

## 9 Conclusões e Sugestões

### 9.1. Conclusões

A interação entre um solo e um determinado contaminante é um fenômeno complexo de analisar, já que são muitas as variáveis que modificam esta interação.

A presente pesquisa foi desenvolvida, visando avaliar a interação entre um solo laterítico e um licor cáustico, em termos de colapso do solo e de transporte dos solutos. O solo analisado é basicamente uma areia quartzosa com uma pequena quantidade de finos caulíníficos, e o licor é uma mistura de hidróxido de sódio, ferro e alumínio.

O estudo feito indica que a interação entre o solo e o contaminante é dominado pela concentração cáustica do licor. As mudanças observadas em termos de colapso, transporte e sucção dependem quase exclusivamente desta concentração. A fração do solo afetada pelo licor cáustico é a fração argila, e este provoca uma aglomeração ou dispersão da mesma, dependendo da concentração, mudando a distribuição de tamanhos de poros mais que a quantidade de vazios.

Os resultados dos ensaios edométricos mostram que o solo estudado é colapsável em presença de água, na etapa de saturação, e que essa diminuição de volume é aumentada pela percolação do licor cáustico. A variação volumétrica devida ao ingresso do licor no solo é maior que a produzida pela saturação da amostra.

Os ensaios também mostraram que o recalque produzido pelo licor acontece em um período curto de tempo, e a velocidade deste recalque é dominada pela concentração do licor. À medida que a concentração aumenta, a velocidade do recalque também.

A percolação do licor produz, concomitantemente com a redução do índice de vazios, diminuições no coeficiente de permeabilidade.

Os ensaios mineralógicos e a análise química dos solos e dos licores efluentes dos ensaios edométricos parecem indicar que existe uma mudança na

macro-estrutura do solo, com a aglomeração de partículas menores pela precipitação de hidróxidos metálicos. Este fenômeno é concomitante com o deslocamento das partículas finas.

Não se observa nos ensaios mineralógicos, mudança no mineral caulínítico. O que muda com a passagem do licor é o arranjo estrutural das partículas finas.

Nas características de colapso do solo, a maior influência é exercida pela concentração cáustica do licor, e em grau menor, pelo gradiente hidráulico, mostrando as maiores variações para os gradientes menores.

Com respeito ao transporte de solutos, o contaminante apresenta-se pouco reativo com o solo, tendo valores de retardamento baixos. Mesmo assim, existem reações de absorção-desorção e de precipitação, como surge das análises químicas dos efluentes e físico-químicas do solo. Também aqui, a interação solo-licor cáustico parece estar comandada pela concentração do licor mais que pelo gradiente hidráulico utilizado.

A mudança nas características de sucção, analisadas através das curvas características de sucção, mostra que o ingresso do contaminante no solo provoca principalmente uma variação da sucção total, decorrente do incremento da sucção osmótica. Os valores de sucção total e osmótica crescem com a concentração cáustica.

As curvas características de sucção mátrica, nos solos naturais e contaminados, mostram um comportamento dual que depende do nível de sucção. Mesmo com uma fração de argila pequena, o solo apresenta, em níveis superiores de sucção, um comportamento que depende quase exclusivamente desta fração fina, e é nesta porção da curva onde o ingresso do licor modifica a curva característica de sucção mátrica, aumentando os valores de entrada secundária de ar.

## **9.2. Sugestões**

Existem alguns pontos que ficaram pendentes nesta pesquisa que permitiriam entender melhor os fenômenos observados.

Um estudo mineralógico mais profundo dos materiais, como contagem de poros nas lâminas petrográficas confeccionadas e, a confecção de lâminas petrográficas dos materiais utilizados nos ensaios de sucção, que permitiriam observar se existe floculação do material argiloso.

A análise do material que está unindo as partículas finas permitiria confirmar a natureza do material precipitado. Seria interessante, também, fazer uma análise química completa dos licores efluentes para identificar que materiais *ficaram* no solo e quais continuam sendo transportados pelo licor.

Como novos trabalhos, seria interessante continuar o estudo do colapso em solos saturados, experimentando outras concentrações cáusticas e gradientes menores que 1.

Iniciar o estudo do fenômeno de colapso desde o ponto de vista do solo não saturado. Intuitivamente é lógico pensar que os recalques que podem acontecer em solos não saturados serão maiores que as detectadas em solos saturados. Em solos não saturados, além da interação solo-licor cáustico, existe a diminuição da sucção mátrica pelo avanço do frente de saturação. Modificações mínimas na célula de adensamento do Edômetro ADS, como a incorporação de transdutores de poro-pressão, talvez permitiriam observar este fenômeno.

No caso do transporte de solutos, ficou pendente nesta dissertação a simulação por métodos numéricos do caso real, com os parâmetros de transporte obtidos para o caso saturado.

No caso da sucção, seria proveitoso continuar analisando a resposta da sucção total e osmótica com concentrações de licor diferentes às testadas, para confirmar ou não o comportamento observado neste trabalho.