



A importância da investigação geotécnica e da instrumentação na avaliação do desempenho de aterros sobre solo moles estabilizados.

Geraldo Guedes de Andrade

Engenheiro, Acrux Consultoria, São Paulo, Brasil, geraldo.andrade@acruxconsultoria.com.br

Edgar Odebrecht

Engenheiro, Geoforma Engenharia, Joinville, Brasil, edgar@geoforma.com.br

Rafael de Barros Aranha Piccolo

Engenheiro, Neoenergia, Campinas, Brasil, rafael.piccolo@neoenergia.com

Elvis Lopes

Engenheiro, Ensiste, Curitiba, Brasil, elvis@ensiste.com.br

Calicio Andreatta

Engenheiro, Tabocas Participações Empre.S/A, Itajaí, Brasil, calicio.andreatta@tabocas.com.br

RESUMO: O desenvolvimento econômico de uma região implica na ampliação da sua infraestrutura. Em áreas já amplamente ocupadas e em decorrência dos condicionantes geográficos estas ampliações estão cada vez mais direcionadas a áreas com presença de solos de baixa capacidades de suporte e cotas inapropriadas. Para atender esta demanda os projetos são cada vez mais arrojados e para tanto é fundamental entendimento das propriedades do solo de fundação. Para assegurar este desempenho são fundamentais uma investigação geotécnica adequada, como também o monitoramento correto da obra. O presente artigo técnico apresenta dois casos de obras de aterros sobre solos moles tratados, bem como a avaliação do seu desempenho. Ambas as obras destinadas a instalação de subestações de propriedade da NEOENERGIA que estão sendo construídas pela empresa Tabocas. Dois pontos diferem em relação a projetos lineares convencionais rodoviários, a sua ampla área e a necessidade de se restringir as deformações pós conclusão do aterro. O artigo apresenta a investigação geotécnica efetuada, discorre sobre as premissas adotadas no projeto e sobre os resultados e interpretação da instrumentação instalada. Conclui-se que obras geotécnicas bem investigadas e instrumentadas permite as tomadas de decisão fundamentadas e na velocidade de andamento da obra.

PALAVRAS-CHAVE: Investigação Geotécnica, estabilização de solos moles, instrumentação.

ABSTRACT: The economic development of a country implies the expansion of its infrastructure. In areas already widely occupied and due to geographical restriction, these expansions are being directed to areas with low bearing capacity soils and inappropriate elevations. To attend this demand, projects are increasingly audacious and for this it is essential to understand the properties of the foundation soil. To ensure this performance, an adequate geotechnical investigation is essential, as well as the correct monitoring of the soil work construction. This technical article presents two cases of embankment works on treated soft soils, as well as the evaluation of their performance. Both works are intended for the installation of substations owned by

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





NEOENERGIA and are being built by the company TABOCAS. Two points differ in relation to conventional linear road projects, their large land surface and the need to restrict deformations level at the end of the earth work. The article presents the geotechnical investigation carried out, discusses the assumptions adopted in the project and the results and interpretation of the instrumentation installed. It is concluded that well-investigated and instrumented geotechnical earth works real time information that allow to have decision making and the speed of progress of the work. It is concluded that well-investigated and instrumented geotechnical earth works allow real time information that allow decision during the construction.

KEYWORDS: Geotechnical soil investigation, ground soil improvement, geotechnical instrumentation

1 Introdução

O desenvolvimento de uma determinada região está diretamente ligada a adequação e ao desenvolvimento da sua infraestrutura. Geralmente quando se pensa em infraestrutura, são abordadas as questões de logística rodoviária, portuária e aeroportuária. Contudo, uma das mais importantes, que nem sempre é identificada pela população em geral, mas de suma importância para a indústria, é a infraestrutura energética. Neste aspecto deve-se pensar na geração, transmissão e transformação de energia. A construção de subestações para a transformação e distribuição de energia elétrica passa pela conformação de uma área que receberá um complexo conjunto de equipamentos, que deverão ser assentes em local plano, fora de cotas de inundação e próximo a grandes centros consumidores.

O recente desenvolvimento experimentado pelo estado de Santa Catarina nos últimos anos, impôs a necessidade da construção de várias subestações. Destaca-se neste estado a região norte onde se concentra grande parte do parque fabril e, portanto, um grande potencial consumidor. Nesta região tem-se a falta de áreas naturalmente adequadas para a instalação das subestações. Áreas planas e livres possuem condição de elevação e principalmente características do subsolo inadequadas, o que implica na execução de grandes serviços de terraplenagem com a conformação de aterros acima das cotas de inundações e principalmente com a necessidade de estabilização do subsolo de fundação.

O presente artigo técnico expõe dois estudos de caso de obras de subestações de energia elétrica implantadas sobre solo mole. Como atributo indispensável, as subestações precisam ficar próximas de centros urbanos para distribuir a energia de forma mais eficiente, porém devem ficar afastadas de áreas sócio ambientalmente sensíveis. A definição da posição das subestações também leva em conta as eventuais dificuldades para a locação de linhas de transmissão que conectam as subestações, ou seja, não basta definir o terreno ideal para implantação da subestação como também precisa considerar o traçado das linhas de transmissão que serão conectadas. Esse contexto limita expressivamente as alternativas de localização fazendo com que seja praticamente impossível de se obter um local ideal sob todos os aspectos.

Como consequência das variáveis estudadas para o posicionamento dos empreendimentos, as subestações Itajaí 2 e Gaspar 2 ficaram locadas em áreas de uso agropecuário sendo principalmente em regiões de cultura de arroz. A característica geotécnica típica dos locais de cultivo de arroz no estado de Santa Catarina, se resume em solos saturados, argilosos e moles. Tais fatores favorecem o cultivo do arroz porque precisa de fartura de água e ao mesmo tempo para evitar a perda de água por infiltração, solos argilosos e mais impermeáveis são preferenciais

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B701, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br



para o cultivo. Por outro lado, essas propriedades não são favoráveis para a construção civil no geral, inclusive no âmbito da implantação de subestações.

Em virtude da necessidade de obtenção de receita e da modalidade do contrato de concessão de energia acaba sendo vantajoso concluir a obra mais rapidamente, porque a transmissora passa a receber receita assim que o empreendimento é energizado. Nesse contexto, é mais vantajoso acelerar o adensamento do solo mole do que aguardar o adensamento natural após a implantação do aterro mesmo que seja com sobrecarga. Por isso, nas subestações SE Gaspar 2 e Itajaí 2 optou-se pela implantação de Geodrenos fibroquímicos para a aceleração do adensamento. Esta opção de estabilização foi efetuada após análise técnico econômica que levou em conta outras técnicas como a estabilização com colunas de areia, colunas de brita e colunas de *deep soil mixing* (DSM).

Destaca-se assim no artigo, a importância da investigação geotécnica na definição do projeto da estabilização e do monitoramento da obra para tomada de decisões, continuidade da obra e principalmente alcançar as premissas requeridas quanto a magnitude dos recalques remanescentes de longo prazo.

2 Contextualização do Problema

No que se refere às obras em questão, para se alcançar a estabilização dos solos moles de fundação de corpos de aterro com vistas ao entendimento da avaliação do seu desempenho, tem-se inicialmente a necessidade de uma perfeita caracterização do meio físico através de sondagens de simples reconhecimento (SPT) e de investigações especiais (Piezocone, Palheta e Ensaio de Adensamento). Esta etapa é considerada como a mais importante em todo o processo, pois é a partir dela que se definem as premissas geotécnicas do projeto. Premissas relacionadas com as questões geográficas, geométricas e principalmente cronológica, são geralmente impostas por demandas de logísticas e de contrato. O meio físico devidamente caracterizado irá permitir o desenvolvimento de um projeto compatível com as demandas, utilizando técnicas consagradas no meio técnico e principalmente que atendam aos requisitos do projeto. Contudo, a engenharia geotécnica é sempre revestida de um certo grau de incerteza em decorrência da variabilidade do meio natural, tanto em termo de espessuras de camadas como de comportamento de cada camada de solo.

Sondagens de simples reconhecimento SPT (Standat Penetration Test – NBR 6484-2022) agregadas com análise tátil e visual cuidadosa dos testemunhos coletados a cada metro de sondagem e associadas à determinação do seu teor de umidade, porcentagem de finos que passa na peneira #200 e registro fotográfico permitem ao projetista um adequado entendimento estratigráfico do solo de fundação. Contudo, a sondagem SPT é limitada no que se refere a caracterização de comportamentos de deformabilidade, avaliação do histórico de tensões já sofridas pelo solo de fundação no seu processo de formação, resistência não drenada e em especial da permeabilidade geralmente caracterizada pelo coeficiente de adensamento. Estas últimas propriedades é que irão permitir além da determinação da magnitude dos recalques, a estabilidade dos taludes e a avaliação do seu desempenho ao longo do tempo. Para tanto associa-se a sondagem SPT a execução de ensaios de piezocone, de palheta (Vane Test) e coletas de amostras indeformadas para ensaios especiais em laboratório. Estes procedimentos de caracterização do subsolo estão muito bem detalhados por Schnaid e Odebrecht (2012) e, portanto, não serão detalhadas neste artigo técnico.

A caracterização do subsolo efetuada pelo ensaio do piezocone, está fundamentada em equações baseadas na teoria da mecânica dos solos e em formulações empíricas. Geralmente estas expressões requerem um coeficiente de ajuste que é muito dependente das peculiaridades

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Eventos Especiais

Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B701, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br

geológica geotécnica de cada região. Assim utiliza-se o conceito de ilha de investigação onde são efetuados um conjunto de ensaios que permite definição destes coeficientes para o sítio específico da obra em questão.

Apesar da excelente caracterização do meio geotécnico, seguindo os pressupostos acima descritos, muitas vezes os resultados projetados nem sempre são exatamente os obtidos. Para tanto efetua-se o monitoramento da obra onde se busca a efetiva avaliação do seu desempenho. Este monitoramento é efetuado com a instalação de uma série de equipamentos geotécnicos, cujo desempenho é acompanhado ao longo do desenvolvimento da obra. No caso das obras em questão foram empregadas placas de recalques (PR), piezômetros (PZ) e inclinômetros (INC). As placas de recalque e os piezômetros para avaliar o desempenho dos recalques e o seu desenvolvimento com o tempo e os inclinômetros para avaliar a deformabilidade dos taludes formados nas extremidades (bordas) dos aterros.

O monitoramento do desempenho de uma obra permite um caminho inverso, ou seja, a partir dos dados registrados permite a retro análise dos parâmetros adotados na fase de projeto. Este procedimento é extremamente recomendado para o avanço do conhecimento e o estabelecimento de uma técnica.

Este artigo técnico busca apresentar resultados de duas obras de estabilização de solos moles com o uso de geodrenos em dois sítios distintos localizados no estado de Santa Catarina. Um localizado no município de Gaspar e outro no município de Itajaí onde foram construídos aterros sobre solo moles tratados para a instalação de subestações de propriedade da NEOENERGIA e construídos pela TABOCAS. Estes resultados da instrumentação são confrontados com os adotados na fase de projeto já que o aterro instrumentado nada mais é do que um ensaio de campo em escala real.

3 Fundamentação Teórica

São muitas as maneiras que se pode analisar o comportamento de um aterro sobre solos moles, sendo que neste artigo foram adotadas duas maneiras distintas, escolhidas pela sua simplicidade e consenso no meio técnico. O primeiro está fundamentado na teoria clássica de adensamento de Terzaghi (1943) e o segundo no método de Azaoka (1978).

3.1 Teoria Clássica de Adensamento (Terzaghi)

Na teoria clássica de adensamento de Terzaghi a porcentagem de adensamento (U) está relacionada com o tempo (t) através do fator tempo (T) equação 01.

$$T = \frac{c_v \cdot t}{H_d} \quad (1)$$

Onde: T= fator tempo;

c_v = Coeficiente de adensamento;

$H_d = H/n =$

H e n = espessura da camada drenante e n número de faces drenantes respectivamente.

O valor da magnitude do recalque é obtido pela equação 02.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



$$\rho = \frac{H}{1 + e_0} \left[C_r \log \frac{\sigma'_m}{\sigma'_i} + C_c \log \frac{\sigma'_f}{\sigma'_m} \right] \quad (2)$$

Onde: ρ = recalque;
 e_0 = índice de vazios inicial;
 σ'_i = tensão efetiva inicial;
 σ'_f = tensão efetiva final;
 σ'_m = tensão efetiva de pré-adensamento;
 C_r = índice de recompressão;
 C_c = índice de compressão;

Define-se ainda que, no caso do carregamento não ser aplicado instantaneamente como admitido na teoria de Terzaghi, mas crescente com o tempo até atingir um valor máximo ($P1$) em um tempo ($t1$), o recalque real será obtido considerando-se que em qualquer tempo (t), a porcentagem de recalque real (U) seria obtida pela expressão 03.

$$U = U' \frac{P}{P1} \quad (3)$$

Onde: U' = porcentagem de recalque da curva considerando o recalque instantâneo para um tempo ($t'=t/2$);
 P = pressão aplicada pela construção no tempo (t).
 $P1$ = pressão máxima aplicada pelo aterro.

A porcentagem de adensamento ainda pode ser relacionada com o fator tempo por solução analítica ou por solução aproximada: para $U < 60\% \rightarrow T = (\pi/4)U^2$ e para $U > 60\% \rightarrow T = -0,933 \cdot \log(1-U) - 0,085$.

De posse destas equações e dos resultados é possível simular matematicamente a evolução dos recalques com a evolução da aplicação das cargas. Para tanto tem-se como dados do problema a tensão aplicada pelo aterro (dado conhecido); o tempo necessário para que essa carga fosse aplicada (dado conhecido); a espessura da camada drenante (dado conhecido); a magnitude dos recalques e o valor do coeficiente de adensamento, sendo estes dois últimos dados, a princípio, não conhecidos. Como temos dois conjuntos de dados que são a curva de carregamento versus tempo e a curva de recalque versus tempo o problema passa a ter solução. Para tanto, basta buscar o melhor ajuste das curvas teóricas com as obtidas em campo, variando-se a magnitude dos recalques (ρ) e a magnitude do coeficiente de adensamento (c_v).

3.2 Método de Azaoka

Azaoka (1978) demonstrou que, tomando-se valores de recalques para tempos igualmente espaçados, de um intervalo igual de tempo (Δt) e representando-se graficamente os valores do recalque num certo tempo em função do recalque no tempo anterior, estes pontos irão determinar uma reta que intercepta outra reta a 45° passando pela origem (Figura 01), no valor final dos recalques. Por outro lado, Azaoka mostrou que a reta, determinada como acima descrito, tem uma inclinação β , que se associa aos outros parâmetros da teoria de adensamento com os valores de H_d e c_v (equação 4).

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



$$\ln\beta = \frac{-2,47 \cdot c_v \cdot \Delta t}{H_d^2} \quad (4)$$

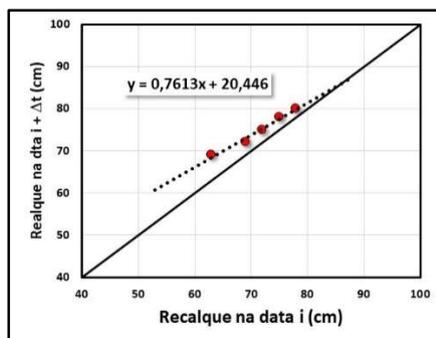


Figura 1. Método de Azaoka (1978).

No caso do uso de geodrenos, o processo de adensamento é preponderantemente governado pelo coeficiente de adensamento horizontal (c_h) ao invés do vertical (c_v). A equação 05 foi modificada por Magnan e Deroy (1980) a partir da equação original de Azaoka. Nasci e Schnaid (2001) utilizaram a expressão modificada para a interpretação dos resultados de placas de recalques de tratamento dos solos moles do aeroporto Salgado Filho de Porto Alegre.

$$c_h = \frac{d_e^2 \cdot F_n}{8} \left[-\frac{\ln(\beta_1)}{\Delta t} - \frac{\pi \cdot c_v}{4 \cdot n^2} \right] \quad (5)$$

Onde: $F_n = \frac{n^2}{n^2-1} \ln(n) \cong \ln(n) - 0,75$

$n = d_e/d_w$

d_e = diâmetro de influência do dreno;

$d_e = 1,13s$ para malha quadrada = $1,05s$ para malha triangular;

d_w = diâmetro equivalente do dreno;

s = espaçamento entre geodrenos.

4 Casos de Obra

Na sequência deste artigo apresentam-se dois casos de obras. Para cada caso é apresentado um resultado típico da instrumentação. As obras são de propriedade da NEOENERGIA e estão sendo executadas pela empresa TABOCAS Participações Empreendimentos S/A.

4.1 Subestação Gaspar

A subestação SE Gaspar 2 525/230/138 kV, localizada no município de Gaspar possui área aproximada de 48.173 m². Neste local foram efetuados 48.173m² de limpeza, 243.817 m³ de material de empréstimo para aterro dos quais 174.155 m³ foram compactados para conforma a área da subestação (SE-SC.GAS2-CV.DE-A1-0053-5_FL01 (ETSE-S2-2000000-001-R6) - Terraplenagem – Planta). O aterro construído apresenta alturas que variam de cerca de 1 a 3m de altura. A Figura 02 apresenta uma imagem da obra. Para caracterizar o subsolo foram executados 6 ensaios de piezocone, 15 ensaios de palheta, 15 ensaios de dissipação e 6 ensaios de

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





adensamento. O Subsolo local é caracterizado por uma sequência de depósitos inconsolidados formados por camadas de argilas e lentes de areia conforme pode ser visualizado na Figura 03 onde são plotados os valores da resistência de ponta corrigida do piezocone (q_t) versus a profundidade. As camadas de argila estão na condição de normalmente adensada a levemente adensada (OCR de 1 a 1,3). A resistência não drenada é bastante variável sendo que nos primeiros metros valores de 10 a 15 kPa são observados. Magnitudes de recalques de 50 a 120 cm foram estimados na fase de projeto a depender da posição da obra. A espessura da camada compressível com vistas a determinar o tempo necessário para a ocorrências dos recalques também é variada, indo de uns poucos metros até cerca de 9 m. Esta espessura de solo compressível conduziu a tempos de adensamento incompatíveis com as necessidades do empreendimento e, por isso, drenos fibroquímicos foram projetados e instalados com comprimento de 15m distribuídos em malha triangular com 1,2m de espaçamento. Adicionalmente, devido as dimensões da obra, foi projetado e instalado um sistema de drenos franceses associados a poços de alívio para auxiliar a drenagem do colchão drenante.



Figura 02 – Imagem da Subestação de Gaspar em construção.

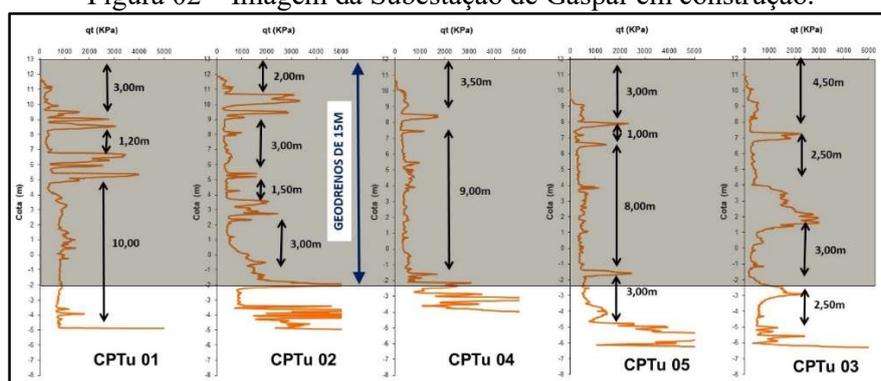


Figura 03 – Perfil geotécnico da subestação de Gaspar.

Para o dimensionamento dos geodrenos foram utilizados os resultados dos ensaios de dissipação e de adensamento. A Figura 04a resume estes resultados e destaca os valores de c_v e c_h adotados a nível de projeto.

O aterro foi instrumentado com 18 placas de recalques e 7 inclinômetros. O resultado de uma placa de recalque está apresentado na figura 04b. Nesta figura são observados a evolução dos recalques e do aterro com o tempo em pontos redondos amarelos. Em pontos quadrados azuis

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



é apresentada a simulação analítica efetuada com base na teoria da mecânica dos solos. Para esta simulação as variáveis são: o tempo de elevação do aterro e os valores de c_v e c_h . Destaca-se que nesta simulação o valor de c_v tem pouca contribuição, pois o processo de adensamento é governado predominantemente pelo fluxo horizontal entre geodrenos.

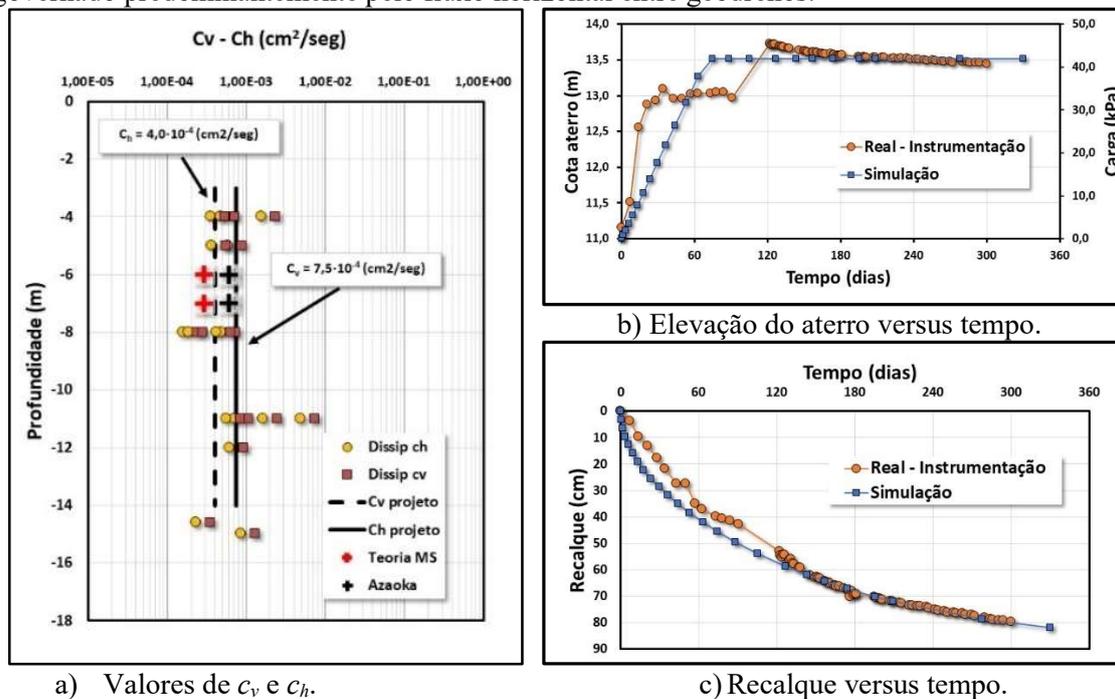


Figura 04 – Valores de c_v e c_h e Evolução do aterro e do recalque com o tempo.

A Figura 01, apresentada anteriormente, apresenta os resultados da mesma placa, mas agora foram plotados conforme proposto por Azaoka. Com base na inclinação β da reta é possível estimar o valor de c_h a partir da equação 04a.

Os resultados dos valores de c_h obtidos pelos dois metros (teoria da mecânica dos solos e método de Azaoka) estão também apresentados na Figura 04a (cruzes pretas e vermelhas). Pode-se concluir que os valores obtidos a partir da instrumentação coincidiram com os valores estimados com o piezocone.

4.2 Subestação de Itajaí 2

A subestação de Itajaí 2 SE- 525/230 kV possui uma área de cerca de 68.000 m² e aterros, cujas espessuras variam de 2 a 3,5 m. Uma imagem da obra é apresentada na Figura 05. A investigação foi efetuada com 7 ilhas de investigação (7 ensaios de piezocone, 23 ensaios de dissipação e 6 ensaios de adensamento). A instrumentação contou com 13 placas de recalque, 9 piezômetros elétricos e 5 inclinômetros posicionados estrategicamente fundamentada com base na investigação geotécnica realizada.

A Figura 06 apresenta o perfil estratigráfico da obra e a Figura 07a os resultados de c_v e c_h obtidos nos ensaios de dissipação do piezocone e de adensamento. A solução de estabilização de solos também foi concebida com o uso de geodrenos dispostos em malha triangular e espaçamento de 1,2m.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.





Figura 05 – Imagem da subestação de Itajaí em construção

Por fim comenta-se que o inclinômetro foi decisivo para a compreensão e tomada de decisão da evolução da estabilidade dos taludes do corpo do aterro. No caso especial da subestação de Itajaí 2, a evolução dos aterros junto da borda do aterro foi controlada e retardada para evitar a ruptura. Esta ação apesar de ter elevado ligeiramente o tempo de execução do aterro nestes pontos, não apresentou impacto no cronograma da obra e muito menos uma ruptura, o que traria grandes prejuízos e atrasos de cronograma para o executor.

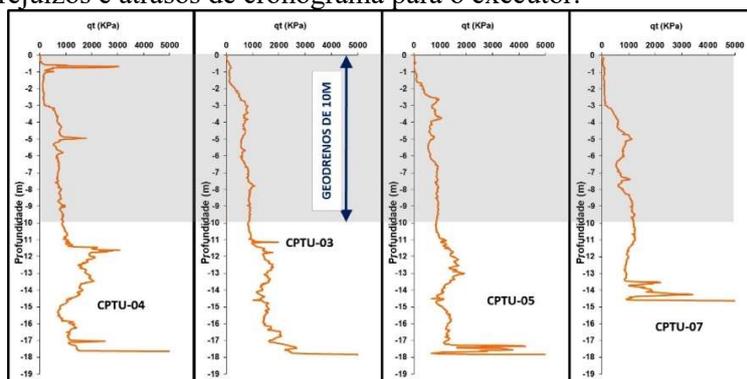


Figura 06 – Perfil geotécnico da subestação de Itajaí.

5 Considerações Finais

O presente artigo técnico apresenta uma breve descrição de procedimentos de investigação geotécnica, concepção de projeto e monitoramento geotécnico de duas obras de aterros sobre solo moles que foram estabilizados com uso de geodrenos fibroquímicos.

As premissas adotadas no projeto geotécnico foram confrontadas com os resultados da instrumentação geotécnica efetuada. Em ambas as obras as magnitudes dos valores do coeficiente de adensamento obtidos nas investigações e adotados na fase de projeto coincidiram adequadamente. As magnitudes dos recalques estimados foram assertivas e extremamente aceitáveis sob ponto de vista geotécnico.

Um aterro devidamente instrumentado e devidamente analisado é um ensaio em escala real e proporciona a determinação de parâmetros geotécnicos médios do subsolo. Este confronto de parâmetros e propriedades consolidam o conhecimento geotécnico nas fases de investigação e projeto.

Uma obra devidamente instrumentada permite o total controle e entendimento do seu desempenho, confere ao projetista, ao executor e ao contratante as reais condições da obra, evita surpresas e contratemplos em cronogramas e traz a certeza para o investidor do que ele comprou e o que efetivamente está recebendo.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



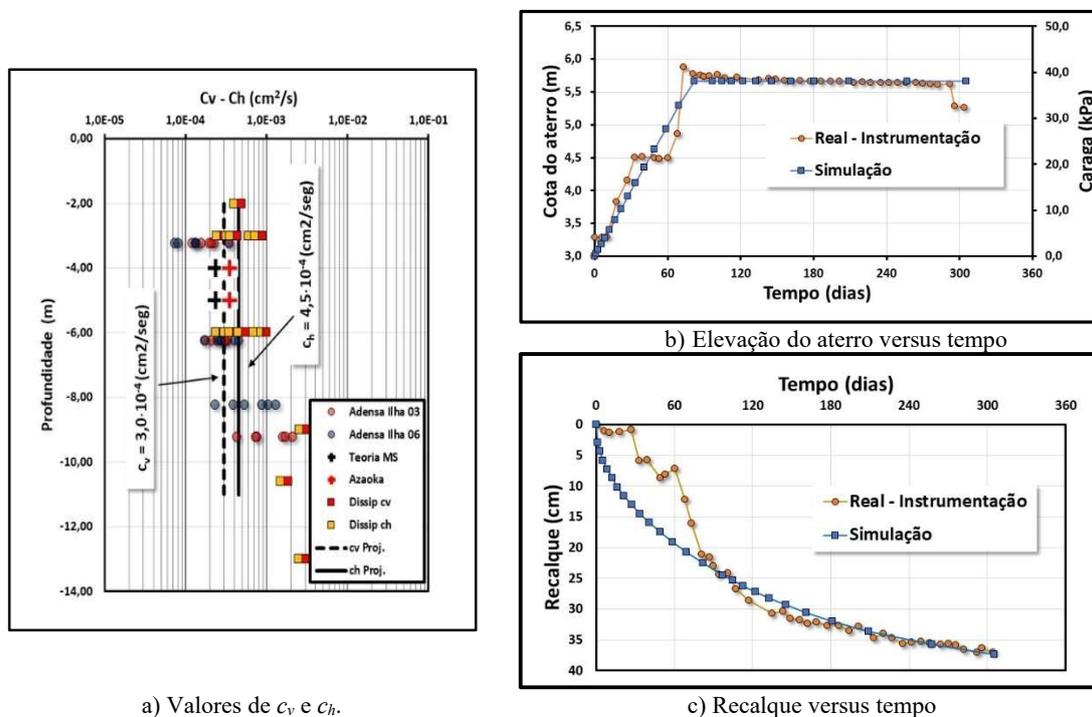


Figura 07 – Valores de c_v e c_h e Evolução do aterro e do recalque com o tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asaoka, A. (1978). Observational Procedure of Settlement Prediction. SOIL AND FOUNDATION. v. 18, n. 4, p. 87-101, Dec, 1978.
- Magnan, J.P. e Deroy, J.M. (1980). Analyse Graphique des Tassements Obsevés Sous les Ouvrages. BULLETIN DE LIAISON DE LABORATOIRE DES PONTS CHAUSSÉS, n. 109, sept-oct, p. 45-52.
- Naci, D.C. e Schnaid, F (2001) Projetos e desempenho do aterro sobre argila mole na ampliação do aeroporto internacional Salgado Filho. Revista SOLOS E ROCHA, São Paulo, 24, (3): pag 251-266.
- NBR 6484 (2020) – Solo – Sondagem de Simpes reconhecimento – Método de ensaio.
- Schnaid, E e Odebrecht, E. (2012) Ensaio de campo e sua aplicação a engenharia de fundações, Editora OFISCINA DE TEXTOS, São Paulo.
- Terzaghi, K. (1943). THEORETICAL SOIL MECHANICS. 510 p. John Wiley & Sons, New York.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

