

Soft Soil Brazilian Review

4 Encontro de pontes

Problema e solução para ressaltos (recalques diferenciais) em aterros de encontros de pontes

12 Solo mole

Análise da eficiência do melhoramento do solo para efeito corretivo em edificações com recalques e para escavações subterrâneas

18 Recalques

Solo mole e recalques diferenciais na edificação (I)

**RESSALTOS
NOS ATERROS
DE ENCONTROS
DE PONTES**



**COMO PREVENIR
E REMEDIAR**



INFORMAÇÕES SOBRE MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES?

O SOFT SOIL GROUP ajuda você a tocar sucessos

Melhorar solos moles exige conhecimentos geotécnicos práticos e teorias sofisticadas. Cada obra é um caso específico que exige solução diferenciada. Assista nossos Webinars para adquirir estas informações.

Sumário

Soft Soil Brazilian Review

Edição - Jul / Ago - Nº 06





A PRIMEIRA E ÚNICA REVISTA DIGITAL
ESPECIALIZADA EM SOLOS MOLES.

ENCONTRO DE PONTES
Problema e solução para ressaltos (recalques diferenciais) em aterros encontros de pontes **04**

Por Joaquim Rodrigues

SOLO MOLE
Análise da eficiência do melhoramento do solo para efeito corretivo em edificações com recalques e para escavações subterrâneas **12**

Por Thomas Kim

RECALQUES
Solo mole e recalques diferenciais na edificação (I) **18**

Por Patrícia Tinoco

EDITORIAL

Prezado leitor, nesta edição procuramos apresentar o crônico problema dos encontros de pontes, percebido em qualquer cidade brasileira, caracterizado pelo ressalto produzido no intervalo entre o aterro de encontro da ponte e seu tabuleiro. O termo ressalto nada mais é do que o temido recalque diferencial que todo geotécnico procura evitar em suas obras que, cada vez mais, adentra em solos moles. Recalque diferencial é o desigual processo deformativo, que ocorre no solo, ao longo de uma determinada fundação, podendo acarretar problemas estruturais. Sabemos que toda a estrutura recalca, em seu solo, com o tempo, o que é bastante natural, desde que seja uniforme, ao longo do empreendimento. O recalque diferencial é causado por alguma forma de deformação no solo, sob a fundação, por vários motivos, entre eles o nosso bem estudado solo mole, com alta compressibilidade e com insuficiente capacidade de carga, aterros mal escolhidos e/ou mal compactados, alterações na umidade do solo, o desenvolvimento do processo de consolidação das argilas e vibrações.

A seguir, nesta edição, apresentamos informações valiosas acerca da prevenção de recalques diferenciais em edificações, quando da execução de estruturas subterrâneas, como túneis, com base na eficiência do processo executivo de preparação do solo acima da escavação. Trata-se de uma matéria de extrema importância, considerando-se que em diversas cidades brasileiras escava-se túneis, essencialmente para metrô, sem nenhum trabalho preventivo para o solo acima. O que é obrigatório. É por isso que é comum notícias de recalques de edifícios durante estas obras.

Por fim, na última matéria, procuramos apresentar informações acerca das consequências do recalque diferencial, pela interpretação das trincas e fissuras, que são sintomas, cuja análise, ajuda a compreender os movimentos que uma estrutura se submete e o diagnóstico das causas. De um modo geral, pode ser suficiente o estado da morfologia e da posição das trincas e fissuras para se acertar no diagnóstico. Boa leitura

Joaquim Rodrigues

O PROBLEMA DOS RESSALTOS (RECALQUES DIFERENCIAIS) EM ATERROS DE ENCONTROS DE PONTES



Figura 3 - Esta ponte, com poucos meses de construída apresentou sério processo de recalque a partir da laje de aproximação.



Figura 1 - A intervenção na região dos encontros de pontes e viadutos tem aumentado de forma significativa, devido a presença cada vez mais frequente de ressaltos no pavimento, em decorrência de recalques diferenciais.



Aterros de encontro de pontes e viadutos costumam ser detalhes em seus projetos, seja no aspecto custo seja no geotécnico. A presença, cada vez mais frequente, de solos moles nessas regiões tem promovido toda a sorte de problemas, como instabilidade e excesso de deformações que acabam por promover atrasos e retrabalhos.

Figura 2 - Visão do processo de recalque a partir da laje de aproximação que interliga o talubeiro com o aterro de encontro.

ESTRUTURA DE CONTENÇÃO NOS ENCONTROS DE PONTES E VIADUTOS

São formados por elementos estruturais que possibilitam a transição entre a via de tráfego e a obra de arte especial, ou seja, são os apoios extremos da ponte ou viaduto, formados por elementos de contenção e estabilização dos aterros de acesso.

Podem ser considerados leves dou de grande porte.

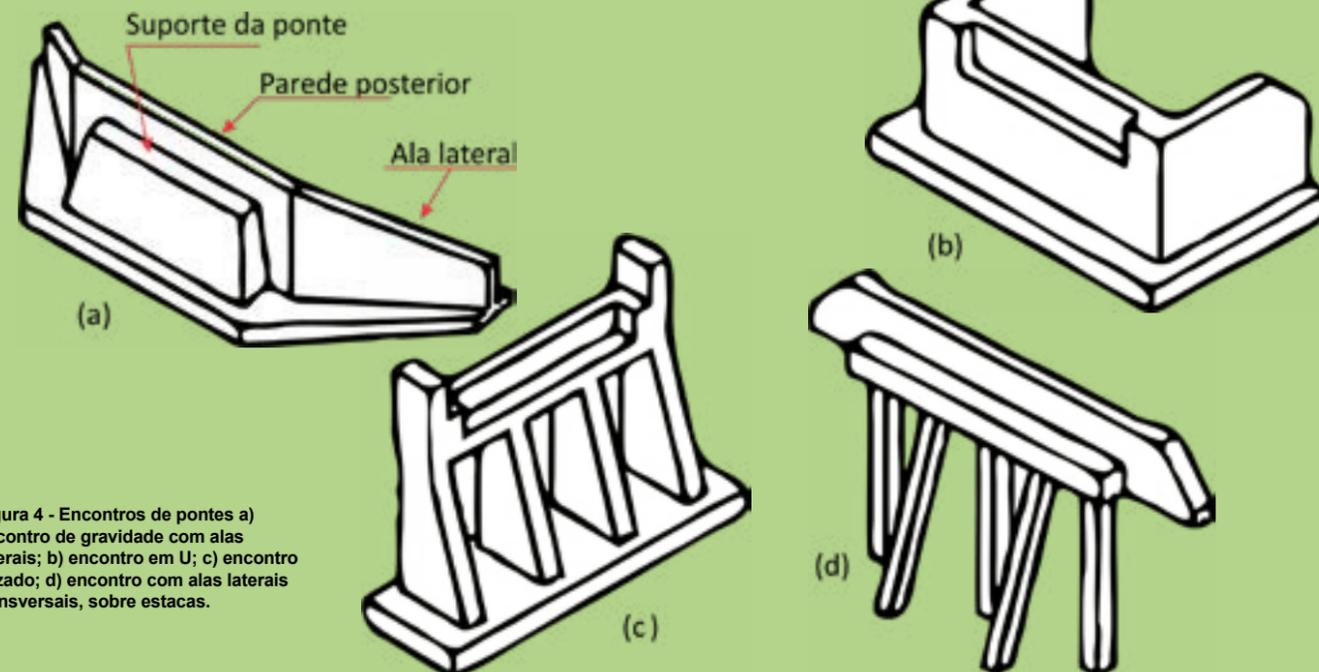


Figura 4 - Encontros de pontes a) encontro de gravidade com alas laterais; b) encontro em U; c) encontro vazado; d) encontro com alas laterais transversais, sobre estacas.

Embora seja um problema mundialmente reconhecido, o famoso ressalto, seja em um extremo ou outro da obra de arte, tem solu-

ção geotécnica muito pouco conhecida. O motivo é o número e a complexidade de fatores envolvidos. Nesta matéria, iden-

tifica-se a causa da formação do ressalto (recalque diferencial) em um encontro de ponte e a solução para eliminá-lo.



Figura 5 - Na sequência de fotos, (1) o geogROUT adentrando na bomba do geoenrijecimento. (2) a posição da junta de dilatação da ponte, a partir da qual começou os problemas de recalque pela laje de aproximação. (3) furos executos no pavimento e o equipamento de Geoenrijecimento que eliminará a compressibilidade ainda existente, tanto no aterro (mal compactado) quanto no aterro de conquista que apresentava bastante matéria orgânica e turfa.

Mecanismos causadores de recalque diferencial em aterros de encontro de pontes

Wahls, 1990, como outros pesquisadores analisaram as causas do recalque diferen-

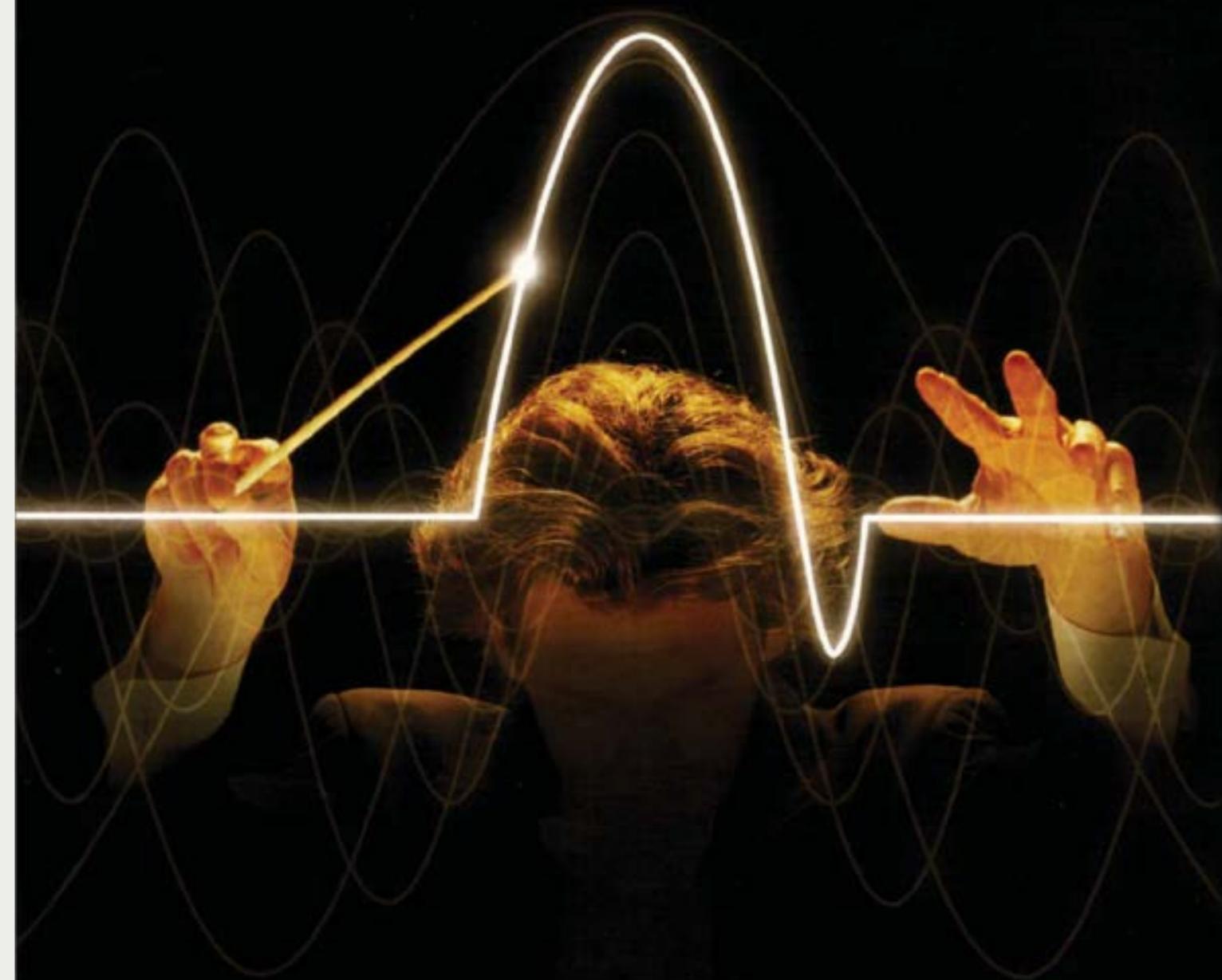
cial em aterros de encontro de pontes, agrupando-as em cinco categorias.

- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1º Pavimento incompatível sobre o aterro de encontro de ponte. | 3º Recalques no aterro de encontro. |
| 2º Cortinas de contenção da ponte e sua fundação. | 4º Recalques no solo de fundação. |
| | 5º Drenagem insuficiente. |



Figura 6 - A intervenção nesta ponte, recém inaugurada, demorou apenas dois dias, suficiente para reduzir drasticamente o processo de recalque, com formação de ressalto, no pavimento do aterro de encontro.

Soft Soil Group Apresenta



Webinars de solos moles

Para maiores informações, acesse: <http://softsoilgroup.com.br/webinar> ou envie um e-mail para: atendimento@softsoilgroup.com.br



Resumo das causas de recalques em encontros de pontes

Nº	Categoria	Causas
1	Pavimento incompatível sobre o aterro de encontro	• Deformação no pavimento flexível
2	Cortina de contenção da ponte e sua fundação	• Falta de manutenção das juntas de dilatação. • A contenção causa tensões induzidas por temperatura.
3	Deformações verticais e laterais no aterro de encontro elevado	• Compactação e equipamento inadequados, empreiteiro desqualificado, tipo de solo inadequado, espessuras de solo inadequadas para compactação. • Consolidação (recalques) do solo de fundação pós-construção devido ao próprio peso do aterro, da base, subbase e pavimento. • Camada de aterro, sob a laje de aproximação, sem compactação adequada ou material inadequado.
4	Deformações verticais e laterais do solo de fundação	• Presença de solos moles não melhorados ou pouco melhorados. Recalque devido ao processo de consolidação. • Presença de camadas de turfa, ou solos orgânicos sem melhoramento adequado.
5	Drenagem insuficiente	• Instabilidade dos taludes junto às contenções. • Aumento da pressão hidráulica por trás da contenção da ponte.

Ponte recém recuperada, mas...

Um encontro de ponte, pertencente a uma OAE recém inaugurada, com 6m de altura de aterro, apresentava recalques crescentes em uma camada de aterro antigo, abaixo da base do aterro executado, com cerca de 3m de profundidade, contendo matéria orgânica e turfa, aproveitado para servir como base do aterro de encontro para a ponte.

Trata-se de um problema corriqueiro, já que é comum o não aprofundamento do corte de aterros antigos existentes, quando

da construção de aterros de encontro, o que gera coeficientes de recalque vertical inadequados. As sondagens informam que o solo de fundação atende, porém, camadas “superficiais” existentes dão indicação que não servem como subleito. O corte não é efetuado integralmente, deixando material que simplesmente não aceita compactação. O aterro, executado com material granular, também recebeu pouca compactação. Procedeu-se a intervenção com o melhoramento do solo, interrompendo-se o fluxo de carros em um final de semana. Executaram-se pré-furos no pavimento, ultrapas-

sando-se o aterro de encontro, com cerca de 5m, descendo-se cerca de 3m abaixo da base do antigo aterro. A seguir, instalaram-se inclinômetros próximos às estacas da ponte, de modo a monitorá-los durante o processo de melhoramento do solo. A partir daí, iniciou-se o processo de geoenrijecimento do solo, instalando-se geodrenos e bulbos de compressão do solo, via expansão de cavidades, obedecendo-se malha de distribuição espacial, ao mesmo tempo em que verifica-se o nível de deformação que poderiam chegar às estacas da ponte. Esta estratégia permitiu eliminar a compressibilidade existente na camada do antigo aterro, ao mesmo tempo em que permitiu recompatar todo o volume do aterro levantado para o encontro, que colaborava com uma pequena parcela do recalque total, verificado pela diferença de informação do extensômetro, instalado sobre a camada do antigo aterro eaios de recalque fixados no pavimento.



REFERÊNCIAS

- **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil M.Sc. formado no Rio de Janeiro em 1977, pós-graduado pela COPPE na Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1999. Diretor do Soft Soil Group e da Engegraut Geotecnia e Engenharia, associada à ABMS e ao American Society of Civil Engineers desde 1994. Desenvolveu duas técnicas de tratamento de solos moles, sendo motivo de patente o GEOENRIJECIMENTO, utilizada hoje em todo o Brasil. Desenvolvimento de trabalhos de Grouting, com empresas parceiras nos EUA e Alemanha. Mais de um milhão de metros de verticais de geoenrijecimento executadas em solos moles com CPR Grouting, para a construção de aterros, estradas, portos, ferrovias e armazenagem.

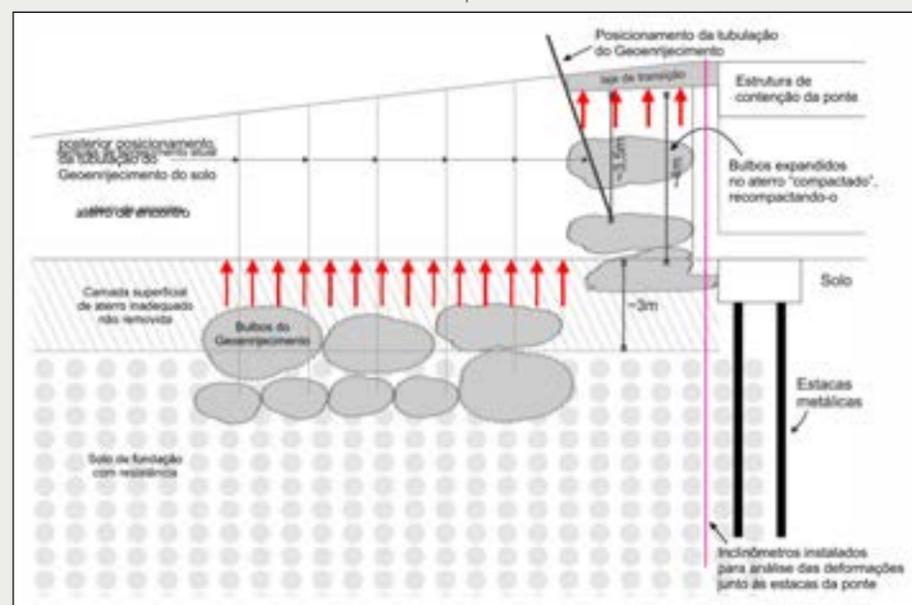


Figura 7 - Desenho esquemático da intervenção com Geoenrijecimento para paralisar processo de recalque em ponte recém inaugurada.

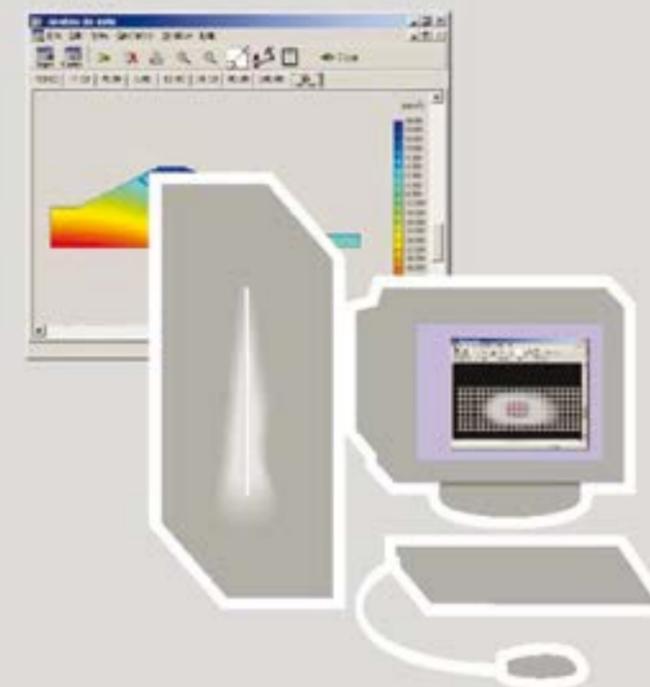
contaminação de solo?

O segredo do tratamento de solos contaminados está na adequação do processo de compressão, confinamento e adensamento do solo, analisado com piezômetros e imagens tomográficas antes e depois.

Confie em quem tem experiência.



www.engegraut.com.br



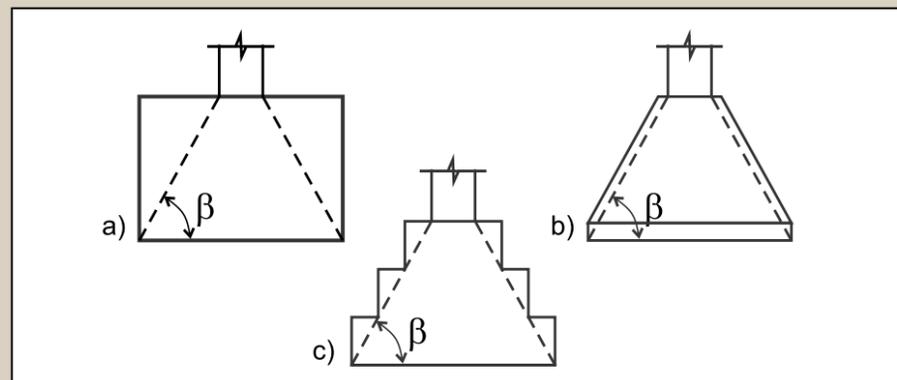
APÓS O MELHORAMENTO DO SOLO, A FUNDAÇÃO DIRETA. INFORMAÇÕES PRELIMINARES

Fundações diretas devem ser construídas a partir de uma determinada profundidade, da ordem de 1 metro, para se evitar, por exemplo, efeitos da expansão de solos, devido à variação de umidade superficial, problemas com erosão de águas pluviais etc. Uma vez construídas na região de leitos de rios, será de extrema importância o efeito da erosão durante as cheias, podendo ocorrer rebaixamento de vários metros, para o caso de solos arenosos. Estas fundações devem, então, ser executadas em cota inferior a do provável rebaixamento. Um grande número de acidentes em pontes pode ser atribuído à erosão. Diversas construções antigas em arcos de cantaria de pedra, foram danificadas por solapamento da fundação, motivados pela superficialidade de sua cota. Estudos precisos da erosão só podem ser feitos com modelos reduzidos, podendo-se então apreciar o efeito das enchentes e da implantação das fundações na bacia do rio. Para o caso comum de pontes, a medida do rebaixamento do fundo do rio, durante cheias poderá fornecer dados interessantes para o projeto da fundação de uma futura obra. A profundidade atingida pelo efeito de erosão,

no fundo do rio, dependerá de diversos fatores, entre eles:

- O tipo de solo do leito do rio;
- A velocidade de suas águas;
- A diferença de nível d'água, entre o normal e o da cheia.

Observações em diversas obras evidencia que a erosão, durante a cheia promove rebaixamento do leito do rio, da ordem correspondente à diferença de nível d'água normal para a cheia. Casos excepcionais mostraram que o rebaixamento observado foi igual a três vezes a diferença de nível provocada. Utilizando-se fundação direta para a ponte, após o melhoramento do solo, recomenda-se utilizar blocos e sapatas em concreto armado. Os blocos devem ser construídos com altura suficiente para dispensar armaduras de cálculo em-



Tipos de blocos de fundação, conforme as faces laterais: a) verticais; b) inclinadas; c) em degraus.

bora, em geral, coloque-se armadura horizontal no fundo.

As faces laterais dos blocos podem ser verticais, inclinadas ou em degraus, como indicado abaixo. A seção de apoio, na base, pode ser quadrada, retangular, poligonal ou circular.

A inclinação mínima das paredes, que permite a dispensa de armadura, dependerá da pressão no solo e da resistência do concreto. De um modo geral, recomenda-se para blocos uma inclinação lateral $tg\beta \geq 1,7$ a 2,0, colocando-se armadura do tipo $\emptyset 5/16$, a cada 20cm na face inferior. As fundações com $tg\beta \leq 1,5$ são consideradas sapatas e recebem armaduras.

Referências:

- Pontes em concreto armado - W. Pfeil. Meso e infra estrutura - apoio.



SOFT SOIL GROUP

Rua Correia de Araújo, 131 - Barra da Tijuca

Rio de Janeiro/RJ - Brasil - CEP 22611-070

Tel.: (21) 3154-3250 • Fax: (21) 3154-3259

WEBSITE: <http://www.softsoilgroup.com.br>

E-mail: contato@softsoilgroup.com.br

SOFT SOIL BRAZILIAN REVIEW

Diretor Editorial

ENGº JOAQUIM RODRIGUES

joaquim@softsoilgroup.com.br

Diretores Adjuntos

ENGº THOMAS KIM

ENGº ROGER RODRIGUES

Publicidade

PATRICIA TINOCO

patricia@softsoilgroup.com.br

Assinatura, Livros e Vídeos

CLEIDE FERREIRA

cleide@softsoilgroup.com.br

Editor de Arte

ALEX CRISPIM

Reprints Editoriais

MARIANA TATI

mariana@softsoilgroup.com.br

Solicite reimpressões de reportagens

ou artigos publicados

"Soft Soil Brazilian Review" é uma revista digital com publicação bimestral.



14 a 16 de Agosto, 2019

Regeo 2019 (IX Congresso Brasileiro de Geotecnia Ambiental) e o Geossintéticos 2019 (VIII Congresso Brasileiro de Geossintéticos)

São Carlos - SP

<http://www.regeossinteticos2019.com.br/>

20 a 25 de Setembro, 2019

ISRM 2019 - International Congress of Rock Mechanics Foz do Iguaçu - PR

<http://www.isrm2019.com/message.php>

7 a 11 de Setembro de 2019

6ª Conferência Internacional de Geotécnica e Geofísica

Budapeste, Hungria
<http://www.isc6.org/>

11 a 14 de Setembro de 2019

Congresso Brasileiro de Redução de Riscos e Desastres - CBRRD

Belém - PA
<http://www.cbrrd2019.com.br/>

12 de Setembro de 2019

Workshop de Geofísica

Vila Mariana - SP

<https://www.abge.org.br/workshop-de-geofisica/> / abge@abge.org.br

29 de Setembro e 2 de Outubro de 2019

3rd International Conference on Information Technologies in Geo-Engineering

Guimarães - Portugal

3rd-icitg2019.civil.uminho.pt

14-18 de outubro de 2019

XVI Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical

Engineering

Chinese Taipei, Taipei
www.16arc.org

16 a 18 de Outubro de 2019

GeoMin - Congresso de Geotecnia Aplicada à Mineração

Ouro Preto - MG

panamerican2019mexico.com

17 a 19 de Outubro de 2019

GeoSUL - XII Simpósio de Práticas de Engenharia Geotécnica da Região Sul

Joinville - Santa Catarina

<http://geosul2019.com.br>

8 e 9 de Novembro de 2019

GeoBASE - Seminário Geotécnico Bahia/Sergipe

Cruz das Almas - BA

<https://geobase2019.com.br/>

13 e 14 de Novembro de 2019

GeoNE - 6º Simpósio de Geotecnia do Nordeste

Recife - Pernambuco

<http://www.geone.com.br/2019/inicial/>

17 a 20 de novembro de 2019

XVI Congresso Pan-Americano de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

Cancún - México

panamerican2019mexico.com

26 a 29 de Abril de 2020

Geoamerica 2020 - 4º Congresso Panamericano de Geossintéticos

Rio de Janeiro - RJ

geoamericas2020@geoamericas2020.com

SUBSTITUINDO SOLO?



Existe maneira mais moderna, inteligente e barata para consolidar solos moles em grandes áreas.

GEOENRIJECIMENTO

ENEGRAUT
40 ANOS

Soil Repair Solution
for
Making Your
Project a Success

www.engegraut.com.br
contato@engegraut.com.br
tel: 21 - 3154-3250



ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO MELHORAMENTO DO SOLO PARA EFEITO CORRETIVO EM EDIFICAÇÕES COM RECALQUES E PARA ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS

Figura 1 - Para a construção deste shopping no Rio de Janeiro, foi necessário melhorar o solo mole com Geoenrijecimento de modo a permitir a escavação para o primeiro e segundo subsolos do shopping.

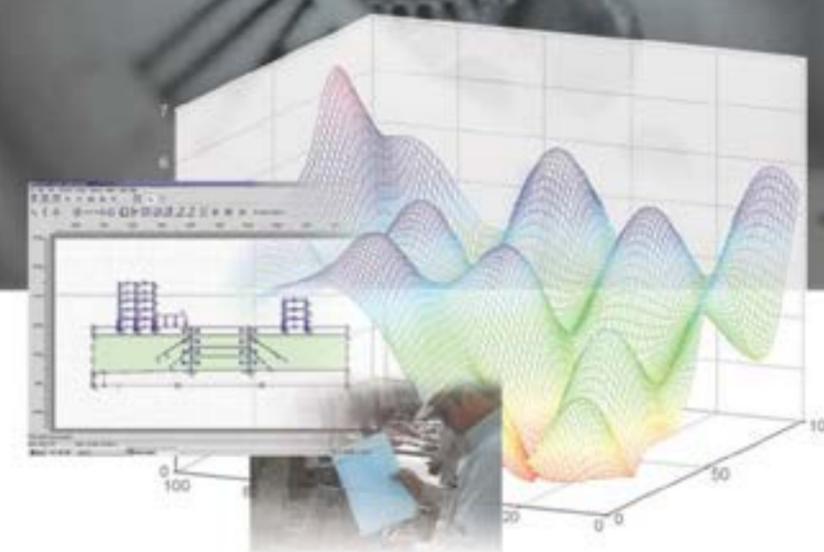
O Geoenrijecimento do solo, feito tanto com CPR Grouting como com Compaction Grouting, é empregado para prevenir recalques causados durante a execução de túneis e escavações. O objetivo básico é comprimir, radialmen-

te o solo, na zona situada entre o túnel e a base de edificações acima, assim como melhorar a capacidade resistente para permitir escavações na superfície, compensando-se a perda de solo que ocorrerá, juntamente com o desequilíbrio de tensões a ser im-

posto. O Geoenrijecimento do solo, feito com o CPR Grouting ou com Compaction Grouting, são processos de melhoramento do solo empregados, respectivamente, para solos de origem argiloso e arenoso, através de furos verticais e a formação de

MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES EXIGE PRECISÃO E SEGURANÇA

Todo solo de fundação exige condições geotécnicas estáveis e precisas, o que se traduz em um investimento sujeito a risco. A presença de solos moles, com valores de SPT inferiores a 5, implica em soluções que podem durar meses e até anos e, assim mesmo, apresentam algum risco, seja ambiental ou de recalques inesperados. O geoenrijecimento do solo é a resposta para o melhoramento de solos moles, pois promove a segurança necessária à presença de deformações laterais e recalques, além de, principalmente, induzir um intenso e seguro processo de adensamento, muito superior ao exigido pelo futuro projeto, eliminando qualquer possibilidade de recalques posteriores. Tudo isto, com o acompanhamento preciso de sondagens tomográficas por imagem e pressiométricas, com respostas antes, durante e depois dos serviços executados. Ou seja, com a precisão e a segurança de um bom relógio Suíço.



CPR
GROUTING

www.engegraut.com.br

O CPR Grouting é tecnologia específica para geoenrijecimento de depósitos de solo mole, desenvolvida pela ENGEGRAUT e executada há 15 anos em todo o Brasil, estando protegida no INPI por patente.



Figura 2 - Execução de uma passagem subterrânea sob uma linha férrea no Rio de Janeiro exigiu a execução de melhoramento do solo com Compaction Grouting (solos arenosos).

bulbos, feitos com bombeamento de argamassa seca (geogROUT), o que comprime radialmente o solo, via expansão de cavidades. O controle pós obra do melhoramento do solo é efetuado na superfície do solo monitorando-se, com pinos e placas de recalque, o desenvolvimento e interrupção do processo de consolidação ou compactação (seja para argilas moles ou areias fofas), na medida em que tende-se a elevar a cota da superfície, o que contribui para compensar a perda de solo e o consequente desequilíbrio de tensões, neutralizando futuros recalques na região acima do futuro túnel/escavação.

A eficiência (E) deste processo de melhoramento de solo, é definida como a relação entre o volume de solo levantado, VL e o volume de solo expandido, VE, para formação dos bulbos de compressão radial do solo, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Eficiência do melhoramento do solo} \\ E = \frac{V_L}{V_E}$$

De um modo geral, se a formação dos bulbos de compressão do solo é feita rapidamente, em solos moles argilosos, sem geodrenos, o consequente processo radial deformativo ocorre em condições não dre-

nadas. Consequentemente, a quantidade de levantamento do solo será igual ao volume de cada bulbo feito. Se a eficiência for igual a 1, por definição, o melhoramento do solo será perfeito. Esta condição não ocorre na prática. O volume expandido é, geralmente, menor que o volume bombeado, VB, ou seja $E < 1$.

A eficiência do melhoramento do solo é, usualmente, menor do que 1 devido a diminuição de volume do geogROUT, seja pela perda d'água da argamassa bombeada, seja pela fuga da argamassa da região do bulbo durante a compressão radial do solo. Deve-se considerar, também, o recalque do solo

LANÇAMENTO DO LIVRO

MELHORAMENTO DO SOLO MOLE E O GEOENRIJECIMENTO



Adquira seu exemplar através do email ofitexto@ofitexto.com.br ou pelo site www.lojaofitexto.com.br

devido a consequente dissipação do excesso de poropressão positiva, criado durante a expansão de cavidades, quando houver camadas de argilas saturadas, na medida em que ocorre a consolidação. Logo, neste caso, torna-se necessário utilizar o CPR Grouting para controlar ou otimizar a dissipação da poropressão, impedindo-se que a eficiência do melhoramento do solo seja negativa.

Será útil, portanto, identificar se há camadas de argilas ou areias de modo a se trabalhar com a modalidade de Geoenrijecimento adequada, já que o natural processo de consolidação/compactação poderá neutralizar ou tornar negativo a eficiência do melhoramento do solo para efeitos de execução de túneis. Como consequência, poder-se-á afirmar que a eficiência do melhoramento

de argilas, normalmente ou levemente sobreconsolidadas poderá ser, com o tempo, tremendamente reduzida, inclusive para valores negativos, devido ao cisalhamento imposto ao solo argiloso com a compressão feita com bulbos de compressão radial, e o aumento da pressão efetiva média, em torno do ponto de formação de cada bulbo, motivado pelo aumento da pressão efetiva média introduzida quando o geogROUT solidifica. Por outro lado, quando da existência de argilas fortemente sobreconsolidadas, a poropressão migrará rapidamente da zona de poropressões positivas, nas proximidades dos bulbos, para negativas, durante o processo de consolidação da argila. Portanto, a desejada compressão do solo, em torno de cada bulbo, devido a expansão de cavidades, acrescido do processo de inchamento ou dilatação do solo, resulta em um fraco efeito de consolidação para argilas muito sobreconsolidadas. Desta forma, a eficiência do melhoramento do solo, a ser executado em obras de escavação com furação de túneis, é função das condições do solo, do tipo de Geoenrijecimento empregado e do peso das edificações existentes sobre a área a ser trabalhada.

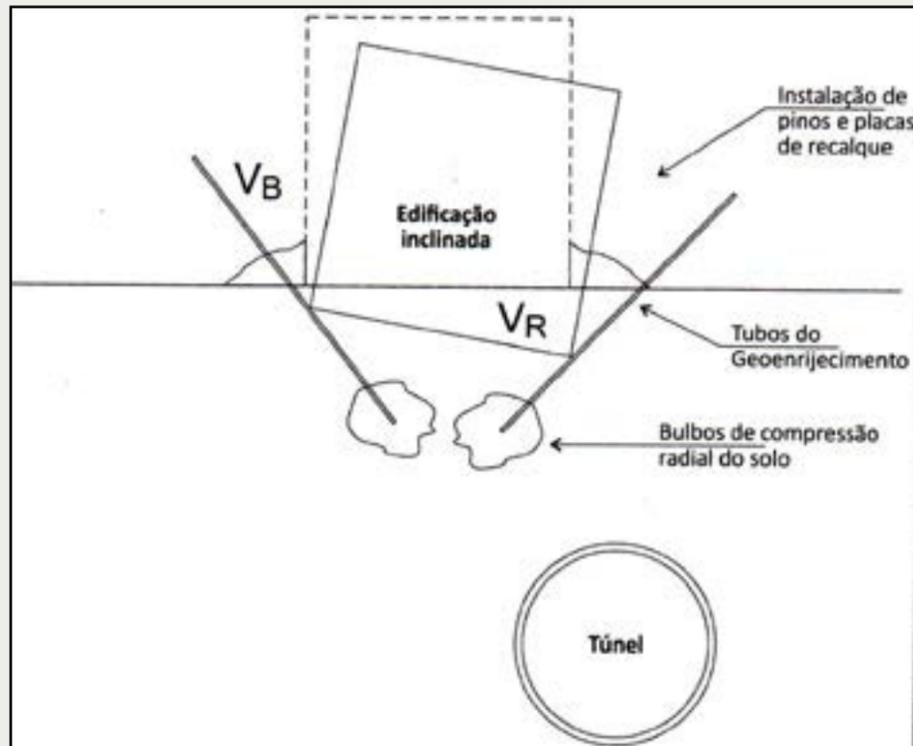


Figura 3 - Diagrama conceitual do melhoramento do solo com objetivo de permitir a construção de túneis sob áreas construídas, ou mesmo aumentar a resistência do solo para permitir sua escavação.

REFERÊNCIAS

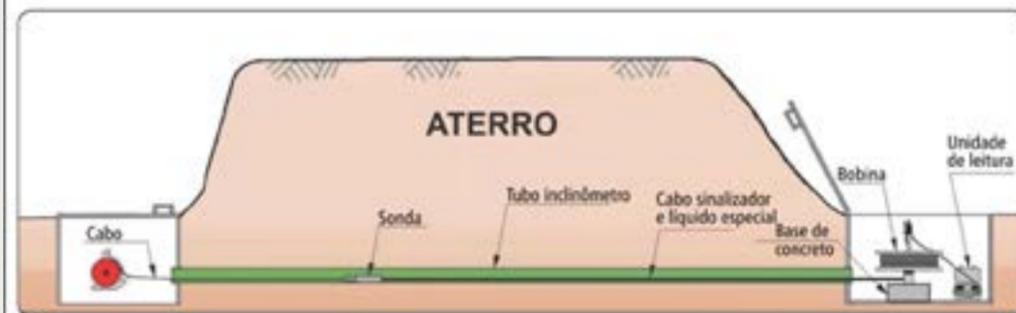
- Patricia Karina Tinoco é engenheira civil. Trabalha com melhoramento de solos moles.
- ASTM D4719 (1987) Standard Test Method for Pressuremeter Testing in Soils. Annual Book of ASTM Standards, New York, v. 04.08.

Medidor Portátil do Perfil de Recalques (Perfilômetro)

Este equipamento mede, precisamente, recalques e levantamentos através de aterros, estradas, tanques, etc. O perfilômetro tem sonda conectada com cabo sinalizador e tubo genérico com líquido especial. Quando a sonda passa através do tubo inclinômetro ou qualquer tubo de PVC, analisa a pressão existente, calculando-a como deslocamento vertical.

Aplicações:

- Aterros rodoviários e barragens.
- Pontes e viadutos.
- Reservatórios de água.
- Recalque do solo de fundação.



Para maiores informações, acesse: <http://softsoilgroup.com.br> ou envie um e-mail para: atendimento@softsoilgroup.com.br



POR QUE VOCÊ DEVE SE INTERESSAR POR NOSSOS WEBINARS GEOTÉCNICOS?

Construção
Apresenta detalhes executivos.

Conhecimento
Profissionais passam dicas valiosas.

Desenvolvimento
Acesso a cursos, workshops, conferências e artigos.

Atualização
A informação tecnicamente mais atualizada.



Para maiores informações, acesse: <http://www.softsoilgroup.com.br/webinar> ou envie um e-mail para: atendimento@softsoilgroup.com.br



Thomas Kim

SOLO MOLE E RECALQUES DIFERENCIAIS NA EDIFICAÇÃO (I)



Figura 1



Figura 2



Figura 3

Figuras 1, 2 e 3 - Antigo prédio, com 4 andares e com quase 100 anos tendo fundação direta e corrida, posicionada a cerca de 1,70m de profundidade. Ao longo dos anos, a presença de uma camada de argila mole de 4m de espessura promoveu recalques diferenciais que totalizavam 60cm, exigindo a execução de juntas de dilatação na antiga edificação. O Geoenrijecimento da camada mole com compressão radial com bulbos, via expansão de cavidades foi a metodologia empregada para interromper este sério processo de recalque. Ao longo do tempo ocorreram trincas generalizadas pelas paredes da edificação.

Recalques são sintomas de problemas. No entanto, recalques diferenciais provocando fraturas, trincas e fissuras em edificações são sintomas que, bem interpretados, auxiliam sobrema-

neira o comportamento da movimentação que ocorre em uma estrutura, assentada sobre solos moles. De um modo geral, a morfologia das fraturas e trincas é complicada e, portanto, de difícil interpretação.

Na realidade, o sistema de fundação é calculado como se as cargas e a resistência (ou rigidez) do terreno fossem uniformes quando, na realidade raramente ocorre. Em fundação da não uniformidade das cargas e do

terreno, surgem os recalques diferenciais no sistema de fundação, com o surgimento de trincas e fissuras. Quando uma edificação, seja residencial, industrial ou logística sofre recalques, paredes e fechamentos costumam, primeiramente, acusar trincas e fissuras. Em estruturas verticais, em concreto armado, a interpretação do estado de fissuração, torna-se mais complexo, já que além da necessidade de se buscar um diagnóstico correto das causas, ter-se-á que avaliar os esforços, provenientes da movimentação, seja por sua intensidade e sinal, além de se avaliar a necessária condição de segurança.

Uma maneira rápida de avaliação

Uma boa dica, para a necessidade de se avaliar a ordem de grandeza do processo de recalque imposto à estrutura, sem que ocorram danos, é utilizar os valores da



Figura 4 - Neste canto de uma edificação, verifica-se o comprometimento de sua fundação, devido a presença de solos moles.

PRINCIPAIS CAUSAS DE RECALQUES

- Cargas incompatíveis.
- Rebaixamento do NA.
- Inchamento de solo expansivo.
- Elementos de fundação com problemas.

- Distorção angular (δ)
Relação entre o recalque diferencial e a distância entre os elementos da fundação.

Recalque admissível
Relaciona-se à finalidade da obra, e à presença de solos moles. A tolerância, segundo Burland, 1977, é apresentada na tabela abaixo.

Tipos de recalques

- Absoluto (ρ)
Todo o sistema de fundação deforma por igual.
- Diferencial ($\Delta\rho$)
Diferença deformativa entre dois elementos de fundação $\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2$

Fundação	Areias	Argilas
-	$\Delta\rho = 25\text{mm}$	$\Delta\rho = 45\text{mm}$
Sapata isolada	$\rho_{\text{máx}} = 40\text{mm}$	$\rho_{\text{máx}} = 65\text{mm}$
Radier	$\rho_{\text{máx}} = 65\text{mm}$	$\rho_{\text{máx}} = 65 \text{ a } 100\text{mm}$

Localização estratégica e eficiência logística geralmente estão localizadas em terrenos ruins.

O CPR Grouting viabiliza.

Entre em contato, para saber mais detalhes a respeito. www.engegraut.com.br

distorção angular obtidos dos recalques máximos previstos. A distorção angular é a razão do recalque diferencial entre dois pilares contíguos e a distância entre eles. Portanto, em estruturas verticais, valores da distorção angular, obtidos a partir do recalque real existente, podem ser empregados para justificar problemas existentes, iniciando-se ou não, função de sua magnitude, a investigação correspondente a questão da segurança, assim como a necessidade ou não de intervenção.

Localização e trajetória das trincas: a interpretação

De um modo geral, entende-se que trincas e fissuras em paredes, são consequência de um estado de rutura à tração alcançado, considerando-se que sua resistência à tração é insuficiente. Ocorrendo distorção, estabelece-se um estado tensional na parede, dando vez as isostáticas de compressão e tração, conforme a figura 12. As trincas originam-se onde as tensões

de tração são máximas, seguindo as isostáticas de compressão, considerando-se que são perpendiculares às tensões principais de tração. Na figura 7, apresenta-se uma parede teórica, com um recalque diferencial na extremidade direita ou um processo de levantamento na extremidade esquerda. O pilar que mais recalca puxa a parede para baixo, transmitindo um esforço tangencial no contato entre ambos os elementos. O pilar que menos recalca se encarrega de impedir que a parede desça transmitindo, por sua vez, um esforço tangencial de igual intensidade, só que para cima, buscando-se o equilíbrio. Observa-se, portanto, que o conjunto de forças forma uma resultante nula, mas com atuação de um momento. Este equilíbrio de forças exige, agora, a formação de outro momento, só que em sentido contrário. Como consequência, surgem outras forças tangenciais na parte superior e inferior da parede, equilibrando as anteriores. Se o recalque diferencial for pequeno, as forças atuantes na parede encontrarão resistência compatível, sem maiores proble-

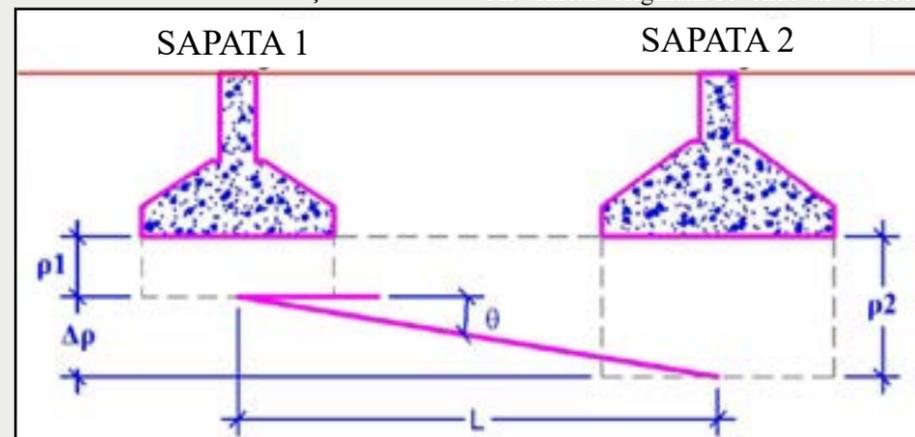


Figura 5 - A distorção angular.

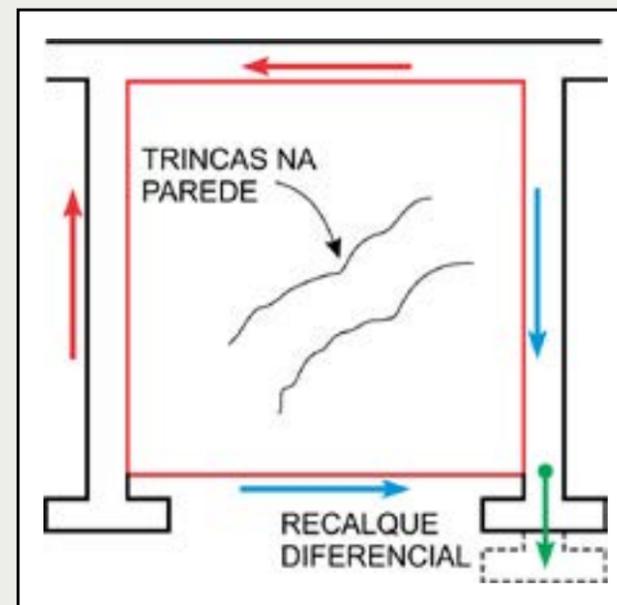


Figura 7 - Parede com tensões de tração atuando.



Figura 8 - Trincas em paredes de um empreendimento logístico. Fundação direta sobre sole.

mas. Mas, se forem suficientemente grandes, de modo a ultrapassar a resistência da parede ou de suas bordas, surgirão trincas e fraturas. A análise final da forma e da trajetória das trincas, fissuras ou fraturas dependerá de qual seja a região menos resistente da parede frente aos esforços atuantes. Aceita-se que os encontros da parede com os elementos estruturais, ao longo de seu perímetro, seja suficientemente



Figura 9 - O processo de Geoenrijecimento adentrando na edificação para melhoramento do solo mole sob os elementos de fundação direta de uma antiga edificação com recalques diferenciais.



Figura 6 - O tipo da edificação, com seus detalhes construtivos estabelecem quando se apresentam problemas com a presença de solos argilosos moles, trincas e fraturas, nas paredes, consoante com seus elementos de fundação. Neste caso, trata-se de uma construção muito antiga, sobre sapata corrida assentada em camada de solo mole.



Figura 10 - A disseminação das trincas nas paredes de uma antiga edificação. O sistema construtivo de cerca de 100 anos atrás, com grossas alvenarias e sapatas escalonadas corridas, impõe característica diferenciada de trincas nas paredes, motivado pela presença de solos moles em seu solo de fundação.

resistente. A parede, então, sofre distorção pelo efeito das forças que surgem nos contornos, conforme figura 11. Uma diagonal da parede amplia-se, gerando um esforço de tração. A outra diagonal encurta-se, gerando esforço de compressão. Desta forma, como consequência, instala-se um estado tensional na parede, evidenciado pela rede de isostáticas, conforme figura 12. Esforços cortantes simples, presentes no perímetro da parede, equiparam-se aos esforços de tração e compressão, oblíquos ou inclinados à 45°, em relação a horizontal ou a vertical, conforme figura 15.

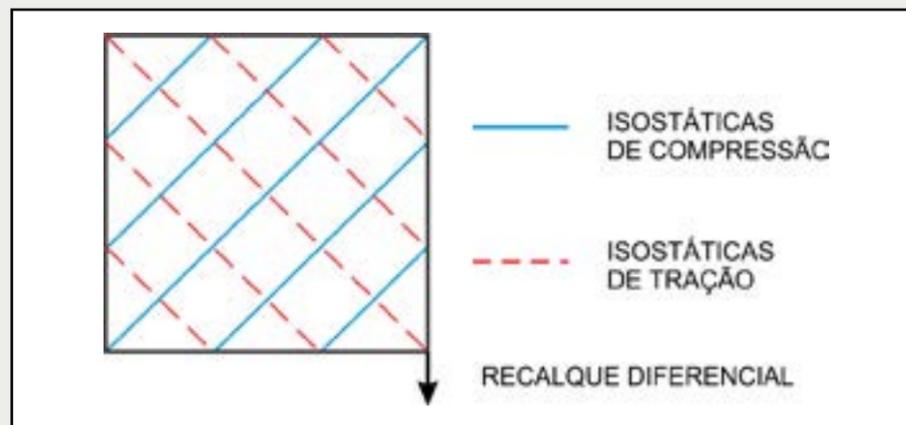


Figura 12 - Rede de isostáticas, consequência do estado tensional imposto à parede.

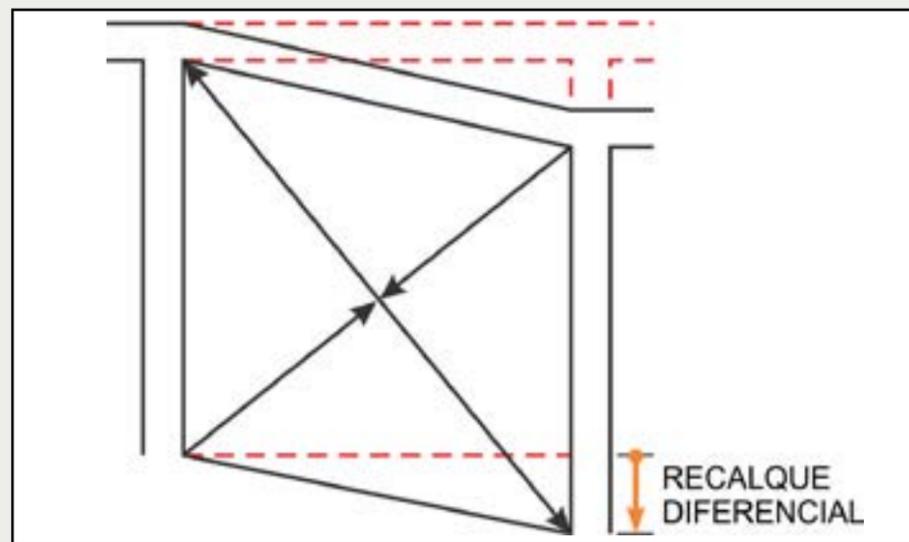


Figura 11 - Parede sofrendo distorção pelo efeito das forças em seu perímetro.



Figura 13 - Rutura à tração na parede deste empreendimento logístico, devido à ausência de melhoramento do solo mole em sua fundação.



Figura 14 - Trincas verticais em uma grossa parede de uma antiga edificação motivadas pela presença de camada mole sob sua fundação direta.

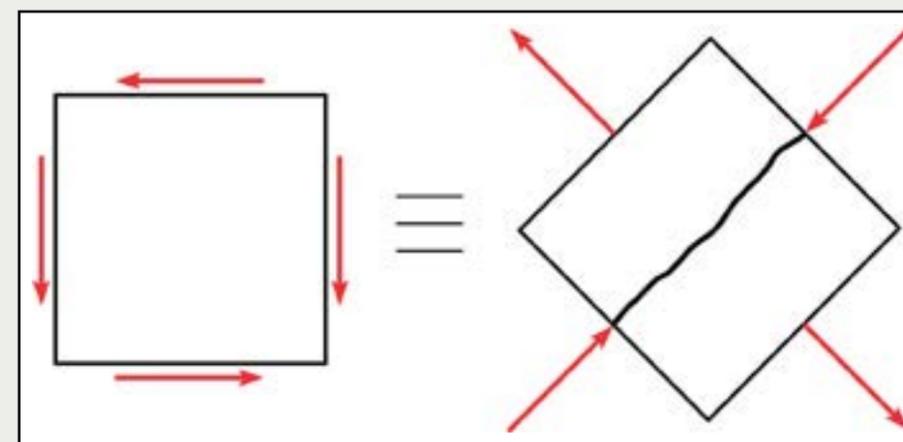


Figura 15 - Esforços de tração e compressão na parede.



Figura 16 - Trinca à 45° em parede.

Caso a resistência da alvenaria não seja suficiente para suportar estas tensões, produzir-se-ão trincas segundo linhas perpendiculares.

Esta é a razão principal da surgência das famosas trincas inclinadas, mais ou menos à 45, nas paredes. No entanto, nem sempre ocorrem assim já que anisotropias e heterogeneidades pertinentes à resistência modificam, as vezes, este quadro.



REFERÊNCIAS

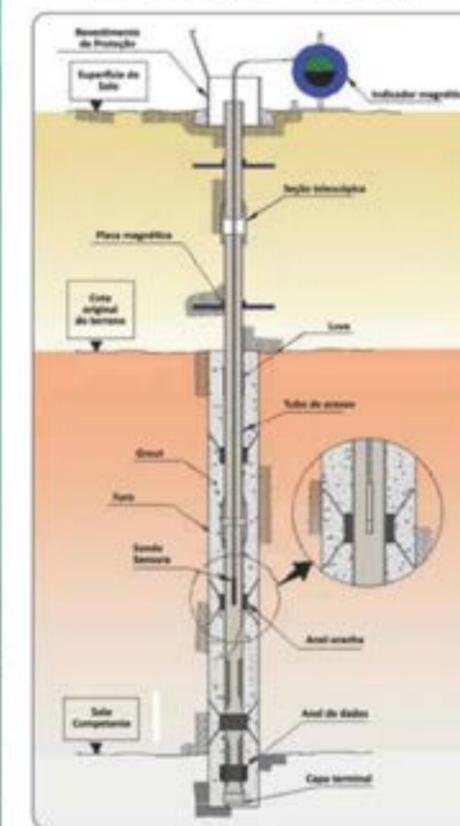
- Thomas Kim é engenheiro civil e trabalha com melhoramento de solos moles.
- CASAGRANDE, A. and Fadum, R. E. (1940). Notes and Soil Testing for Engineering Purposes Publication 268, Graduate School Engineering Harvard University, Cambridge, MA.
- ANGEL URIEL ORTIZ. Patología de las cimentaciones.
- FRANCISCO SERRANO. Patología de la edificación.

Aranhas Magnéticas



Descrição

Aranhas magnéticas consistem de anéis sensoriais, indicadores magnéticos, tubo de acesso incluindo anel de placa e anel aranha. De acordo com o tamanho da medição, o indicador magnético é dividido em 6 tipos com 50m, 100m, 200m, 300m, 350m e 500m.



Para maiores informações, acesse: <http://www.softsoilgroup.com> ou atendimento@softsoilgroup.com



UNIONTECH

TECNOLOGIA DE JUNTAS

UNIONTECH JUNTAS E IMPERMEABILIZAÇÕES LTDA.

Fone/Fax: (11) 2215-1313 / 2215-1325 E-mail: uniontech@uniontech.com.br

www.uniontech.com.br