

# Análise Comparativa dos Deslocamentos Verticais Previstos e os Deslocamentos Verticais Medidos em Campo, de um Aterro sobre Solo Mole Executado na Duplicação da BR-101/PE.

Layza Verbena de Souza Santos Machado

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, [layza@maiamelo.com.br](mailto:layza@maiamelo.com.br)

Roberto Quental Coutinho

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, [rqc@ufpe.br](mailto:rqc@ufpe.br)

**RESUMO:** A obra em estudo trata-se de um aterro construído sobre uma camada de argila mole na Rodovia BR-101, no lote 6, entre a divisa PB/PE e o município de Igarassu, atravessando a várzea de Goiana, onde existem segmentos com características geotécnicas do subsolo bem distintas, e para melhor caracterizá-la, a região foi dividida em áreas de estudo, e os parâmetros de projeto foram adotados em função das características geotécnicas de cada solo. A campanha de investigação geotécnica consistiu de ensaios de campo SPT-T e palheta, como também a coleta de amostras para execução de ensaios de caracterização completa, adensamento vertical e Triaxiais UU. Este artigo apresenta as análises dos deslocamentos verticais utilizando a teoria de adensamento de Terzaghi e o método de previsão de recalques de Asaoka (1978), modificado por Magnan e Deroy (1980). Os valores previstos foram comparados com os deslocamentos verticais medidos em campo. O aterro considerado nesta análise, foi dimensionado em projeto com uma altura de 4,60 m, porém as leituras realizadas em campo, através das placas de recalque, foram realizadas no aterro quando o mesmo estava com uma altura de 2,00 m. Para o cálculo do recalque, foram utilizados os parâmetros obtidos através dos ensaios de laboratório, com dois procedimentos: o solo como sendo normalmente adensado e correção da curva edométrica em relação ao amolgamento para obtenção de novos parâmetros. Para o aterro executado com 2,00 m, como referência foram consideradas as leituras dos instrumentos de controle em campo, e aplicamos o método de Asaoka. Quando comparamos os valores dos recalques, considerando o aterro com altura de 4,60 m, notamos que estes valores estão variando 0,79 m a 2,40 m. Comparamos também, os recalques para o aterro executado com 2,00 metros de altura, e verificamos que estão variando entre 0,40m e 2,06 m. Ainda considerando o aterro executado com 2,00 m de altura, o recalque medido em campo está variando de 0,35 m e 0,45 m, e entre 0,45m e 0,55 m para o estimado pelo método de Asaoka. Conclui-se que, a variação dos valores estimados dos recalques ocorreu, devido à diferença na metodologia adotada, para a determinação dos parâmetros utilizados no seu cálculo. Amostras de má qualidade, influenciam diretamente esses valores, e que devemos tomar todo o cuidado na hora de determinar os parâmetros a serem adotados. Foi possível prever o recalque muito próximo do valor efetivamente medido.

**PALAVRAS-CHAVE:** Argila Mole, Deslocamentos Verticais, Teoria de Adensamento de Terzaghi, Método Asaoka.

## 1 INTRODUÇÃO

O Projeto de duplicação da Rodovia BR-101, lote 6, tem seu início na Divisa PB/PE e

Igarassu, atravessa a várzea de Goiana entre as estacas 3230 a 3490 com 5200,00m, e encerrando no entroncamento com a PE-035 que dá acesso para a Ilha de Itamaracá,

totalizando uma extensão de aproximadamente 42 km, ver Figura 1.

A várzea de Goiana possui quatro segmentos com características geotécnicas do subsolo bem distintas. O primeiro entre as estacas 3230 a 3320, o segundo entre as estacas 3320 a 3365, o terceiro entre as estacas 3365 a 3438 e o quarto entre as estacas 3438 a 3490.

Desses quatro segmentos apenas o terceiro não necessitou de solução especial para melhoramento do subsolo. Portanto, 3860,0 m (cerca de 74%) da extensão de aterro da várzea de Goiana, tiveram a necessidade de adotar solução especial para as fundações dos aterros. O aterro considerado neste estudo está situado na várzea de Goiana-PE entre as estacas 3320 e 3365, conforme indicado na Figura 1.



Figura 1. Mapa Localização da BR-101/PE.

## 2 HISTÓRICO DA OBRA

Para avaliar a necessidade de execução de solução para a estabilização do aterro em estudo, foram realizadas análises de estabilidade em condições de operação da rodovia, considerando-se a execução total do aterro e as sobrecargas provenientes da ação do tráfego nas faixas de rolamento e acostamento. Com isso verificou-se, através das análises de estabilidade, que o aterro apresentava fatores de segurança inferiores a 1,0 em condições de operação da rodovia, fazendo-se necessária a intervenção, neste trecho, para a execução de

reforço e melhoria das condições de estabilidade de modo que os fatores de segurança obtidos atendam aos valores mínimos recomendados pela norma e pela literatura.

A solução adotada, na fase do projeto, foi aterro construído em etapas com sobrecarga temporária. Foi também utilizado geodrenos com o intuito de estabilizar e acelerar os recalques no tempo satisfatório para a construção da obra.

O aterro em questão foi projetado com uma altura de 4,60m, para ser executado com drenos verticais de diâmetros equivalente 0,07m, em malha triangular, com espaçamento de 1,60m, ver Figuras 2.

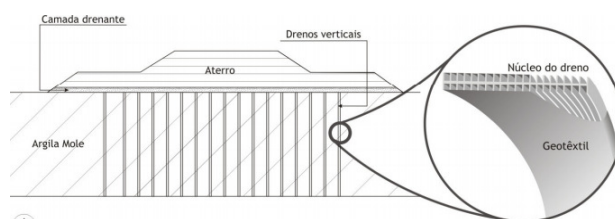


Figura 2. Seção típica de um aterro com drenos Verticais.

Em sua base foi previsto a utilização de geogrelha com resistência a tração longitudinal de 200kN/m e resistência a tração transversal de 30kN/m, colocada no meio do colchão drenante, com a finalidade de redistribuir melhor as pressões geradas pelos carregamentos que solicitarão o aterro, melhorando assim a estabilidade do maciço, como também a instalação dos instrumentos de controle, 18 Placas de Recalque, 11 Piezômetros e 07 Inclínômetros, para monitoramento e controle na fase de execução.

Devido a fatores relacionados a execução da duplicação da BR-101/PE, como por exemplo, a necessidade de que os aterros estivessem estáveis com uma maior brevidade, para que a obra pudesse ser finalizada, foi necessário que a solução inicial em geodrenos fosse modificada.

### 2.1 Modificação da Solução do Projeto

O aterro em drenos verticais foi projetado com uma altura inicial máxima de 4,60m. Após ser, o aterro, executado até a altura de 2,00m, houve a necessidade de alterar a solução para uma alternativa que melhor atendesse o cronograma da obra. A partir desta altura a execução foi

Além da alternativa escolhida, foram consideradas soluções como Colunas de Brita, Colunas de Areia Confinada por Geossintético, Compaction Grouting ou Argamassa Injetada, Colunas de Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC) e Colunas de Solo-Cimento.

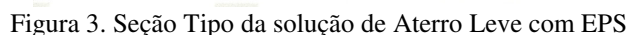
Foram verificadas as tensões atuantes na camada de solo mole na situação de inicial com a utilização de geodrenos, e após a execução do aterro leve, e os resultados mostraram que após a execução do aterro leve, as tensões atuantes serão aproximadamente iguais, o que representa que o aterro não apresentará instabilidade. Para maiores detalhes sobre as soluções estudadas em projeto, ver Machado e Coutinho (2012).

A campanha de investigações geotécnicas, realizada na fase de projeto, consistiu de ensaios de campo: SPT-T e palheta, como também a coleta de amostras para execução de ensaios de caracterização completa, adensamento vertical e Triaxiais UU, e as análises desses elementos permitiram estabelecer os parâmetros de compressibilidade e de resistência ao cisalhamento.

Para a determinação dos parâmetros geotécnicos, do aterro em estudo, foi considerado os resultados das sondagens a percussão, ensaios de palheta, ensaios de caracterização, ensaios de adensamento vertical e ensaios triaxial, que indicaram a ocorrência de bolsões de argila orgânica mole, com espessura maior que 4 m.

Para o conhecimento das propriedades geotécnicas dos depósitos de argila mole do município de Goiânia, o ensaio SPT nos mostrou um perfil geotécnico com solo mole, podendo ser observado uma camada de argila siltosa, a existência da camada de areia média a fina, e a camada de argila orgânica. O nível d'água está localizado a 1,78m. O  $N_{SPT}$  da camada de argila orgânica esta variando de  $< 2$  a 4 golpes, indicando que o solo tem consistência muito mole. Ver Figura 4.

Os ensaios físicos mostraram o LL variando entre 41% e 71%, e o IP entre 19% e 35% indicando que o solo é altamente plástico. Apresentando sinais de amolgamento, o solo foi



Para as construções sobre argilas moles, é necessário o emprego de estudos e métodos que possam prever o comportamento da obra, e com isso, adotar a melhor solução na fase de projeto. E para uma previsão eficiente é necessário a associação de critérios de análises adotados e

[illegible]

O ensaio de adensamento mostrou, de uma forma geral, que a umidade natural do solo variou entre 59,21% e 126,60%, o índice de vazios inicial entre 1,491 e 3,265, o índice de compressão ( $C_c$ ) entre 0,48 e 0,96, o Índice de recompressão ( $C_s$ ) está entre 0,11 e 0,20, o índice de expansão entre 0,11 e 0,20, e a resistência não-drenada variou entre 7,11 e 36,7 kPa. Para o cálculo da estimativa de recalque, só consideramos os dados de um dos furos SPT realizado, pois é referente ao aterro estudado.

Os parâmetros apresentados anteriormente indicaram que, o solo estudado, possui bolsões de argila orgânica mole, com espessura de aproximadamente 19 m, possuindo baixa resistência e alta compressibilidade, necessitando de uma solução especial para o melhoramento dessa resistência. Para maiores detalhes sobre a determinação dos parâmetros geotécnicos, ver Machado e Coutinho (2012).

### 3.2 Correção dos Parâmetros Geotécnicos

na literatura, tais como Correção de Schmertmann (1955) e a proposta por Oliveira (2002). Schmertmann (1955) propôs uma correção da curva edométrica que levasse em conta o amolgamento e obtivesse a curva de campo.

A metodologia de construção da curva estimada consiste em identificar o índice de vazios inicial ( $e_0$ ) da amostra cuja curva será construída, entrar no ábaco com o índice de vazios inicial e determinar a relação  $e_f/e_0$  para cada uma das tensões normalmente utilizadas no ensaio, calcular o índice de vazios final ( $e_f$ ) para cada estágio de carga e por fim construir a curva edométrica estimada.

As Figuras 6 a 8, mostram as curvas edométrica de laboratório (azul) e a corrigida pelo ábaco (vermelha), para o furo SP-12.

considerado neste estudo, em 3 profundidades diferentes.

Para a determinação dos parâmetros de compressibilidade da curva corrigida, adotamos a correção estatística, Tabela 1, obtida para as argilas moles de Recife-PE, apresentada por Coutinho et al. (1998a), através dos quais estimamos parâmetros tais como  $C_c$  e  $C_s$  a partir da umidade natural do solo  $W$  (%).

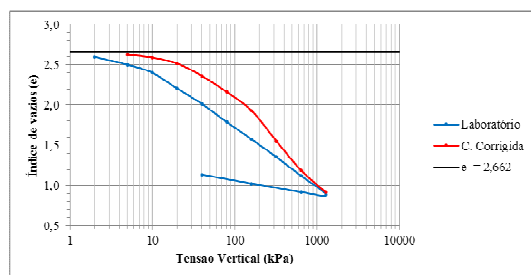


Figura 6. Curva de projeto e corrigida, prof. 6,00 m.

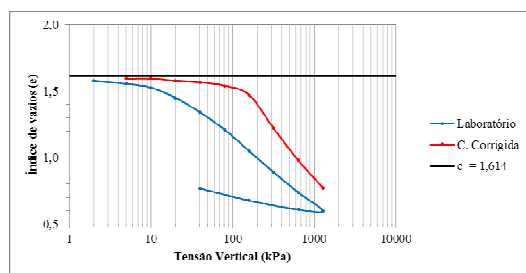


Figura 7. Curva de projeto e corrigida, prof. 10,00 m.

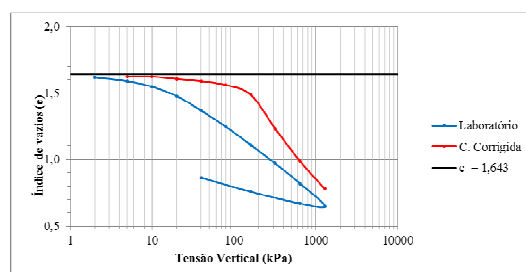


Figura 8. Curva de projeto e corrigida, prof. 14,00 m.

A Tabela 2 a 4 apresentam os parâmetros geotécnicos obtidos das curvas edométricas de laboratório e corrigidas por Oliveira (2002), como também as correções estatísticas obtidas através da Tabela 1.

Considerando a curva edométrica corrigida, o OCR indicou que o solo estudado é pré-adensado. O índice de compressão ( $C_c$ ) está entre 0,4 e 1,5, o Índice de recompressão ( $C_s$ ) está variando entre 0,1 e 0,3. O coeficiente de adensamento vertical ( $C_v$ ) está entre  $2,00 \times 10^{-4}$  e  $3,00 \times 10^{-4}$  em torno da tensão de pré-adensamento.

Tabela 1. Correlação Estatística (Coutinho et al. 1998a).

| Solo                                                          | Correção            | Equação                    |
|---------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Argilas/Argilas orgânicas<br>$W \leq 200\%$<br>$e_0 \leq 4,0$ | $e_0$ , vs. $W$ (%) | $e_0 = 0,024 W + 0,1410$   |
|                                                               | $c_c$ , vs. $W$ (%) | $c_c = 0,014 W - 0,0940$   |
|                                                               | $c_c$ , vs. $e_0$   | $c_c = 0,586 e_0 - 0,165$  |
|                                                               | $c_s$ , vs. $W$ (%) | $c_s = 0,0019 W + 0,0043$  |
|                                                               | $c_s$ , vs. $e_0$   | $c_s = 0,084 e_0 - 0,0086$ |
| Solos Orgânicos/Turfas<br>$W \geq 200\%$<br>$e_0 \geq 4,0$    | $e_0$ , vs. $W$ (%) | $e_0 = 0,012 W + 2,230$    |
|                                                               | $c_c$ , vs. $W$ (%) | $c_c = 0,0040 W + 1,738$   |
|                                                               | $c_c$ , vs. $e_0$   | $c_c = 0,411 e_0 + 0,550$  |
|                                                               | $c_s$ , vs. $W$ (%) | $c_s = 0,0009 W + 0,1590$  |
|                                                               | $c_s$ , vs. $e_0$   | $c_s = 0,055 e_0 - 0,0900$ |

Tabela 2. Laboratório x Corrigido (Oliveira, 2002).

| Furo    | Prof. (m) | Curva     | wi (%) | $\sigma'_{v0}$ Kpa | $\sigma'_{vm}$ Kpa |
|---------|-----------|-----------|--------|--------------------|--------------------|
| SP (12) | 6,00      | Lab.      | 102,41 | 62,90              | 11,00              |
|         |           | Corrigida |        |                    | 62,90              |
|         | 10,00     | Lab.      | 63,74  | 85,80              | 16,00              |
|         |           | Corrigida |        |                    | 160,00             |
|         | 14,00     | Lab.      | 64,80  | 111,16             | 25,00              |
|         |           | Corrigida |        |                    | 210,00             |

Tabela 3. Laboratório x Corrigido (Oliveira, 2002).

| Furo    | Prof. (m) | Curva  | $\sigma'_{vf}$ kn/m <sup>2</sup> | OCR  | $e_0$ | $C_c$ |
|---------|-----------|--------|----------------------------------|------|-------|-------|
| SP (12) | 6,00      | Lab.   | 134,84                           | 1,00 | 2,662 | 0,80  |
|         |           | Corrig | 98,98                            |      | 2,599 | 1,39  |
|         | 10,00     | Lab.   | 155,72                           | 1,86 | 1,614 | 0,50  |
|         |           | Corrig | 118,60                           |      | 1,671 | 0,78  |
|         | 14,00     | Lab.   | 170,04                           | 1,89 | 1,643 | 0,51  |
|         |           | Corrig | 139,96                           |      | 1,696 | 0,80  |

Tabela 4. Laboratório x Corrigido (Oliveira, 2002).

| Furo    | Prof. (m) | Curva     | $C_s$ | $C_R$ (%) | $C_v$ cm <sup>2</sup> /s |
|---------|-----------|-----------|-------|-----------|--------------------------|
| SP (12) | 6,00      | Lab.      | 0,16  | 22        | $2,00 \times 10^{-4}$    |
|         |           | Corrigida | 0,22  | 38        | $3,00 \times 10^{-4}$    |
|         | 10,00     | Lab.      | 0,12  | 19        | $5,00 \times 10^{-4}$    |
|         |           | Corrigida | 0,13  | 30        | $3,00 \times 10^{-4}$    |
|         | 14,00     | Lab.      | 0,19  | 19        | $5,00 \times 10^{-4}$    |
|         |           | Corrigida | 0,13  | 30        | $2,00 \times 10^{-4}$    |

Podemos verificar que o índice de compressão ( $C_c$ ) e o índice de recompressão

( $C_s$ ), apresentam valores maiores para a curva corrigida.

As Figuras 9 e 10, mostram graficamente que os parâmetros encontrados, estão dentro dos estimados para as argilas de Recife.

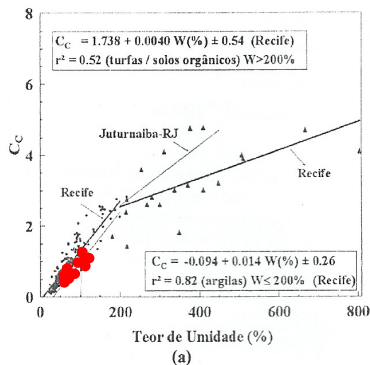


Figura 9. Correções Estatísticas: (a)  $C_c \times W(\%)$  (Coutinho, 2005).

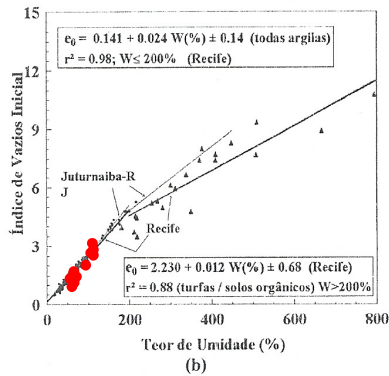


Figura 10. Correções Estatísticas: (a)  $C_c \times W(\%)$  (Coutinho, 2005).

### 3.3 Cálculo dos Recalques

A teoria de adensamento de Terzaghi propõe o cálculo do recalque final em função dos parâmetros de compressibilidade  $C_c$  e  $C_s$ , tensões iniciais ( $\sigma'_{v0}$ ) e finais ( $\sigma'_{vf}$ ), e história de tensões do depósito ( $\sigma'_{vm}$ ), conforme demonstrado na equação 1.

$$s = \frac{C_s}{1 + e_0} \times h \times \log\left(\frac{\sigma'_{vm}}{\sigma'_{v0}}\right) + \frac{C_c}{1 + e_0} \times h \times \log\left(\frac{\sigma'_{vf}}{1 + \sigma'_{vm}}\right) \quad (1)$$

Para a análise dos deslocamentos verticais utilizamos a teoria de adensamento de Terzaghi e o método de previsão de recalques de Asaoka (1978), modificado por Magnan e Derooy (1980). Os valores previstos serão comparados com os deslocamentos verticais medidos em campo.

Foi considerado neste cálculo, o aterro com altura de 4,60m de acordo com o projeto, e o

aterro com altura de 2,00m, aterro executado em campo. E para as duas alturas, consideramos o valor de  $\sigma'_{vm}$  real calculado, como também, consideramos a primeira camada de prof. 6,00m como sendo normalmente adensada, a fim de fornecer mais um elemento comparativo, não sendo essa uma boa prática na engenharia geotécnica.

Para o aterro previsto no projeto de duplicação da BR-101/PE, com altura de 4,60m, os recalques foram calculados em três situações diferentes. A primeira com os dados fornecidos pelos ensaios de laboratório, depois considerando o solo normalmente adensado e por fim fez-se a correção da curva edométrica e adotou-se novos parâmetros.

Já para o aterro executado com 2,00 metros de altura, calamos o recalque em cinco situações. A primeira utilizou-se os parâmetros fornecidos pelos ensaios de laboratório, a segunda considerou o solo normalmente adensado, a terceira fez-se a correção da curva edométrica e adotou-se novos parâmetros, a quarta utilizou os novos parâmetros da curva edométrica corrigida, e considerou a primeira camada como normalmente adensada e a quinta situação, utilizou-se as leituras dos instrumentos de controle em campo, e aplicamos a método de Asaoka.

## 4 LEITURA DO INSTRUMENTOS DE CONTROLE

Para o aterro em estudo, salientamos que consideramos as leituras dos instrumentos indicados na estaca 3330, pois demonstraram possuir dados mais confiáveis. Esses instrumentos são 01 Inclínômetro, 03 Piezômetros Pneumáticos e 02 Placas de Recalque. Os outros instrumentos estavam danificados e não possuem leituras 1.

### 4.1 Resultado da Instrumentação

A evolução dos recalques com o tempo, foi verificada por meio das placas de recalque instaladas. Verificamos que o recalque máximo ocorrido para a placa PR-27 foi de 0,42 m para um período total de 700 dias.

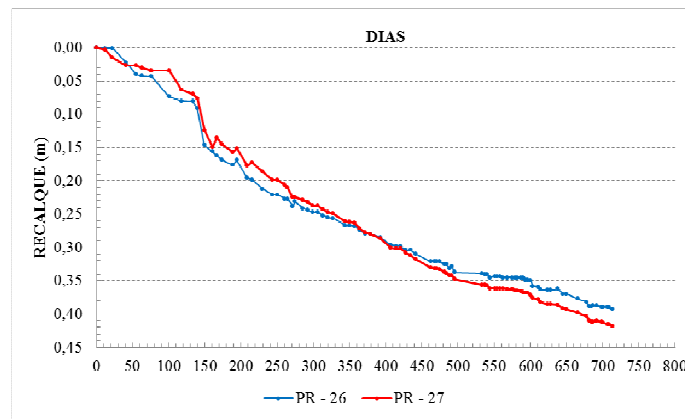


Figura 11. Deslocamentos Verticais da Placas de Recalque PR - 26 e PR - 27, Aterro h = 2,00.

Para a outra placa de recalque o valor foi de 0,39m, conforme mostrado na Figura 11.

Através do gráfico apresentado é possível verificar que os deslocamentos verticais não variaram no final das leituras. Isso pode ter ocorrido pelo fato de não haver incremento de carga devido ao alteamento do aterro

#### 4.2 Método de Asaoka

Asaoka (1978) propôs um método de simples aplicação para a interpretação dos resultados de medidas de recalque com o tempo, para a obtenção de coeficiente de adensamento vertical e previsões dos recalques finais. Recomenda-se adotar intervalos de tempo  $\Delta t$  adequados para a obtenção dos valores para a estimativa do recalque do adensamento primário e a estimativa de  $C_h$ . Para o presente estudo, adotamos para  $\Delta t$  os valores de 60 e 90 dias.

A Figura 12 apresenta o gráfico, pela metodologia de Asaoka das placas de recalque PR-26, para 60 dias e PR-27, para 60 dias, onde o ponto de encontro das retas representa o valor do recalque final do adensamento primário.

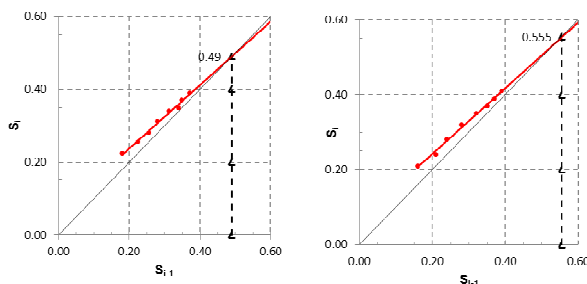


Figura 12. Método de Asaoka, para 60 dias. PR-26 (à esquerda) e PR-27 (à direita).

#### 5 ANÁLISE COMPARATIVA DOS DESLOCAMENTOS VERTICAIS

Para o Aterro com 4,60m, previsto em projeto, percebemos que estes valores estão variando 0,79m a 2,40m, ver Figura 13.

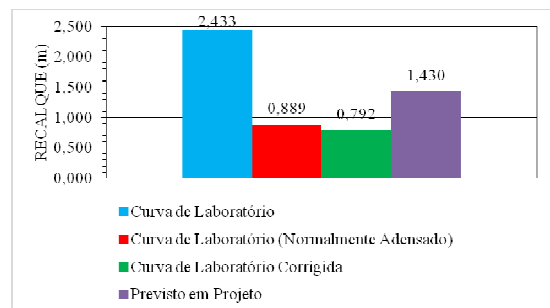


Figura 13. Recalques, Aterro com altura 4,60m.

Percebe-se também que, os dos valores dos recalques considerando o solo normalmente adensado, pratica muito comum, e fazendo-se a correção da curva edometrica, esses valores ficaram bem próximos, variando de 0,79m a 0,88m. Já o recalque estimado a partir dos ensaios de laboratório, sem a utilização de critério de correção para tornar a amostra de boa qualidade, obteve um valor de 2,40m. O recalque estimado em projeto ficou na ordem de 1,40m, esta variação foi devido à diferença na metodologia adotada para o seu cálculo.

Nas bibliografias sobre o assunto, a pesquisadores que defendem que o recalque secundário só ocorre quando termina o primário, e outros que dizem que esses recalques podem ocorrer simultaneamente. Para o estudo em questão, o recalque primário previsto pelos parâmetros corrigidos está um pouco menor que o medido em campo, e uma

possibilidade de explicação é a ocorrência do recalque secundário simultaneamente ao recalque primário.

A Figura 14 compara os recalques medidos em campo pelas placas de recalque e os previstos pelo método de Asaoka, considerando o aterro executado com altura de 2,00m. Nota-se que os recalques estão variando de 0,39m a 0,42m para os medidos em campo, e entre 0,45m e 0,55m para os estimados pelo método de Asaoka. Ficando os valores em concordância.

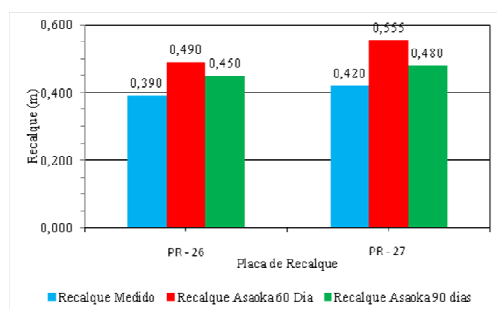


Figura 14. Comparação dos Recalques Medido x Método de Asaoka, aterro h = 2,00m.

Comparamos também, os recalques para o aterro executado com 2,00 metros de altura, e verificamos que estão variando entre 0,4m e 2,06m, conforme Figura 15.

Nota-se que pode ocorrer uma variação considerável nos valores do recalque, devido à metodologia adotada para a determinação dos parâmetros utilizados

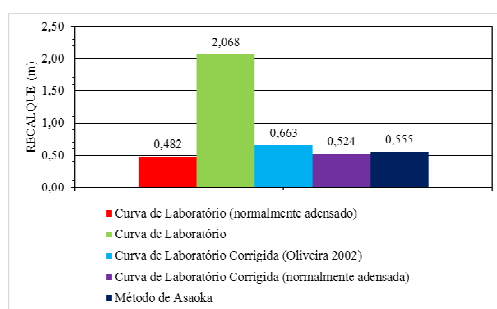


Figura 15. Comparação dos Recalques para o Aterro Executado com 2,00m.

## 6 CONCLUSÃO

Conclui-se que é de fundamental importância que a amostra seja de boa qualidade, pois influência diretamente na obtenção dos

parâmetros geotécnicos. Observamos que a variação dos valores dos recalques ocorreu, devido à diferença na metodologia adotada, para a determinação dos parâmetros utilizados no seu cálculo. Devendo-se então, tomar cuidado na hora de determinar a melhor metodologia a ser empregada no cálculo dos recalques.

Conforme demonstrado, foi possível prever o recalque para o adensamento primário muito próximo do valor efetivamente medido e extrapolado pelo método de Asaoka.

## AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), ao GEGEP, Grupo de Engenharia Geotécnica de Encostas e Planícies/UFPE, pelo apoio e incentivo acadêmico e a Maia Melo Engenharia pelo acervo técnico.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, M.S.S (1996) *Aterros sobre Solos Moles – da Concepção a Avaliação do Desempenho*, ed.UFRJ, Rio de Janeiro.
- Cavalcante, S. P. P, Oliveira, A. T. J. & Coutinho, R. Q (1998) *Qualidade dos Parâmetros Geotécnicos Obtidos em Argilas Moles*, VI CONIC-UFPE – Congresso de Iniciação Científica, Recife.
- Coutinho, R.Q e Bello, M. I. M. C. V. (2004), *Geotecnia do Nordeste - Capítulo 3: Aterro sobre Solo Mole*, Livro ABMS – Núcleo Nordeste.
- Coutinho, R.Q. (2005) *Aterro sobre Solos Moles*, Apostila de Aula, UFPE.
- Machado, L.V.S.S e Oliveira, J.T.R (2010) *Análise de Desempenho do Aterro sobre Solo Mole Executado na Obra de Duplicação da BR-101/PE*, COBRAMSEG.
- Machado, L.V.S.S e Coutinho, R.Q (2012) *Caracterização Geotécnica das Argilas Moles na Várzea de Goiana da BR-101/PE*, COBRAMSEG.
- Machado, L.V.S.S e Coutinho, R.Q (2012) *Soluções Para a Construção de Aterros Rodoviários sobre Solos Moles na BR-101/PE*, COBRAMSEG.
- Machado, L.V.S.S (2012) *Avaliação do deslocamento vertical de aterro sobre solo mole executado no projeto de duplicação da BR-101/PE*, Dissertação de Mestrado.
- Oliveira, J. T. R. (2002) *A Influência Da Qualidade Da Amostra No Comportamento Tensão-Deformação-Resistência De Argilas Moles*, Tese de Doutorado, COPPE-UFRJ.