

Soft Soil Brazilian Review

04

Geotecnia ambiental.

Transformando sedimentos, de desassoreamentos, em insumos para melhoramento de solos moles.

14

Melhoramento de depósitos de solo mole, com sedimentos de desassoreamento, possibilita a criação de um novo bairro no Rio de Janeiro.

24

A construção de um grande parque, na zona oeste do RJ, viabilizado com a utilização de sedimentos de desassoreamentos, para melhoramento do solos argilosos moles.

22 Consulta

O comportamento do solo argiloso mole submetido ao melhoramento.



GEOTECNIA AMBIENTAL

Transformando sedimentos, de desassoreamentos, em insumos para melhoramento de solos moles

pág.04



SOFT SOIL BRAZILIAN INSTITUTE

Rua Correia de Araújo, 131- Barra da Tijuca
Rio de Janeiro/ RJ- Brasil- CEP 22611-070
Tel: (21) 31543250

EDIÇÃO

DIRETOR EDITORIAL
Eng° Joaquim Rodrigues

DIRETORES ADJUNTOS

Eng° Thomas Kim
Eng° Roger Rodrigues
Engª Patricia Tinoco

PUBLICIDADE, ASSINATURA

Cleide Ferreira


EDITOR DE ARTE


Sarah Silva


REPRINTS EDITORIAIS


Mariana Tati

FALE CONOSCO

 softsoilgroup.com.br

 @engegraut

 (21) 3154-3250

 atendimento@softsoilbrazilianinstitute.com.br

O termo geotecnia ambiental nunca esteve tão correto, com o plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS), diretriz identificadora de tipologia e quantidade de geração de sedimentos, que indica as formas ambientalmente corretas de manejo, transporte e destinação, otimizando o reaproveitamento. Na realidade, a política nacional de resíduos sólidos (PNRS), lei federal, torna obrigatório aos geradores de resíduos sólidos, responsáveis pela adequada destinação. O emprego geotécnico de sedimentos contaminados, nasceu da necessidade municipal, periódica, de dar fim a estes materiais, coincidindo com a exigência de insumos para o aproveitamento de terrenos alagados, via melhoramento de solos argilosos. Estes insumos, que podem ser areias siltosas ou argilas, enquadram-se facilmente na gama dos sedimentos do desassoreamento de corpos hídricos municipais, quase sempre levando o rótulo "contaminados". Desta maneira, está se tornando rotina, esta inteligente prática, na medida em que seu beneficiamento e "blendagem", processos de transformação do resíduo, via mistura com produtos que descaracterizam o resíduo contaminante, oferece um destino ambientalmente correto, atendendo a PNRS. É bem fácil entender que, a partir da neutralização da matriz con-

taminante, com agentes tipicamente alcalinos e aglomerantes, cria-se um material potencialmente útil para o melhoramento de solos argilosos moles. Exatamente, pois o material, então, é bombeado para o interior do solo argiloso, tornando-o rígido. Desta forma, a matriz contaminante fica duplamente neutralizada, tanto pela "blendagem", como pela inserção dentro da massa argilosa impermeável. Logicamente, trata-se de medida ambientalmente correta, na medida em que otimiza ainda mais os recursos municipais, para o gerenciamento de resíduos periódicos, com a necessidade de se valorizar áreas alagadas, geralmente de comunidades carentes que, a partir daí, viabiliza-se a criação da tão sonhada infraestrutura. Por outro lado, desafoga os caros aterros sanitários municipais, disposição final de resíduos sólidos, provenientes de residenciais, industriais e construções, que não tem mais possibilidade de serem reaproveitados, exatamente por que mais de 5500 municípios brasileiros não dispõem de recursos técnico-financeiros para solucionar questões relativas ao mau gerenciamento de sedimentos de desassoreamento.

Boa leitura.
Joaquim Rodrigues

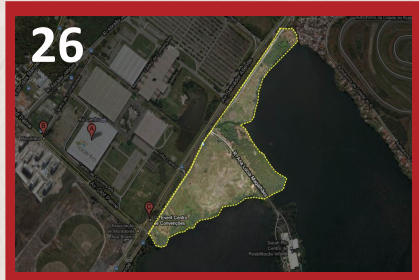
"Soft soil Brazilian Review" é uma revista digital com publicação bimestral. Receba notificação de nossa revista. Inscreva-se em: atendimento@softsoilbrazilianinstitute.com.br



04



16



26

Sumário

Geotecnia Ambiental. Transformando sedimentos, de desassoreamentos, em insumos para melhoramento de solos moles	04
Joaquim Rodrigues	
Melhoramento de depósitos de solo mole, com sedimentos do desassoreamento, possibilita a criação de um novo bairro no Rio de Janeiro.	14
Patricia Tinoco	
A construção de um grande parque, na zona oeste do RJ, viabilizado com a utilização de sedimentos de desassoreamentos, para melhoramento do solos argilosos moles.	24
Thomas Kim	

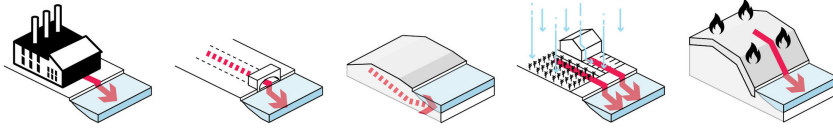
Capa



A geotecnia ambiental, é responsável pela transformação de resíduos, em insumos para o melhoramento de solos moles, tornando o problema em solução.

Seções

<i>Editorial</i>	02
<i>Agenda</i>	21
<i>Consulta</i>	22



A poluição de corpos hídricos é gerada de múltiplas fontes, incluindo passivos de antigas indústrias, materiais provenientes de tubulações de esgotos, águas pluviais contaminadas, desague de sujeiras e aterros, que aumentam o leito dos corpos hídricos.

GEOTECNIA AMBIENTAL

Transformando sedimentos, de desassoreamentos, em insumos para melhoramento de solos moles



processo de assoreamento com resíduos, em nossos corpos hídricos urbanos, é um problema socioambiental de elevada gravidade. A principal causa do assoreamento, deve-se à contínua deposição de sedimentos, efluentes industriais e esgotos, que elevam o leito dos corpos hídricos, comprometendo seu volume útil, principalmente em épocas chuvosas, intensificando a ocorrência de enchentes. O assunto, portanto, é muito sério. O gerenciamento de resíduos, é uma ação que minimiza o impacto ambiental, identificando a tipologia e a quantidade de resíduos, existentes nos corpos hídricos assoreados, indicando formas ambientalmente corretas para o manejo, transporte, tratamento e deposição final, oferecendo toda segurança necessária. O desassoreamento de rios urbanos, é extremamente necessário. E consiste da limpeza e remoção dos sedimentos encontrados em seus leitos, devolvendo sua capacidade natural de armazenamento, bem como sua vazão correta. A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, nº 454, 2012, estabelece diretrizes e procedimentos para o direcionamento do material desassoreado. Contudo, a grande questão é onde dispor o material do desassoreamento, já que, por si só, torna-se outro grande problema. A disposição em aterros sanitários impacta, sobremaneira, sua vida útil, tornando-se proibitivo. A exigência para descarte de resíduos/sedimentos é extremamente rigorosa, para não dizer limitada. Algumas resoluções do CONAMA informam:

1

Nº 344, de 25 de março de 2004, estabelece diretrizes gerais e procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser desassoreado. Disponível em: <http://www.mma.ov.br/port/conama/legiabre.cfm>

2

Nº 375, de 29 de agosto de 2006, define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos gerados em estações de tratamento de esgotos sanitários e seus produtos derivados. Disponível em: <http://www.mma.ov.br/port/conama/legiabre.cfm>

3

Nº 420, de 28 de dezembro de 2009, dispõe sobre critérios e valores orientadores da qualidade do solo, quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas, por essas substâncias, em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <http://www.mma.ov.br/port/conama/legiabre.cfm>

Características geológicas naturais, das bacias dos corpos hídricos, apresentam sedimentos de fundo, com características mais argilosas e podem conter areia, silte e matéria orgânica, em razão da presença do solo não consolidado. É possível ter sais de metais pesados adsorvidos pelas frações argilosas, siltes e matéria orgânica. O lodo, também presente, é um resíduo sólido, podendo conter compostos orgânicos persistentes e patógenos, por razão de fatores naturais e acidentais, mas que constitui fonte de argila e areia para a utilização em obras de melhoramento de solos, seja para fundações de

estradas, áreas logísticas, condomínios de residências, etc, onde, após a preparação com agentes e aglomerantes alcalinos, é bombeado para o interior de solos argilosos moles, com o objetivo de consolidá-los, tornando-os aptos à construção. Neste caso, a presença de contaminantes, em sedimentos, não lixivia por três fortes motivos:

1. A mistura com agentes estabilizantes alcalinos, neutralizam a condição ácida característica.

2. A mistura com agentes aglomerantes, tornam o material uma argamassa, que endurece a matriz contaminante, encapsulando-a.

3. O bombeamento especializado e criterioso para o interior do solo argiloso mole, comprime e confina a argamassa, impedindo o processo de lixiviação, devido, também, a condição impermeável da argila.



foto por Governo Federal de São Paulo.

Sedimentos do dessassoreamento de rio em Jundiá, no estado de São Paulo.



SOLO MOLE NO SEU PROJETO?

**NÃO TRABALHE COM TÉCNICAS
ALTERNATIVAS OU ADAPTADAS**


FAÇA MELHORAMENTO DE SOLO

MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES É
GEOENRIJECIMENTO*

**100% TEORIA DO ADENSAMENTO DA ARGILA*

 facebook.com/engegraut

 @engegraut

 www.engegraut.com.br

VISITE NOSSO SITE: WWW.ENEGRAUT.COM.BR



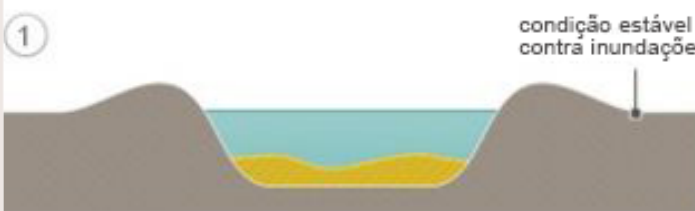
Remoção de sedimentos de rios e lagoas

Sedimentos, que respeitam os limites das normas vigentes, já são utilizados como material geotécnico, evitando-se o lugar comum dos aterros sanitários, cuja vida é limitada.

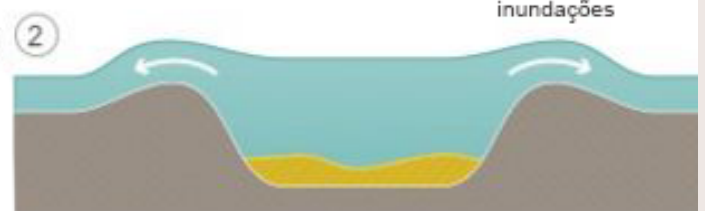
ATERROS SANITÁRIOS

Por que devem ser evitados?

Como funciona o desassoreamento em corpos hídricos municipais



Resíduos aumentam o leito hídrico.



Chuvas pesadas fazem os corpos hídricos transbordarem.



Escavadeiras ou bombas à vácuo removem os sedimentos, aumentando a capacidade do rio.

Infelizmente, a disposição final de resíduos sólidos, em aterros sanitários, ainda é considerada solução, para evitar danos ambientais e o fim dos lixões. Com a mudança da percepção ambiental, muitas empresas já reaproveitam os recursos sólidos gerados. Conseqüentemente, como as técnicas de reciclagem e tratamento têm aumentado, muitas empresas já enxergam o resíduo como algo que pode ser reaproveitado,

*Visão em corte do solo mole podendo
apresentar textura e cor escura*

ou cinzenta. Para torná-lo rijo faça

MELHORAMENTO DE SOLO

fazendo diminuir a disposição nos aterros sanitários. A legislação ambiental do país, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, exige das empresas implantação da gestão de resíduos, e o uso de tecnologias que diminuam a quantidade de resíduos gerados e descartados. Além disso, exige produtos que, de alguma forma, possam receber tratamentos, para voltarem à cadeia produtiva. Por isso, o aterro sanitário tornou-se não tão importante, devendo-se evitá-lo. O sistema de gestão ambiental, também contribui para aliar-se à programas de redução de resíduos, tornando-os ferramentas estratégicas. A norma ISO 14001, favorece um ambiente mais sustentável, pois foca no uso eficiente dos recursos naturais, gestão adequada dos resíduos, emissões de gases, entre outros. Infelizmente, aterros sanitários ainda são considerados, pelo Ministério do Meio Ambiente, sistemas adequados para disposição final de resíduos, "impossíveis" de serem reaproveitados. Segundo dados do IBGE, o Brasil possui aproximadamente cerca de 1.700 aterros sanitários. Para se construir um aterro sanitário, executa-se escavação, distante 2 metros do lençol freático, instalando-



Remoção de sedimentos e limpeza de rio em Cajamar- SP

-se mantas de polietileno e camadas granulares, por onde drenam líquidos e gases liberados pelo lixo. São, também, instaladas calhas de concreto e tubos verticais, por onde sobem os gases. Há uma quantidade determinada de lixo, que pode ser depositada, após atingir esse volume, encerra-se sua atividade. Percebe-se, então, que a grande questão é evitar o descarte nos aterros sanitários, empregando técnicas de reaproveitamento de resíduos. Projetos



- Danos à infraestrutura (por exemplo, estradas danificadas por veículos pesados);

- Poluição do meio ambiente (por exemplo, contaminação do lençol freático por vazamentos);

- Liberação de gás metano pela decomposição do resíduo orgânico (agrava o efeito estufa e oferece perigo aos moradores de áreas próximas);

- Abrigo de transmissores de doenças, como ratos e moscas;

- Perda econômica (quanto mais resíduo destinado aos aterros, menos reciclagem ou reutilização).

de aterros sanitários, são elaborados seguindo normas da Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT), já que o não cumprimento das diretrizes técnicas normativas acarretam impactos ambientais graves. Como qualquer estratégia construtiva, aterros sanitários possuem diversas vantagens. No entanto, suas desvantagens são críticas:

Para construir um aterro sanitário, municípios gastam de 5 a 10% do seu orçamento. Por outro lado, reaproveitando-se o material coletado, de desassoreamentos periódicos, viabiliza-se a utilização de terrenos com solos moles, inapropriados para a construção, viabilizando-se estradas, escolas, áreas logísticas, condomínios residenciais, aeroportos, conjuntos habitacionais, etc.

O MELHORAMENTO DO SOLO MOLE com o insumo do desassoreamento

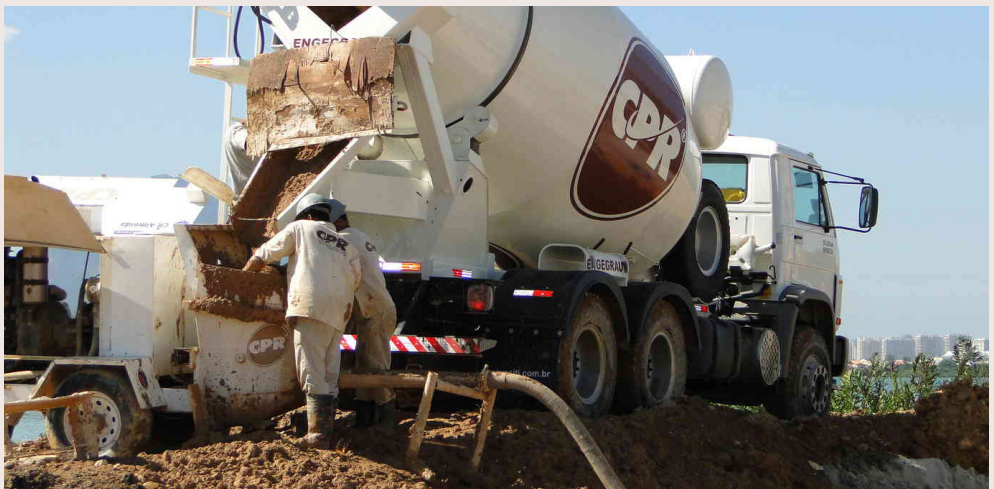
Uma excelente solução para sedimentos ou resíduos, cujas análises físico-químicas impõem limitações de disponibilidade e custo para municípios, é na utilização em obras de melhoramento de solos moles, com geoenrijecimento, cuja característica após o tratamento prévio, impõe o bombeamento do “solo” para dentro do terreno com presença de argila mole, objetivando sua consolidação. O melhoramento de solos argilosos moles, com geoenrijecimento, modifica suas características geotécnicas, impondo parâmetros específicos para resistir ao peso do futuro aterro a ser elevado e, naturalmente, às cargas de projeto da construção a ser realizada. A técnica do geoenrijecimento, baseia-se na teoria geotécnica da consolidação da argila, onde estabelece-se condição de drenagem, seguido do processo de compressão radial do solo mole. Depósitos de solos argilosos moles são bem caracterizados por suas propriedades indicativas de compressão, resistência e deformação, sob condição de carregamento vertical. Os solos normalmente consolidados, subconsolidados ou levemente sobreconsolidados, possuindo consistência mole ou muito mole, altamente compressível e com elevados valores dos limites de liquidez e plasticidades, possui alto teor de umidade, maior que o limite de liquidez, com baixíssi-



Colocando o aterro de conquista sobre o solo muito mole



O geoenrijecimento, com a formação de bulbos, que comprimem radialmente o solo, adensando-o



O geograut sendo introduzido na bomba

ma permeabilidade e, geralmente, com matéria orgânica ou turfas. O SPT é menor do que 5 golpes/30 cm e o nível freático encontra-se aflorado à superfície. Com a imposição do melhoramento do solo, eleva-se a pressão da água do solo (poropressão) que, a seguir, é naturalmente reduzida, devido à presença dos geodrenos, previamente instalados, efetivando-se sua consolidação ou enrijecimento. Na medida em que ocorre o melhoramento do solo mole, com o processo de formação dos bulbos de geogROUT bombeados, expandindo-se cavidades em cada metro cúbico do solo, remove-se a água freática do local que, com a impermeabilidade inerente da argila e o pré encapsulamento aglomerante da matriz contaminante, não há qualquer possibilidade de contaminação do lençol freático. O geoenrijecimento é, hoje, a principal técnica de melhoramento de solos argilosos moles, utilizada em todo o território nacional. Os insumos pertinentes à elaboração do geogROUT, para o desenvolvimento do geoenrijecimento, são areias, saibros e cimentos, além de aditivos diversos. A mistura deverá atender uma curva granulométrica, específica para cada tipo de melhoramento de solos moles, com a utilização de sedimentos/resíduos de corpos hídricos urbanos, poderá exigir a correção da curva granulométrica com areias e/ou saibros, utilizando-se, frequentemente, agentes estabilizados alcalinos. A reologia (concentração, coesão, etc.), o tempo de pega, estabilidade do geogROUT e resistência são aferidos em laboratório. Os

principais parâmetros, que definem as propriedades do geogROUT, fabricado com sedimentos/resíduos de corpos hídricos são:

GEOGROUT	
ANTES DA PEGA	Tempo de pega, densidade, PH, distribuição do tamanho dos grãos, viscosidade, trabalhabilidade e capacidade de retenção de água.
APÓS A PEGA	Tempo de endurecimento, resistência à compressão final*, deformabilidade, retração e expansão.

*No máximo 5kg/cm²

A tendência dos sólidos, em suspensão, sedimentarem devido às forças da gravidade e a tendência à exsudação sob pressão, é sempre considerada. Os principais objetivos do melhoramentos de solos argilosos moles são:

• *Modificação das características hidráulicas-hidro geológicas*

• *Modificação das características mecânicas*

• *Modificação da resistência e rigidez*

• *Atendimento aos parâmetros geotécnicos pré dimensionados.*



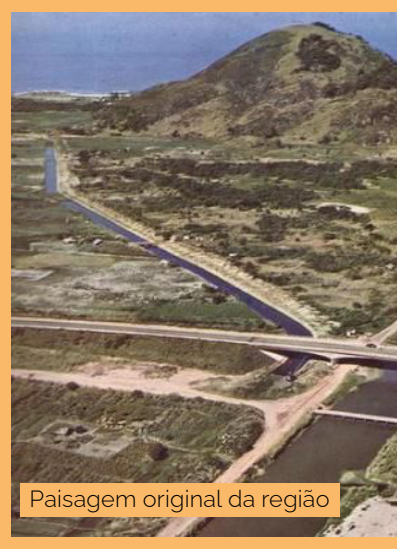
O geogROUT produzido com resíduos ou sedimentos de desassoreamentos.

Os insumos provenientes de sedimentos-resíduo, são transportados para a central de geogROUT e descarregados em áreas específicas, onde inicia-se a preparação do geogROUT.

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. Diretor do Soft Soil Group e da Engegrout Geotecnia e Engenharia, associada à ABMS e ao American Society of Civil Engineers desde 1994. Desenvolveu duas técnicas de melhoramento de solos moles, sendo motivo de patente o GEOENRIJECIMENTO, utilizada hoje em todo o Brasil. Possui quase 50 anos de experiência em melhoramento de solos.

MELHORAMENTO DE SOLOS MOLES



A baixada de Guaratiba, assim como toda a zona oeste, é caracterizada pela ocorrência de depósitos de solos moles a muito moles, podendo atingir profundidades superiores a 20m e que impediam qualquer tipo de infraestrutura e construção. Esta é a área onde foi implantado um novo bairro, com "layout" arquitetônico específico, tendo em vista a necessidade de melhoramento do solo mole, em cerca de 600 mil metros quadrados, para implantação da infraestrutura de acesso e instalação de canais, rede de águas, esgotos, etc.

Patricia Karina Tinoco

Melhoramento de depósitos de solo mole, com sedimentos de desassoreamento, possibilita a criação de um novo bairro no Rio de Janeiro.

A engenharia geotécnica- ambiental é fundamental em grandes projetos, como este, em que uma extensa área alagada da bacia de Jacarepagua- Rio de Janeiro, com profundidade de solos moles superior a 20m, e com a presença de diversos canais e riachos, projeta-se um novo bairro, utilizando-se "areias" do desassoreamento de seus corpos hídricos, de modo a viabilizar seu solo de fundação. O recém criado bairro, tem área aproximada de 600 mil metros quadrados, onde foram construídas elegantes unidades residenciais. As construtoras, deste grande empreendimento, também ficaram responsáveis pela execução de toda infraestrutura e urbanização do bairro, lançando o aterro de conquista, para acesso às áreas alagadas, possibilitando o início do melhoramento dos profundos depósitos de solo mole em toda a região, seguido da pavimentação das ruas, canais de drenagem, bases de iluminação pública, redes de esgoto e água potável e, finalmente, permitindo a escavação para construção dos prédios com subsolos. Efetivamente, o melhoramento do solo mole em toda a região, foi viabilizado com a utilização de areias e sedimentos do desassoreamento de seus corpos hídricos, tornando-se uma



Imediatamente após o melhoramento do solo, inicia-se a escavação para a construção de canais, evidenciando-se a ausência de água e estabilidade dos taludes e o fundo da escavação

SOLOTEST®

A solotest equipa os melhores laboratórios de solos, concreto e misturas asfálticas da América Latina, com equipamentos próprios e de seus parceiros internacionais.



 1.014.250 - Extrator Shelby de Bancada



 1.055.001 - Prensa de Adensamento



 1.022.250 - Prensa CBR / Marshall Digital Microprocessada



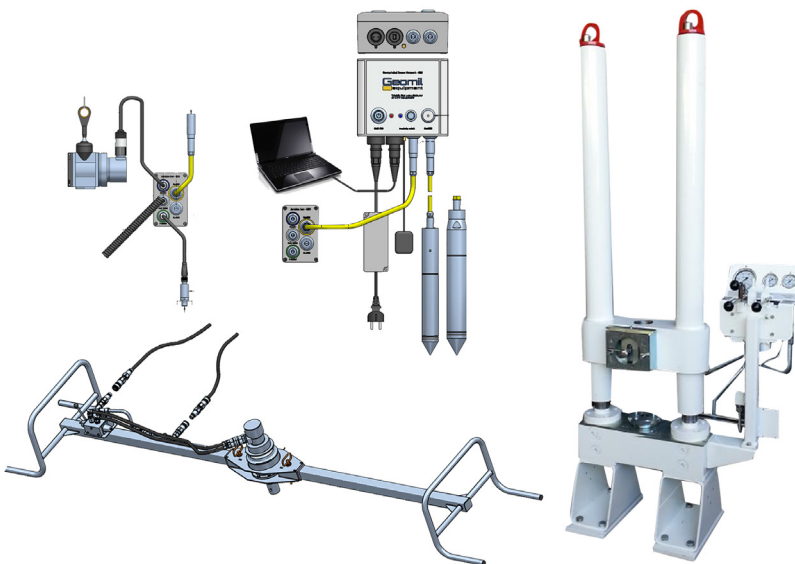
 4.100.030 - Medidor de Densidade de Solo Não Nuclear (SDG)




 4.100.300 - LWD "Light Weight Deflectometer"



 4.100.035 - Penetrômetro Dinâmico Eletrônico para Solos Panda



 4.688.020 - Sistema hidráulico para realização de ensaio CPT em diversos tipos de Solos

atividade ambientalmente correta. O geoenrijecimento aumenta, sobremaneira, a rigidez do solo mole, motivado pelo natural processo de consolidação provocado e sua resistência, em razão da atividade confinante e compressiva desenvolvida. Inicia-se com a instalação de meio drenante artificial, com a cravação de geodrenos, seguido do efeito compressivo-confinante bombeado com a formação de bulbos, com geogROUT, via expansão de cavidades. A ausência do melhoramento do solo mole, específico nesta região da cidade, implicaria em todos os tipos de recalques que, em números, poderia chegar a mais de 1 metro, ao longo de dezenas de anos. A escolha do tipo de melhoramento, para estes depósitos, foi feita pelo critério de eficiência e, evidentemente, pelo prazo de execução, com eficiência inigualável em torno de 95% e com conhecida rapidez. A grande área do empreendimento foi, para efeito do melhoramento do solo de fundação, subdivida em trechos, cada um com ilhas de ensaios e monitoramento pré definidos. Foram instalados piezômetros, placas de recalque, célula-tensão-deformação e executado ensaios pressiométricos e tomografias com imagem, ao longo de todos os trechos, tanto para a condição pré como pós melhoramento. A certificação da condição do solo melhorado foi feita, concomitantemente, de modo a liberar as áreas para os serviços preliminares de terraplanagem. Esta condição atendeu ao conceito de solo-compósito equivalente, produto final do geoenrijecimento. Os principais parâmetros geotécnicos, de aferição da qualidade do serviço, são a resistência e a rigidez do solo, verificada antes e após o melhoramento. A média dos re-



Construção de canais, só viabilizado com o melhoramento do solo mole



Após o melhoramento do solo, inicia-se a construção da infraestrutura do bairro



Ensaio pressiométricos, para certificar a evolução da resistência e rigidez do solo melhorado



Detalhes do ensaio pressiométrico.

Software de Geotecnia para uma vasta gama de análises:



Análise de Estabilidade



Escavações e Contenções



Muros e Gabiões



Recalque



Sondagens de Solo



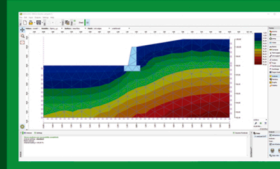
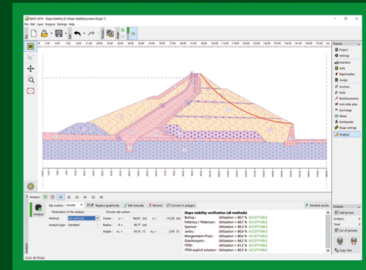
Túneis e Poços



Estudos
geológicos



Muros e
Gabiões



AVALIE GRATUITAMENTE

Solicite: comercial@solucoescad.com.br

Distribuído por:

SOLUÇÕES CAD
BIM

www.solucoescad.com.br



sultados dos valores da rigidez equivalente do solo, ponderação entre o módulo do solo melhorado (ES), com o módulo do GeogROUT (EG), foi de $E_{mq}=1062$ kPa, para a condição pré-melhoramento, e $E_{mq}=3235$ kPa após o geoenrijecimento, ponderação esta que é determinada conforme dimensão da célula unitária, do solo-compósito e a resistência equivalente. Comprovou-se a eficiência de todo o trabalho, através do monitoramento de placas de recalque e leituras piezométricas.



Situação após a execução dos serviços de geoenrijecimento, nos depósitos de solo mole, necessário para permitir a construção das instalações de água, esgoto e eletricidade, além do sistema de drenagem e vias de acesso.

A UTILIZAÇÃO DO MATERIAL DESASSOREADO COMO INSUMO PARA O MELHORAMENTO DO SOLO

O desassoreamento natural dos corpos hídricos da região produziu insumos para o melhoramento do solo mole. A incorporação de agentes aglomerantes e aditivos ao resíduo do desassoreamento, devidamente seco, seguido de intensa mistura, estabelece uma poderosa argamassa com proprieda-

des geotécnicas pré-especificadas, tendo teor de umidade, densidade, PH, permeabilidade, resistência e deformabilidade adequadas ao projeto. Os agentes de estabilização química alcalinos, aglomerantes e aditivos, encapsulam a matriz contaminante, neutralizando-a, ao mesmo tempo que potencializa suas propriedades de argamassa com qualidades geotécnicas. Em laboratório, testou-se todos os parâmetros geotécnicos necessários, consoante com as propriedades granulométricas dos resíduos.



Estudo em laboratório, da utilização de resíduos do desassoreamento para melhoramento de solos moles.

REFERÊNCIAS

·Patricia Karina Tinoco é engenheira geotécnica. Trabalha com melhoramento de solos moles.



Leica Geosystems introduces 3D machine control solution for compact excavators and backhoes with swing boom

The Leica iCON iXE3 3D excavator machine control solutions will be available for smaller excavators with swing boom, providing an easy-to-use solution on one unified software and hardware platform.

(Heerbrugg, Switzerland, 2021) Leica Geosystems, part of Hexagon, today announced to extend the Leica MCI one-for-all software platform by offering its 3D machine control solution for compact excavators and backhoes with swing boom.

Contractors rely on efficient workflows for applications such as trenching for footings, grading ditches or digging out basements. As such, demand for technology-enabled compact equipment is rapidly growing. Whenever applications require a consistent grade and sustained slope, 3D machine control solutions from Leica Geosystems excel on the job.

Leveraging the Leica MCI – a unified

platform for software and hardware – means compact equipment benefits from flexible dataflows, easy-to-use interfaces and increased productivity so operators can focus on the job. Operators also have the flexibility to use the MCI's portable control panel across multiple machines and benefit from the cloud-based collaboration platform Leica ConX, to share and report as-built documentation with office and field stakeholders.

LEICA GEOSYSTEMS

Contact us

Communications Team

Leica Geosystems AG

CH-9435 Heerbrugg

Switzerland

media@leica-geosystems.com



2 e 3 de dezembro de 2021

ICSIGMM 2021: Soil Improvement and Ground Modification Methods Conference

Tokyo- Japan

2 e 3 de dezembro de 2021

ICSIGMT 2021: Soil Improvement and Ground Modification Technologies Conference

Sydney- Austrália



COMO É O COMPORTAMENTO DO SOLO ARGILOSO MOLE APÓS O MELHORAMENTO?

Devido à complexidade do processo de geoenrijecimento do solo, a previsão do seu estado de tensões, é conduzida de forma simplificada, utilizando-se o modelo Cam Clay Modificado. Algumas hipóteses tornam-se necessárias, com objetivo de desenvolver a solução analítica. São elas:

1. Tensões verticais não variam muito, em consequência do geoenrijecimento. Por isso, considera-se constante, isto é, $\sigma'_v \approx const.$

2. Considera-se a deformação volumétrica, imposta pelo geoenrijecimento.

3. O efeito do confinamento lateral é representado pelo aumento do coeficiente de empuxo lateral $k = \sigma'_h / \sigma'_v$.

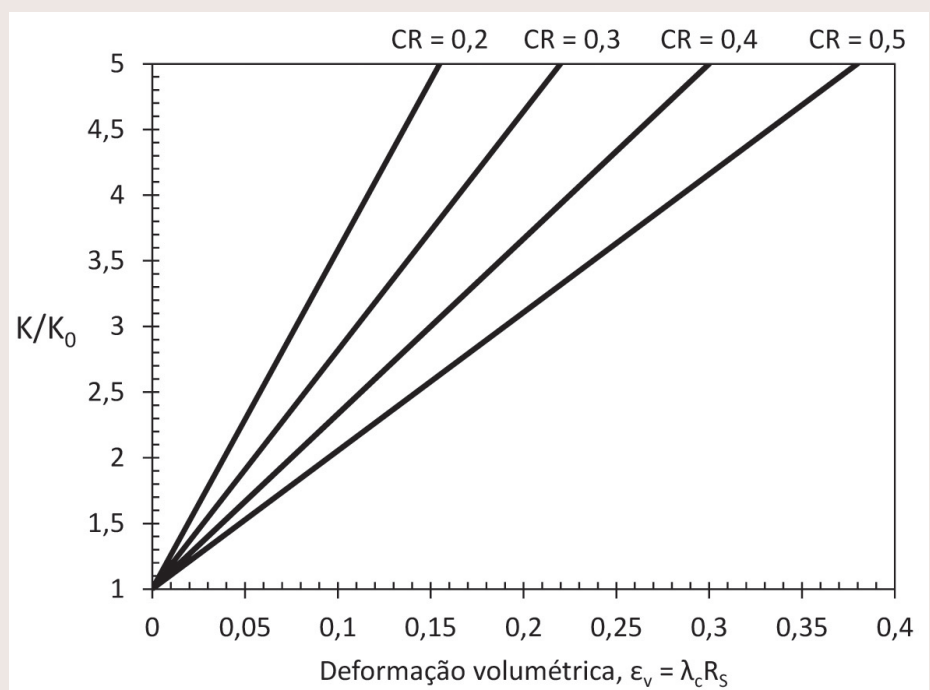
Portanto, utiliza-se a função escoamento plástico do modelo Cam Clay Modificado, expresso em termos das invariantes p' , q , tendo como parâmetro de endurecimento a deformação volumétrica plástica ϵ_v :

$$\lambda_c R_S = \frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0} \ln \left(\frac{p'}{p'_0} \right) + \frac{\lambda - \kappa}{1 + e_0} \ln \left(\frac{1 + q^2}{M^2 p'^2} \right)$$

Onde λ e κ são determinados a partir de ensaios de adensamento ($\lambda = C_c/2,3$, $e_{\kappa} = C_r/2,3$), $M = 6 \sin \phi / (3 - \sin \phi)$ é a inclinação da linha do estado crítico, $p_0 = \sigma'_v (1 + 2K)/3$ e $q = \sigma'_v (1 - K)$ são as invariantes da tensão e e_0 é o índice de vazios. Obviamente, tem-se $p'_0 = \sigma'_v (1 + 2k_0)/3$. O ábaco, na figura abaixo, foi idealizado a partir da equação já apresentada, onde apresenta-se o aumento do confinamento lateral, com a variação da razão de compressão $CR = C_c / (1 + e_0)$, em função da deformação volumétrica imposta. Observa-se

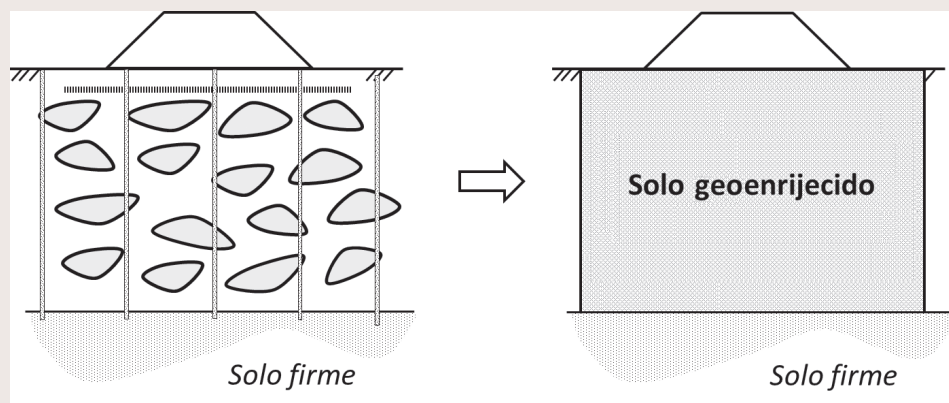
que, quanto mais compressível for o solo, maior deverá ser a deformação volumétrica plástica, necessária para atingir um dado confinamento lateral. É importante verificar, sempre, a condição $k < k_p$, pois coeficientes de empuxo maiores que o empuxo passivo são fisicamente impossíveis. Neste caso, tomar $k = k_p$. Com o valor estimado do coeficiente de empuxo lateral, o ganho de tensão efetiva média é calculado como:

$$\frac{p_0}{p'_0} = \frac{1 + 2K}{1 + 2k_0}$$



Determinação do confinamento lateral em função da deformação volumétrica plástica ($\phi = 25^\circ, CR = 10RR$).

O comportamento do solo mole, após o geoenrijecimento apresenta novos parâmetros geotécnicos. Isto se deve aos seguintes motivos: (1) o adensamento, induzido pelo processo sequencial de expansão de cavidades, promove ganho de rigidez no solo, modificando seu estado de tensões e suas características de resistência e rigidez; (2) o conjunto formado pelos bulbos de compressão radial, via expansão de cavidades, estabelece condição de solo comprimido, confinado e adensado, comportando-se como solo compósito, em que a fase geogROUT é o "grupo" e a fase solo é a matriz; (3) os geodrenos instalados aceleram o processo de adensamento reduzindo, enormemente, o tempo do recalque. Em uma microescala o solo geoenrijecido assemelha-se a um volume heterogêneo. Se considerarmos, no entanto, uma macroescala, o que tipicamente coincide com as dimensões do aterro, o solo geoenrijecido torna-se homogêneo (Cirone, 2016a).



A homogeneização enquadra-se perfeitamente no cálculo do geoenrijecimento.

O Método do Meio Homogêneo Equivalente, MHE, é uma ferramenta de cálculo inovadora, que utiliza parâmetros equivalentes de rigidez, resistência e permeabilidade, atribuídos ao volume de solo geoenrijecido. A modelagem geotécnica é efetuada, de forma rápida e precisa, prevendo-se o comportamento do solo geoenrijecido, a partir desses parâmetros. A complexa geometria dos bulbos (observando-se que são disformes e dispersos dentro da massa de solo mole), a presença de geodrenos verticais e o solo adensado, comprimido e confinado, entre bulbos de geogROUT, serão abordados pela técnica da homogeneização, a seguir.

$$s_{u,eq} = \left[f_c \frac{R_S}{2b_r} + s_u(1 - R_S) \right] (R_S b_r + 1 - R_S)$$

$$b_r = \left(\frac{f_c}{2s_u} \right)^{1/2}$$

onde:

$s_{u,eq}$ = resistência não drenada equivalente (meio homogêneo)

R_S = razão de substituição

s_u = resistência não drenada do solo entre bulbos

f_c = resistência à compressão do geogROUT

b_r = índice de resistência

Elaborada pela Equipe de Projetos da EngegROUT Geotecnia e Engenharia, a planilha de cálculo para dimensionamento do geoenrijecimento de solos moles com CPR Grouting está disponível no link:

<http://www.engegROUT.com.br/geoenrijecimento/>

O programa foi especialmente desenvolvido para calcular o geoenrijecimento de depósitos de solos moles com CPR Grouting, utilizando-se o Método de Meio Homogêneo Equivalente. O usuário utilizará, como dados de entrada, os parâmetros do solo mole a ser enrijecido. De forma automática, o programa apresentará os resultados obtidos, que poderão ser visualizados em impressos para facilitar a elaboração da memória de cálculo.

A CONSTRUÇÃO DE UM GRANDE PARQUE, NA ZONA OESTE DO RJ, VIABILIZADO COM A UTILIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DE DESASSOREAMENTOS, PARA MELHORAMENTO DO SOLOS ARGILOSOS MOLES.

A

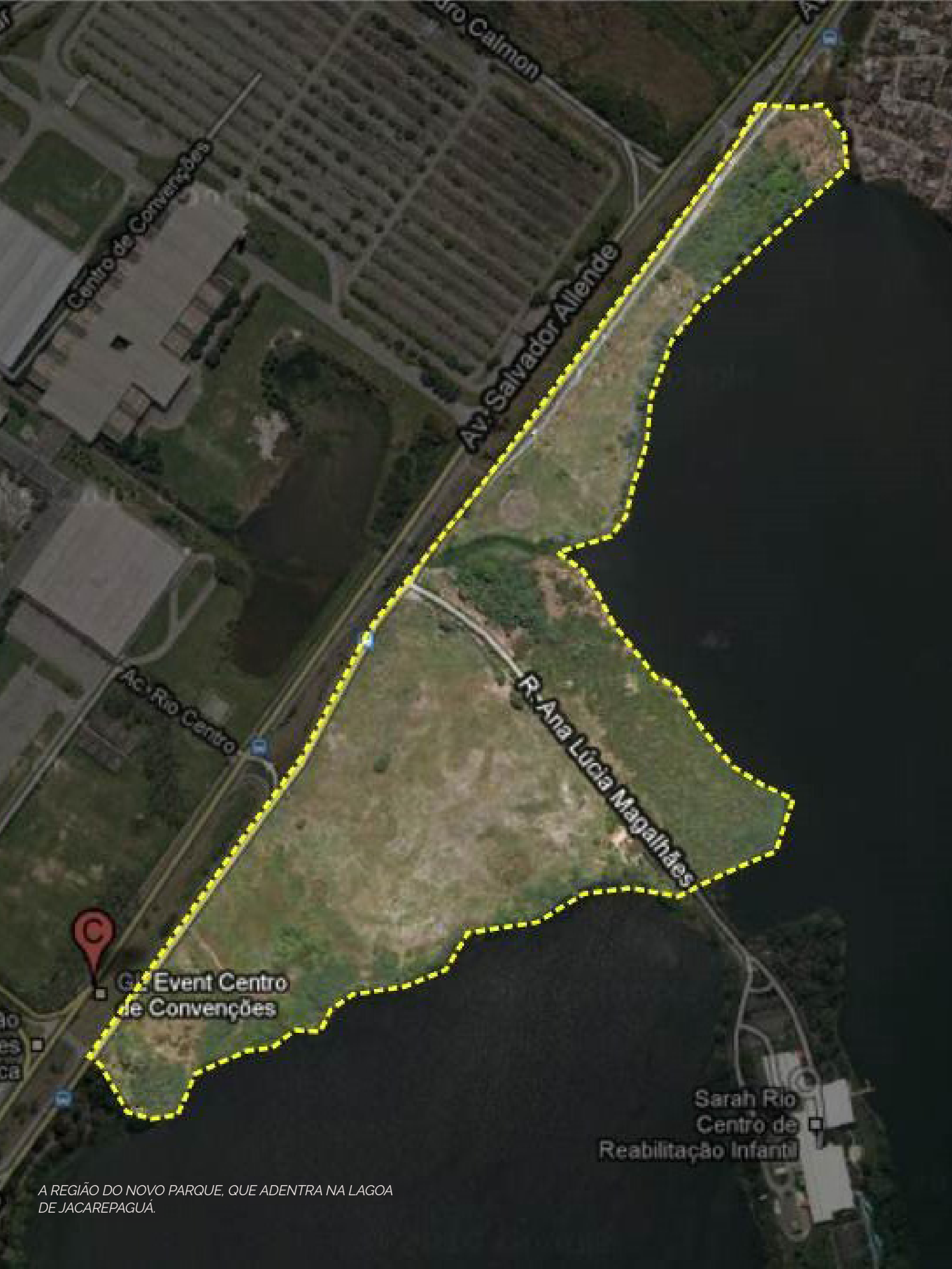
área margeia a lagoa de Jacarepaguá, configurada dentro de sua bacia hidrográfica. O transporte de sedimentos, que formam o solo mole nesta bacia, é função da degradação da mata ciliar e da erosão das vertentes dos vales anexos. Além da sedimentação, as condições do complexo lagunar, são agravadas por uma intensa ação antrópica local, que contribui para a entrada de resíduos sólidos. O desenvolvimento desta

região implica, necessariamente, na construção de obras geotécnicas em que, invariavelmente, prazo e custo são sempre fatores limitantes. Aterros são elementos essenciais, em qualquer construção de parques. Os problemas surgem, quando nestas áreas existam depósitos de solos moles, caracterizados por argilas orgânicas e turfas, além de areias fôfas. Com estas condições, aterros ficam submetidos a recalques e problemas de estabilidade, devido à ausência de capacidade suporte. A solução é compatibilizar o melhoramento do solo de fundação, com a utilização do material de desassoreamentos. A obra geotécnica foi dar capacidade de carga ao solo mole, para receber 2,5m de aterro, de modo a estabelecer o greide do futuro parque municipal.

CARACTERIZAÇÃO DO DEPÓSITO DE SOLO MOLE

A região, em questão, situa-se na margem da lagoa de Jacarepaguá, bairro Barra da Tijuca, zona oeste do Rio de Janeiro. Apresenta depósito de argila turfosa, seguido de argila orgânica, na condição de ultra-mole, e argila orgânica, cinza escura e pouco arenosa, até a profundidade de 14,0m.

Além dos ensaios de caracterização, onde evidenciam-se diversas condições de plasticidade do solo de fundação. A condição de muito mole e mole, é caracterizado por limites de plasticidade superiores a 40, índice de plasticidade superior a 15 e resistência cisalhante não drenada, in situ, da ordem de 1 a 3kPa. De acordo com a Norma Brasileira, NBR 6484, solos muito moles têm SPT menor do que 2 golpes/30cm e a condição mole, igual ou menor do que 4 golpes/30cm. Há presença de solo ultra-mole. A sensibilidade destas argilas, é de grande importância para qualquer obra a ser realizada, pois indica quanta redução poderá ocorrer resistência natural, imediatamente após a evolução das tensões, a serem impostas pelo melhoramento do solo, com geoenrijecimento. A análise, com ruptura do solo, que confirmará esta asserção, foi feita com o ensaio Palheta, que demonstrou esta queda de resistência (Su), pós geoenrijecimento. Por outro lado, análises por deformação, feitas com pressiómetro confirmaram que, ao contrário, a resistência



Centro de Convenções

Av. Salvador Allende

Ac. Rio Centro

R. Ana Lúcia Magalhães



GE Event Centro de Convenções

Sarah Rio Centro de Reabilitação Infantil

A REGIÃO DO NOVO PARQUE, QUE ADENTRA NA LAGOA DE JACAREPAGUÁ.

Su aumenta. O solo, de um modo geral, apresenta característica sensível (4 a 8) e muito sensível (>8). A argila melhorada, porém amolgada pelo geoenrijecimento, quando novamente em repouso, volta a ganhar resistência, devido a inter-relação eletroquímica entre partículas e, poderá então, ser analisada à ruptura pela palheta. Com relação à atividade, ou seja, o potencial de expansão do solo em questão, é completamente ativa (>1,25).

Tabela 1 - Descrição Visual do Material Ensaiado

Amostra	Prof. (m)	Descrição do material
Am-01	0,75 a 1,25	Argila turfosa
Am-02	2,75 a 3,25	Argila orgânica mole
Am-03	4,75 a 5,25	Argila orgânica cinza escura
Am-04	6,75 a 7,25	Argila orgânica pouco arenosa

Tabela 2 - Ensaios de Caracterização

Amostra	Prof. (m)	h _{nat} (%)	G _s	LL (%)	LP (%)	A	IP (%)	IL	Caracterização
01	0,75 a 1,25	295,7	2,205	320,0	76,0	8,29	224,0	0,97	Solo muito mole
02	2,75 a 3,25	187,0	2,549	127,0	31,0	2,46	96,0	1,6	Solo ultra-mole
03	4,75 a 5,25	30,9	2,601	56,0	17,0	1,14	39,0	0,33	Solo muito mole
04	6,75 a 7,25	83,0	2,555	144,0	51,0	1,78	93,0	0,34	Solo muito mole

Obs.: A – Atividade/ IL – Índice de liquidez/ h_{nat} – Teor Médio de Umidade Natural/ G_s – Densidade Real dos Grãos/ LL – Limite de Liquidez/ LP – Limite de Plasticidade/ IP – índice de Plasticidade.

Nota: As amostras foram secas em estufa a 60°C

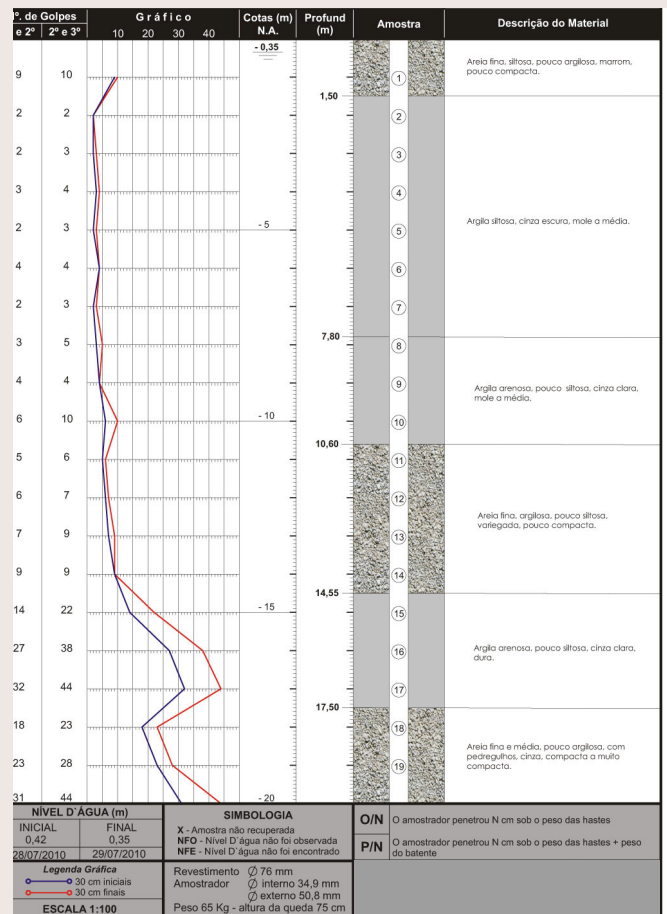
O SOLO ULTRA-MOLE

Solo ultra-mole, segundo M.W. Bo, apresenta teor de umidade superior ao limite de liquidez. Seu índice de liquidez, geralmente, é superior a unidade. O limite de



Remoção de camada superficial de solo muito mole para execução do aterro de conquista

plasticidade é superior a 40, tendo peso específico aparente úmido, com cerca de 11kN/m³ e, de uma maneira geral, apresenta resistência efetiva nula, no ensaio palheta. Há pouca literatura sobre este tipo de solo. A presença de camadas de solos ultra-moles, próximo a superfície, quase sempre implica na utilização de tecido geotêxtil e/ou geogrelha para o lançamento do aterro de conquista. Invariavelmente, mesmo após o aterro de conquista, há ocorrência de rupturas por recalque imediato, obrigando o engenheiro geotécnico a fazer uso de sua experiência para “preparar” o acesso à obra. A resistência destas camadas de solo, é praticamente nula e, com grande frequência, é infrutífera a busca de resistências efetivas no campo, podendo sofrer consolidação pelo próprio peso (CPP). Se isolarmos uma coluna deste tipo de solo, deixando-a por um longo tempo em repouso absoluto, provavelmente desenvolverá estrutura bem característica durante o processo de CPP.



sondagem típica do local

O MELHORAMENTO DO SOLO MOLE

O geoenrijecimento, baseia-se na redução/eliminação da compressibilidade do solo mole, com adequado monitoramento geotécnico, sem qualquer inconveniente de geração de resíduos ou bota fora. Sua metodologia atende totalmente aos parâmetros de sustentabilidade ambiental. Geotecnicamente, utiliza tensões radiais para comprimir e adensar o solo saturado, em direção aos geodrenos. Estas tensões, idealizadas por um dos métodos da teoria de expansão de cavidades, são dimensionadas com o emprego de programação de elementos finitos, capazes de idealizar grandes deformações volumétricas, associadas a complexas alterações na poropressão, além de deslocamentos do solo na forma de fluxos, promovendo processos de adensamento acelerados, com base no processo de consolidação tridimensional, imposto a cada metro de profundidade do solo mole. Desta maneira, a teoria da expansão de cavidades, passa a ser uma valiosa ferramenta para a questão geomecânica, principalmente pela facilidade da modelagem dos complexos problemas geotécnicos, associados ao comportamento tensão-deformação do solo mole. O melhoramento do solo impõe as seguintes vantagens:

- Promove o adensamento do solo mole, a medida em que a formou-se bulbos com material rígido.
- Estabelece de densa malha de geodrenos verticais profundos.
- O dimensionamento do geogROUT é realizado com base nas areias e siltes da mesma região, assim como com sedimentos contaminados de desassoreamentos, estabelecendo-se curvas de distribuição granulométrica, com tamanhos e distribuição de partículas adequadamente graduada e com compacidade relativa específica.
- Estabelece-se módulos de deformação do geogROUT e do solo.

- As propriedades do solo, em torno de cada bulbo de compressão radial, são melhoradas tanto pelo critério de deformação, induzindo-se recalques bem superiores aos projetados, como pelo critério de tensões, introduzindo-se tensões radiais bem superiores às de projeto, com conseqüente aumento do módulo de tensão-deformação do solo.
- O dimensionamento do geoenrijecimento é caracterizado pelo espaçamento dos geodrenos, das verticais, com bulbos de adensamento, da curva granulométrica do geogROUT, da pressão máxima de trabalho e a deformação máxima a ser imposta pelos bulbos de compressão, formando-se grandes volumes de solo resistente, e respeitando-se a capacidade resistente última de cada camada do solo, ao longo da profundidade do melhoramento.

PREPARANDO O LOCAL PARA A OBRA

Considerando que o local tratado, pertence à lagoa, ou seja, é composto por vegetação característica, lâmina d'água e lama superficial, foi preciso definir a região a



A remoção da vegetação e da lama superficial, seguindo-se a instalação do aterro de conquista.

ser conquistada à lagoa, executando-se um aterro em forma de pavimento ensecadeira, definindo-se o contorno periférico da obra e dos outros pavimentos, através dos Diques 1, 2 e 3. Este aterro, em alguns trechos recebeu, em sua base, geotêxtil e/ou geogrelha, já que após a remoção da vegetação, o solo em forma de lama não apresentava qualquer resistência efetiva, literalmente "engolindo" todo o aterro lançado.



Situação da obra com a definição pavimento ensecadeira e os Diques 1, 2 e 3.



Situação do Dique 1 após a instalação do aterro de conquista.

Assim mesmo, com diversos trechos apresentando ruptura, a execução do aterro teve sequência, definindo-se um greide provisório. Imediatamente após o estabelecimento do aterro de conquista, iniciaram-se os trabalhos do geoenrijecimento, sob a "pista", de modo a interromper o processo de recalque que se manifestava com certa velocidade.



Execução de pré-furo no pavimento ensecadeira a beira da lagoa que, apesar do uso de geocomposto, como base, afundava cerca de 10 cm por dia.

Para tanto, foram executados pré-furos, de modo a perfurar o aterro, que continha bastante pedra de mão e a própria geogrelha em sua base. A seguir, iniciou-se o geoenrijecimento, com a cravação dos geodrenos, seguido da formação dos bulbos de compressão do solo mole, de modo a adensá-lo e confiná-lo.

PRESSIÔMETRO

Um ensaio geotécnico completo realizado no campo

Fácil de operar e 100 % viável



ROCTEST

Representante exclusivo no Brasil

+55 21 2718 3968



vendas@3geotecnologia.com

www.3geotecnologia.com



Formação das verticais de adensamento, com lança longa.
 Repare a presença do caminhão betoneira no meio da área melhorada do Dique 1: excelente prova de carga.



O material do desassoreamento, com dragagem, é lançado no canto direito inferior da foto, utilizado em toda a obra, como insumo e aterro.

A UTILIZAÇÃO DE SEDIMENTOS DO DESASSOREAMENTO LAGUNAR, PRÓXIMO, COMO INSUMO PARA MELHORAMENTO DE SOLOS ARGILOSOS MOLE

O resíduo do desassoreamento, uma vez neutralizado por agentes químicos alcalinos, torna-se uma argamassa com fins geotécnicos, denominada geograut. O processo de geoenrijecimento, caracteriza-se pela cravação previa de geodrenos no solo mole, de modo a possibilitar sua drenagem, seguido do processo de adensamento a ser imposto, com a

formação de bulbos, utilizando-se o bombeamento do geograut, que expande cavidades, promovendo-se a compressão radial do solo mole. Os geodrenos, previamente instalados, dissipam o excesso de poropressão, manifestado pela compressão radial do solo. O geograut, argamassado com PH alcalino, rapidamente endurece, encapsulando a matriz do resíduo

que, por sua vez, fica confinado no meio do solo argiloso mole (impermeável) que endurece, não afetando a qualidade do lençol freático.

REFERÊNCIAS

·Thomas Kim é engenheiro geotécnico. E trabalha com melhoria de solos moles.



SENSORES DE RECALQUE



**CÉLULAS DE PRESSÃO
PARA ATERROS**

GEOKON

TRUSTED MEASUREMENTS®

EQUIPAMENTOS GEOTÉCNICOS



**CÉLULAS DE PRESSÃO
CRAVÁVEIS NO TERRENO**



PIEZÔMETROS

A Geokon é líder mundial em automação e instrumentação geotécnica para monitoramento de solos

Representante Exclusivo no Brasil



G5 Engenharia LTDA

Tel: (41) 3402-1707

g5engenharia.com.br



O SOFT SOIL BRAZILIAN INSTITUTE ajuda você e sua obra sobre solos moles

Melhorar solos moles exige conhecimentos geotécnicos práticos e teorias sofisticadas. Cada obra é um caso específico que exige solução diferenciada. Saiba como dimensionar o Geoenrijecimento do solo mole, através de planilha exclusiva. Basta acessar o link:
http://www.engegraut.com.br/geoenrijecimento/MC_v1.0.rar

softsoilbrazilianinstitute.com.br



PARCEIROS



TRUSTED MEASUREMENTS®

