

Soft Soil Brazilian Review

04

Aterros de acesso a pontes e viadutos. Erosão e ressaltos continuam a causar instabilidades, interrupções e tragédias.

16

Identificando problemas de erosão e ressaltos em pontes e viadutos.


37

Soluções para recuperação de ressaltos e erosão em aterros de acesso.

24 - Continua

Práticas de reforço em aterros de construção de aterros de acesso e de detalhes em detalhes pontuais e logo de transição e transição.

Aterros de acesso a pontes e viadutos



EROSÃO E
RESSALTOS
CONTINUAM A
CAUSAR
INSTABILIDADES,
INTERRUPÇÕES E
TRAGÉDIAS.



O FOCO É O ATERRO DE ACESSO A PONTES E VIADUTOS

EDITORIAL

Conceitos que envolvem aterros de acesso a pontes e viadutos, rodoviárias e ferroviárias, tem sido objeto de inúmeros estudos recentes em todo o mundo. No Brasil, ainda existe lacuna de literatura técnica especializada, com algumas exceções. Torna-se necessário, portanto ampliar a produção deste conhecimento, nesta área que, invariavelmente, causa muitos transtornos e prejuízos, particularmente onde há presença de solos moles, submetido a mudanças climáticas e ambientais. Neste sentido, problemas de erosão e ressaltos nos aterros de encontro, apresentados nesta edição da SSBR, representam apenas uma pequena amostra das questões que envolvem a ação do fenômeno em Obras de Arte Especiais da malha viária brasileira. Um aspecto importante deste contexto, a laje de transição, é um dos elementos importantes na interface ponte e via que, entre nós, não possui diretrizes de abrangência nacional de projeto e detalhamento. Os responsáveis pelos departamentos estaduais de estradas, por exemplo, não têm consenso para a utilização destes elementos. Outra questão também, bastante evidente, é a maior vulnerabilidade das pontes com extremidades em balanço, cujos aterros de acesso constituem-se em elementos de grande sensibilidade aos efeitos danosos da erosão. Considerando que dados do DNIT, mostram que entre as pontes cadastradas nas rodovias federais, 50% possuem um vão e dois balanços, é de se esperar que exista também um percentual significativo de tal tipologia nas rodovias estaduais e municipais, o que significa que, além dos aspectos relacionados à ausência de manutenção, uma grande quantidade das pontes rodoviárias antigas, foi projetada com tipologia estrutural, conceitualmente frágil aos efeitos da erosão, nos aterros de acesso. Esta questão, só pode ser abordada adequadamente se

analisada no contexto de visão mais abrangente, que considere a prática da manutenção das Obras de Arte Especiais como um todo que, infelizmente, representa um problema crônico e de consequências altamente danosas para o setor produtivo e para a sociedade em geral. No Brasil, a elaboração de projetos de pontes, que começa com a má remuneração de projetistas, chega ao ponto de diminuir até a quantidade das sondagens geotécnicas, necessárias para melhor identificar o solo de fundação, associado ao descaso com a conservação, traz consequências danosas para os usuários que pagam por esses bens públicos e, muitas vezes, são obrigados a utilizá-los sem condições mínimas de funcionalidade e estabilidade, conforme comprova o significativo aumento dos acidentes estruturais com pontes e viadutos ocorridos nos últimos anos. Mais de 50% da malha viária encontra-se em estado deficiente, ruim ou péssimo e este índice, certamente, deve ser ainda maior para pontes e viadutos, pelo estado de deterioração que pode ser observado nas partes visíveis de suas estruturas. Muito provavelmente, os danos nas partes pouco visíveis podem ser ainda de maior magnitude. Diante deste cenário, torna-se necessário o estabelecimento de metas voltadas para a boa qualidade das Obras de Arte Especiais, do sistema viário brasileiro, como a elaboração de projetos baseados em estudos e dados consistentes, e a realização de manutenção periódica de pontes e viadutos existentes, como parte de um sistema mais amplo de gestão, baseado em procedimentos técnicos apropriados, que contemple um rigoroso cadastro das obras com os danos identificados e inspeções feitas por profissionais devidamente treinados e qualificados.

Boa leitura
Eng.M.Sc. Joaquim Rodrigues



SOFT SOIL BRAZILIAN INSTITUTE

Rua Correia de Araújo, 131- Barra da Tijuca

Rio de Janeiro/ RJ- Brasil- CEP

22611-070

Tel: (21) 3851-6218

EDIÇÃO

DIRETOR EDITORIAL

Eng° Joaquim Rodrigues

DIRETORES ADJUNTOS

Eng° Thomas Rodrigues

Eng° Roger Kim

Engª Patricia Tinoco

PUBLICIDADE, ASSINATURA

Cleide Ferreira

EDITOR DE ARTE

Ágatha Braga

Victor Peres

REPRINTS EDITORIAIS

Mariana Tati

FALE CONOSCO

softsoilgroup.com.br

@engegraut

(21) 3154-3250

atendimento@softsoilbrazilianinstitute.

com.br

"Soft soil Brazilian Review" é uma revista digital com publicação bimestral

Receba notificação de nossa revista.

Inscreva-se em:

atendimento@softsoilbrazilianinstitute.

com.br



A PRIMEIRA E ÚNICA REVISTA DIGITAL GEOTÉCNICA ESPECIALIZADA EM SOLOS MOLES.

28

EDIÇÃO- MARÇO-ABRIL 2023

Sumário

Aterros de acesso a pontes e viadutos. **04**
Erosão e ressaltos continuam a causar instabilidades, interrupções e tragédias.

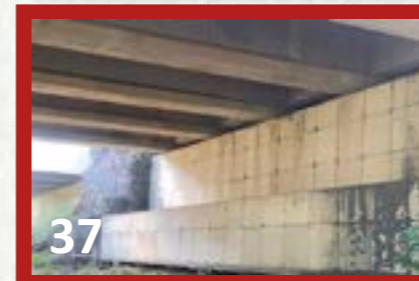
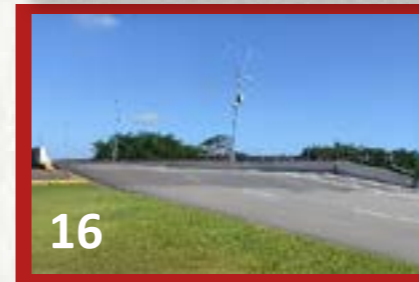
Eng. M.Sc. Joaquim Rodrigues

Identificando problemas de erosão e ressaltos em pontes e viadutos. **16**

Eng. Thomas Kim

Soluções para recuperação de ressaltos e erosão em aterros de acesso. **37**

Eng. Patricia Karina



Capa



Há extensa pesquisa, nestes últimos 20 anos, acerca da erosão e ressaltos em aterros de acesso a pontes e viadutos. No entanto, pouco evoluiu o lugar comum destas patologias, em razão de sua complexidade, começando com o tipo de estrutura de encontro, a qualidade do material do aterro e do solo de fundação, este último quase sempre atrelado a necessária consolidação, o projeto de drenagem inespecífico ou insuficiente, todos acarretando sérios problemas no início e final de pontes e viadutos. Até quando?

Seções

Editorial **02**

Consulta **29**

softsoilbrazilianinstitute.com.br

ENCONTRO DE PONTES



A Erosão e ressaltos são fenômenos de grande complexidade e a repercussão de seus efeitos, sobre a estrutura de pontes/viadutos, pode ser tal intensidade que, em determinadas situações, resultam em danos significativos e até em seu colapso. Encontros de pontes, localizados em calhas de rios, constituem obstáculos que modificam o mecanismo de escoamento da água, aumentando a velocidade, a vorticidade e a turbulência, gerando cavidades (ou fossas) de erosão, podendo causar o solapamento da fundação, e de toda a estrutura da ponte, em especial as antigas e as construídas em trechos de rios, cujos leitos sofreram mudança de perfis, nem sempre detectados a tempo de impedir maior magnitude de danos. Embora negligenciado, o estudo da erosão e de ressaltos em estruturas de encontros de pontes é de extrema importância.

**ATERROS DE ACESSO A
PONTES E VIADUTOS
EROSÃO E RESSALTOS CON-
TINUAM A CAUSAR INSTABI-
LIDADES, INTERRUPÇÕES E
TRAGÉDIAS.**

Aterros de acesso são responsáveis pela ligação entre pontes e rodovias, e são importantes para a funcionalidade e a segurança da obra. Dois problemas sérios são inerentes a este tipo de obra, a presença de camadas de argilas moles no solo de fundação e a erosão junto à estrutura de encontro em obras de artes especiais (OAEs). A ruptura destes maciços de terra, é responsável por significativa quantidade de acidentes estruturais em OAEs e, o que é comum, muitos precisam ser parcialmente ou totalmente interditados por causa da destruição dos taludes e do núcleo do aterro. Em outras situações, a ruptura do aterro de acesso compromete a estabilidade da própria ponte, acarretando grandes prejuízos materiais e até perda de vidas humanas. A primeira medida para evitar, ou pelo menos diminuir, a possibilidade de problemas é a elaboração de projeto que defina, detalhadamente, toda a especificação necessária para diminuir a reconhecida deficiência na transição entre rodovia e viaduto ou ponte. Uma questão importante é a proteção dos taludes, nos trechos adjacentes à ponte. O

DNIT (2004), recomenda que a proteção superficial, deve ser realizada em trechos com comprimentos não inferiores a três vezes a altura do aterro de acesso. Os tipos de proteção, usualmente utilizados, são de vegetação, pedra argamassada, concreto, gabiões, etc. Atenção especial deve ser dada a aterros de acesso de pontes, com extremidades em balanço, que representem uma situação para a qual, não se consegue boa compactação, pelo fato dos aterros serem executados após a construção da ponte. A excessiva movimentação dos balanços extremos do tabuleiro, também contribui para aumentar a deficiência do aterro. Em viadutos localizados dentro de centros urbanos, onde a limitação dos espaços impossibilita a existência de taludes, aterros de acesso são, geralmente, executados com estruturas de contenção, geralmente terra armada, que utiliza a resistência interna do solo, associada à materiais de construção convencionais (concreto e aço). A aderência das armaduras, constituídas por tiras de aço ou de materiais extensíveis

(polímeros), garantem a estabilidade das placas pré-moldadas das paredes de contenção, as escamas, encaixadas entre si garantindo, assim, a estabilidade do maciço. As fotos, à seguir, mostram tipos usuais de aterros de acesso à pontes, em rodovias brasileiras. Neste particular, de construção de aterros sobre solos moles, trata-se de obras extremamente complexas, que exige cálculos especiais, pertinentes a elevada compressibilidade do solo de fundação e sua baixa resistência que invariavelmente, exige sua consolidação com geoenrijecimento. A ligação com o aterro de acesso, é feita por taludes com inclinação 3:2 (horizontal: vertical) até a cota do terreno natural. A parte superior do talude do aterro, sob a ponte, é contido pela cortina frontal, no encontro do tabuleiro e, lateralmente, por duas alas. A laje de transição, compensa pequenos recalques no aterro e no solo de fundação.

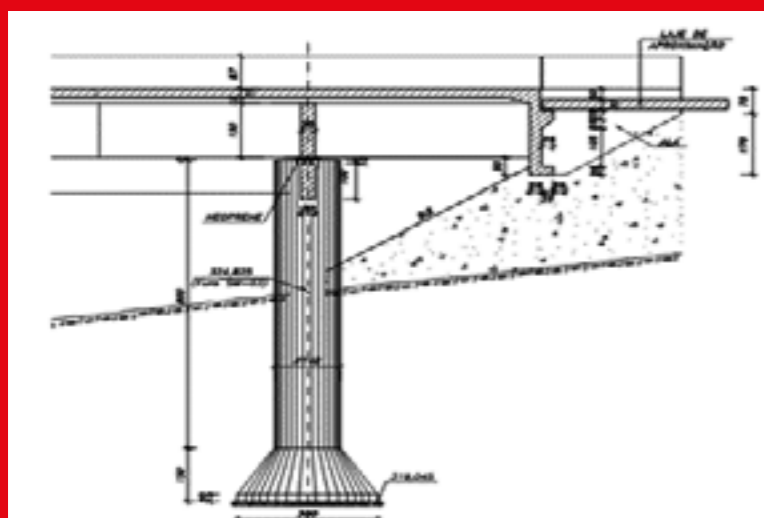


Figura 1 - Detalhe típico do aterro de acesso em uma ponte com encontro em balanço, mostrando a inclinação adotada, as cortinas, as alas e a laje de transição.

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

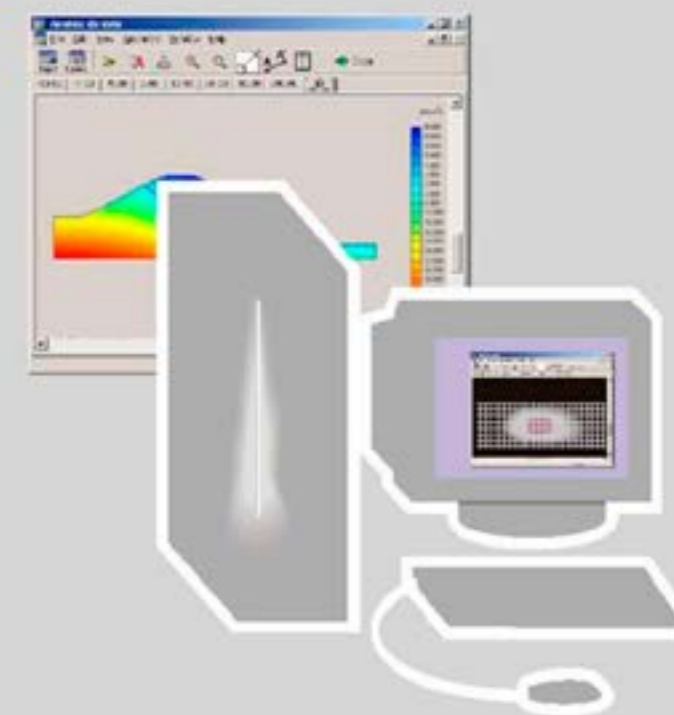




Figura 2 - Proteção do talude do aterro de acesso de ponte com encontro em balanço, com uma camada de concreto e um dissipador de energia para a descida das águas.

ro. Trata-se de uma solução razoavelmente eficiente, porque garante alguma impermeabilização ao aterro, mas se trata de proteção rígida, sem resistência à tração, sensível à deformações dos taludes e a infiltração de águas, se o rejunte das pedras não for bem executado. Outra forma de projetar aterros de acesso, é apresentada na figura 4, que mostra projeto de ponte, com fundações em estacas e aterros de



Figura 3 - Taludes dos aterros de acesso de ponte rodoviária com extremidades em balanço, com aterros protegidos com alvenaria de pedra argamassada.



Figura 4 - Erosão no aterro, durante a construção da contenção em terra armada, o que desaprumou as escamas.

Na figura 2, observa-se uma ponte com extremidades em balanço, construída com o mesmo tipo de aterro de acesso, cujos taludes foram protegidos por camada de concreto moldada no local, com armaduras para evitar deformações e fissuração, e um dissipador de energia, para diminuir a velocidade da água sobre o talude. A figura 3, mostra detalhes de outra ponte, com encontro em balanço, cujos taludes dos aterros de acesso, foram protegidos por base de pedras argamassadas, e com recravas no terreno natural, para evitar erosão na base do aterro.

grande altura. Para viabilizar e evitar a construção de encontro pesado, que aumentaria significativamente o custo da obra, optou-se pela execução de aterro em duas fases. Na primeira fase, a crista do talude inferior, coincidiu com a cota da base do talude superior, mantendo-se banqueta de 4,00m de largura, nas laterais e sob o tabuleiro junto à viga travessa, para que o maciço compactado pudesse garantir confina-

mento das estacas, ao longo da espessura do aterro. Na segunda fase, projetou-se talude, cuja crista coincidiu com a cota do greide da rodovia e a base coincidiu com a cota da face inferior da viga travessa extrema (crista do talude da 1ª fase do aterro). Na figura 5, detalha-se a maneira de proteger taludes da erosão, para esta solução de aterro de acesso. Observa-se que na parte inferior do talude, utilizou-se

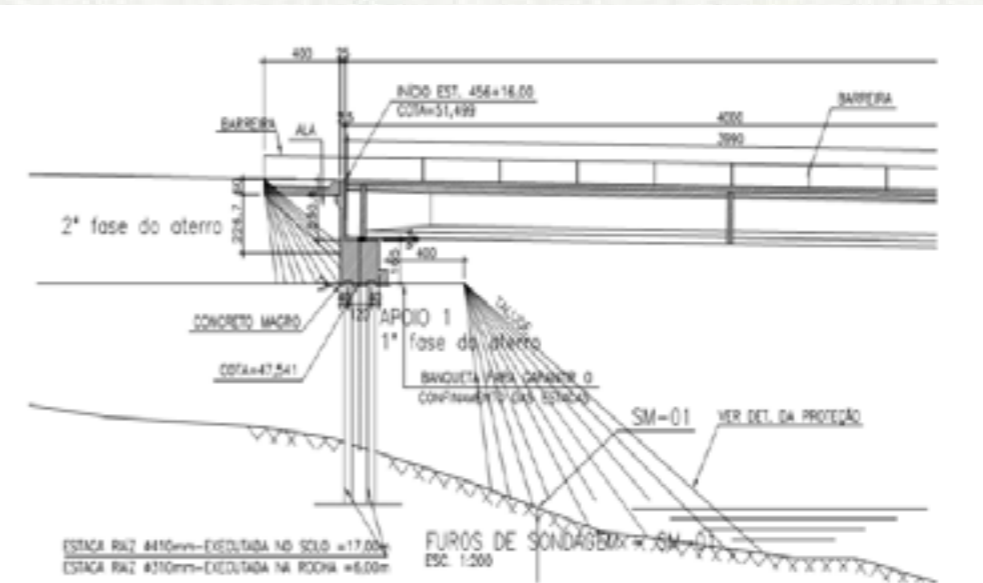


Figura 4 - Detalhe do projeto de ponte com fundações em estacas, cujos taludes dos aterros de acesso foram executados em duas fases.

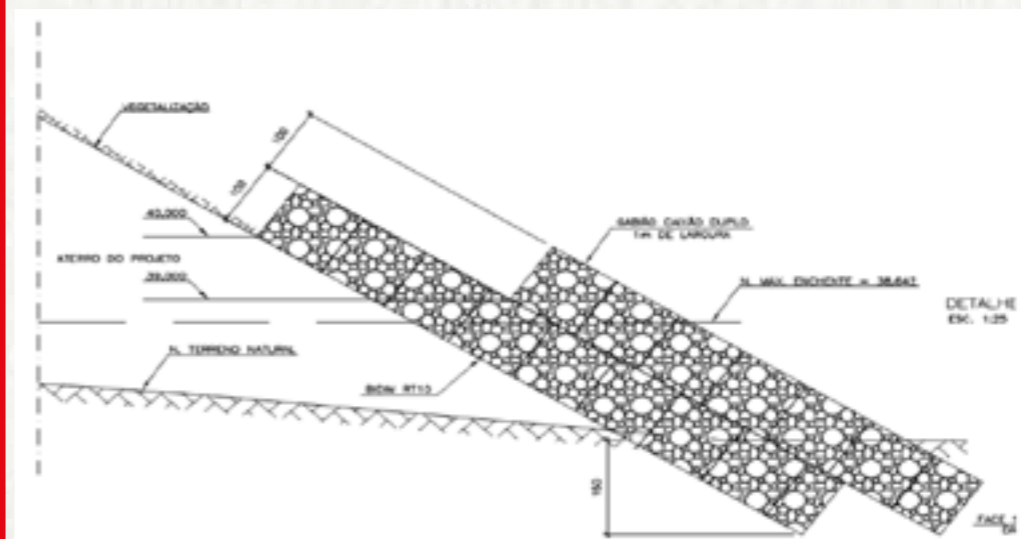


Figura 5 - Detalhe da solução adotada para proteger bases e taludes contra a erosão.

gabião, tipo caixa, em duas camadas com recravas no terreno natural, estendendo-se até acima da cota de máxima enchente. Acima do gabião, projetou-se proteção vegetal para toda a superfície do talude.

A situação seguinte, ilustrada pela figura 6, representa casos típicos de viadutos construídos em vias urbanas onde, na maioria das vezes pela falta de espaço, não há possibilidade dos aterros de acesso serem constituídos com núcleo e dois taludes laterais. Nestes casos, adota-se

o sistema de contenção, conhecido como terra armada, que elimina totalmente os taludes e representa solução técnica por eliminar, também, a possibilidade de erosão nas saias dos aterros, caso sejam executados na forma convencional. Porém, esta solução que traz como vantagens a rapidez de execução pelo uso de peças pré-moldadas de concreto, a redução do uso de espaços públicos pela ausência de taludes, a possibilidade de conter aterros com até 20m de altura e uma boa durabilidade, desde que com manutenção adequada, também apresenta algumas desvantagens, sendo as mais frequentes o desaprumo das escamas e danos nas arestas, que facilitam a infiltração de água no aterro com perda de compactação e a ocorrência de patologias no concreto das escamas. Outra desvantagem desta solução, é de natureza social pois, dependendo da extensão das rampas de acesso das contenções em terra armada, existe a sensação de confinamento e isolamento do espaço urbano onde os viadutos são implantados, motivo de reclamações de comunidades localizadas nas vias marginais que, além do problema do confinamento, também são obrigadas a fazer grandes percursos para chegar do outro lado da via, como mostra a figura 7.



Geotechnical Analysis SIG: Simulating Soil Lab Tests for PLAXIS Soil Model Parameters



Micha van der Sloot
Technical Support Manager
Bentley Systems, Inc.

PLAXIS: Simulating Soil Lab Tests

www.bentley.com

Dear User,

When conducting laboratory test results – such as Triaxial and Oedometer tests – you want to make sure that the behavior of your chosen constitutive soil model captures the test result data. With the SoilTest feature, PLAXIS offers a quick and simple method to simulate these lab tests and verify the model behavior. To learn more, this Geotechnical Special Interest Group virtual workshop is a must see!

The agenda for the one-hour session encompasses:

- How to start a soil lab simulation
- Optimizing your model parameters to replicate real-life behavior
- After optimizing, how to quickly update the soil material definition in PLAXIS

The Geotechnical Analysis SIG is open to all Bentley users, so invite your colleagues!

Geotechnical Analysis SIGs – complimentary virtual workshops to keep you working optimally!

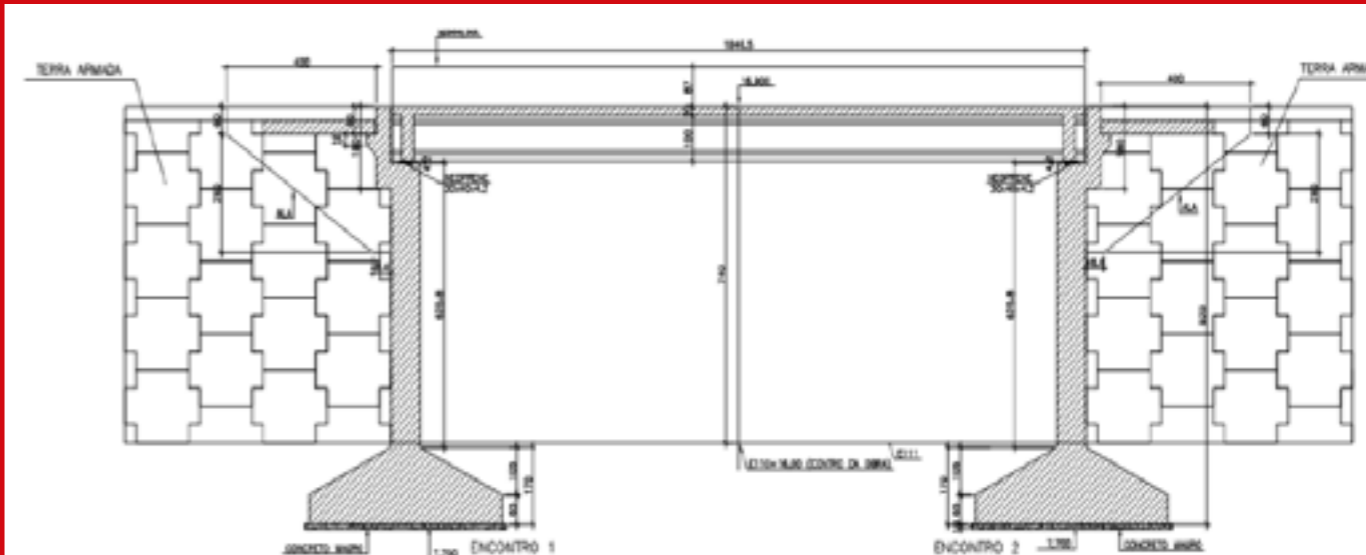


Figura 6 - Detalhe de um viaduto urbano com sistema de contenção dos aterros de acesso em terra armada.

Principais problemas relacionados aos aterros de acesso

Observa-se, com certa frequência, a ruptura parcial ou total dos aterros nas extremidades das pontes, devido a perturbações do equilíbrio das terras, junto as descontinuidades do maciço estradal, à infiltração d'água entre o terraplano e deficiências na proteção e na drenagem dos taludes. Aterros de acesso são, portanto, elementos vulneráveis e que muito contribuem para a ocorrência de acidentes estruturais, evidenciando falhas construtivas, de projeto e de manutenção como:

- Falta de adequada compactação do maciço e dos taludes;
- Deficiências (ou até a ausência) de proteção e drenagem dos taludes;
- Locação inadequada da ponte;
- Desvios do leito original do rio;
- Concepção inadequada dos encontros;
- Ausência ou insuficiência de laje de transição, cortinas e alas nas extremidades das pontes.



Figura 7 - Grande extensão de uma contenção de aterro de um viaduto urbano com terra armada, gerando a sensação de confinamento aos moradores das vias marginais. Observa-se também o surgimento de vegetação e outras patologias decorrentes de infiltrações e de falhas na fixação das escamas de concreto.

Tais questões, tornam-se ainda mais graves nos casos das pontes sem e com encontros em balanços, cujos aterros de acesso tornam-se mais deficientes, pela má compactação do maciço e fragilidade dos taludes, muitas vezes construídos dentro da calha do rio. As saias dos aterros, sofrem erosão ao longo do tempo, sendo destruídas durante grandes precipitações e cheias. Outro fator, que contribui para o surgimento de danos, é a deformação dos balanços do tabuleiro sobre o maciço, ocasionando vibrações e deslocamentos.

Exemplos de danos e colapsos em aterros de acesso

Há diversos casos de pontes, que sofreram consequências da destruição dos aterros de acesso, variando desde a interdição do tráfego até o colapso total, inclusive com perda de vidas humanas em alguns dos acidentes. Um dos casos de desabamento mais conhecido e comentado foi o da ponte sobre a represa do Rio Capivari-Cachoeira, na rodovia federal Regis Bittencourt (BR 116/PR), ocorrido em janeiro de 2005, que causou a morte de uma pessoa e ferimentos em outras três. A causa do colapso estrutural, de um dos vãos da ponte, foi a ruptura do aterro de acesso, na transição entre a ponte e a rodovia, mostrado na figura 8, em que o aterro não passava por manutenção há muito tempo, com ausência de proteção e drenagem adequada, além da ação da erosão. Esta combinação de deficiências, fez com que o aterro rompesse durante a ocorrência de fortes chuvas, devido ao súbito aumento da erosão e da infiltração de água no maciço. Com a ruptura, o aterro deslocou os pilares adjacentes, entrando em colapso, fazendo um trecho da ponte desabar no exato instante em que passava um caminhão. Na época, o Ministério Público Federal do Paraná, propôs uma ação de improbidade administrativa contra os coordenadores do DNIT, naquele Estado, pela ausência de manutenção da ponte.



Figura 8 - Aspectos do desabamento da ponte sobre a represa do Rio Capivari na BR 116/PR.

O caso apresentado na figura 9, refere-se a ponte sem encontros na rodovia Pe-096, que teve os dois aterros de acesso totalmente destruídos, durante uma cheia do rio Una, atingindo os taludes que se encontravam totalmente desprovidos de proteção e de drenagem. A ruptura dos aterros, causou a interdição do tráfego, que só foi restabelecido após a colocação de pontes provisórias pelo exército. Posteriormente, os aterros foram reconstruídos de acordo com os procedimentos técnicos adequados para as obras de terra. No entanto, a ponte continuou vulnerável pelo fato do projeto original ter sido concebido com tipologia que torna as extremidades da ponte incompatíveis com o bom desempenho, dos aterros de acesso, à erosão.



Figura 9 - Destruição de aterro de acesso de ponte sem encontros e com o restabelecimento temporário do tráfego através de ponte provisória.

A destruição parcial, da saia do talude do aterro de uma ponte, na rodovia PE-097, apresentado na figura 10, representa situação típica das pontes com encontros em balanço, uma das tipologias mais utilizadas no Brasil. Nestes tipo de ponte, geralmente, ocorre erosão nas saias dos aterros, mesmo quando existe algum tipo de revestimento, como é o caso desta ponte, cujo talude revestido com alvenaria de pedras sofreu erosão, comprometendo o traçado da calha original do rio pela construção de uma pequena barragem à montante. A solução, para o problema, envolveu estudos hidrológicos e a retificação da calha para o restabelecimento da condição para as quais a ponte foi projetada.



Figura 10 - Destruição do talude devido a alterações no leito do rio.

Na ponte, sobre rio Tapacurá, na rodovia PE-050, apresentado na figura 11, houve ruptura de todo o maciço do aterro de acesso, em uma das extremidades da obra, durante uma grande cheia, em 2005. O colapso do aterro, causou acidente automobilístico no qual morreram quatro pessoas. Pela simples visualização da figura, é possível perceber que a ponte foi projetada com comprimento insuficiente, e que os aterros das extremidades estavam localizados dentro da calha do rio, condição que os tornaram ainda mais vulneráveis aos efeitos da cheia. A ponte deveria ter sido projetada com o comprimento ampliado, para se adequar à condição do rio porém, infelizmente, mesmo após a ocorrência do acidente, isso não foi feito. Os aterros de acesso foram reconstruídos da forma original antes do acidente e a ponte continuou com o mesmo nível de vulnerabilidade à ação das cheias.



Figura 11 - Destruição total do aterro de acesso executado dentro da calha do rio.

A ponte sobre o rio Una, na cidade de Palmares-PE, com 90m de extensão e encontros em balanço, teve os dois aterros de acesso destruídos por cheia, em 2010. Um estudo preliminar, após o acidente, indicou que havia estrangulamento da calha do rio e que o comprimento da obra (5 vãos de 16m + 2 balanços de 5m) era insuficiente, pois os dois aterros de acesso, mesmo protegidos por gabiões, ocupavam aproximadamente 45m dentro do canal do rio, de modo que a ponte deveria ter sido construída com pelo menos 135m de extensão. Outro fator, que contri-

buiu para o aumento da intensidade da pressão dinâmica da água foi a grande quantidade de pilares dentro do rio. Propôs-se uma solução, objetivando aumentar o comprimento da ponte em 45m e evitar os aterros dentro do rio, porém a recomendação não foi acatada, os aterros foram reconstituídos conforme eram originalmente e a ponte continuou com a mesma condição de vulnerabilidade que tinha antes. Na figura 12, observa-se a destruição de um dos aterros e da

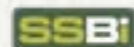
retenção de detritos pelos pilares da ponte, o que aumentou a intensidade e os efeitos da pressão da água. A figura 13 mostra uma vista aérea da ponte após a destruição dos aterros de acesso.



Figura 12 - Destrução dos aterros de acesso e retenção de material sólido pelos pilares da ponte.



Figura 13 - Vista aérea da ponte após a destruição dos aterros de acesso pela cheia.



REFERÊNCIAS

- **Joaquim Rodrigues** é engenheiro civil M.Sc. formado no Rio de Janeiro em 1977 e pós-graduado pela COPPE na Universidade Federal do Rio de Janeiro. Diretor do Soft Soil Group e da Engenraut 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. Possui experiência em mais de 1 milhão de metros quadrados em melhoramento de solos moles
- Walkinshaw, J. L. (1978). Survey of Bridge Movements in the Western United States, Transportation Research Record 678: Tolerable Movements of Bridge Foundations, Sand Drains, K-Test, Slopes, and Culverts. Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D. C.
- ACTION COST TU 1406. Technical Report, 2018.
- BURGOS, R. D.F. VITÓRIO, J. A. P. Ação das cheias sobre pontes rodoviárias da região da zona da mata-sul do Estado de Pernambuco. Artigo publicado na Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. Recife, 2017.
- CALDAS, N.R.M.T. Estudo numérico de um mecanismo de proteção contra a erosão em pilares de pontes. Dissertação de Mestrado na Universidade do Porto, Portugal, 2015.
- CARDOSO, R. A. F. Infraescavação em pilares de pontes. Dissertação de Mestrado na Universidade de Aveiro, Portugal, 2008.
- D.T.M.R. Bridge scour manual. State of Queensland, 2013
- DNER. Manual de projeto de Obras de Arte Especiais, Rio de Janeiro, 1996.
- DNER-PRO 381/98. Projeto de aterros sobre solos moles. Rio de Janeiro, 1998.
- DNIT. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2004.
- FAEL, C. M. S; CARDOSO, A. H. Métodos convencionais de proteção contra erosões localizadas junto de pilares e encontros de pontes. Revista Recursos Hídricos, Volume 34, Nº 1, Lisboa, 2013.
- FONSECA, M. I. J. Estudos das erosões localizadas junto de grupos de estacas cilíndricas. Dissertação de Mestrado na Universidade da Beira Interior, Portugal, 2011.
- GUITELMAN, E. C.I. Monitoreo de la erosion y sedimentacion de puentes. XVI Congreso Argentino de Validad de Transito, Córdoba, 2012.
- NCRP REPORT 653. Effects of debris on pier scour. United States, 2006.
- Vitório, J.A.P. Fundamentos da erosão nas fundações de pontes e nos aterros de acesso.

Are you looking for a soil improvement in portuguese?

MELHORAMENTO DO SOLO MOLE E O GEOENRIJECIMENTO



Adquira seu exemplar através do email: oficina@oficina.com.br ou atendimento@softsoilgroup.com.br ou pelo site www.livrooficina.com.br

Identificando problemas de erosão e ressaltos em pontes e viadutos

Figura 1 – Esta ponte, apresenta recalque na extremidade da laje de transição, de quase 50cm, devido a presença de solo mole não melhorado. Grande ressalto, atenuado com diversas camadas de asfalto. No encontro há também problemas com a drenagem.

Encontros de pontes e viadutos são constituídos por diversos elementos, de maneira a garantir

segurança e conforto ao usuário, com interface adequada entre estrutura e rodovia. Devido aos carregamentos submetidos, os acessos às pontes e viadutos, apresentam valores de reações verticais elevados, sendo necessária a utilização de estrutura de fundação, que transmita estes esforços a um solo resistente. Por outro lado, seus encontros promovem desníveis com grandes alturas de aterro compactado, o que exige do solo de fundação, prometendo recalques consideráveis. A diferença entre as rigidezes dos apoios destas duas estruturas, comumente leva a uma interface frágil nas saídas e entradas de pontes e viadutos, o que se traduz em danos nas vias e causa grande desconforto ao usuário. Surge, então, a necessidade de uma transição eficiente entre a ponte e a rodovia, de modo a minimizar os problemas associados às diferenças de rigidez e ao desnível em sua interface. Para tanto, há quatro recursos a serem utilizados: o primeiro é uma solução geotécnicas que melhora efetivamente o solo de fundação, quando há presença de solo mole, utilizando-se o geoenrijecimento. O segundo, uma estrutura de encontro e outra sobre o aterro de acesso.

FIQUE POR DENTRO DE TODAS AS NOVIDADES DO MEIO GEOTÉCNICO SOLICITANDO SEU WEBNAR

Conhecimento

Mantenha-se atualizado em relação às tecnologias de melhoramento de solos moles.

Comodidade

Acesse nossa plataforma de ensino à distância, em seu computador, tablet ou smartphone.

Feedback

Tire todas as dúvidas com profissionais do mercado, gratuitamente.



Solicite seu webinar através do número: (21) 99359-9105

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



Na terceira, pode-se mesclar as duas primeiras soluções, buscando equiparar a transição entre vias. Nesta última categoria, enquadram-se soluções com estruturas de encontros especiais, que servem tanto para suporte, como de arrimo ao solo e de lajes de aproximação, que aliam aterros com parâmetros mínimos de compactação, como o Proctor Normal, à rígida estrutura da ponte ou viaduto, suavizando os recalques diferenciais em suas entradas e saídas. Para o caso de lajes de aproximação, o projeto padrão do Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP, 2005) prevê 4,0 metros de comprimento e 25,0 centímetros de espessura, envolvida pelo solo do aterro e conectada à cortina do encontro, através de uma articulação do tipo Freyssinet, que restringe deslocamentos, permitindo rotação relativa do elemento apoiado (Figura 2). Posicionados os elementos estruturais podem-se citar, então, suas principais funções nos encontros de pontes ou viadutos:

Lajes de aproximação ou transição

- Prevenir deformações agudas no pavimento da rodovia;
- Fornecer rampa que suavize recalques diferenciais entre a ponte e a via;
- Vencer regiões de formação de vazios sob a laje, decorrentes da possível perda de solo do aterro;
- Evitar percolação de águas no aterro e, assim, prevenir também erosão acelerada.

Estruturas de encontro para suporte e/ou arrimo

- O grande trabalho de dilatação das vigas longarinas, durante altas temperaturas, move a estrutura do encontro em direção ao aterro, causando alta pressão de terra lateral, enquanto que o processo inverso de contração, faz com que o encontro se afaste do aterro de acesso, causando queda do aterro e processo de erosão que se reflete na base da laje de transição.
- Desta forma, o aterro de acesso, junto à estrutura do encontro, não consegue manter sua estabilidade, na medida em que perde sua contenção, desmoronando em direção aos vazios que se criam (particularmente solos arenosos).
- Evidentemente, o rotineiro processo de recalque por consolidação, que ocorre no solo de fundação, motivado pela presença de solos moles não melhorados agrava, sobremaneira, a condição da superfície no encontro da ponte, afetando o apoio rígido da laje de aproximação e, particularmente, sua extremidade que ganha grande declividade, ocasionando o indesejável ressalto.
- Na medida em que ganha declividade e causa ressaltos perigosos, a solução é corrigi-la com melhoramento do solo de fundação e do próprio aterro.

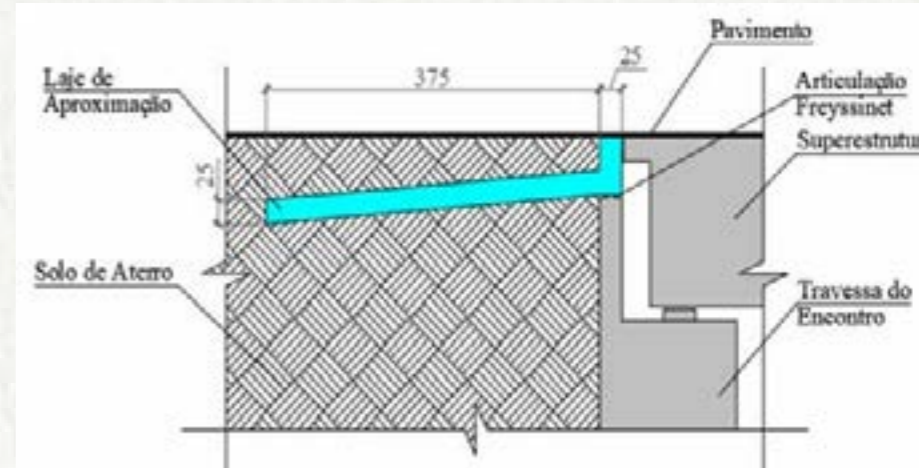


Figura 2 – Laje de aproximação e a estrutura de encontro, segundo especificações do Departamento de Estradas e Rodagem do Estado de São Paulo (medidas em cm)

Atualmente, projetos de lajes de transição em todo o mundo, erguem dúvidas quanto à dimensão ideal e seu detalhamento necessário, visto que há grande divergência entre recomendações de geometria e do cálculo estrutural. No entanto, há consenso para a utilização de lajes de aproximação, na medida que diversos autores, projetistas e pesquisadores comprovam sua eficácia contra o grande vilão do ressalto na entrada e saída de pontes e viadutos. Pesquisadores internacionais classificam os problemas nos encontros de ponte/viadutos em fatores internos, externos e os relacionados à construção, projeto e manutenção.



Figura 3 - Desnível acentuado entre a plataforma da ponte e a laje de transição, fraturando a mureta lateral, abrindo a junta de dilatação, expondo-a a água da chuva e erosão no aterro abaixo.

FATORES INTERNOS

Aterro e solo de fundação

O aterro de acesso gera carga no solo de fundação que, normalmente, apresenta camadas de argilas moles que, aliado às cargas de tráfego, promovem recalques que se dividem em três partes. O primeiro



Figura 4 - Nesta ponte, com processo de recalque crescente, e conseqüente ressalto, teve intervenção com melhoramento do solo com geoenrijecimento, paralizzando sua evolução.

é o recalque imediato, que ocorre durante a própria construção, e é relativamente insignificante se comparado ao temido recalque pela consolidação do solo mole. Sua contribuição para o ressalto final é desprezível. O segundo, e mais problemático, é o recalque promovido pela consolidação das argilas saturadas que, devido ao peso do aterro/cargas do tráfego, sofrem compressão, e drenam água, perdem volume, motivado pela dissipação dos excessos de poropressão e promovem recalques. A taxa ou velocidade da dissipação da poropressão, imposta aos poros, repletos de água da argila mole saturada, será coerente com as propriedades de cada camada, como compressibilidade,

permeabilidade, histórico de tensões imposto e índice de vazios, podendo durar anos. O terceiro é o recalque devido à continuidade do processo compressivo que, após a drenagem da água, atua no tecido do solo, espremendo-o. É a compressão secundária. Para neutralizar todos estes três problemas, dever-se-á promover a consolidação do solo mole, com a tecnologia de melhoramento do solo mole, denominado geoenrijecimento.



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

Soft Soil Group
Apresenta

Webinars
solos moles

Solicite seu webinar pelo numero: (21) 99359-9105

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



Sistema de drenagem

O sistema de escoamento d'água de pontes e viadutos, consiste dos componentes de drenagem superficial, utilizado para desviar a água superficial da estrutura, o mais rápido possível, evitando formação de poças d'água, com seu escoamento retardado, e o de drenagem subsuperficial, empregado para coletar e remover a água infiltrada no aterro, através de trincas, fraturas, juntas ou a própria drenagem, que acabam por comprometer o processo de compactação imposto. Desta forma, nota-se o quão importante é projetar e construir um sistema drenante subsuperficial, de modo a evitar o intumescimento do solo e, conseqüentemente, perdas de resistência e de seu modulo tensão-deformação, o que implica na surgência de deformações e recalques.

A conexão e a junta de dilatação

A forma de ligar a laje de aproximação a uma ponte/viaduto, pode afetar seu comportamento. Genericamente pode-se utilizar duas estratégias para ligá-la à obra de arte. A primeira, é estendendo a armadura da travessa do encontro, para formar a laje de aproximação. A segunda, mais comum, é simplesmente apoiar a laje sobre a travessa, estabelecendo uma junta de dilatação com 50 a 75mm, permitindo que gire em torno da travessa, caso seu suporte sobre o aterro recalque. O fato é que a junta de dilatação é extremamente importante, na medida em que as vigas longarinas da ponte/viaduto, promovem um ciclo inter-

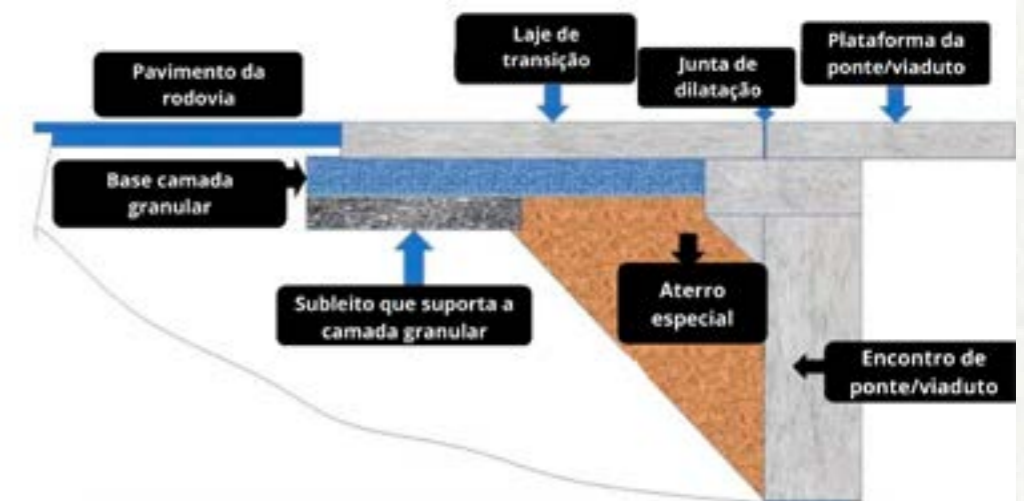


Figura 5 - Seção típica de um aterro de acesso/encontro de ponte/viaduto.

minável de movimentos de dilatação e contração, afetando o comportamento da estrutura do encontro com a laje de aproximação, e com a rodovia sobre o aterro. É muito comum, na fase de contração térmica das vigas longarinas, a junta de dilatação abrir e ser preenchida com partículas de areia enrijecendo-a. À seguir, durante o processo de expansão, certamente ocorrem danos no concreto armado. Nota-se, aí, a importancia do preenchimento da junta com uma borracha especial tipo EVAZOTE, que entra bastante comprimida e é aderida nas bordas da junta com epóxi. A ausência da borracha na junta permite, também, que (muita) água adentre na junta e promova processo de corrosão nas armaduras da laje e da travessa do encontro, estabelecendo não conformidades em relação aos aspectos de durabilidade, movimento, manutenção e resistência à danos.

FATORES EXTERNOS

Clima

No sul ou no norte do país, mudanças sazonais de temperatura, acarretam movimentos térmicos de contração e, particularmente, de expansão nas vigas longarinas de pontes e viadutos, jogando-as de encontro à ponte (entrada e saída), em direção ao aterro de acesso, causando pressão de terra crescente. A precipitação de chuvas ou mesmo no inverno, ocorre forte movimento de contração nas longarinas, afastando a estrutura do encontro do aterro de acesso, causando desmoronamento de terra na zona de contato. Devido a não linearidade deste comportamento, a cunha de solo rompido não volta à posição original. O advento de chuvas piora, via erosão, o problema. A presença de camadas de argilas moles, no solo de fundação, torna ainda mais crítico o cenário, aumentando exponencialmente o recalque sob a laje de transição, exacerbando o ressalto no pavimento.

O volume de tráfego

A intensidade, velocidade e o ciclo de repetição das cargas de tráfego, adicionalmente, agravam o processo de recalque, causador do ressalto na rodovia.

FATORES PERTINENTES À CONSTRUÇÃO, PROJETO E MANUTENÇÃO

Infelizmente, a construção do aterro, sobre o solo de fundação costuma, também, ter sua cota no recalque total, sob a laje de transição, causador do temido ressalto na entrada/saída de pontes/viadutos. Os motivos costumam ser a improbidade do material a ser empregado no aterro e, especialmente, sua não ou má compactação.

TIPIFICANDO O PROBLEMA DO RESSALTO

Sem dúvidas, a laje de transição ou de aproximação, surgiu como solução para “resolver” o problema do recalque diferencial, na interface da ponte/viaduto com o necessário aterro de acesso, “anulando” o ressalto e sua desagradável sensação. O grande problema do ressalto pode ser caracterizado de duas maneiras, com e sem comprometimento do solo de fundação.

COM COMPROMETIMENTO DA VALA DE FUNDAÇÃO

Nesta condição, a laje de transição e a rodovia sobre o aterro de acesso, recalcam de maneira uniforme, promovendo apenas um ressalto devido a crescente declividade, exatamente no contato com a ponte. A presença de camadas de solo mole, sob o futuro aterro de acesso, implica em subsequente e com-



Figura 6 -Recalques excessivos provocados por aterro com material inadequado e ausência de compactação. Grande ressalto.

plexo processo de recalque, conforme relatado em “fatores internos”. A medida em que toda a área, sob o novo aterro cede, devido ao seu peso e a natural falta de resistência da argila mole, tanto a extremidade da laje de transição, como toda a região à frente, recalca por igual, tornando quase desprezível a ação adicional da carga de tráfego, sobre a extremidade da laje de transição. A solução é com o melhoramento do solo, via geoenrijecimento.

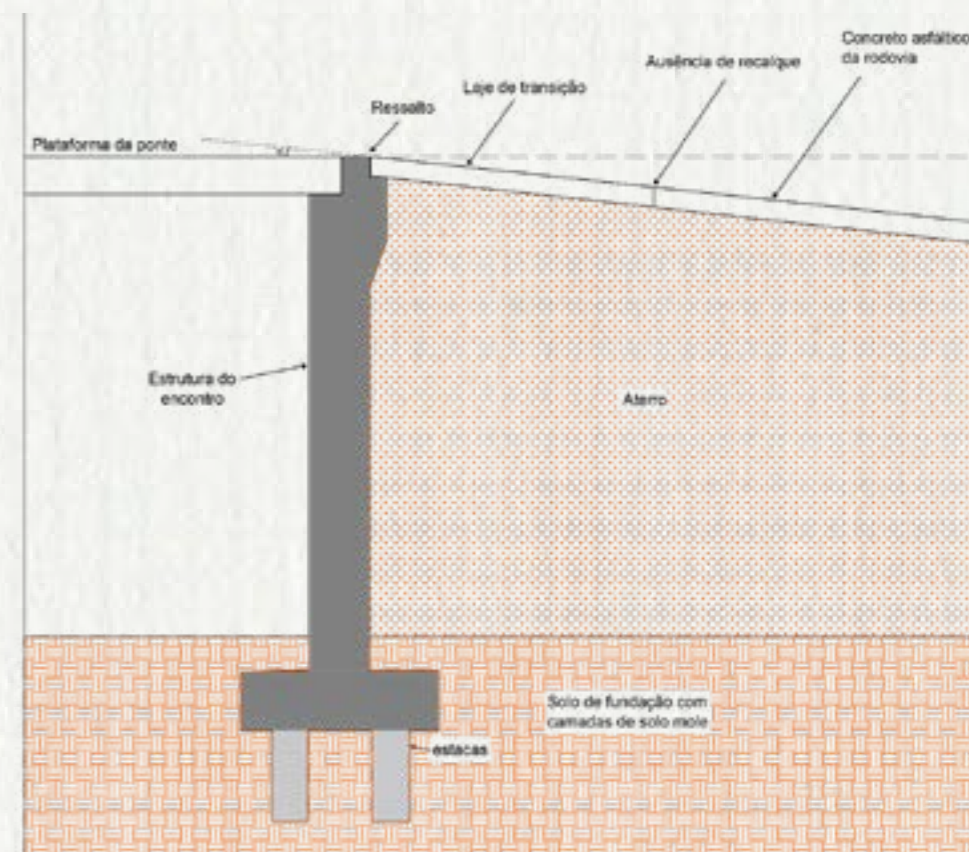


Figura 7: Recalque entre ponte/viaduto e toda a extensão do novo aterro construído e que provoca recalque integral de laje de transição e da própria rodovia na nova região de acesso.

SEM COMPROMETIMENTO DO SOLO DE FUNDAÇÃO

Não havendo comprometimento do solo de fundação, a laje de transição sofre processo de recalque, motivado pela fuga de solo junto à estrutura do encontro da ponte/viaduto, causando não um mas 2 ressaltos. À medida em que a laje de transição perde apoio, mais cargas de tráfego são transferidas para sua exmidade, apoiada em

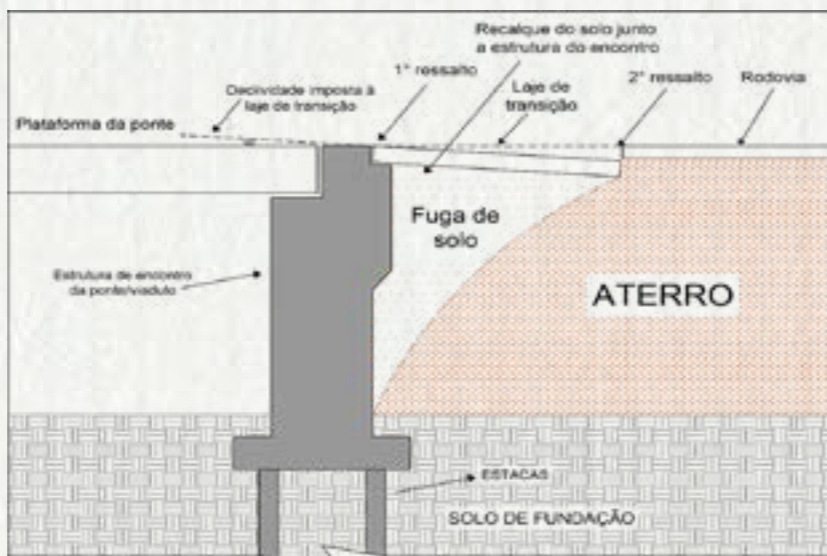
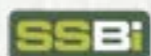


Figura 8: Recalque diferencial entre a laje de transição e a rodovia, causado normalmente pelo comprometimento (fuga) do solo junto à estrutura do encontro da ponte. A parcela do assentamento, causado pelo acomodamento do aterro (material inadequado e/ou má ou ausência de compactação adequada), nesta condição, é desprezível.



Figura 9: Componentes de um encontro de um viaduto, viga travessa, base dos apoios das longarinas, com os neoprenes e, atrás, a parede de contenção do encontro.

material granular. Nota-se que a laje recalca mais que o pavimento asfáltico, gerando ali um recalque diferencial, entre a junta formada pela laje de transição e o pavimento asfáltico. Uma solução trivial é a instalação de uma laje berço, exatamente nesta junta, de modo a neutralizar o recalque diferencial. Uma outra solução, mais completa, é escavar um pouco mais e instalar uma ou duas camadas de geogrelha, para tornar mais estável a laje berço. Uma solução mais rápida é fazer o melhoramento do solo corretivo.



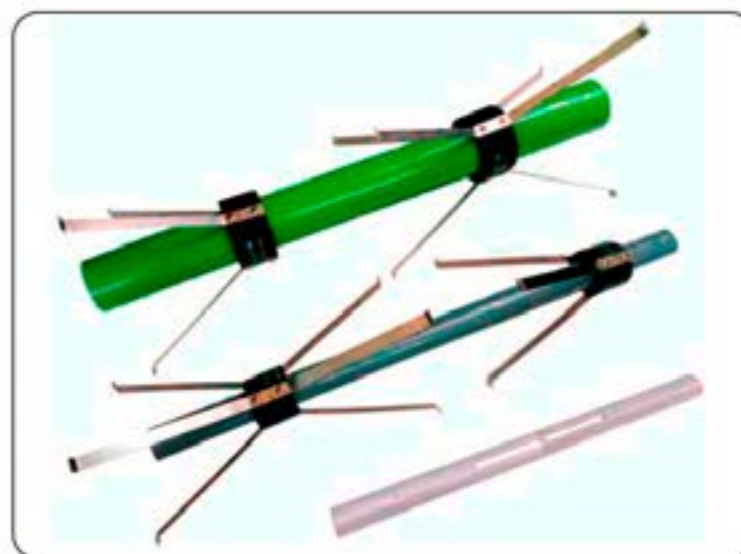
REFERÊNCIAS

- **Thomas Kim** é engenheiro geotécnico especializado em melhoramento de solos moles.
- Sam Helwany, Therese E. K., & Al Ghorbanpoor. (2007). Evaluation of Bridge Approach Settlement Mitigation Methods. Wisconsin Department of Transportation. Milwaukee, WI.
- Sankar, C. Das, & Reda Barkeer. (1999). Assessment of mitigating embankment settlement with pile supported approach slabs. Report 97-4GT, Louisiana Transportation and Research Center. Baton Rouge, Louisiana.
- Schaefer, V. R. & Koch, J. C. (1992, Novemeber). Void Development under Bridge Approaches. Report No. SD90-03, pp. 147. South Dakota Department of Transportation. Pierre, SD.
- Shields, D. H., Deschenes, J. H., Scott, J. D., Bauer, G. E., & Young, F. D. (1980). Advantages of founding bridge abutments on approach fills - with discussion. RTAC Forum, Road and Transportation Association of Canada, 3(1), 7-16.
- Snethen, D. R. & Benson, J. M. (1998). Construction of CLSM Approach Embankment to Minimize the Bump at the End of the Bridge. The Design and Application of Controlled Low-Strength Materials (Flowable Fill), ASTM STP 1331.

Aranhas Magnéticas

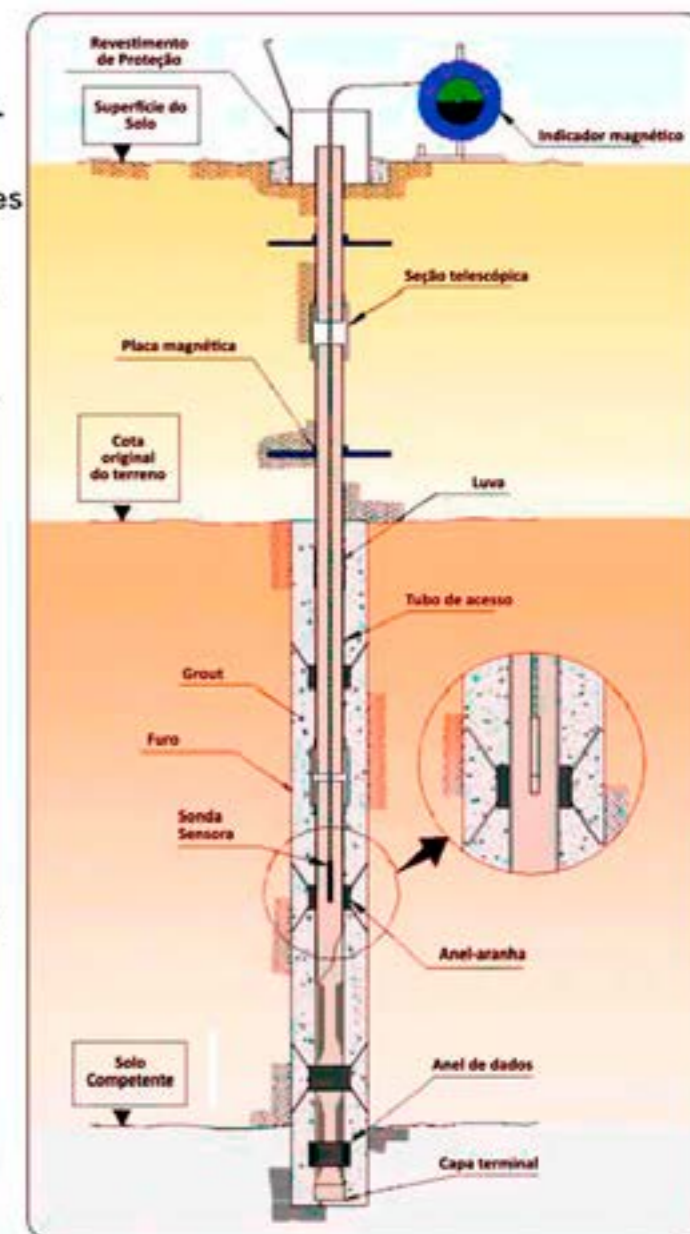
Descrição

O acompanhamento do recalque em profundidade possibilita, além da definição direta das camadas de fundação, que controlam recalques do aterro, ou de uma construção, quantificar, no campo, os parâmetros do solo, tal como c_v , que controlam sua evolução.



Em profundidade, os deslocamentos verticais são quantificados a partir da instalação de aranhas magnéticas, também conhecido como sensores magnéticos, que possuem forma de um cilindro vazado, instalados em tubos guia de PVC que, por sua vez, são instalados em furos de sondagem previamente executados.

Durante a instalação desses sensores, as hastes são fechadas e amarradas (laço) por um fio de plástico, o que permite fazer o deslocamento do instrumento, pelo espaço entre as paredes do tubo guia e do furo, até a profundidade definida em projeto, quando, o laço é solto e as hastes se abrem, fixam-se no solo mole adjacente. O acompanhamento dos deslocamentos é feito por meio de um torpedo que, no interior do tubo guia, acusa a presença do sensor quando passa na profundidade em que este encontra.





MEF
Este programa permite modelar uma vasta gama de problemas de geotecnia, tais como: assentamento de terrenos, estabilidade de taludes, escavações, análise de túneis, percolação, análise de paredes diafragma e outras estruturas de contenção, etc. Sendo possível assumir deformações planas ou condições assimétricas. É possível realizar as análises através dos seguintes modelos: Drucker-Prager, Mohr-Coulomb, Mohr-Coulomb Modificado com o endurecimento e amolecimento, Cam-Clay Modificado e Argila Hipoplástica.



Túnel
Este módulo é uma extensão do programa MEF que contém funções úteis à modelação de túneis, tais como: gerador de revestimento, condições de carga devido a efeitos térmicos ou dilatação dos solos, método de escavação sequencial.



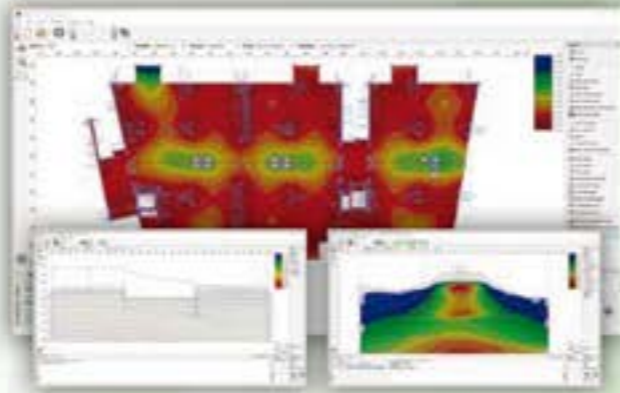
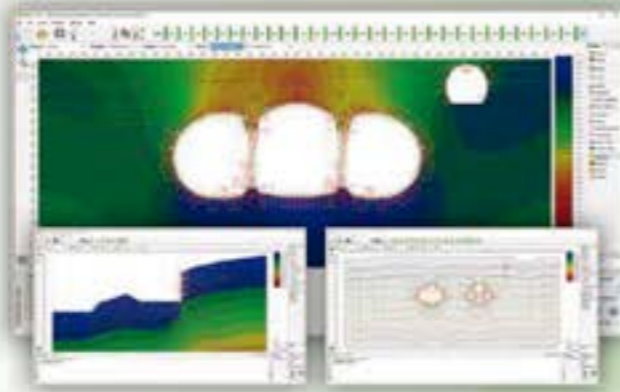
Percolação
Este módulo é uma extensão do programa MEF que permite analisar o fluxo de água em regime constante ou transitório.



Consolidação
Este módulo de extensão do programa MEF realiza análises de assentamento em função do tempo, sob aterros, fundações ou devido a outras sobrecargas.



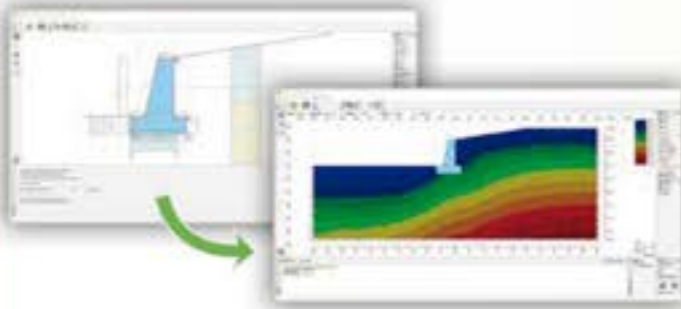
Laje e radier
Este programa pode ser utilizado para analisar placas e lajes de fundação, independentemente da sua forma, assentes em subsolo elástico.



O que torna o GEO5 único?

Combinação de Métodos Analíticos e Numéricos

Os métodos analíticos permitem dimensionar e verificar estruturas de forma rápida e eficaz, no entanto, em alguns casos, pode ser aconselhável recorrer ao MEF. O facto de o ambiente de trabalho ser comum aos vários programas e a possibilidade de transferência de dados entre programas permitem que o utilizador tire o máximo proveito do conjunto de programas GEO5.



Aplicação de Várias Normas

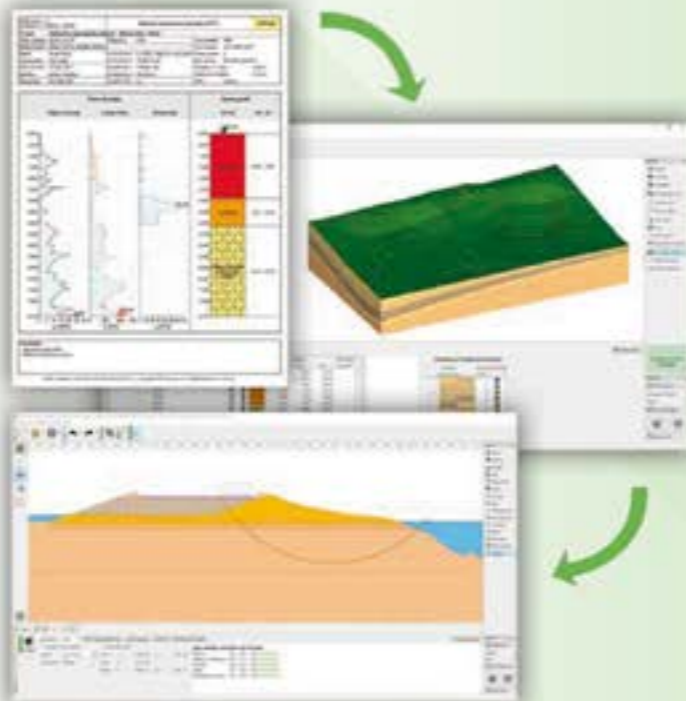
Os métodos geotécnicos aplicados pelo software GEO5 são utilizados em todo o Mundo. O GEO5 adota um sistema único de aplicação de normas e coeficientes parciais que são introduzidos de forma independente em relação aos dados da estrutura em análise. O GEO5 possui uma base de dados de normas, sendo que também é possível que o utilizador defina as suas próprias configurações.

GEO5 suporta:

- Fatores de Segurança (ASD)
- Teoria de Estados Limites (LSD)
- Eurocódigos EN 1997, incluindo Anexos Nacionais
- Load Resistance Factor Design (LRFD - USA)
- Outras normas geotécnicas (SNIP - Rússia, GB - China)
- Normas para betão armado (EN, ACI, SNIP, GB, AS, etc.)

Desde a Prospeção a Dimensionamentos Avançados

O GEO5 baseia-se num conjunto de programas que fazem a conexão entre a modelação de dados geológicos com soluções para todos os tipos de problemas geotécnicos complexos.



Software de Geotecnia para uma vasta gama de análises

- Análise de Estabilidade
- Escavações e Contenções
- Fundações
- Muros e Gabiões
- Túneis e Poços
- Assentamentos
- Estudos Geológicos
- Sondagens de Solo



www.finesoftware.com.br

Zaverka 12
169 00 Praha 6
Czech Republic
tel.: +420 233 324 889
fax: +420 233 321 754
e-mail: hotline@finesoftware.eu

Estão disponíveis pacotes com preços muito acessíveis acoplados com planos de manutenção e de leasing atrativos. Por favor, contacte o seu distribuidor para cotações.

O seu agente local:
SOLUÇÕES CAD BIM

Tel.: (11) 3294-4800 | (11) 9 8995-1170
Av Nova Cantareira, 2014 - Sl 123
Tucuruvi - São Paulo|SP

Com recurso ao MEF e a Métodos Analíticos

PRECISO DE INFORMAÇÃO ACERCA DA CONSTRUÇÃO DE ATERRO DE ACESSO E DE TODOS OS DETALHES PERTINENTES A LAJE DE TRANSIÇÃO E DRENAGEM

O recalque diferencial, decorrente das diferentes rigidezes entre fundações da estrutura da ponte e da rodovia é o ponto principal do projeto de lajes de aproximação. Quanto maior este desnível, maior o desconforto do usuário ao trafegar pela via, especialmente em alta velocidade. O

problema não se restringe somente a pontes rodoviárias. No caso de trens de alta velocidade, pois um pequeno desnível pode causar grande aceleração vertical. O veículo é, então, obrigado a desacelerar nas entradas e saídas da ponte, aumentando o tempo total de viagem. Alguns projetistas tentam estabelecer um valor máximo aceitável do gradiente vertical,

para as entradas e saídas de pontes rodoviárias (Figura 1 – o gradiente equivale a Δ/l), que define o limite a partir do qual serão necessários serviços de melhoramento de solo. Há especificações que estabelecem um gradiente máximo de 1/200, suficiente para causar sério desconforto a motoristas. No entanto, estes valores variam de acordo com volume e a velocidade do tráfego.

Estimar recalques, no entanto, é uma tarefa complexa, pois envolve incerteza de carregamentos, de distribuição de tensões no solo e dos parâmetros pertinentes. Além disso, vários fatores podem acentuar o processo de recalque nos aterros de entrada e saída de pontes, como falhas no detalhamento da estrutura de drenagem, má compactação do aterro, uso de solos compressíveis e/ou com granulometria inadequada, perdas de solo por erosão, tráfego elevado, ciclos de temperatura, dentre outros. A

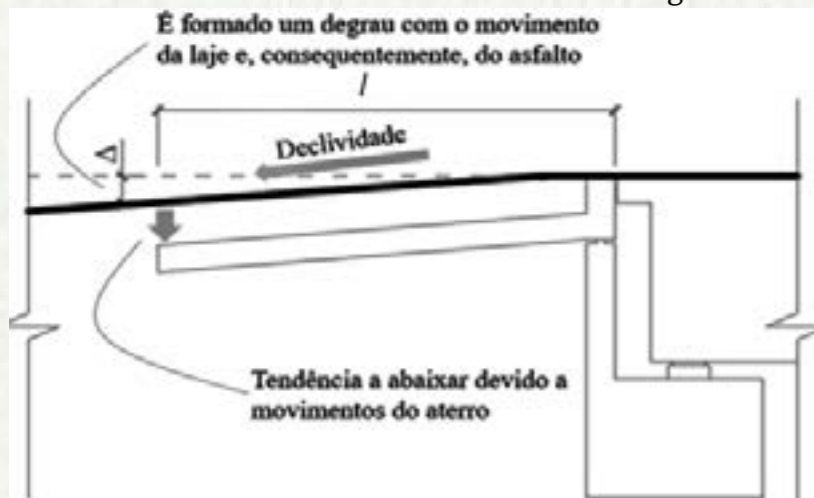


Figura 1 - Formação do gradiente ou declividade devido aos movimentos do aterro de acesso.

Medidor de Recalques com Alta Sensibilidade

O medidor de recalques com alta sensibilidade consiste em uma série de vasos contendo sensores de nível de fluido interligados por um tubo cheio de líquido. Um vaso de referência é posicionado em um local de referência estável associado a sensores adicionais posicionados em locais diferentes, aproximadamente na mesma elevação. O recalque diferencial, ou levantamento, entre qualquer um dos sensores, resulta na variação de nível do líquido dentro dos tubos. O sistema é particularmente apropriado para situações críticas onde altas resoluções são necessárias. É possível detectar oscilações de elevação de até 0,02mm, aproximadamente.



Para maiores informações, acesse: www.rogertec.com.br ou atendimento@rogertec.com.br

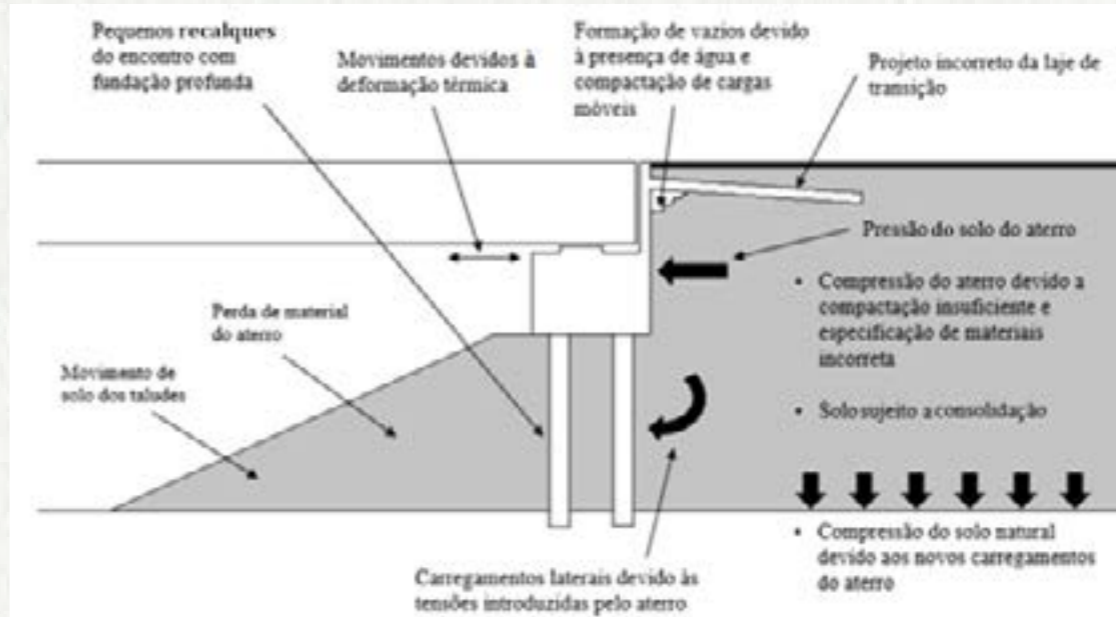


Figura 2 - Principais causas da formação de recalques diferenciais na interface ponte-rodovia.

síveis conseqüências sobre sua geometria. A Figura 3 ilustra um destes fatores, a perda de solo próximo a um encontro de ponte, aonde os vazios chegam a uma altura de 45 cm.

A incerteza na definição das condições que envolvem a laje, pode ser comprovada por estudo segundo o qual, a formação de vazios sob pode ser observada dentro de apenas um ano de sua construção, associado à má seleção de materiais para o aterro, além de compactação e controle de umidade insuficientes. Neste estudo, verificou-se que a maioria das pontes inspecionadas tinham problemas com os dispositivos de drenagem no entorno dos aterros, e as juntas de dilatação das pontes apresentavam falhas, o que



Figura 3 - Perda de solo do aterro sob a laje de transição.

possibilitava a entrada indevida de grandes fluxos de água e conseqüente erosão. Como conseqüência, a formação de vazios nos aterros de encontros acentua a declividade na interface ponte-rodovia, uma vez que o gradiente aceitável, nas entradas e saídas das pontes é excedido, necessitando-se adotar medidas mitigadoras para que o tráfego de veículos não seja prejudicado. Na maior parte das vezes, a solução adotada é o preenchimento asfáltico para nivelar o greide, porém acarreta novas tensões de compressão no solo, o que gera mais recalque. O correto é melhorar o solo, sob a laje, seja no nível do aterro e/ou do solo de fundação, ou seja, onde as sondagens eviden-

Devido às incertezas envolvidas no recalque do aterro, torna-se difícil avaliar a condição de contorno ideal no cálculo. A laje poderá estar apoiada em sua totalidade, ter vão livre, ou ter pontos com formação de eventuais vazios. Assim, o ideal é avaliar a estrutura com variações de apoio e verificar os aumentos dos esforços solicitantes, além de pos-



A MELHOR PERFORMANCE EM INFORMAÇÕES SOBRE MELHORAMENTO DE SOLOS

O SOFT SOIL GROUP ajuda você a tocar sucessos

Melhorar solos moles exige conhecimentos geotécnicos práticos e teorias profundas. Cada obra é um caso específico que exige solução específica. Solicite nossos Webinars para adquirir informações adequadas e valiosas. Entre em contato agora conosco pelo número (21) 99359-9105.



www.softsoilgroup.com.br

ciarem a origem do problema. Recalques diferenciais, vazios sob a laje de transição e consolidação inacabada no solo de fundação, são fonte de distúrbios nas entradas e saídas de pontes, no mundo inteiro, razão pela qual compreende-se o porquê da literatura existente, abordar exaustivamente práticas recomendadas, a identificação dos agentes causadores de recalques diferenciais, e a necessária melhoria do solo corretiva nos aterros de encontro.

Encontros de pontes dividem-se em integrais e não-integrais, Os integrais são conectados de maneira rígida à superestrutura da ponte, ou seja, sem juntas de dilatação, significando que ficam sujeitos a diversos carregamentos longitudinais da ponte (como por exemplo ciclos de temperatura) o que, a longo prazo, facilita a formação de vazios nos aterros de encontro. Encontros de pontes não-integrais, por outro lado, não estão sujeitos a carregamentos longitudinais, impostos pela superestrutura da ponte, por terem junta de dilatação nesta interface. A grande maioria das estruturas projetadas no país, têm características de encontros de pontes não-integrais, com juntas na entrada e na saída do tabuleiro. Na maioria das estradas, utiliza-se lajes de transição aterradas, sobre a qual é disposta camada de solo e brita, compactados, antes de executar a capa asfáltica. A Figura 4 apresenta a laje de aproximação, no novo trecho do Ro-

doanel de São Paulo, onde é possível notar o desnível entre a laje e o tabuleiro da ponte, a ser preenchido posteriormente com camada de solo.

A primeira etapa, para a avaliação de uma laje de aproximação, deve contemplar a condição do solo natural, na região do encontro da ponte. Caso a estrutura do encontro seja em fundação direta, o recalque da superestrutura da ponte será melhor compatibilizado com o do aterro, já que o carregamento estará vinculado às mesmas camadas de solo. Caso o solo não apresente os parâmetros necessários, o encontro deverá ser

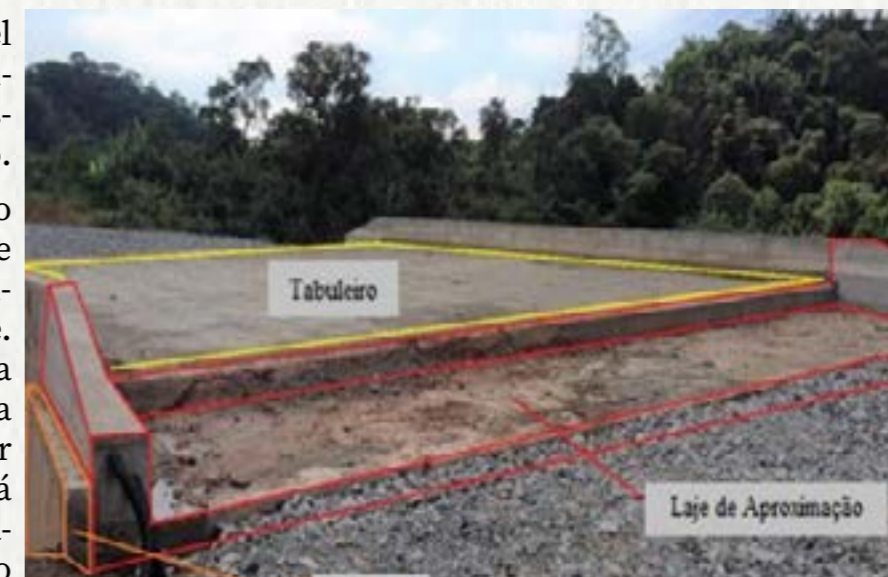


Figura 4 - Laje de aproximação em ponte recém construída no novo trecho da SP-021

apoiado no solo melhorado com geoenrijecimento ou com fundação profunda. Para melhorar este cenário, torna-se conveniente melhorar as condições do aterro. O critério de compactação mais efetivo é a garantia de um Proctor Normal mínimo, o que depende do órgão regulador da obra. A maior parte dos estados dos EUA, exigem um critério mínimo de compactação de 95% ou 100% do Proctor Normal, embora atestem ter problemas para atingir o nível de compactação especificado.

No Brasil, o Manual de Projeto de OAEs, do DNER, recomenda seleção de material “que confira ao aterro condições satisfatórias de apoio da laje de transição com um mínimo de recalque”. Além disso, para atingir a compactação necessária, recomenda-se adoção de solo-cimento de acordo com o tipo de solo local e conforme classificação da AASHTO.

O Solo de fundação

O solo de fundação, para receber o aterro de acesso, a laje de transição e a rodovia, deverá ser resistente o suficiente para atender as futuras cargas. A presença de camadas de solos, pouco resistentes ou argilas moles, exige sua consolidação, o que é obtido com a técnica de melhoramento de solos moles, através do geoenrijcmento, que eleva os fracos parâmetros geotécnicos do solo, resistência e rigidez, para os de projeto. A utilização de técnicas de “reforço de solo” com a utilização de colunas, seja de brita, solo cimento ou cimentício, que procura transferir a futura carga do aterro para camadas mais resistentes é perigosa por vários motivos:

- Colunas são instáveis para movimentos de massa, comuns quando há presença de solos moles.
- A área entorno das colunas permanece com solo mole, piorado, devido ao amolgamento imposto, proporcionando recalques diferenciais entre colunas, difíceis de serem estabilizados, devido ao diferencial de rigidez.
- Colunas de brita são extremamente susceptíveis a embarrigamento, devido ao solo mole, muito mole, o que desestabiliza todo o conjunto. Exige-se resistência mínima de 15KPa, o que é extremamente difícil de se verificar.
- São extremamente susceptíveis ou instáveis para profundidades além dos 10mts.
- Exigem certificação obrigatória com aterros teste o que, na maioria das obras, é inviável.
- Em resumo, são técnicas alternativas ou paliativas que não valem o risco.

Material do aterro

O material do aterro deve ser selecionado limitando-se percentual de finos presente, reduzindo assim os efeitos da consolidação. Além disso, o emprego de mais material granular facilita o movimento da água entre os poros e, portanto, uma drenagem efetiva do aterro. O uso de solo-cimento, como recomendado pelo DNER, é uma solução que traz diversos benefícios. Uma pequena área, com solo-cimento imediatamente abaixo da laje de aproximação, pode melhorar o controle de umidade e a perda de material na região, além de facilitar a obtenção de parâmetros de compactação mais altos. Uma solução também interessante é a adoção de materiais de preenchimento leves para o aterro, o que diminui o peso de carregamento sobre camadas de solo mais profundas. Isso pode ser obtido com o uso de poliestireno, agregados leves ou espumas geossintéticas.

Recomendações gerais de projeto e execução

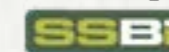
A adoção de muros-ala em projetos de encontros, também é benéfica, uma vez que impede a expansão lateral do solo e seu escape por erosão. Com respeito aos taludes nas proximidades, todos devem respeitar as declividades máximas recomendadas pelos órgãos competentes e deve-se prever cobertura destes taludes para prevenir a erosão e escape de solo.

Drenagem e métodos de controle da erosão

Quanto às técnicas de drenagem e controle de erosão, recomenda-se a drenagem interna do aterro, para evitar problemas associados à erosão. Uma drenagem ineficiente, conduz à lavagem do solo do aterro, causando formação de vazios sob a laje de aproximação, aumentando o gradiente nesta região. Além disso, muitas deformações do aterro estão associadas à perda de água nos interstícios do solo e, quanto mais fácil for a saída da água, mais rápida será a evolução de recalques no aterro para seu nível final. Soluções comuns, em projetos de drenagem, incluem a adoção de inclinação longitudinal da laje de aproximação, levando a água que percola pela superfície para regiões mais distantes do encontro. Além disso, as extremidades laterais da laje de transição devem prever barreiras rígidas, de tal forma que a água superficial não entre por frestas laterais. Devem, também, ser previstos drenos verticais no entorno do aterro, os quais são compostos por materiais porosos diversos, que descarregam as águas no sistema de tubulação de drenagem. Aqui, a adoção de drenos de areia e de materiais geossintéticos também é fortemente recomendada. No caso de encontros não-integrais, a junta de dilatação deve ser corretamente instalada, de forma a impermeabilizar a interface superestrutura - laje de aproximação, além de receber manutenção periódica que verifique sua integridade e necessidade de reparos. Aqui, sugere-se a Junta Evazote.

A interação solo-estrutura

A resposta estrutural é afetada pelo contato entre o solo e a fundação da estrutura, denominado interação solo-estrutura. Atualmente, com o avanço da modelagem computacional, o solo pode ser modelado de maneira cada vez mais complexa, indo desde molas lineares até elementos 3D com diferentes regimes. Logicamente, uma modelagem complexa exige maior custo computacional, porém, tem vantagens para avaliação dos efeitos em longos prazos. Para uma avaliação simplificada com o sistema de molas elásticas, independentes, a deformação da fundação está relacionada à força aplicada. A rigidez destas molas é chamada de coeficiente de reação vertical do solo, que auxilia na análise aproximada dos diversos problemas, além de compatibilizar os carregamentos impostos aos deslocamentos do maciço do solo.



REFERÊNCIAS

- Stark, T.D., Olson, S. M., & Long, J.H. (1995). Differential Movement at the Embankment/Structure Interface - Mitigation and Rehabilitation. Report No. IAB-H1, FY 93, Illinois Department of Transportation. Springfield, Illinois.
- Steward, C. F. (1985). Highway Structure approaches. Report No. FHWA/CA/SD-85-05, Federal Highway Administration.
- Tadros, M. K. & Benak, J. V. (1989). Bridge Abutment and Bridge Approach slab settlement, Phase I. Final Report, Nebraska Department of Roads.
- Unified Facilities Criteria (UFC). (2004). Pavement Design For Roads, Streets, Walk, and Open Storage Area. Rep. No. UFC 3-250-01FA, US Army Corps of Engineers.
- Valtonen, M. & Faerkkilae, H. (1984). A reinforced road embankment on soft soil, pp. 215—222. Proc. Nordic Geotechnical Congress, Swedish Geotechnical Institute.
- Wahls, H. E. (1990). Design and Construction of Bridge Approaches. NCHRP No. 159, Transportation Research Board, National Research Council. Washington, D.C.

Agenda

1

A Conferência Internacional sobre **Melhoramento do Solo** visa reunir os principais cientistas, profissionais, pesquisadores e acadêmicos de pesquisa para trocar e compartilhar suas experiências e resultados em todos os aspectos do Melhoramento do Solo, fornecendo plataforma interdisciplinar de primeira linha, para pesquisadores, apresentarem e discutirem as mais recentes inovações, tendências e preocupações, bem como desafios práticos e soluções adotadas.

ICSIDC 2023: 17. Conferência Internacional sobre Melhoria do Solo

20 a 21 de março de 2023
Praga, República Tcheca



ICSIRT 2023: 17. Conferência Internacional sobre Melhoramento do Solo

27 a 28 de março de 2023
Sydney, Austrália



Conferência Internacional sobre Melhoria do Solo e Aplicações de Engenharia ICGIEA

05 a 06 de abril de 2023
Cancún, México



Agenda

2

ICSI 2023: 17. Conferência Internacional sobre Melhora-mento do Solo

13 a 14 de abril de 2023
Cidade do Cabo, África do Sul



ICSIDC 2023: 17. Conferência Internacional sobre Melhoria do Solo.

17 a 18 de abril de 2023
Boston, Estados Unidos



ICGIGE 2023: 17. Conferência Internacional sobre Melhoria do Solo e Engenharia Geotécnica

11 a 12 de maio de 2023
Las Vegas, Estados Unidos



ICSJ 2023: 17. Conferência Internacional sobre Melhoramento do Solo
04 a 05 de maio de 2023
Amsterdã, Holanda



ICGIGE 2023: 17. Conferência Internacional sobre Melhoria do Solo e Engenharia Geotécnica
21 a 22 de outubro de 2023
Londres, Reino Unido



ENCONTRO DE PONTES

Eng^a Patricia Karina

SOLUÇÕES PARA RECUPERAÇÃO DE RES- SALTOS E EROSIÃO EM ATERROS DE ACESSO

Figura 1 - Estaqueamento sob o encontro de ponte, onde se apoiam as longarinas. Ao fundo, muro gabião de contenção do aterro entre as duas pontes

A vulnerabilidade à ação das águas e ao consequente efeito da erosão, especialmente durante cheias, em aterros de acesso ainda continuarão a existir, por se tratar de elementos com fragilidades conceituais. Para o restabelecimento dos aterros destruídos, algumas soluções têm sido adotadas, com razoável eficiência, no entanto qualquer alternativa utilizada para a recuperação dos aterros danificados ou destruídos, deverá constar de uma boa compactação, proteção dos taludes e de um eficiente sistema de drenagem a ser estudado em cada caso que, certamente, deverá ter canaletas na base e no topo dos taludes e outros dispositivos como drenos, dissipadores de energia, etc. A proteção vegetal é a mais usual, por ser de menor custo porém, pela própria natureza, a que requer manutenção e reposição mais constante, o que dificilmente acontece com pontes em nosso país. As soluções utilizadas com maior êxito e que apresentam boa durabilidade, são proteções dos taludes, com camada de concreto moldada no local, com placas pré-moldadas de concreto ou com gabiões. A figura 2, mostra a reconstrução dos taludes destruídos, utilizando-se proteção com concreto moldado no local. A figura 3, apresenta solução com gabiões, para re-

compor aterro também destruído por cheia. Muitas vezes, a destruição dos aterros de acesso de uma ponte, não acontece durante cheia ou por causa de grande precipitação pluviométrica, que destrói os taludes desprotegidos. Existem situações, como apresentada nas figuras 4, 5, 6 e 7, onde a destruição acontece precocemente, sem que ocorram grandes chuvas ou cheias provocada por falhas de projetos, como é o caso de ponte com encontros em balanço, cuja concepção do projeto contribuiu, de forma determinante, para a destruição dos aterros que tiveram que ser recompostos, com a utilização de gabiões. A figura 4, mostra um corte longitudinal da ponte, com os balanços curtos e taludes com inclinação completamente fora do padrão. Na figura 6, pode ser vista a fuga de material



Figura 2 - Reconstrução de aterro de acesso protegido por concreto moldado no local.

do aterro, sob cortinas com altura insuficiente nas extremidades dos balanços, e com forma precária de contenção provisória, pois o pavimento já começava a ceder, na ligação entre a ponte e a rodovia, desestabilizando o talude e começando a destruir a base do pavimento asfáltico. A figura 5 ilustra a primeira alternativa, para solucionar o problema, com muro de contenção em gabião tipo caixa que, mesmo sendo uma solução eficiente, apresentou custos muito altos. Optou-se, então, por uma segunda concepção, mostrada na figura 7, utilizando-se gabião tipo manta e colchão reno, por se tratar de recomposição dos taludes, com inclinação adequada revestidos com material flexível e com capacidade de absorver



Figura 3 - Reconstrução de aterro de acesso com proteção em gabiões.

deformações dos taludes, sob a ponte e nas laterais, com menor custo. Esta solução também foi adotada para 5 pontes do trecho, que tinham a mesma tipologia e os mesmos problemas.



Diminuir incertezas gera mais SEGURANÇA



variações do clima trazem muitas incertezas e problemas para a realização de obras e são responsáveis por + de 15% dos atrasos e aumentos de custos no setor.

Sistema para gestão de risco de impacto climático no planejamento e execução de obras



Aumente a produtividade e reduza custos durante a ocorrência de chuvas com previsão personalizada e alertas de tempestade em tempo real.



<https://www.nimbusmeteorologia.com.br/>

<https://www.linkedin.com/company/nimbusmeteorologia>

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

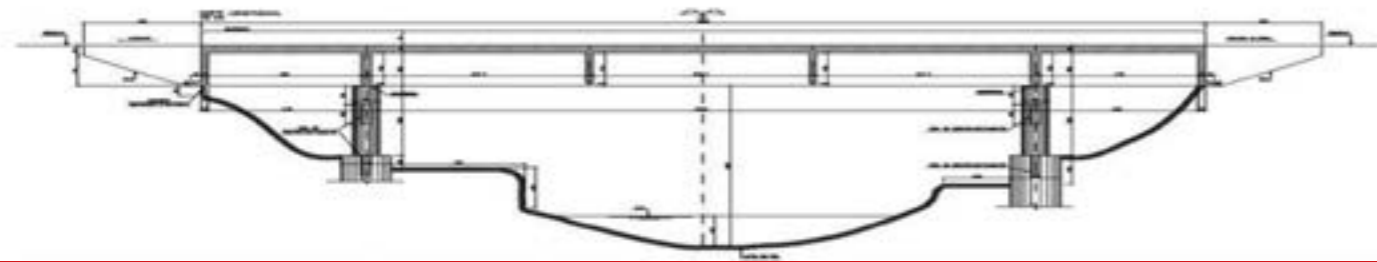


Figura 4 - Perfil longitudinal da ponte mostrando taludes irregulares e fora do padrão, além de ausência de lajes de transição, alas e cortinas insuficientes.

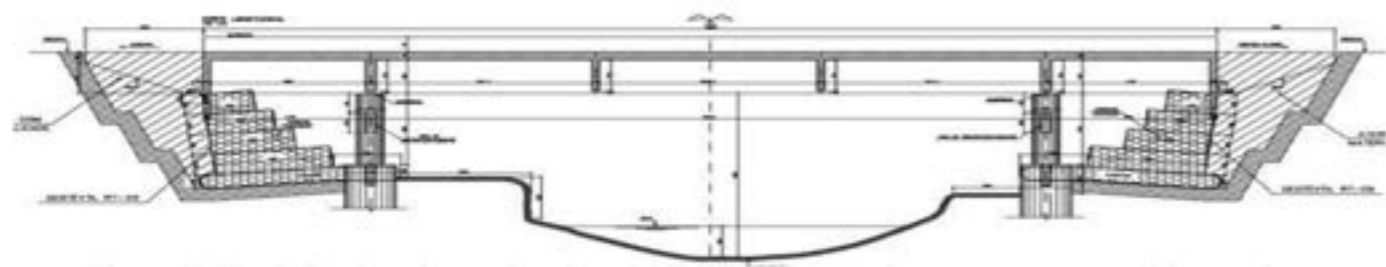


Figura 5 - Primeira alternativa de solução com muros de contenção em gabiões caixa.



Figura 6 - Fuga do material do talude sob as cortinas, nas extremidades dos balanços, com alturas insuficientes, desestabilizando o aterro de acesso e o pavimento.

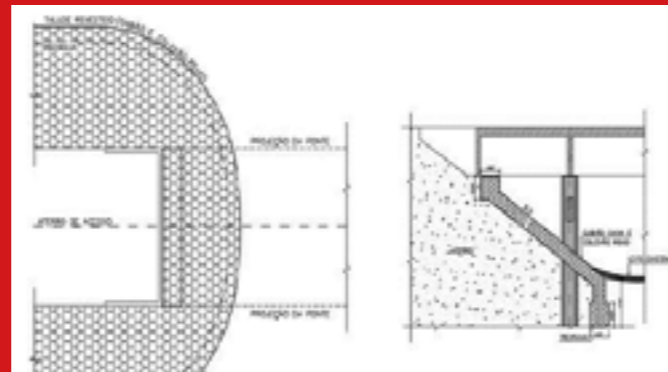


Figura 7 - Segunda alternativa de solução (a escolhida) com colchão reno e gabião tipo caixa.

Medidor Portátil do Perfil de Recalques

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 inclinométrico ou qualquer tubo de PVC, analisa a pressão existente, calculando-a como deslocamento vertical.

Aplicações:

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



Instalação do medidor do perfil de recalques

Para maiores informações, acesse: www.regerte.com.br ou atendimento@regerte.com.br



1.014.250 - Extrator Shelby de Bancada



1.055.001 - Prensa de Adensamento



1.022.250 - Prensa CBR / Marshall Digital Microprocessada



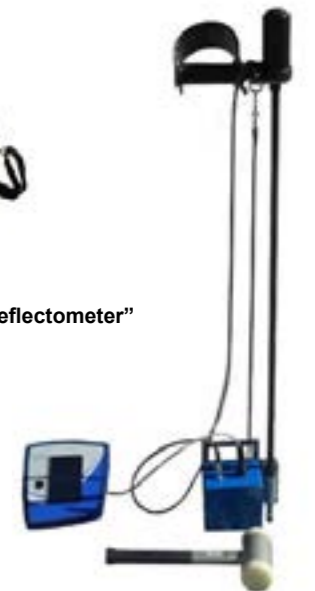
4.100.030 - Medidor de Densidade de Solo Não Nuclear (SDG)



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



4.100.300 - LWD "Light Weight Deflectometer"



4.100.035 - Penetrômetro Dinâmico Eletrônico para Solos Panda

Aterros de acesso e a presença de solos moles

Aterros em encontros de pontes e viadutos, exercem sobre o solo natural considerável acréscimo de carga, que gera esforços no solo de fundação ocorrendo, também, deslocamentos laterais. Em solos com capacidade portante suficiente, esforços não são considerados no dimensionamento estrutural, pelo fato de apresentarem valores insignificantes. Porém, quando o aterro é executado sobre solos moles, os efeitos dos esforços necessitam ser analisados com muito cuidado, para que não causem problemas relacionados à segurança da ponte ou do viaduto. Solos moles, caracterizam-se pela grande compressibilidade e baixa resistência ao cisalhamento, normalmente apresentando material orgânico e turfa. Em tais situações, para garantir estabilidade e diminuir ou eliminar recalques consequentes, deve-se consolidar a argila mole, com a técnica de melhoramento do solo, com geoenrijecimento, única maneira eficaz de impor parâmetros geotécnicos adequados a cada projeto, como resistência cisalhante e rigidez necessárias, que garantem estabilidade e ausência de deformações na elevação do aterro de acesso e o não comprometido dos elementos de fundação da ponte/viaduto. A figura 8, apresenta o caso típico de encontro de ponte, cujo aterro de acesso está sobre camada de solo compressível, com cargas transmitidas pelo aterro e os consequentes esforços sobre as estacas verticais, que atravessam a camada de solo mole, denominado atrito negativo (AN), correspondente a acréscimo de carga axial, devido ao recalque das camadas de solo mole, e as pressões horizontais (PH) nas estacas, que precisam ser bem avaliadas, dependendo dos seguintes fatores:

- Características das camadas compressíveis;
- Grandeza da carga unilateral;
- Rigidez relativa entre solo e estaca;
- Geometria do estaqueamento e condições de contorno;
- Posição relativa entre estaca e sobrecarga;
- Tempo, a partir da instalação das estacas.

Existem vários métodos para se avaliar pressões horizontais nas estacas, como os empíricos, entre os quais destacam-se os de Tschebotarioff (1973) e o de De Beer – Wallays (1972), que adotam simplificações válidas na época em que foram propostos mas que, atualmente, não mais representam a realidade dos fenômenos envolvidos. Por isso, a norma DNER-PRO 381/98 recomenda que seja realizada análise numérica de

tensões e deformações, para a carga do aterro sobre o solo mole, com uso de modelos em elementos finitos. Existem casos de danos causados, devido a construção de aterros de acesso, sobre solo de fundação com presença de argilas moles, seja sem qualquer melhoramento do solo, como as técnicas paliativas à base de colunas, que procuram apenas minimizar os graves e inerentes problemas.

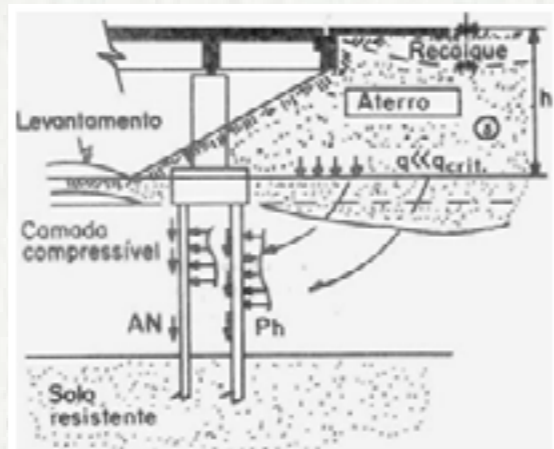


Figura 8 - Esquema do comportamento do conjunto e dos esforços atuantes na fundação de ponte com estacas, em uma situação de aterro sobre solo mole.



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

Um exemplo dos danos causados, pela presença de solo mole nos aterros de acesso de uma Obra de Arte Especial é mostrado, a seguir, nas paredes de contenção em terra armada de um viaduto sobre linha férrea. No local, onde o viaduto foi construído, há camadas de solos moles e a solução adotada, para a fundação da ponte, foi o emprego de estacas metálicas, adequadamente dimensionadas, atravessando as camadas de argila mole até o estrato resistente, de modo que não aconteceu qualquer problema estrutural



Figura 9 - Vista da contenção em terra armada com a rotação da laje de transição causada pela deformação do aterro sobre camadas de solo mole não melhorado.

Figura 10 - Graves danos, caracterizados pelas trincas e fraturas, causados na cortina e no console pela rotação da laje de transição.

no viaduto. Acontece que, o projeto de terra armada, para os aterros de acesso, elaborado por outro profissional/empresa, “projetou-se” sapata corrida, logicamente insuficiente para atender as deformações causadas nas camadas de solo mole o que, evidentemente, causou recalques de tal magnitude, que danificaram as escamas e causaram acentuada rotação na laje de transição, danificando o console de apoio e a cortina, como mostram as figuras 9 e 10.

A única maneira de melhorar solos moles, é seguindo a teoria geotécnica da consolidação da argila, que impõe características drenantes, seguido de tensões compressivas, obtendo-se seu adensamento, com parâmetros de resistência e rigidez adequados a cada projeto. Na prática, é o melhoramento do solo com geoenrijecimento, que aplica inicialmente, meio drenante à base de geodrenos, seguido da formação de bulbos, com argamassa seca, para comprimir o solo radialmente, via expansão de cavidades, obtendo-se o nível de consolidação desejado. Desta for-



Figura 11 - Contenção lateral de uma ponte, com gabião, que sofreu recalque e rotação. As camadas de solo mole sob o aterro de acesso foram "tratadas" com pré-carregamento.

ma, prepara-se o solo para receber o aterro de acesso à ponte ou viaduto, sem comprometer as estacas. De outra forma, para situações onde há recalque do aterro de acesso, promovendo declividade acentuada na laje de transição, com formação do indesejado ressalto, poder-se-á reverter este processo com geoenrijecimento, paralisando o processo de recalque, mediante a consolidação da argila mole, pontualmente na região da laje de transição.



Figura 12 - Nesta outra ponte, com sete anos de vida e presença de camadas moles, que recebeu aterro de acesso, sem qualquer melhoramento prévio, sofreu sério processo de recalque, da ordem de 50 cm, causando elevada declividade na laje de transição, contornado com diversas camadas de asfalto. Sérios problemas de erosão, também.

Perfilômetro de Recalques

O **Perfilômetro de Recalques** permite medir recalque e estabelecer um perfil contínuo ao longo de um tubo instalado horizontalmente. Para tanto é instalado um tubo PEAD (Polietileno de Alta Densidade) no aterro por meio de escavação rasa no sentido transversal. O princípio de funcionamento do sensor baseia-se na pressão de um líquido contido num reservatório sobre uma membrana, a qual está solidária a um fio de aço tensionado. A variação da tensão no fio é proporcional à variação da frequência de vibração do fio. A calibração efetuada em laboratório fornece a relação entre a altura de coluna d'água e a frequência de vibração. As leituras estão isentas de variações barométricas, uma vez que o sensor é ventilado.

Para maiores informações, acesse: www.rogertec.com.br ou atendimento@rogertec.com.br

Soft Soil Group

- REFERÊNCIAS**
- Patricia Karina Tinoco é engenheira e trabalha com melhoramento de solos moles.
 - PERBONI, J. P. Análises de estabilidade e de compressibilidade de aterro sobre solos moles – Caso dos aterros de encontros da Ponte sobre o Rio dos Peixes (BR 381). Dissertação de Mestrado na Universidade Federal de Ouro Preto, Departamento de Engenharia Civil, Minas Gerais, 2003.
 - VASQUEZ, J.A. LIMA, G. Modelagem numérica bidimensional aplicada à hidrologia de pontes. XVII Congresso Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.
 - VITÓRIO, J. A. P. Identificação e análise dos problemas causados pela erosão nas fundações de pontes com base em parâmetros hidrológicos, geotécnicos e estruturais. XIII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, São Paulo, 2022.
 - VITÓRIO, J. A. P.. Acidentes estruturais em pontes rodoviárias: Causas, diagnósticos e soluções. II Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro, 2007.
 - VITÓRIO, J. A. P.. Erosões nas fundações e aterros de acesso – Ação das cheias sobre as estruturas das pontes. Notas de aula, Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, 2009.
 - VITÓRIO, J. A. P.. Pontes rodoviárias – Fundamentos, conservação e gestão. Livro editado pelo CREA-PE, Recife, 2002.
 - VITÓRIO, J. A. P.; BARROS, R. M. M. C.. Reforço de fundações de pontes e viadutos – Três casos reais. V Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas, Rio de Janeiro, 2012.
 - White, D., Sritharan, S., Suleiman, M., Mohamed M., & Sudhar, C. (2005). **Identification of the Best Practices for Design, Construction, and Repair of Bridge Approaches.** CTRE. Project 02-118, Iowa Department of Transportation. Ames, Iowa.

The logo for Soft Soil Brazilian Institute (SSBI) features the letters 'SSBI' in a bold, sans-serif font. The 'SS' is green, and the 'BI' is white with a green outline, all set against a dark green rounded rectangular background.

**SOFT SOIL
BRAZILIAN
INSTITUTE**

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

ou entre em contato: (21) 993599105



PARCEIROS



**Bentley
Institute**
Product Training Partner

SOLOTEST

GEOKON

SOLUÇÕES CAD
BIM

TRUSTED MEASUREMENTS

**AB
MS**

Leica
Geosystems



TROGERTEC

ENGEGRAUT
INDUSTRIA ESTADUAL

ROCTEST