

Para facilitar a comparação entre as curvas características dos dois resíduos, elas foram plotadas num mesmo gráfico. Na Figura 5.47 e 5.48, estão tanto as curvas de sucção total e matricial em relação ao teor de umidade volumétrico e o grau de saturação respectivamente. Na Figura 5.49 e 5.50, estão somente as curvas de sucção matricial, em relação ao teor de umidade volumétrico e grau de saturação. Por aí, fica mais claro ver que a lama vermelha OP não neutralizada apresenta menores níveis de sucção a elevados teores de umidade, porém, com o ressecamento, atinge níveis de sucção ligeiramente maiores. Na Figura 5.51 e 5.52, foi feita a mesma comparação em relação ao que seria a sucção osmótica. Pode ser notado que para teores de umidade mais elevados, a lama neutralizada tende a apresentar níveis mais elevados. Para teores de umidade mais baixos, não é possível se chegar a nenhuma conclusão por este tipo de gráfico.

Para a lama vermelha OP não neutralizada, também foram obtidas as curvas características de sucção mátrica para o resíduo pré-adensado a 300 e 700kPa. As amostras foram preparadas como já descrito anteriormente: o resíduo era homogeneizado em um teor de sólidos muito baixo, colocado para sedimentar e adensar por peso próprio e, ainda saturado, conduzido para ensaios de adensamento do tipo deformação controlada. Após a execução destes ensaios, nos quais se aplicava tensões máximas de 300 e 700kPa, o resíduo era então exposto a secagem ao ar. Os resultados são apresentados nas Figuras 5.53 e 5.54. Uma quantidade muito menor de medições foram realizadas, e basicamente somente através da técnica do papel filtro, de modo que uma dose ainda maior de interpretação foi necessária. Como pode ser visto pela Figura 5.53 e, a maior parte das medições para estas duas situações foi feita para teores de umidade mais elevados. Assim, para completar a parte final da curva, foi admitida a hipótese de que a sucção para o teor de umidade igual a zero seria igual a 10^6 kPa para todos os tipos de solo, de acordo com Fredlund & Xing (1994). Talvez um melhor procedimento fosse, à partir dos pontos medidos, utilizar um dos inúmeros métodos existentes para modelar a curva característica, como por exemplo, os citados em Fredlund & Xing (1994); Rossi & Nimmo (1994); Fayer & Simmons (1995); Leong & Rahardjo (1997); Aubertin et al.(1998); Kravchenko & Zhang (1998). Porém, isso foi julgado desnecessário nesta primeira análise.

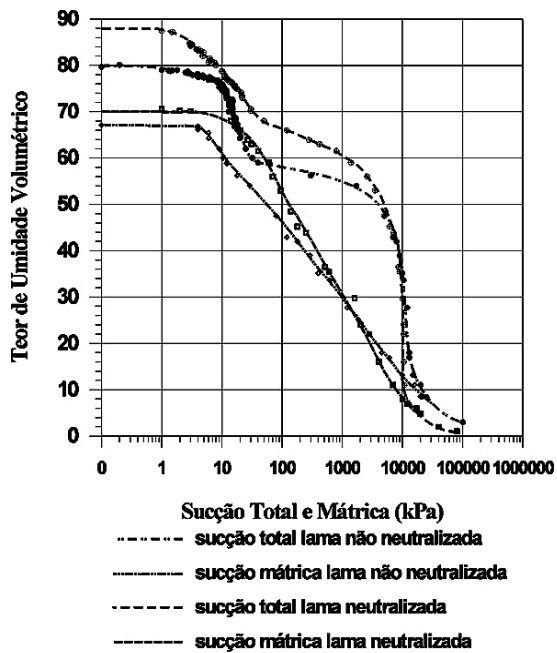


FIGURA 5.47: Comparação entre as Curvas Características de Sucção Total e Máttrica das Lamas Neutralizada e Não em Relação ao Teor de Umidade Volumétrico.

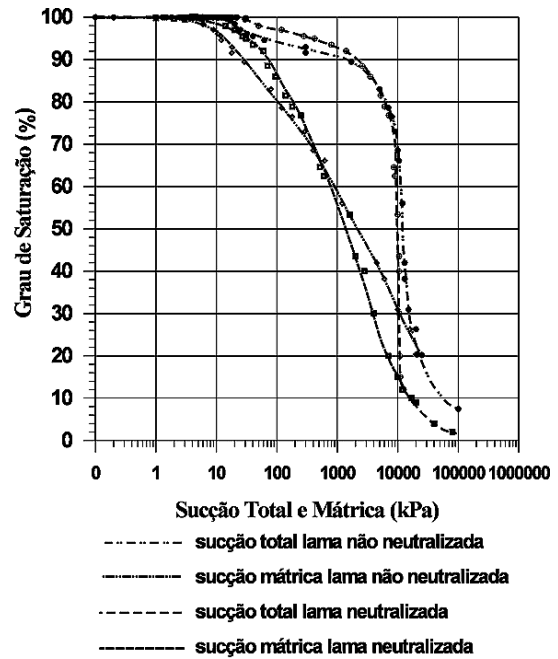


FIGURA 5.48: Comparação entre as Curvas Características de Sucção Total e Máttrica das Lamas Neutralizada e Não em Relação ao Grau de Saturação.

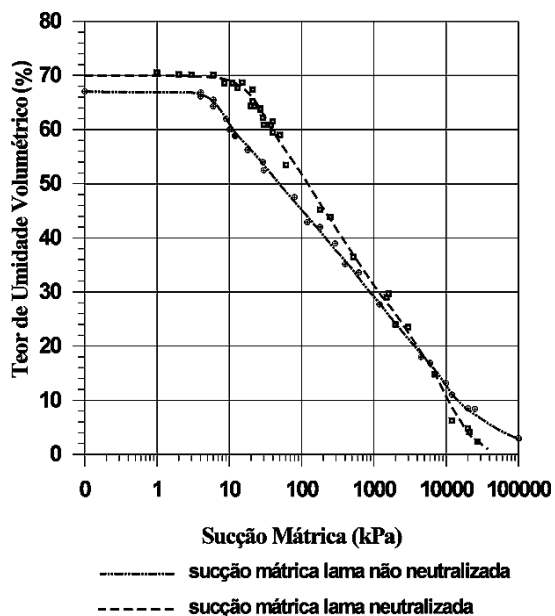


FIGURA 5.49: Comparação Entre As Curvas Características de Sucção Máttrica em Relação ao Teor de Umidade Volumétrico das Lamas Neutralizada e Não Neutralizada.

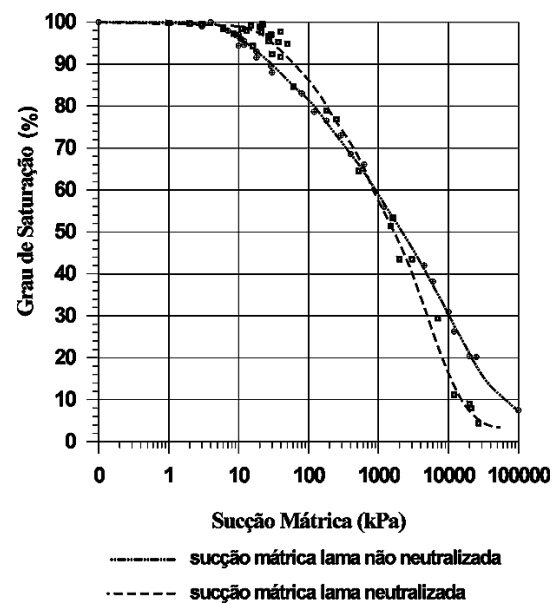


FIGURA 5.50: Comparação Entre As Curvas Características de Sucção Máttrica das Lamas Neutralizada e Não em Relação Grau de Saturação.

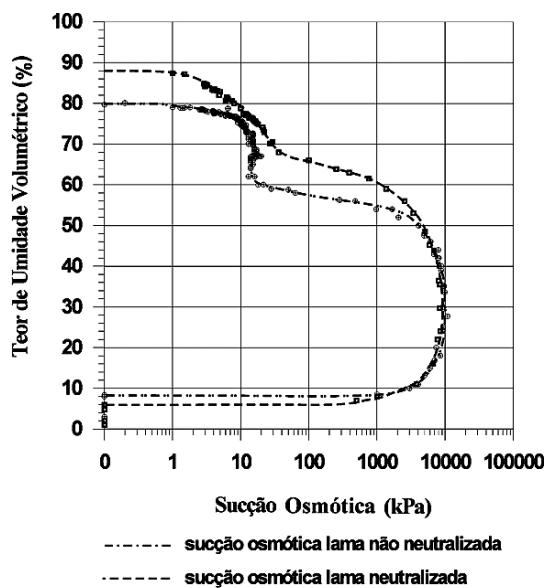


FIGURA 5.51: Comparação das Estimativas do Nível de Sucção Osmótica das Lamas Neutralizada e Não em Relação ao Teor de Umidade Volumétrico.

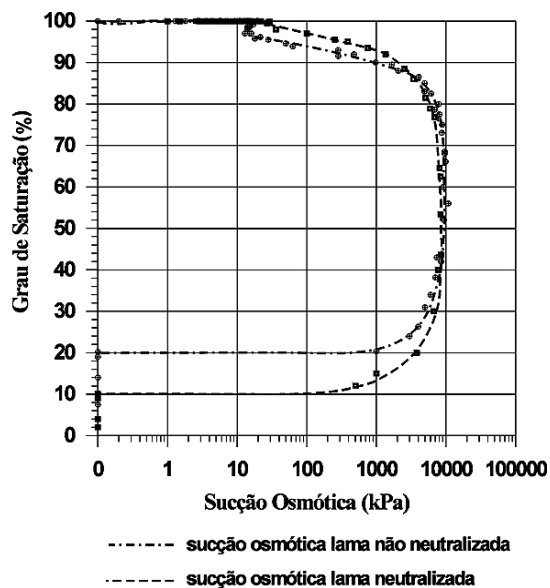


FIGURA 5.52: Comparação das Estimativas do Nível de Sucção Osmótica das Lamas Neutralizada e Não em Relação ao Grau de Saturação.

Como efeito do pré-adensamento, pode ser percebido a redução do teor de umidade gravimétrico de entrada de ar (54% para a sem pré-adensamento; 40% para a pré-adensada a 300kPa e 34% para a pré-adensada a 700kPa). A sucção matricial de entrada de ar também aumentou, passando de 5kPa para o resíduo sem pré-adensamento para 60kPa para a pré-adensada a 300kPa e 3000kPa para a pré-adensada a 700kPa, com teores de umidade volumétrica residuais de respectivamente 5%, 6% e 8%. Este elevado aumento da sucção matricial de entrada de ar mostra bem como o pré carregamento reduziu os vazios da amostra. Os graus de saturação residual variaram de 5%, 7% e 10% para a sem pré-adensamento, a pré-adensada a 300kPa e a 700kPa, respectivamente. A Figura 5.55 mostra como ficou a relação entre a variação da tensão de pré-adensamento e a sucção matricial de entrada de ar.

Pelos pontos da Figura 5.55 foi interpolada uma função exponencial, com coeficiente de determinação de 0,998, que associa diretamente a sucção à tensão de pré-adensamento nesta faixa de tensões, e que pode servir como um primeiro indicativo do nível de sucção de entrada de ar esperado após a aplicação de um pré-carregamento. A equação encontrada foi:

$$\text{Sucção matricial (kPa)} = 4,53 \cdot e^{(0,0092 \cdot \text{tensão de pré-adensamento - kPa})} \quad (5.5)$$

Na fórmula (5.5), o “e” é a base do logaritmo neperiano.

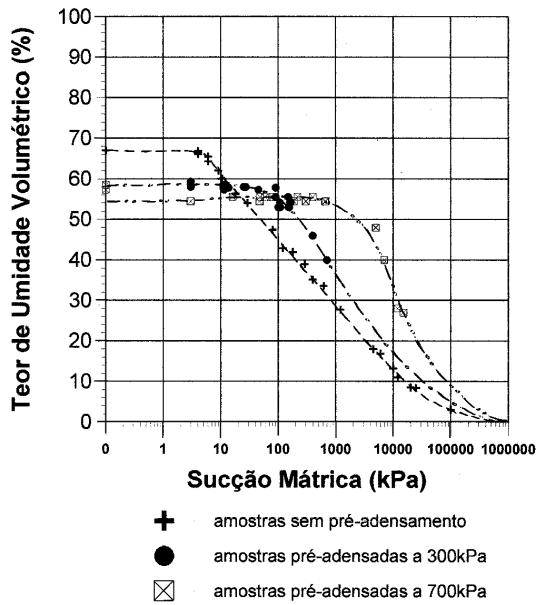


FIGURA 5.53: Curva Característica da Lama Vermelha OP Não Neutralizada em Relação ao Teor de Umidade Volumétrica Após a Interpretação: Comparação entre Diferentes Tensões de Pré-Adensamento.

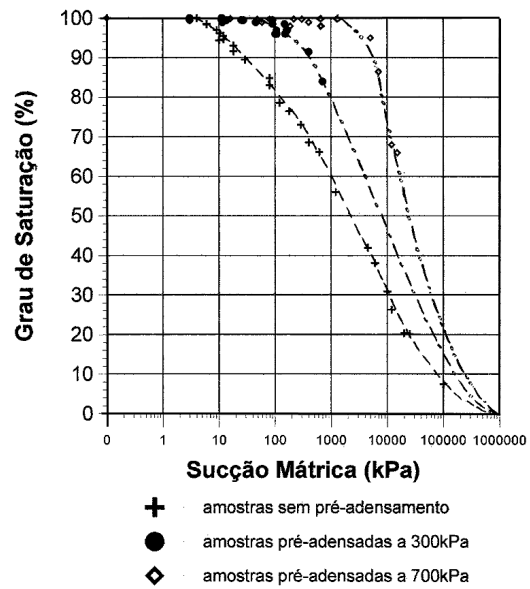


FIGURA 5.54: Curva Característica da Lama Vermelha OP Neutralizada em Relação ao Grau de Saturação Após a Interpretação: Comparação entre Tensões de Pré-Adensamento Diferentes.

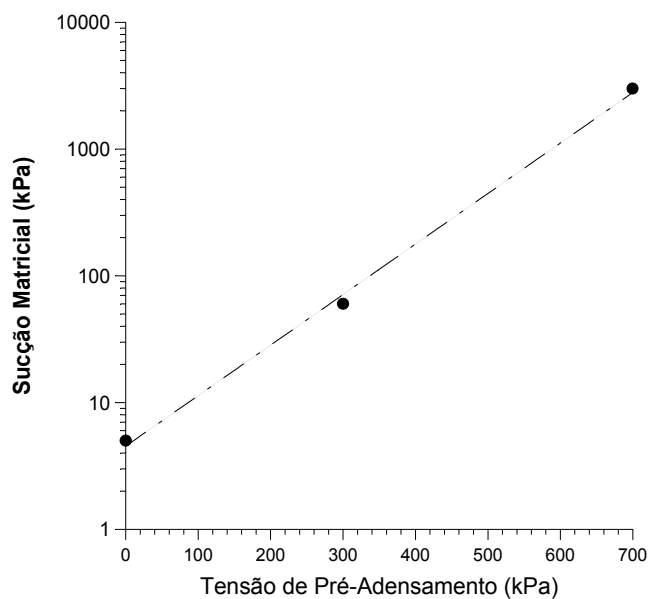


FIGURA 5.55: Variação da Sucção Matricial de Entrada de Ar com a Tensão de Pré-Adensamento da Lama Vermelha OP Não Neutralizada.

5.5

Relação entre a Sucção e o Índice de Vazios

Através das curvas de secagem, foi possível obter a relação entre a sucção e o índice de vazios para os resíduos. Para a lama vermelha OP neutralizada, esta relação está representada na Figura. 5.56. Na Figura 5.57 está destacada somente a relação entre a sucção matricial e o índice de vazios, pela qual se interpolou uma função do tipo potencial, com um coeficiente de correlação igual a 0,90, que poderá ser usada para uma estimativa prévia ou da sucção ou do índice de vazios. A equação encontrada foi:

$$\text{Sucção Matricial (kPa)} = 14503(\text{índice de vazios})^{-9,43} \quad (5.6)$$

$$\text{Índice de Vazios} = 2,62(\text{sucção mátrica kPa})^{-0,095} \quad (5.7)$$

Examinando a curva da Figura 5.57, pode ser visto que a relação entre a sucção e o índice de vazios possui dois pontos de inflexão. O primeiro ocorre no valor de entrada de ar da amostra, e o segundo, em torno do índice de vazios correspondente ao limite de plasticidade, que neste caso é muito próximo àquele calculado com o valor do teor de umidade correspondente ao limite de contração deste resíduo. Após ter sido feita a comparação entre os índices de vazios calculados das amostras com os das curvas de secagem, eliminado-se aqueles que não se ajustavam a estas e refazendo o gráfico, estes pontos de inflexão ficam ainda mais definidos, como pode ser visto na Figura 5.58.

Examinado a Figura 5.58, pode ser verificado que as mudanças de inclinação são correspondentes à uma sucção próxima ao valor de entrada de ar e àquela no limite de contração. A curva pode ser então definida de acordo com estes dois trechos por equações do tipo potencial, com um coeficiente de correlação igual a 0,99, e que podem auxiliar numa primeira estimativa de valores:

- (a) para valores de sucção matricial entre a entrada de ar e o limite de contração:

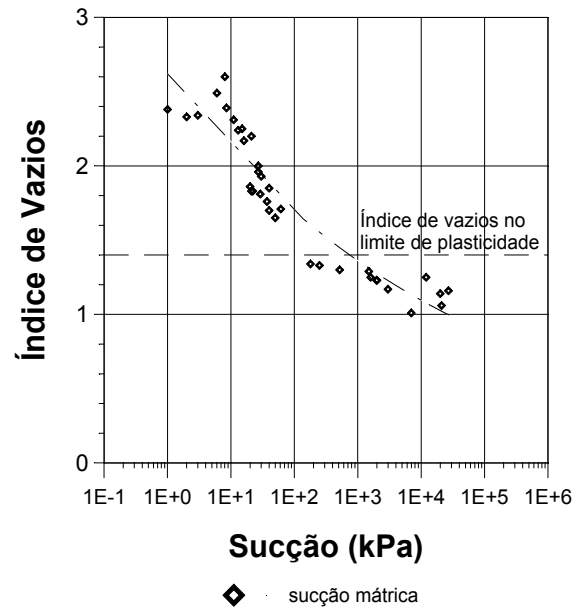
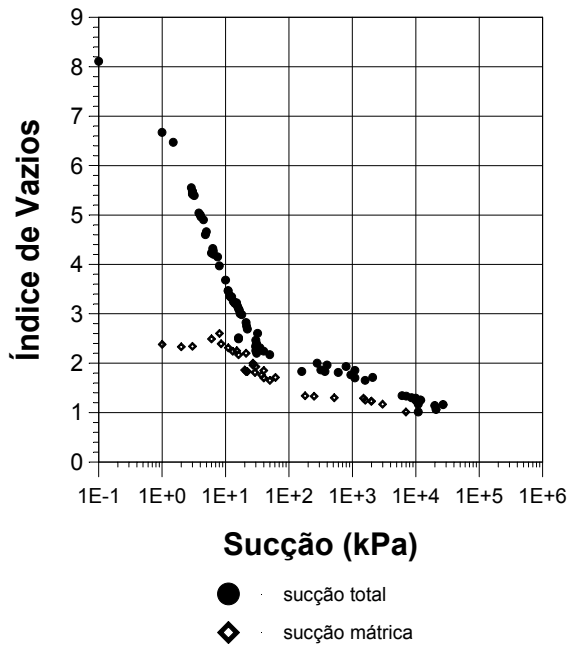


FIGURA 5.56: Relação entre o Índice de Vazios e a Sucção da Lama Vermelha OP Neutralizada.

FIGURA 5.57: Relação entre o Índice de Vazios e a Sucção Mátrica da Lama Vermelha OP Neutralizada.

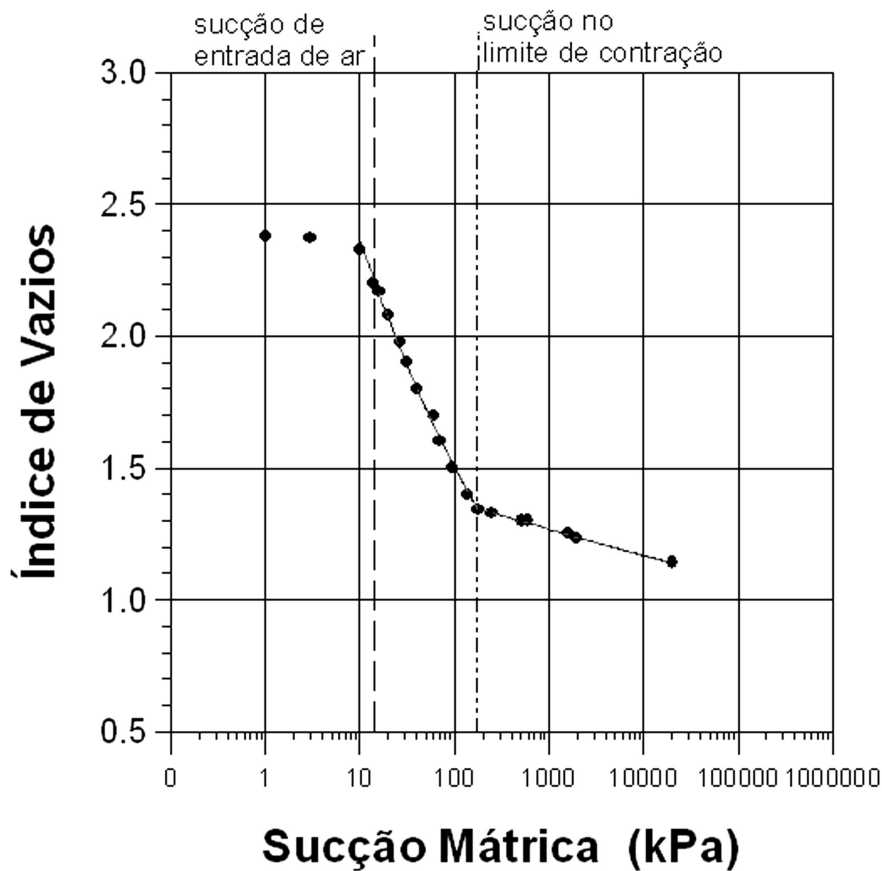


FIGURA 5.58: Interpretação da Relação Índice de Vazios contra a Sucção da Lama Vermelha OP Neutralizada.

$$\text{Sucção Matricial (kPa)} = 785(\text{índice de vazios})^{-5,05} \quad (5.8)$$

$$\text{Índice de Vazios} = 3,73(\text{sucção mátrica kPa})^{-0,197} \quad (5.9)$$

(b) para valores de sucção matricial maiores que a do limite de contração:

$$\text{Sucção Matricial (kPa)} = 748516(\text{índice de vazios})^{-28} \quad (5.10)$$

$$\text{Índice de Vazios} = 1,62(\text{sucção mátrica kPa})^{-0,035} \quad (5.11)$$

Para a lama vermelha OP não neutralizada, a relação entre a sucção e o índice de vazios está na Figura 5.59. Na Figura 5.60 está destacada a relação somente considerando a sucção matricial. A curva tracejada é uma função potencial, com coeficiente de correlação igual a 0,99, interpolada pelos pontos entre a sucção matricial de entrada de ar e a do limite de contração. A equação desta função é dada pelas fórmulas (5.12) e (5.13). Pode ser percebido que os coeficiente são próximos aos definidos para a lama vermelha OP neutralizada. As fórmulas (5.14) e (5.15) apresentam a mesma função, mas interpolada por todos os pontos. Elas tiveram índice de correlação igual a 0,95 e também tem coeficiente da mesma ordem de grandeza das equações obtidas para a lama vermelha OP neutralizada:

(a) para valores de sucção matricial entre a entrada de ar e o limite de contração:

$$\text{Sucção Matricial (kPa)} = 632(\text{índice de vazios})^{-7,6} \quad (5.12)$$

$$\text{Índice de Vazios} = 2,32(\text{sucção mátrica kPa})^{-0,130} \quad (5.13)$$

(b) para valores em toda a faixa de sucção matricial:

$$\text{Sucção Matricial (kPa)} = 892(\text{índice de vazios})^{-8,79} \quad (5.14)$$

$$\text{Índice de Vazios} = 2,11(\text{sucção mátrica kPa})^{-0,108} \quad (5.15)$$

Com o intuito de facilitar a comparação entre o comportamento das duas lamas, as mesmas curvas estão agora plotadas em um só gráfico, mostrado na Figura 5.61. A Figura 5.62 destaca as relações entre o índice de vazios e a sucção matricial dos dois resíduos. A lama vermelha OP não neutralizada atingiu um menor índice de vazios final após o ressecamento que o resíduo neutralizado, como já havia sido percebido pelas curvas de secagem, provavelmente por ter sido “disposta” mais espessada, ou seja, com um maior teor de sólidos, e não por ação do fluido de preenchimento dos poros. Porém, inicialmente apresentou uma taxa menor de variação do índice de vazios com o ganho de sucção em relação à lama neutralizada. Este comportamento se inverte depois, uma vez que a lama vermelha OP neutralizada atingiu seu limite de contração em um maior teor de umidade.

A Figura 5.63 mostra a comparação entre as curvas índice de vazios contra a sucção matricial para a lama vermelha OP não neutralizada sem pré-adensamento, pré-adensada a 300kPa e a 700kPa. Pode ser visto que à partir de um determinado nível de sucção, o trecho linear da curva da lama sem pré-adensamento coincide com o da lama pré-adensada a 300kPa, em um comportamento semelhante ao processo de compressão, quando para um mesmo solo, após uma determinada pressão acima da de pré-adensamento, as retas virgens coincidiriam novamente. À medida que o processo de ressecamento avançou, as duas curvas se distanciaram novamente, indo a lama sem pré-adensamento encontrar a curva daquela pré-adensada a 700kPa em uma sucção mais elevada. Esta última tem o trecho linear quase que paralelo ao da lama pré-adensada a 300kPa, indicando que elas possuem o mesmo tipo de comportamento em relação à compressibilidade durante o processo de secagem. Elas também se tornam coincidentes em um nível mais elevado de sucção, quando o resíduo pré-adensado a 300kPa já está atingindo seu limite de contração.

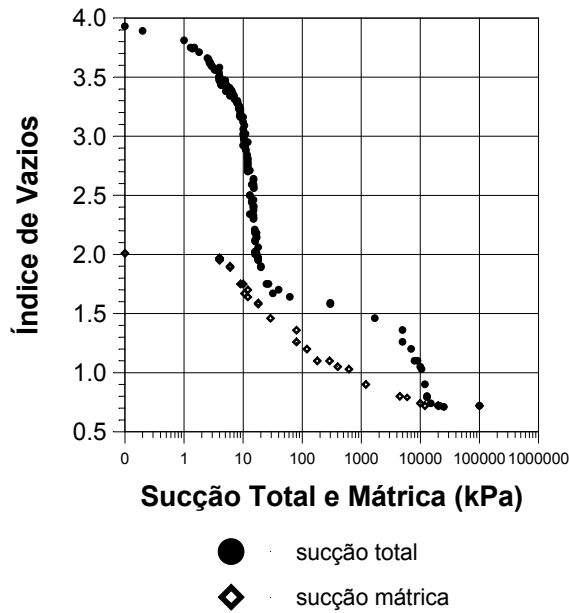


FIGURA 5.59: Relação entre o Índice de Vazios e a Sucção da Lama Vermelha OP Não Neutralizada.

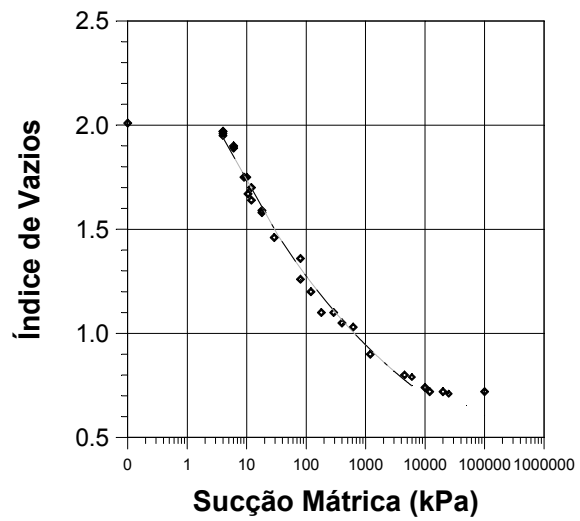


FIGURA 5.60: Relação entre o Índice de Vazios e a Sucção Máttrica da Lama Vermelha OP Não Neutralizada.

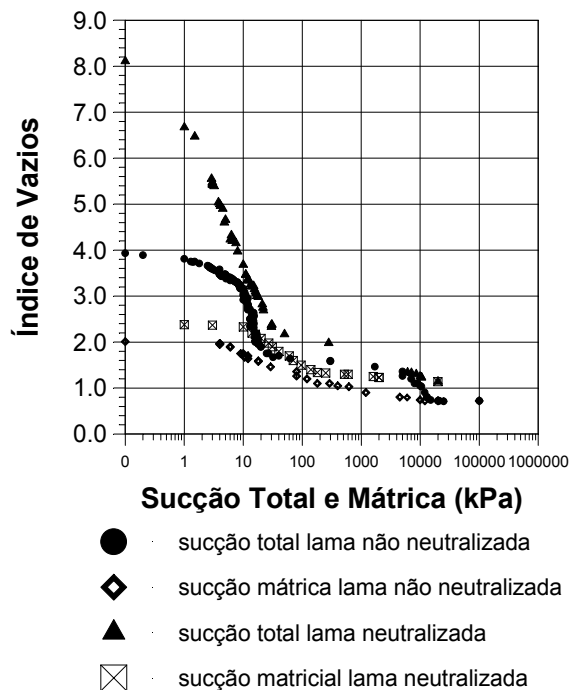


FIGURA 5.61: Comparação entre a Relação do Índice de Vazios com a Sucção da Lama Vermelha Neutralizada E Não.

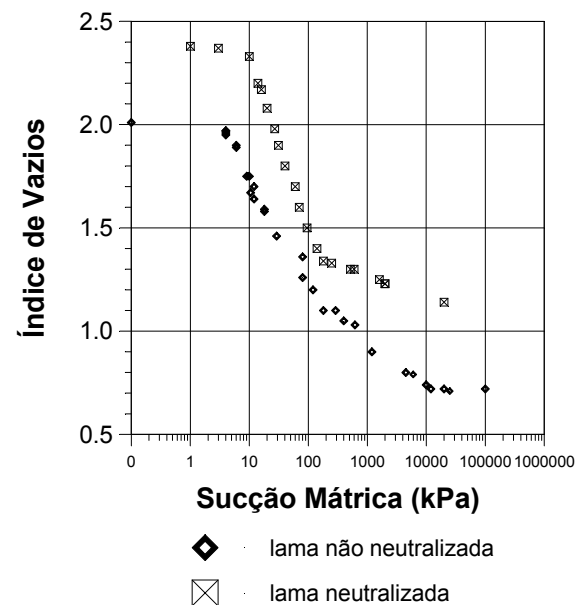


FIGURA 5.62: Comparação Entre a Relação do Índice de Vazios com a Sucção Máttrica da Lama Vermelha Neutralizada e Não.

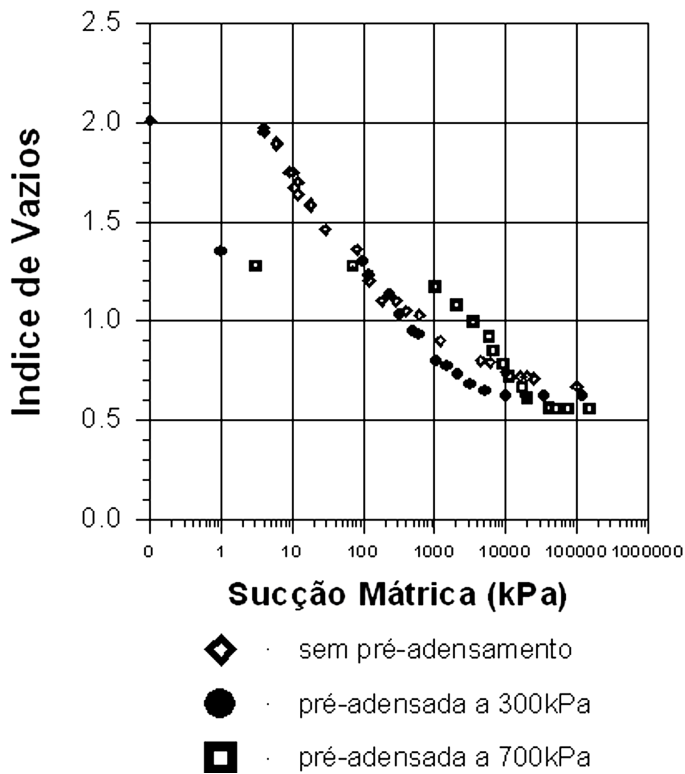


FIGURA 5.63: Comparação da Relação Índice de Vazios contra a Sucção da Lama Vermelha OP Neutralizada Com e Sem Pré-Adensamento.

5.6

Relação entre a Sucção e a Resistência à Tração dos Resíduos.

Em alguns casos, antes de serem rompidas amostras no ensaio de tração, algumas amostras da lama vermelha OP neutralizada foram usadas no ensaio para medição da sucção com o tensiômetro do tipo Imperial College. Tão logo a estabilização da leitura do instrumento era atingida, a amostra era conduzida ao ensaio de tração, tendo o seu teor de umidade de moldagem comparado com o teor de umidade após a ruptura. Na Figura 5.64 está a relação obtida para aquelas que não apresentaram variação no seu teor de umidade durante todo este processo. O que pode ser verificado é que, para este material e dentro deste nível de sucção, há uma relação direta e linear entre esta grandeza e a resistência à tração, obtida com um coeficiente de correlação de 0,996. A sucção medida foi considerada como “total”, após as considerações feitas pela interpretação das Figuras 5.35 e

5.36. Estes pontos são exatamente alguns daqueles que estão mais próximos das medidas realizadas pela técnica do papel filtro sem contato com o solo e com os dessecadores, como pode ser constatado nas figuras citadas. A equação obtida foi:

$$\text{Resistência à tração (kPa)} = 0,108[\text{sucção total (kPa)}] + 7,52 \quad (5.16)$$

OBS: para sucção entre 100 e 1000kPa

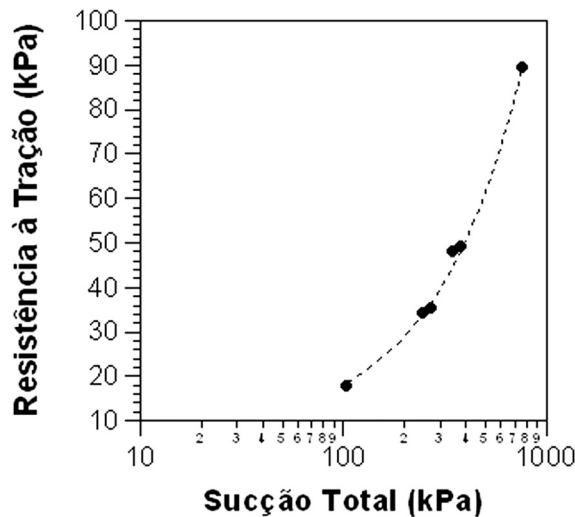


FIGURA 5.64: Relação entre a Resistência à Tração e a Sucção Total Medida em Algumas Amostras da Lama Vermelha OP Neutralizada Pelo Tensiômetro IC.

A Figura 5.65 apresenta a relação entre todos os resultados de resistência à tração da lama vermelha OP neutralizada correlacionados através da curva característica com a sucção matricial. Nesta figura, também estão os pontos apresentados na Figura 5.64, e que foram considerados como uma relação entre a resistência à tração e a sucção total, feita em medição direta. Mantendo a base da interpretação sobre a relação entre a resistência à tração e o teor de umidade gravimétrico, discutida no Capítulo 04 (Figura 4.52), foi assumido que há um crescimento contínuo da resistência à tração com a sucção matricial à partir de um região próxima do ponto de entrada de ar até o limite de contração, região onde ela atingiria seu máximo (por volta de 250kPa). À partir daí, com o fissuramento ficando mais intenso, haveria uma diminuição de ganho da resistência com o aumento da sucção matricial. Ao atingir um determinado valor de sucção, a

resistência à tração diminuiria mesmo com a diminuição do teor de umidade e, conseqüentemente, aumento de sucção. A região do valor de sucção máxima (próximo a 1000kPa, teor de umidade gravimétrico de 22%) coincide com a região do teor de umidade no qual a amostra atingiu sua densidade total máxima, como pode ser verificado pelas curvas de secagem. Para teores de umidade menores, a densidade total também passou a decrescer. É sugerido, então, que este valor de sucção determina o ponto em que o trincamento começa se tornar ainda mais intenso, havendo uma maior conexão entre as fissuras. Toda esta tendência está sugerida na figura por uma linha tracejada interpolada entre os pontos.

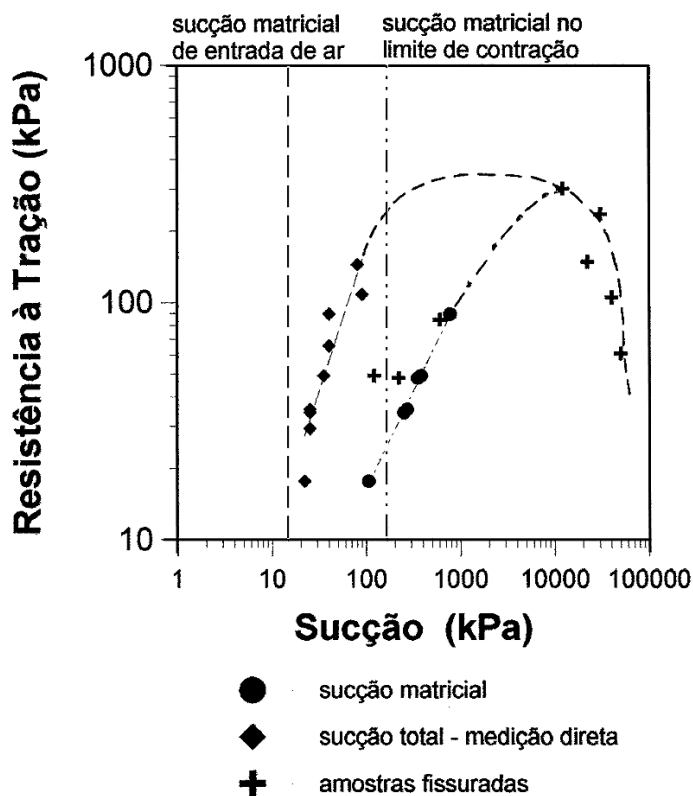


FIGURA 5.65: Relação entre a Resistência à Tração e a Sucção da Lama Vermelha OP Neutralizada.

As medidas consideradas como de sucção total e que foram realizadas em amostras intactas e com teor de umidade abaixo do limite de contração ficaram realmente destacadas das demais, também obtidas em amostras intactas, e se ajustaram bem a algumas resistências medidas em amostras fissuradas. Também

está sendo sugerido por linha tracejada passando pelos pontos, que há um crescimento da resistência à tração com a sucção total até um ponto onde esta e a matricial se equivalem (em torno de 10MPa), decrescendo à partir daí em uma curva única.

Foi interpolada uma função potencial tanto pelos pontos associados à sucção matricial quanto à total da Figura 5.64, com teores de umidade acima do limite de contração. As fórmulas obtidas são as mostradas à seguir, e tiveram coeficiente de correlação de 0,85 para a relação em função da sucção matricial e 0,99 para a em função da total:

$$\text{Resistência à tração (kPa)} = 0,63(\text{sucção matricial - kPa})^{1,22} \quad (5.17)$$

$$\text{Resistência à tração (kPa)} = 0,38(\text{sucção total - kPa})^{0,82} \quad (5.18)$$

No caso da lama vermelha OP não neutralizada, também foi mantido o modelo de comportamento sugerido no Capítulo 04 entre a resistência à tração e o teor de umidade gravimétrico como base para a interpretação da relação existente entre a resistência à tração e a sucção, que é o mesmo adotado para o resíduo neutralizado. A curva que exprime o comportamento do material sem pré-adensamento corresponde àquela tracejada na Figura 5.66. Para o trecho inicial dos resultados obtidos de ensaios realizados no resíduo antes se atingir a sucção equivalente ao teor de umidade do limite de plasticidade, também foi interpolada uma função, para que forneça uma primeira estimativa de ordem de grandeza de uma grandeza em relação à outra. A equação que descreve esta função foi determinada com um coeficiente de 0,97, e tem sua expressão dada pela fórmula (5.19):

$$\text{Resistência à tração (kPa)} = 3,42(\text{sucção matricial - kPa})^{0,79} \quad (5.19)$$

Na Figura 5.66 também estão resultados obtidos de ensaios em resíduo pré-adensado a 300kPa, cujo comportamento é descrito pela curva traço-ponto. Pode ser verificado que estas amostras parecem apresentar uma taxa de ganho de resistência menor com o aumento da sucção que aquelas sem pré-adensamento.

Porém, são muito pouco os dados para que isso seja afirmado de maneira conclusiva.

Os poucos resultados obtidos em amostras “transversais”, aquelas moldadas em sentido perpendicular ao da deposição das partículas, mostraram para valores mais baixos de sucção, um comportamento mais próximo ao das amostras com pré-adensamento. Este mesmo comportamento já havia sido identificado nas curvas de secagem. Porém, nestas ficava mais evidente que, à medida que a sucção aumentava, esta aparente anisotropia desaparecia, ficando o comportamento destas amostras transversais mais próximas das consideradas “normais”. Já aqui neste gráfico da Figura 5.66, os dados são insuficientes para se para que se esta mesma tendência fosse confirmada.

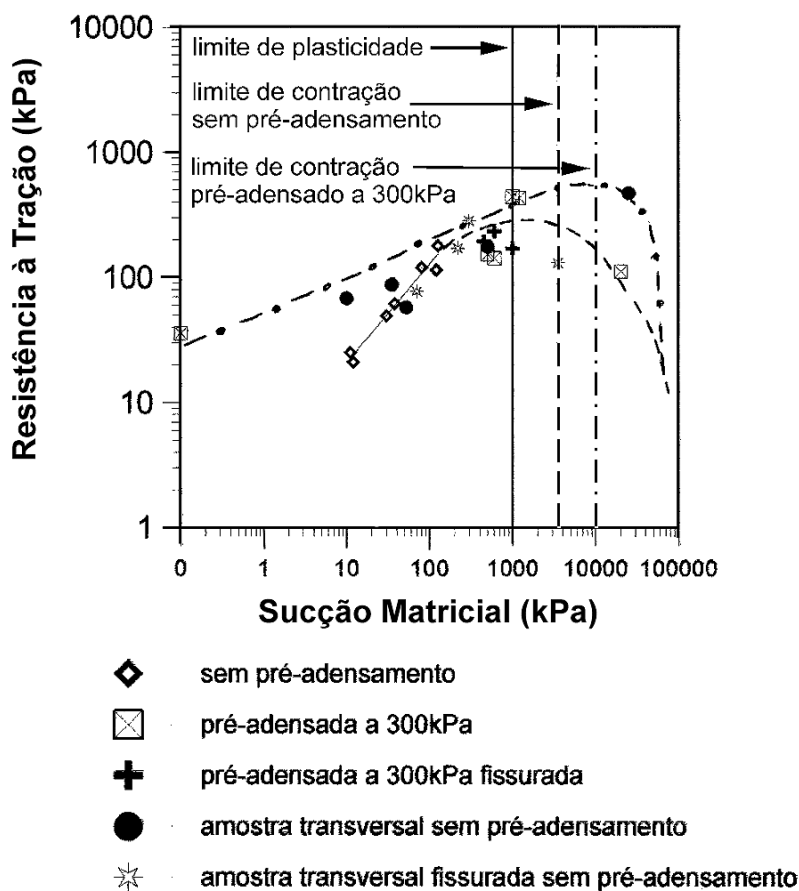


FIGURA 5.66: Relação da Resistência à Tração com a Sucção da Lama Vermelha OP Não Neutralizada Com e Sem Pré-Adensamento.

5.7

Conclusões

Este capítulo descreveu os procedimentos utilizados para a obtenção das curvas características de dois resíduos de processamento de bauxita, as lamelas vermelhas OP neutralizada e não neutralizada. Foi experimentada a aplicação de quatro técnicas diferentes: a do papel filtro, uso de dessecadores, medição com transdutor de sucção do tipo *Imperial College* (Ridley & Burland, 1993) e uso de pequenos tensiômetros instalados no solo durante ensaio para simulação do ressecamento. O procedimento utilizado na aplicação de cada uma delas foi brevemente descrito e foi verificado, à partir das curvas características obtidas, que estas técnicas podem ser usadas simultaneamente, se complementando. Uma técnica se mostrou mais prática que outra, dependendo do teor de umidade em que se encontrava o material ensaiado.

Na técnica do papel filtro, os procedimentos utilizados no ensaio foram basicamente os descritos na designação da ASTM 5298-92 e se mostraram fáceis de aplicar. Todas as amostras foram preparadas seguindo a mesma metodologia, e só a trajetória de secagem foi feita. O tempo de equalização mínimo foi de sete dias, mas a média utilizada foi de quinze dias, que foi o período considerado mais adequado para garantir a completa equalização. Foi necessário monitorar a perda de umidade do papel após o desmonte das câmaras de equalização e o ganho de umidade após retirá-los da estufa para obtenção de valores aceitáveis. Só se conseguiu manusear amostras com teores de umidade em peso menores que aproximadamente 70% para aplicação desta técnica.

No caso do transdutor do tipo IC, foi necessário o uso de uma pasta de caulim para melhorar o seu contato com o solo. O valor máximo registrado antes que o tensiômetro dessaturasse foi por volta de 2300 kPa, mas, em geral isto ocorria em torno de 1220 a 1400kPa, próximo ao valor de entrada de ar da pedra porosa. Devido a uma oscilação no sistema de aquisição de dados, os valores medidos de sucção próximos entre zero e 200kPa apresentaram muito ruído. Dos resultados, foi verificado que os valores medidos pelo transdutor do tipo *Imperial College* se ajustaram, em sua maioria, aos medidos pelo papel filtro em contato

com o solo, na medição de sucção matricial. Na região do ponto de entrada de ar porém, o que se pode perceber é que vários registros do tensiômetro acusaram valores mais elevados de sucção, se confundindo com os do papel filtro sem contato. Também fora desta região de entrada de ar, para níveis ainda mais elevados de sucção, alguns outros valores medidos pelo tensiômetro IC também se ajustaram bem aos obtidos quando o papel não estava em contato, sugerindo uma medição da sucção total. Desta forma, é conveniente que seja feita a verificação da eficiência osmótica da pedra porosa deste instrumento.

Com relação ao uso dos dessecadores, ele se mostrou bem adequado e fácil de utilizar para a obtenção de elevados valores de sucção total. O tempo de equalização verificado foi longo, chegando a quase seis meses em alguns casos. Os valores de sucção obtidos dos dessecadores se ajustaram muito bem aos medidos pela técnica do papel filtro para medição de sucção total.

Os mini-tensiômetros instalados no interior da lama exposta ao ressecamento só responderam adequadamente até um nível de sucção da ordem de 30kPa, dessaturando à partir daí. Se ao invés de água como fluido de saturação tivesse sido utilizado um outro, mais viscoso, provavelmente se teria medido níveis mais elevados de sucção. Foi verificado que a temperatura da sala durante os ensaios influenciava muito a leitura da coluna de mercúrio, provavelmente devido à sua dilatação. Por conta deste comportamento, o procedimento adotado foi sempre fazer as leituras dos tensiômetros pela manhã, após um período de no mínimo 8 horas de equalização da temperatura da camada de solo com o ambiente.

Os valores medidos por este mini tensiômetros deixaram claro que o solo já apresentava baixos valores de sucção para teores de umidade em torno de 200%. Estes dados auxiliaram em muito o traçado da curva característica, completando as informações para níveis baixos de sucção. A tendência foi considerar todos as suas leituras como sendo de sucção total, ao invés de mátrica, já que pelas curvas de secagem pode se checar que o rejeito ainda estava saturado. Foi admitido, portanto, que o que estava sendo registrado foi sucção total devido à uma eficiência osmótica das pedras porosas destes instrumentos. Além disso, a possibilidade de elevada sucção osmótica era esperada, se for levada em

consideração a química do fluido de preenchimento dos poros. Assim, o conhecimento desta eficiência osmótica de suas pedras porosas deve ser estabelecido. Pelo formato final da curva característica obtida, parece que o processo de contração influenciou as suas medidas.

Da curva característica da lama vermelha OP neutralizada, foi verificado um teor volumétrico de entrada de ar de aproximadamente 70%. A sucção de entrada de ar foi de apenas 15kPa, considerada muito baixa, se for levada em consideração a granulometria fina do resíduo. O teor de umidade residual verificado foi de 4% e o grau de saturação residual, 7%. O nível da sucção osmótica grosseiramente estimado foi aproximadamente 2000kPa quando o solo apresenta um grau de saturação de 90%.

Para a lama vermelha OP não neutralizada, uma sucção de entrada de ar de aproximadamente 5kPa, contra 15kPa da lama vermelha OP neutralizada, e um teor de umidade volumétrico residual de 5%, muito próximo do encontrado para a lama vermelha OP neutralizada (4%), foi encontrado. O teor de umidade volumétrico de entrada de ar foi verificado estar próximo a 66%. Esta diferença no valor de sucção de entrada de ar entre os dois resíduos não pode ser creditada só ao tipo de fluido, uma vez que as duas lamas tiveram condições iniciais ligeiramente diferentes. Foi verificado que o grau de saturação residual encontrado foi de 6% para o resíduo não neutralizado, também foi muito próximo ao registrado para o neutralizado (7%). Com relação à estimativa da sucção osmótica, para um grau de saturação de 90%, foi verificado haver um nível em torno 1000kPa para o resíduo cáustico, menor da que foi registrada para a lama vermelha OP neutralizada.

Para a lama vermelha OP não neutralizada, também foram obtidas as curvas características de sucção matricial para o resíduo pré-adensado a 300 e 700kPa. Como efeito do pré-adensamento, pode ser percebido a redução do teor de umidade volumétrico de entrada de ar (66% para a sem pré-adensamento; 58% para a pré-adensada a 300kPa e 54% para a pré-adensada a 700kPa). A sucção matricial de entrada de ar também aumentou, passando de 5kPa para o resíduo sem pré-adensamento para 60kPa para a pré-adensada a 300kPa e 3000kPa para a pré-adensada a 700kPa, com teores de umidade volumétrico residuais de

respectivamente 5%, 6% e 8%. Este elevado aumento da sucção mátrica de entrada de ar mostra bem como o pré carregamento reduziu os vazios da amostra. Os graus de saturação residual variaram de 5%, 7% e 10% para a sem pré-adensamento, a pré-adensada a 300kpa e a 700kPa, respectivamente. Foi interpolada uma função exponencial que associa diretamente a sucção à tensão de pré-adensamento nesta faixa de tensões, e que pode servir como um primeiro indicativo do nível de sucção de entrada de ar esperado após a aplicação de um pré-carregamento.

A lama vermelha OP não neutralizada atingiu um menor índice de vazios final após o ressecamento que o resíduo neutralizado, como já havia sido percebido pelas curvas de secagem, provavelmente por ter sido “disposta” mais espessada, ou seja, com um maior teor de sólidos, e não por ação do fluido de preenchimento dos poros. Porém, inicialmente apresentou uma taxa menor de variação do índice de vazios com o ganho de sucção em relação à lama neutralizada. Este comportamento se inverte depois, uma vez que a lama vermelha OP neutralizada atingiu seu limite de contração em um maior teor de umidade.

Na comparação entre as curvas índice de vazios contra a sucção matricial para a lama vermelha OP não neutralizada sem pré-adensamento, pré-adensada a 300kPa e a 700kPa, foi visto que à partir de um determinado nível de sucção, o trecho linear da curva da lama sem pré-adensamento coincide com o da lama pré-adensada a 300kPa, em um comportamento semelhante ao processo de compressão. À medida que o processo de ressecamento avançou, as duas curvas se distanciaram novamente, indo a lama sem pré-adensamento encontrar a curva daquela pré-adensada a 700kPa em uma sucção mais elevada. Esta última tem o trecho linear quase que paralelo ao da lama pré-adensada a 300kPa, indicando que elas possuem o mesmo tipo de comportamento em relação à compressibilidade durante o processo de secagem. Elas também se tornaram coincidentes em um nível mais elevado de sucção, quando o resíduo pré-adensado a 300kPa já está atingindo seu limite de contração.

Na relação entre a resistência à tração e a sucção, foi assumido que há um crescimento contínuo da primeira com a sucção matricial à partir de um região próxima do ponto de entrada de ar até o limite de contração, região onde ela

atingiria seu máximo. À partir daí, com o fissuramento ficando mais intenso, haveria uma diminuição de ganho da resistência com o aumento da sucção matricial. A região do valor de sucção máxima nos ensaios realizados coincidiu com a região do teor de umidade no qual as amostras atingiram sua densidade total máxima, como pode ser verificado pelas curvas de secagem. Para teores de umidade menores, a densidade total também passou a decrescer. É sugerido, então, que este valor de sucção determina o ponto em que o trincamento começa se tornar ainda mais intenso, havendo uma maior conexão entre as fissuras.

Nos ensaios em resíduo pré-adensado a 300kPa, foi verificado que estas amostras parecem apresentar uma taxa de ganho de resistência menor com o aumento da sucção que aquelas sem pré-adensamento. Porém, são muito pouco os dados para que isso seja afirmado de maneira conclusiva. Os poucos resultados obtidos em amostras “transversais” mostraram, para valores mais baixos de sucção, um comportamento mais próximo ao das amostras com pré-adensamento. Este mesmo comportamento já havia sido identificado nas curvas de secagem. Porém, nestas ficava mais evidente que, à medida que a sucção aumentava, esta aparente anisotropia desaparecia, ficando o comportamento destas amostras transversais mais próximas das consideradas “normais”. Já aqui na relação entre a resistência a tração e a sucção, os dados são insuficientes para se para que se esta mesma tendência fosse confirmada.