação de solos, uma vez que as exigências ambientais apontam cada vez mais para a necessidade de se ter soluções de remediações que usem tratamentos *in-situ*.

A técnica de dessorção térmica é uma tecnologia de tratamento de subsolo inovadora, que aquece solos contaminados com resíduos perigosos, de modo que os contaminantes que tenham baixo ponto de ebulição sejam vaporizados e separados do solo. Sua aplicabilidade se estende a resíduos orgânicos (de refinarias, de piche, de madeira, etc...), organo-clorados, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, dioxinas, pesticidas e produtos derivados do petróleo.

A função desta tecnologia é aquecer o solo contaminado por um determinado período de tempo, até chegar a uma temperatura suficiente para volatilizar os contaminantes. Os contaminantes vaporizados são coletados para subsequente tratamento ou destruição.

O desempenho deste processo pode ser afetado por variáveis como a concentração e a distribuição dos contaminantes, tamanho das partículas constituintes do meio poroso e o teor de umidade.

O sucesso da aplicação de uma remediação térmica requer um elevado conhecimento de todos os efeitos de aquecimento num sistema solo-contaminante.

Embora a técnica de dessorção térmica venha sendo cada vez mais utilizada (EPA, 1998), um estudo mais detalhado do comportamento do solo, quando submetido a esta técnica, se apresentou escasso na literatura consultada, sendo necessário um estudo do padrão de comportamento das propriedades físico-químicas, hidráulicas e térmicas de solos submetidos a estes altos gradientes de temperatura.

A extração dos contaminantes é função principalmente do aumento da taxa de transferência da fase livre do contaminantes para a fase gasosa ou dissolvida em água. Os efeitos da variação da temperatura nos processos de transferência de massa são ainda pouco conhecidos.

Para que se possa compreender melhor a técnica de dessorção térmica, tem que se conhecer como se processa o fluxo de calor no interior de um maciço de solo. O aquecimento do subsolo e as iterações térmicas do meio poroso obedecem a um modelo numérico tridimensional de fluxo de umidade e calor, em meios parcialmente saturados. Já existem uma série de programas computacionais (dentre eles UNSATCHEM-2D) que permite que seja simulado este fluxo de calor de maneira simplificada, através de soluções matemáticas bidimensionais. Em contrapartida, os ensaios que determinam os parâmetros a serem utilizados nas análises computacionais são bastante escassos.

As simulações de tais condições de fluxo, possibilitam avaliações tanto do potencial do uso da dessorção térmica na remediação de um dado local quanto da configuração do sistema do solo a ser adotado.

As propriedades térmicas do solo são de grande importância em vários projetos de engenharia e em situações onde a transferência de calor em um meio poroso se faz relevante, como pôr exemplo: fluxo de calor em regiões áridas e semi-áridas, estocagem de rejeitos radioativos, projeto de rodovias, projeto de tubulações e cabos de força enterrados, agricultura, microbiologia e geologia.

Para a previsão do comportamento do aquecimento do meio poroso, mostrou-se necessário o desenvolvimento de pesquisa básica de laboratório visando a definição de metodologias para a avaliação de parâmetros requeridos em estudos envolvendo o fluxo acoplado de umidade e calor.

O estudo de solos sobre a influência da temperatura, já vem sendo relatado desde do final da década de 50. Porém, uma investigação do comportamento dos solos quando submetidos a variações de temperaturas na mineralogia e em

propriedades físico-químicas e hidráulicas se mostraram ainda não estabelecidas. Os efeitos de variação de temperatura entre 25°C e 300 °C foram realizados dentro deste trabalho.

A presente tese tem como objetivo a definição e determinação de parâmetros requeridos na avaliação da aplicabilidade da técnica de dessorção térmica, com ênfase na definição de metodologias para a avaliação de parâmetros requeridos em estudos envolvendo o fluxo acoplado de umidade e calor.

1.1 Estrutura da Tese

Esta proposta de tese foi dividida em oito capítulos e 5 apêndices seguidos de uma seção de referências bibliográficas, a seguir descritos.

O Capítulo 1 trata da introdução da tese, que é uma breve abordagem sobre técnicas de descontaminação de solos, os principais objetivos e a estrutura geral do presente trabalho.

É apresentado no Capítulo 2 uma síntese geral da técnica de dessorção térmica. São abordados casos históricos, aplicabilidade e os aspectos teóricos desta técnica.

No Capítulo 3, fez-se uma revisão e descrição da modelagem matemática de aquecimento de um solo não-saturado, sendo discutidas as propriedades térmicas mais relevantes para o estudo. É apresentada uma abordagem para fluxo bidimensional acoplado de calor e umidade.

O Capítulo 4 trata do efeito da variação da temperatura nas propriedades do solo e da água.

No Capítulo 5, são apresentadas as propriedades e a caracterização geológica e geotécnica dos solos utilizados, além de uma descrição sobre o procedimento de preparação dos corpos de prova que foram utilizados nos ensaios. Um estudo físico-químico dos solos quando submetidos a gradiente de temperatura também é apresentado.

O Capítulo 6 apresenta os programas de ensaios realizados, bem como a metodologia de pesquisa usada em cada tipo de ensaio, e descreve os equipamentos desenvolvidos para avaliar os parâmetros necessários.

No Capítulo 7 estão apresentados os resultados dos parâmetros dos solos analisados com gradientes de temperatura. A análise e discussão dos dados obtidos também se encontram neste Capítulo.

Finalizando, no Capítulo 8 são reunidas as principais conclusões da presente pesquisa, assim como algumas sugestões para pesquisas futuras.

Ainda constam neste trabalho os apêndices A, B, C, D e E onde são apresentadas, respectivamente, as calibrações dos instrumentos elétricos dos permeômetros e a calibração dos termopares do permeômetro de temperatura controlada; as curvas para a determinação da Condutividade Hidráulica; as curvas para a determinação do Calor Específico; os parâmetros dos corpos de prova utilizados nas Curvas Características e as Curvas para a determinação da umidade do papel filtro; e, finalmente as Curvas de Deformação volumétrica.