



Consolidação de Solo Mole com drenos a vácuo

Roberto Kochen

Diretor Técnico, GeoCompany, São Paulo, kochen@geocompany.com.br

Arthur Askinis

Coord. Da DT de Getecnia, Instituto de Engenharia, São Paulo, askinis.arthur@hotmail.com

Danielle Melo

Engenheira Civil M.Sc., GeoCompany, São Paulo, danielle.melo@geocompany.com.br

RESUMO:

O objetivo desse trabalho é apresentar os desafios e a solução técnica adotada para viabilizar a construção de um polo petroquímico, em terreno de cerca de 250 hectares que apresentava extensa camada de solo mole.

O escopo era a entrega da zona edificável, para suporte de um aterro compactado, de espessura superior a 10m de altura, cuja premissa era que apresentasse recalques pouco significativos, de alguns centímetros para implantação do polo petroquímico, que concentra sua área edificável em 160 hectares.

A presença de solo mole ocorre em 100.000m² onde a espessura desse bolsão ultrapassa 18m. Nessa obra as fundações são diretas com tensão de 50kPa, recalque admissível de 25mm e o prazo médio de construção de um ano.

A solução de maior viabilidade foi a cravação de geodrenos verticais e aplicação de vácuo tendo em vista as características geológicas-geotécnicas do terreno e o prazo. A execução foi dividida em três fases por região. A área foi instrumentada para garantir as premissas adotadas no projeto executivo e garantir segurança e eficiência. Para garantir o acompanhamento da dissipação da pressão neutra foram instalados piezômetros e para avaliar a estabilidade global foram instalados inclinômetros, tassômetros e pinos de recalque.

PALAVRAS-CHAVE: Solo mole, recalque, geodrenos, vácuo, instrumentação.

ABSTRACT:

The objective of this work is present the challenges and the technical solution adopted to enable the construction of a petrochemical complex, on land of approximately 250 hectares that presents an extensive layer of soft soil.

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



sefe 10

The scope was the delivery of the buildable zone, to support a compacted embankment, thicker than 10m in height, whose premise was that it would present insignificant settlements, of a few centimeters for the implementation of the petrochemical complex, which concentrates its buildable area on 160 hectares.

The presence of soft soil occurs in 100,000m² where the thickness of this pocket exceeds 18m. In this work, the foundations are direct with tension of 50kPa, admissible settlement of 25mm and the average construction period of one year.

The most viable solution was the driving of vertical geodrains and the application of a vacuum, bearing in mind the geological-geotechnical characteristics of the land and the deadline. The execution was divided into three phases per region. The area was instrumented to guarantee the premises adopted in the executive project and ensure safety and efficiency. To ensure the monitoring of the dissipation of the neutral pressure, piezometers were installed and to evaluate the global stability, inclinometers, tassometers and pressure pins were installed.

KEYWORDS: Soft soil, settlement, geodrain, vacuum, instrumentation.

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



1 Introdução

Este artigo apresenta o desenvolvimento e acompanhamento das atividades de um projeto de engenharia relacionadas aos aterros em solos moles de um Complexo Petroquímico, localizado no de Veracruz, México.

O empreendimento é composto por uma planta de craqueamento térmico de etano com capacidade produtiva de um milhão de toneladas de etileno por ano e três plantas de polietilenos (duas de PEAD - Polietileno de Alta Densidade - e uma de PEBD - Polietileno de Baixa Densidade). A área total aproximada ocupada pelo Complexo Petroquímico é de 250 hectares, com as estruturas industriais concentradas em uma área aproximada de 160 hectares.

Os estudos de melhoria de solos estão concentrados na região norte do empreendimento, localizada principalmente na unidade de Craqueamento de Etano, com uma estimativa de área do aterro superior a 100.000 m² e com até 10 metros de altura do aterro que será construído sobre solos moles e compressíveis, com riscos de instabilidade e deslizamentos caso o tratamento geotécnico do solo não seja realizado.

2 Investigação

2.1 Investigação inicial

A análise inicial é baseada em uma campanha de ensaios e investigações geotécnicas. O total de ensaios geotécnicos disponíveis no aterro da Unidade de Craqueamento é de 24 ensaios SPT e 10 Cone Penetration Tests (CPT). Os estudos e investigações geotécnicas feitos por uma empresa de investigação geotécnica, foram concluídos anteriormente ao início do projeto.

A GeoCompany está conduzindo ensaios próximos à Unidade de Craqueamento e à área de Melhoramento do Solo, conforme mostrado na Figura 1 abaixo.

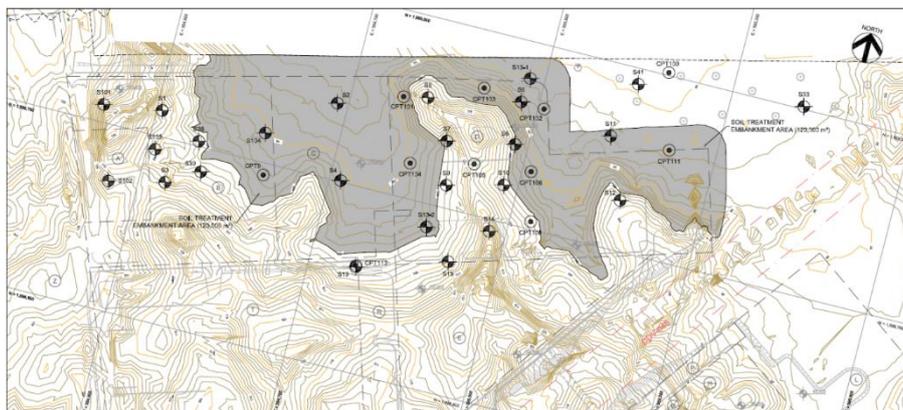


Figura 1. Primeiras Investigações Geotécnicas, realizadas pela Geovisa. Área de aterro destacada.

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



2.2 Campanha de investigação adicional/complementar

Foi contratada uma empresa de investigação geotécnica que está realizando uma campanha de levantamento geotécnico adicional na área da Unidade de Craqueamento. Isso visa complementar as referências geotécnicas atuais e os estudos feitos anteriormente pela empresa de investigação geotécnica, seguindo as recomendações do GeoCompany na fase FEL1. Afim de aprofundar os estudos para ter um tratamento de solos adequado foi solicitada uma campanha adicional de investigação. O objetivo é obter informações mais confiáveis e independentes, sem influência dos testes anteriores de campo, laboratório e modelos geológicos/geotécnicos.

Nesse levantamento adicional, serão realizados 6 testes Piezocone ou CPTU (Cone Penetration Test with pore pressure measurement). A Figura 2 ilustra os locais das investigações geotécnicas complementares na área de aterro destacado.

Essas novas investigações foram necessárias para aumentar a área investigada e descrever com mais precisão os parâmetros do solo. Além disso, os testes CPTU foram utilizados para analisar a compressibilidade e consolidação de áreas de argila mole, bem como determinar in loco a Resistência ao Cisalhamento sem Drenagem (S_u) dos depósitos de argila mole. Os resultados desses testes são fundamentais para a análise de estabilidade do aterro e dos taludes do projeto.

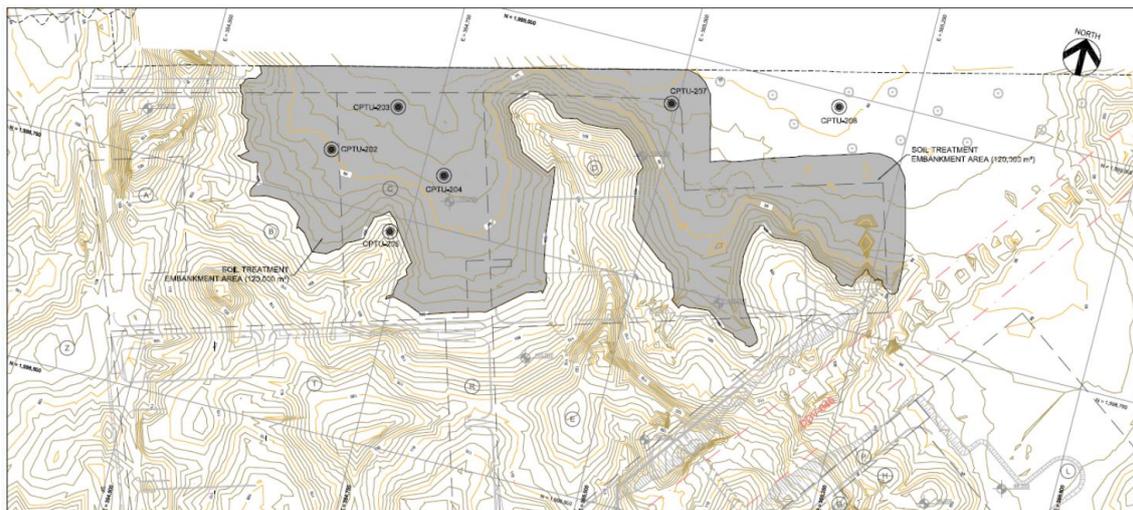


Figura 2. Investigações Geotécnicas Complementares realizadas pelo TGC. área de aterro destacado.

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



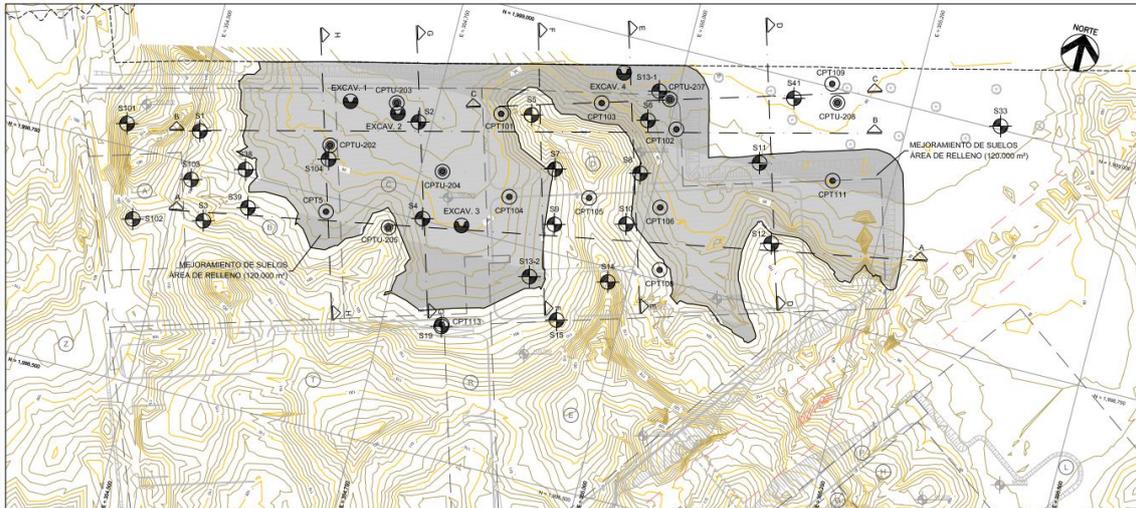


Figura 3. Localização das investigações em planta

3 Perfil Geológico-geotécnico complementar

Os solos moles do Complexo Petroquímico estão localizados ao norte da planta, sob a unidade de craqueamento térmico de etano. Esses solos abrangem uma área de mais de 100.000 m² e têm profundidades de até 20 m, conforme mostrado na Figura 4, com base nos estudos geológico-geotécnicos.

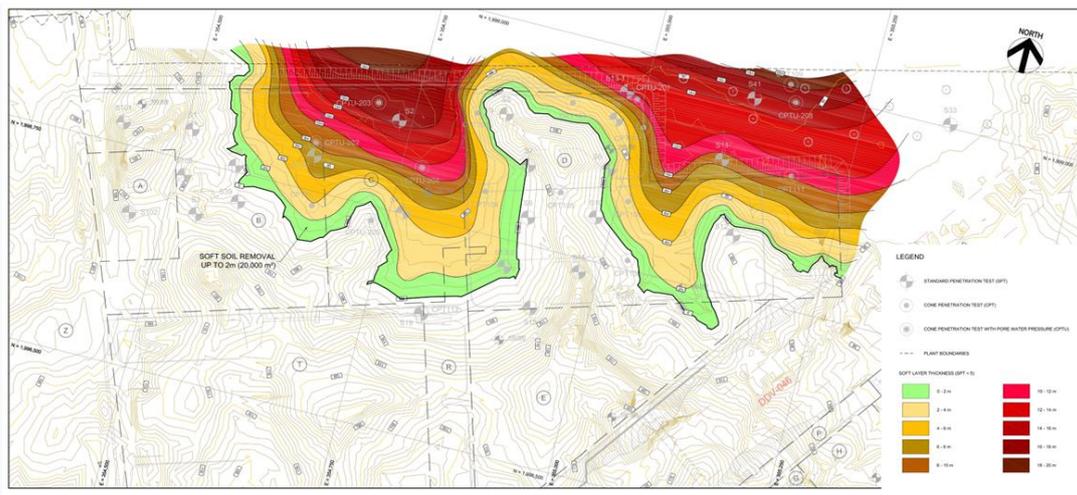


Figura 4. Planta com espessura do Solo Mole

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



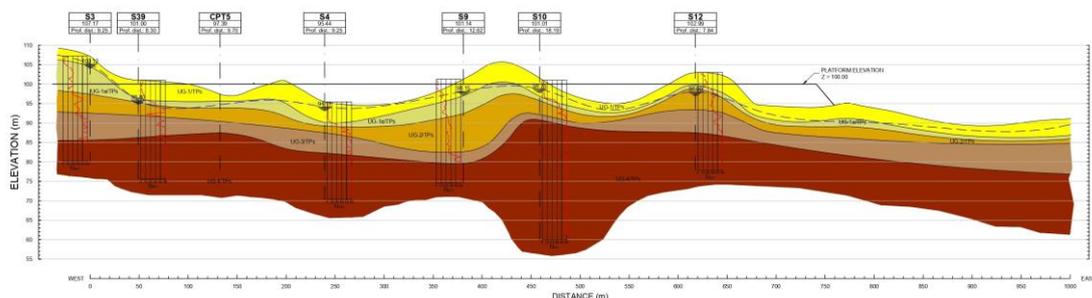


Figura 5. Perfil geotécnico corte A-A

4 Requisito de Projeto

O projeto de melhoramento do solo tem os seguintes requisitos:

1. Obter uma plataforma de trabalho estável para suportar as cargas do equipamento de construção durante a implantação do Complexo Petroquímico.
2. Após o término do tratamento do solo, garantir que não haja assentamentos excessivos que afetem a carga do aterro construído.
3. Atender a capacidade de carga para fundações rasas de 50kPa com até 4m², permitindo recalques admissíveis de até 25mm.
4. Manter as elevações predefinidas da plataforma.

Esses mesmos requisitos devem ser aplicados aos Comboios-Tipo que circularão sobre os aterros. Não haverá recalque excessivo, já que o Trem-Tipo escolhido transfere carga vertical inferior a 50kPa na base/subleito do pavimento.

Para as áreas da Unidade de Craqueamento, as fundações rasas estão definidas para receber cargas de até 50kPa no máximo. Para cargas maiores, é recomendado o uso de fundações profundas, como as estacas helices, que não requerem o uso de água para escavação.

- 4 Tratamento do solo por geodreno a vácuo.

Este grande volume de solos moles apresenta diversas dificuldades construtivas. Dentre as alternativas a solução que viabilizaria a obra é a de geodreno á vácuo.

A sequência de construção consiste em:

1. Limpeza da camada superficial de turfa (terra orgânica) de aproximadamente 1 m.
2. Remoção de solo mole, desde as cotas mais altas até 2 m.
3. Implantação de enchimento tipo colchão de areia drenante, reforçado com geogrelha, para a passagem segura do equipamento de condução/instalação geodrain para o vazio.
4. Conduzir os geodrenos a vácuo em toda a área, conforme as malhas indicadas em planta do projeto executivo.
5. Instalação de instrumentação geotécnica para construção segura e monitoramento da compactação de solo mole.
6. Instalação dos sistemas de vácuo e construção do enchimento até o primeiro estágio (até 4 m de enchimento)
7. Supervisão da implantação até a consolidação da primeira etapa.
8. Construção do aterro até a segunda etapa (construção final do aterro)
9. Supervisão da implantação até a consolidação da segunda etapa.

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



10. Correções de nota após o término da segunda etapa.
As figuras a seguir ilustram as etapas de construção do aterro.

5 Etapas de construção dos aterros

Os testes mecânicos de penetração de cone com medição de pressão neutra fornecem estimativas da resistência ao cisalhamento não drenado (S_u) in situ por meio de correlações da literatura técnica. Esses resultados são fundamentais para a análise de estabilidade dos aterros do Complexo Petroquímico. Outras tentativas de determinação da resistência não drenada são necessárias em cada estágio de consolidação, uma vez que a capacidade de carga do solo mole aumentará durante a consolidação e construção dos aterros.

É importante ressaltar que a resistência não drenada dos solos moles do projeto é comparável aos solos moles da sedimentação quaternária da costa brasileira, especialmente em Santos e Rio de Janeiro. Esses solos apresentam baixa resistência não drenada, o que pode gerar riscos de deslizamentos de terra caso os limites de aterro previstos no projeto sejam ultrapassados.

Portanto, regiões espessas de solo mole exigirão níveis construtivos intermediários, acompanhados de instrumentação para continuar com a construção do aterro final e as plataformas de trabalho necessárias para a implantação do Complexo Petroquímico.

6 Metodologia Executiva dos Geodrenos a vácuo

Os geodrenos e as redes de ligação com os conjuntos de vácuo devem ser executados a partir da superfície da segunda camada de enchimento que constitui o colchão de drenagem (1ª camada, 30 cm de espessura, geogrelha e 2ª camada, 20 cm, também constituída por areia), colocada no terreno após escavação para remoção da camada superficial de turfa e regularização do terreno, em notas estabelecidas no projeto. A Figura 5 abaixo ilustra a sequência construtiva do Conquest Fill especificado no projeto. Figura 5 – Detalhe do Preenchimento de Conquista Após a conclusão da pregagem dos geodrenos, deve-se executar a ligação com as redes de vácuo.

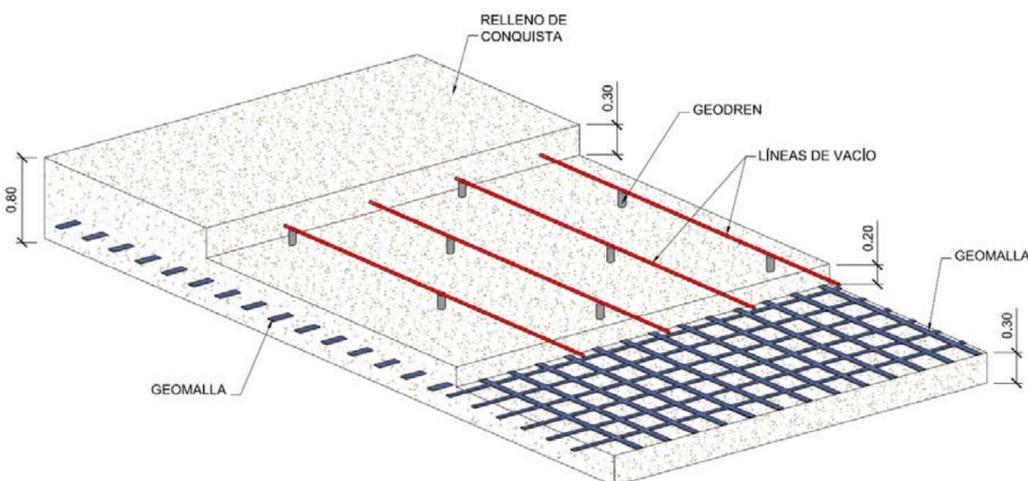


Figura 6. Croqui esquemático dos geodrenos a vácuo

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





A geogrelha é fabricada a partir de uma folha de polipropileno perfurado, que é orientado em três direções substancialmente equiláteras, portanto, as nervuras resultantes serão

têm um alto grau de orientação molecular, que continua pelo menos em parte pela massa do nó integral.

2. As propriedades contribuem para o desenvolvimento da estabilidade mecânica da camada, incluindo o seguinte:

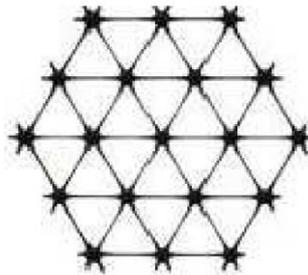


Figura 7. Formato da cravação dos geodrenos



Figura 8. Instalação de geodreno com escavadora hidráulica

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



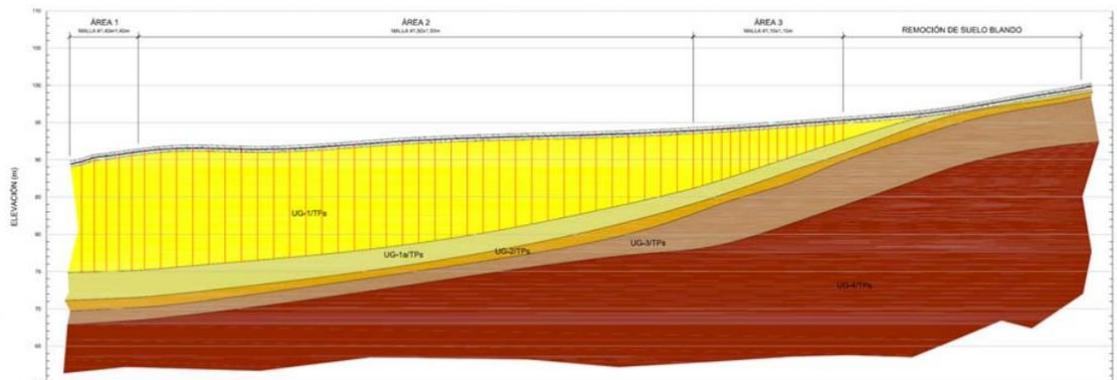


Figura 9. Perfil geotécnico com a solução de geodreno a vácuo

Etapas de instalação de geodrenos a vácuo.

- 1) Limpeza de terrenos;
- 2) Preenchido com aterro de conquista e afundamento dos geodrenos a vácuo em suas malhas adotadas.



Figura 10. Visão geral da cravação dos geodrenos

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



7 Conclusão

A solução adotada com a técnica de geodreno a vácuo foi inovadora e eficiente atendendo as premissas de projeto apresentadas anteriormente. A técnica possibilita uma sobrecarga virtual acelerando o adensamento pelo aumento da tensão efetiva. A sobrecarga virtual em relação ao método comumente utilizado com aterro de pré-carga não apresenta um risco a estabilidade do terro.

O dimensionamento foi feito englobando o adensamento primário e secundário minimizando recalques a longo prazo para o funcionamento adequado do Complexo Petroquímico. A execução da solução foi feita em 5 meses, um tempo curto e baseado nos resultados da instrumentação geotécnica pode-se constatar a eficiência dos geodrenos a vácuo nesse projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KOCHEN, ROBERTO - 2013 - Engenharia brasileira participa de magaprojeto em Vera Cruz, no México. REVISTA ENGENHARIA, edição 614/2013.

ALMEIDA, M. S. S.; MARQUES, M. E. S. "Aterros Sobre Solos Moles. Projeto e Desempenho". São Paulo: Ed. Oficina de Textos, 2010

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

