

Drenagem em Obras de Contenção Viária

Manuela Cabral Caetano

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, manuela.c.caetano@gmail.com

Larissa Roedel

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, larissa.roedel.8@gmail.com

Ana Paula Mikos

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, anapaulamikos@hotmail.com

Vítor Pereira Faro

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, vpfaro@ufpr.br

Liamara Paglia Sestrem

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, liamara.ufpr@gmail.com

RESUMO: Grande importância deve ser dada ao sistema de drenagem em obras de estabilização de taludes, como solo grampeado e cortina atirantada, uma vez que o acúmulo de água no maciço é um dos principais fatores condicionantes de instabilidade, afetando a segurança da obra e ocasionando manifestações patológicas no concreto e no aço. No Brasil, a maioria dos acidentes e falhas nesses tipos de contenções ocorreram em períodos de muita chuva, sendo evidenciada má eficiência ou inexistência de drenagem. Com isso, torna-se essencial inspecionar periodicamente estas obras, além de realizar manutenções preventivas. O presente trabalho objetiva apresentar e discutir a importância da drenagem para a estabilidade das obras de contenção já existentes.

PALAVRAS-CHAVE: Drenagem, Grampos, Tirantes, Manifestações Patológicas.

1 INTRODUÇÃO

Estruturas de contenção são amplamente utilizadas para estabilização de taludes em obras rodoviárias e ferroviárias e devem garantir o conforto e segurança dos usuários. Estruturas de solo grampeado e cortina atirantada apresentam um paramento externo que, aliado a materiais impermeabilizantes, protegem o talude contra erosão e infiltração de água. Além do paramento, a contenção deve ser executada em conjunto com um sistema de drenagem, a fim de promover adequado fluxo de águas para fora do maciço, a partir de drenos profundos e drenos de superfície.

O sistema de drenagem das obras de contenção é de grande importância pois, quando mal executado ou ausente, pode gerar um

aumento de carga suportada pela contenção, que normalmente não é considerada no seu dimensionamento, o que provoca instabilidade do maciço. Isto ocorre devido à elevação do lençol freático e/ou saturação das camadas superficiais do solo, o que gera um aumento da poropressão e do empuxo total, reduzindo a tensão efetiva, com consequente redução da resistência ao cisalhamento do solo. Além disso, falhas no sistema de drenagem também podem afetar a qualidade e durabilidade do concreto e das barras de aço.

Neste cenário, torna-se essencial realizar inspeções periódicas nessas obras, a fim de evitar maiores prejuízos. Alguns procedimentos simples como inspeções visuais e manutenção dos drenos podem evitar obras de intervenção. Alguns aspectos visuais no paramento podem

indicar a presença de água e umidade no maciço, tais como: manchas superficiais, eflorescências, musgos e líquens, vegetação e a própria surgência de água pela estrutura ou juntas. Situações mais críticas costumam ocorrer em cortinas atirantadas, onde a face tem função estrutural e o tirante apresenta um trecho livre que, em contato com água e solo, pode facilitar a corrosão das barras. Em estruturas de solo grampeado, como ocorre a injeção da calda de cimento por todo o furo, o risco está associado à existência de uma eventual falha na injeção, onde os vazios de concretagem deixariam a barra exposta e também suscetível à corrosão.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Drenagem em contenções

A percolação da água em encostas pode reduzir a resistência dos maciços por quatro fatores (BASTOS, 2014):

- Desenvolvimento de pressões neutras ao longo de superfícies potenciais de ruptura;
- Aumento do peso do material, pela saturação do maciço;
- Redução da coesão aparente, devido à sucção através da saturação dos solos não-saturados;
- Ação erosiva interna (piping).

Souza *et al.* (2005), relatam dois acidentes ocorridos em solo grampeado, um no ano de 1999, no município de Guarulhos (SP), e outro no ano de 2000, no município Taboão da Serra (SP), ambos relacionados ao descuido com o sistema de drenagem. Em Guarulhos, a saída de todo o sistema de drenagem junto à base do muro se apresentou vedada, e com isso, na época de chuvas, parte do muro de concreto projetado caiu devido à carga hidráulica criada entre o maciço e o paramento de concreto. No caso ocorrido em Taboão da Serra, houve precipitações intensas durante a etapa de execução, sem que o sistema de drenagem interno e externo estivesse pronto, e com isso parte do aterro de reconstituição do talude caiu.

Segundo Guimarães Neto (2008), um sistema de drenagem profunda e superficial

deve ser previsto em obras de contenção e o custo destas soluções é muito baixo por apresentar considerável aumento da segurança. Durante a execução da obra, a posição do lençol freático deve ser determinada para verificar o dimensionamento dos drenos no projeto. Assim, os dispositivos devem ser instalados antes da construção da parede de concreto, a fim de se evitar o fluxo de água dentro do maciço. Bastos (2014) ainda salienta que, tanto na cortina atirantada como em solo grampeado, deve haver um sistema de drenagem eficiente, a fim de garantir a redução de esforços suportados pelo maciço. Os principais elementos de drenagem são demonstrados na Figura 1.

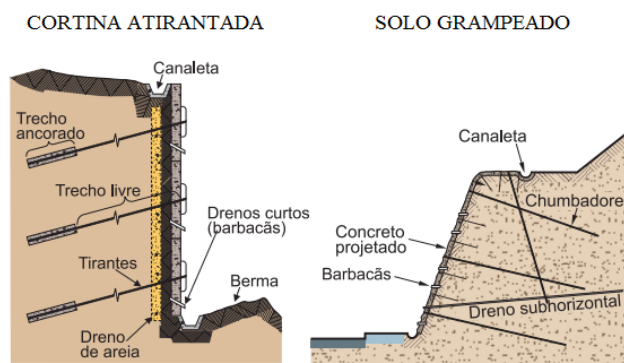


Figura 1. Drenagem em contenções (Adaptado de Gerolla, 2007)

2.1.1. Drenagem Profunda

A drenagem profunda tem como objetivo captar as águas distantes do talude, para evitar seu afloramento, sendo muito importante em obras executadas abaixo do nível do lençol freático. Segundo Bastos (2014), os sistemas mais utilizados no Brasil são os drenos subhorizontais profundos (DHP's). Esses resultam da instalação de tubos plásticos drenantes de até 24 m de comprimento, com 38 a 50 mm de diâmetro, instalados com uma inclinação de 5° a 10°, para propiciar a saída da água por gravidade. Esses tubos plásticos podem ser microrranhurados ou apresentar perfurações recobertas por manta de geotêxtil ou tela de Nylon, a fim de evitar entrada de material no dreno. Ainda deve-se salientar que os DHPs precisam ser instalados abaixo do nível do lençol freático, com função de drenar a água do talude.

2.1.2. Drenagem Superficial

A drenagem superficial tem como objetivo oferecer um fluxo organizado para as águas que convergem ao paramento. Para execução do sistema de drenagem superficial, podem ser utilizados drenos tipo barbacãs, drenos de paramento, canaletas e descidas d'água.

O dreno tipo barbacã é uma drenagem pontual executada com escavação de uma cavidade cúbica de 20 a 40 cm de lado, revestida com material arenoso ou brita ligada à um tubo de PVC drenante, com inclinação horizontal descendente.

Os drenos de paramento são elementos que promovem o fluxo adequado da água que chega ao paramento (Solotrat, 2015). São formados por uma calha plástica ondulada revestida por manta geotêxtil ou então com material granular (areia ou brita), que se estende na direção vertical, da crista ao pé do talude.

As canaletas são utilizadas para direcionar a água que é escoada tanto na crista como no pé do talude e, posteriormente encaminhá-la para um ponto de captação ou descarga. Na canaleta de pé é escoada a água dos DHPs, barbacãs, drenos de paramento, e, se existir, do dreno de crista. A descida de água, também conhecida por escada hidráulica, visa transportar a água acumulada na crista até a canaleta de pé, dissipando a sua energia.

2.2. Instrumentação geotécnica

Mudanças no estado de tensões do solo resultam em deformações, que podem ser decorrentes de variações do nível de lençol freático e das poropressões existentes no subsolo. Em contenções deve-se evitar deformações, por isso é importante ter o conhecimento do estado de tensões do maciço bem como a posição do nível freático. Em geral, este parâmetro pode ser medido de duas maneiras: com a execução de poços de observação ou piezômetros (Sestrem, 2012). Como muitas vezes não é possível a execução de poços, existe grande utilização de piezômetros no monitoramento de obras geotécnicas. Este equipamento fornece informações como nível d'água de um lençol

freático, pressão neutra interna do solo e pressões nas juntas. Desse modo, é possível avaliar o desempenho do sistema de drenagem, comparando valores em diferentes situações, uma vez que a ineficiência dos drenos pode gerar elevação no nível freático.

Existem diversos tipos de piezômetros disponíveis no mercado: piezômetro de tubo aberto, piezômetro pneumático, piezômetro hidráulico, piezômetro de corda vibrante e piezômetro elétrico. Um dos mais utilizados é o piezômetro aberto de Casagrande que, segundo Sestrem (2012), possui confiabilidade, durabilidade, sensibilidade e verificação de seu funcionamento através do ensaio de recuperação do nível da água.

2.3. Principais manifestações patológicas

A definição do termo “patologia” alinha-se com a definição da Medicina, em que se estuda a origem, sintomas e natureza das doenças (Gonçalves, 2015). No caso apresentado, a patologia está relacionada com a degradação do aço dos grampos e tirantes e no paramento de concreto, denominando-se “manifestação patológica”. Cabe à patologia entender e resolver tais manifestações.

As manifestações patológicas ocorrem devido à interação do aço e do concreto com agentes externos. No caso dos grampos e tirantes, existe o contato com a água que está presente no solo, que pode atuar como meio de transporte de agentes químicos agressivos, tais como sulfatos e cloretos (Santos, 2014), e, com isso, iniciar o processo de corrosão nas barras de aço, além da fissuração e eflorescência no concreto. A presença de água também pode gerar manchas de umidade no paramento e presença de musgos, líquens e até vegetação.

O solo é um meio heterogêneo e, dependendo de seus constituintes pode ser mais ou menos permeável. A Figura 2 mostra o solo grampeado executado com camadas argilosas e arenosas. A interação entre os tipos de solo com a água será diferenciada, mas ambas produzirão tensões em pontos específicos da parede, causando deformações. É função do sistema de drenagem evitar o surgimento, ou mitigar, os problemas causados pela água nessas estruturas.

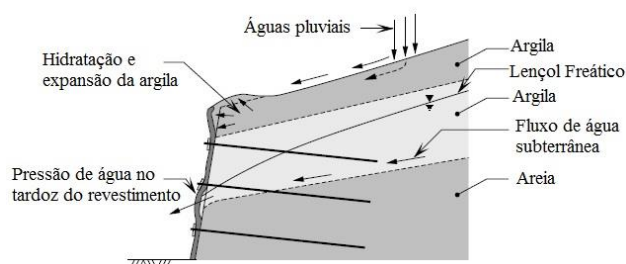


Figura 2. Efeito da água numa solução de estabilização de solo grampeado (Adaptado de Phear *et al*, 2005)

O conhecimento das diferentes manifestações patológicas é um ponto fundamental para o diagnóstico correto, como também para a adoção de terapias adequadas (Granato, 2002). Um trabalho realizado por Machado e Mendes (2014) descreve que as três manifestações mais encontradas em obras de contenção são corrosão, eflorescências e fissuras. O surgimento dessas patologias pode estar interligado à falhas no sistema de drenagem.

2.3.1. Corrosão

A corrosão é um processo eletroquímico em que os materiais metálicos sofrem oxidação e, para que esse fenômeno ocorra, é necessária a presença da água e do oxigênio. No solo, que é um ambiente heterogêneo, ambos os elementos podem estar presentes, em maior ou menor quantidade, dependendo das características do solo e da eficácia do sistema de drenagem, o que pode criar um ambiente propício para a corrosão. De acordo com Santos (2014), a principal questão associada à durabilidade dos tirantes e grampos é a proteção anticorrosiva, que deve ser escolhida de acordo com o potencial de agressividade do meio envolvente.

De acordo com Irvin e Mothersille (2007), as consequências da corrosão em tirantes são mais preocupantes do que em solos grampeados, já que a falha de um elemento pode causar sobrecarga nos tirantes adjacentes, podendo resultar no colapso da estrutura. Como não existe acesso às partes enterradas da contenção, é de extrema importância atentar-se aos indícios externos de manifestações patológicas e utilizar técnicas anticorrosivas e proteção da cabeça do tirante. De modo geral, a utilização de

procedimentos que atendam aos padrões de qualidade atuais não se aplica à maior parte das instalações antigas onde muitas vezes, os grampos e tirantes eram instalados sem nenhuma proteção anticorrosiva (Souza *et al.*, 2005, Pitta *et al.*, 2006).

Pitta *et al.* (2006) estudaram o rompimento da cortina atirantada da Estrada de Ferro Santos-Jundiaí, no município de Santo André (SP), construída na década de 1970. Na época, não havia norma brasileira que padronizasse os procedimentos de construção dessas estruturas com proteção contra corrosão. Em 2005, após chuvas intensas, um dos painéis da cortina se movimentou, possibilitando observar falhas graves no atirantamento: corrosão do aço dos tirantes junto à cabeça e insuficiência de drenagem interna. Após vistoria, pôde-se notar a ausência de proteção anticorrosiva, sendo observado apenas um fino plástico envolto precariamente nos fios, como pode ser visto na

Figura 3 .



Figura 3. Detalhe do tirante com corrosão acentuada. (Pitta *et al*, 2006)

Também foi detectada muita umidade entre os fios e uma obstrução na drenagem sub-horizontal profunda. Devido ao alto nível de risco associado à uma possível ruptura dessa estrutura, foi necessário realizar novos projetos na cortina atirantada e na drenagem interna.

2.3.2. Eflorescência e manchas no paramento

A eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície de alvenarias, concretos, argamassas, entre outros, como resultado da exposição à água de infiltrações ou intempéries (Granato, 2002). Os depósitos salinos muitas vezes dão um aspecto visualmente desagradável pelo contraste gerado entre a cor dos sais e do material do substrato, como as manchas brancas

formadas pelo carbonato de cálcio. Os sais que se depositam na superfície podem ser agressivos e causar danos a estrutura, além de indicar presença de água no maciço.

Outras manifestações que podem ocorrer em obras de contenção são manchas de umidade, presença de líquens, musgos e vegetação. Estas não indicam necessariamente o acúmulo de água no maciço, pois podem ocorrer devido à umidade do ambiente em que se encontram. Também deve-se cuidar para não confundir com manchas de sujeira. Na Figura 4, é possível perceber a presença de manchas de umidade e vegetação, indicando problemas na drenagem.



Figura 4. Manifestações patológicas em cortina atirantada

2.3.3. Fissuras

Em estruturas de concreto, as fissuras podem ter diferentes origens. No levantamento realizado por Machado e Mendes (2014) em contenções no Rio de Janeiro, as fissuras encontradas estavam na ordem de 0,2 a 0,4 mm de espessura. Sua ocorrência foi creditada à movimentações térmicas e problemas com a cura do concreto durante a fase de execução.

Em casos mais extremos, quando já existe corrosão e há o aumento de volume do aço, as tensões de tração causadas por esse aumento de volume resultam em fissuras e, através delas podem penetrar mais agentes agressivos (Marcelli, 2007). Quando não tratado, esse ciclo pode causar desprendimento do concreto, pois a corrosão também ocorre na armadura utilizada no paramento de concreto. Quando a corrosão ocorre na barra de aço, podem ser observadas fissuras no capacete de concreto utilizado na cabeça do tirante, além da possibilidade da surgência de manchas avermelhadas.

3. IDENTIFICAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Machado e Mendes (2014) descrevem estruturas de contenção projetadas para uma vida útil de 50 anos. Agentes intrínsecos ao meio podem afetar as características dos materiais, diminuindo sua vida útil. Para Granato (2002), inspecionar, avaliar e diagnosticar as manifestações patológicas da construção são tarefas que devem ser realizadas sistematicamente e periodicamente de modo que os resultados e ações de manutenção devam cumprir efetivamente a reabilitação da construção, sempre que for necessária. Por isso, é importante a realização de inspeções periódicas com registro dos dados coletados ao longo dos anos para determinar quando uma intervenção é necessária.

As principais manifestações patológicas são facilmente identificadas com simples inspeções visuais. Notando-se o aparecimento desses sinais, as correções das manifestações devem ser realizadas com caráter imediato.

3.1. Etapas de inspeção

É importante seguir uma rotina de inspeções, de forma que, quando houver ameaças à estrutura, sejam realizadas intervenções necessárias. Para Granato (2002), as etapas iniciais durante uma inspeção são: elaboração de uma ficha de antecedentes da estrutura e do ambiente, inspeção visual geral da estrutura e análise de ensaios, se realizados, para assim gerar um pré-diagnóstico da contenção. Caso não existam maiores informações da estrutura, a intervenção se torna urgente, no entanto, se houver, deve ser realizada uma inspeção minuciosa, a fim de gerar um diagnóstico preciso. Deste modo, devem-se executar as intervenções necessárias, a partir de projetos detalhados.

É indispensável manter um registro com fotos e resultados das inspeções e recuperação da estrutura para acompanhamento futuro da situação da estrutura. A Figura 5 demonstra o passo-a-passo da inspeção preliminar, de acordo com Granato (2002), que pode ser aplicado em obras de contenção.

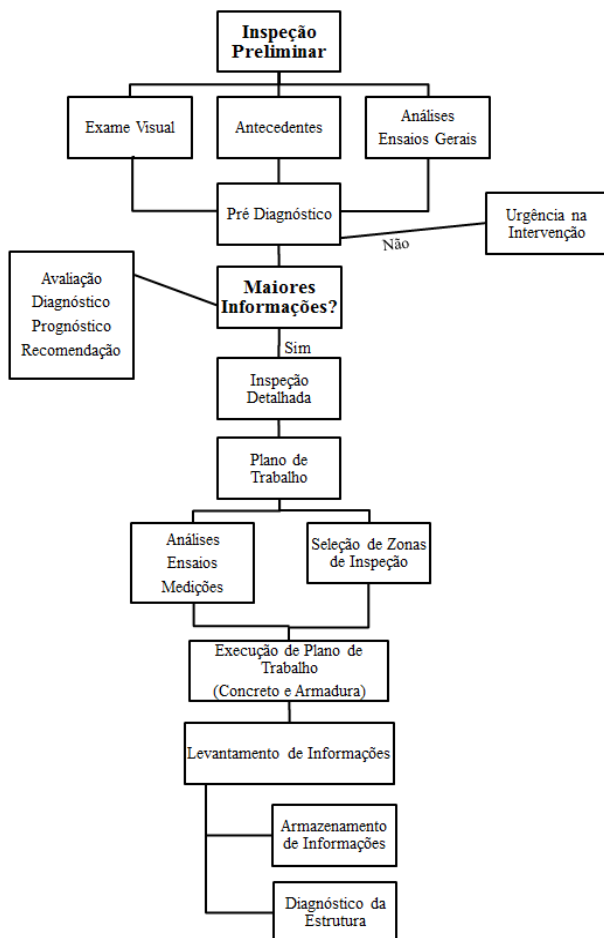


Figura 5. Etapas da Inspeção
(Adaptado de Granato, 2002)

3.2. Principais verificações em contenções

Verificações simples e rápidas podem evitar problemas graves no futuro. Os principais itens a serem avaliados nas contenções são:

- Ocorrência de obstrução das canaletas (Figura 6);
- Funcionamento das drenagens de superficiais e profundas;
- Identificação de pontos de corrosão;
- Identificar eflorescência, umidade, musgos, líquens e vegetação;
- Conferir se há surgência de água em alguma parte da contenção;
- Examinar se há fissuras, deformações ou deslocamentos de concreto na estrutura ou em áreas adjacentes;
- Verificar o alinhamento da estrutura.



Figura 6. Obstrução da canaleta

Além da inspeção periódica da contenção, devem ser realizadas manutenções preventivas, como desobstrução de canaletas e limpeza de drenos. A manutenção dos DHPs, por exemplo, deve ser realizada anualmente, e sua limpeza é de fácil execução. Consiste na inserção de um êmbolo no dreno; injeção de água, a fim de atingir todo o comprimento do dreno. O procedimento deve ser repetido até que a água inserida saia limpa.

3.2.1 Tirantes

Como a água deve obrigatoriamente fluir através dos drenos, não deve haver percolação pela cabeça, estrutura ou juntas da estrutura do tirante. Se isso ocorrer, há um grave problema no sistema de drenagem, que deve ser corrigido imediatamente. No caso da corrosão, ela se manifestará através de trincas no capacete de concreto ou sua ausência, como pode ser visto na Figura 7. A corrosão normalmente ocorre próximo ao paramento devido a maior presença de água e oxigênio.



Figura 7. Cabeça do tirante em processo de corrosão
(Solotrat, 2015)

3.2.2 Grampos

A parede de concreto não exige manutenção especial, no entanto, manchas de umidade na superfície do concreto podem evidenciar uma possível ineficiência do sistema de drenagem. O concreto pode ser perfurado para que haja uma verificação da situação e para que se identifique o motivo de tais manchas; além disso, um dreno sub-horizontal profundo (DHP) adicional pode ser executado, para retirar a umidade do local.

4. DISCUSSÃO

A partir da revisão bibliográfica foi possível perceber a grande importância de um adequado sistema de drenagem para organizar o fluxo de água em estruturas de contenção. Acidentes em contenções adjacentes à rodovias e ferrovias provocam elevados danos sociais, ambientais e econômicos. Existem técnicas específicas e dispendiosas que permitem avaliar a integridade dos elementos enterrados. Entre elas, métodos destrutivos, como ensaios de arrancamento e métodos não destrutivos, que avaliam a integridade do elemento somente no contato com a cabeça da barra. No entanto, em contenções, os maiores indícios de manifestações patológicas são externos, ou seja, uma simples inspeção visual é capaz de indicar problemas orientar a necessidade de manutenções e intervenções.

4.1. Check-list das contenções

Para facilitar a inspeção de cortinas atirantadas e solos grampeados, este artigo propõe a utilização de um Check-list simples e prático, a fim de avaliar a atual condição das contenções. O objetivo é diagnosticar problemas na drenagem e também na obra como um todo, indicando ineficiência dos drenos e manifestações patológicas associadas. A sugestão do Check-list é demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1. Check-list para inspeção visual de estruturas de contenção

CHECK LIST - CONTENÇÕES					
Localização:				Data: / /	
Coordenadas UTM	Norte:		Cortina Atirantada		
	Leste:		Solo Grampeado		
Características Gerais	Extensão (m)		Altura (m)	Inclinação (°)	
Ambiente	Urbano	Rural	Marinho	Industrial	
Leitura do piezômetro: NA= m			Não instrumentada		
Última inspeção: / /			Última manutenção: / /		
DRENAGEM					
Elemento	Condição			Legenda	
Canaleta de pé				Inexistente	1
Canaleta de crista				Insuficiente	2
Barbacãs				Obstruída	3
DHPs				Danificada	4
Dreno de paramento				Suficiente	5
Obs.:					
MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS					
Manifestação	Estágio	Ocorrência	Legenda		
Corrosão			Estágio		
Eflorescência			Danificado	1	
Manchas de umidade			Avançado	2	
Musgos/ líquens			Intermediário	3	
Vegetação			Inicial	4	
Surgência de água			Inexistente	5	
Deformações			Ocorrência		
Fissuras			Generalizada	1	
Deslocamento			Localizada	2	
Obs.:					
CROQUI			RELATÓRIO FOTOGRÁFICO		
					

Inicialmente, a proposta é identificar a contenção e em que meio está inserida, além de suas características gerais e medição de um piezômetro, se houver. Para a drenagem, sugere-se a utilização de uma numeração para indicar a condição atual de cada elemento, assim como para as manifestações patológicas, determinando em qual estágio se encontram e com que ocorrência aparecem na contenção. O valor mais alto (5) indica o melhor desempenho da obra, e o menor (1), o pior. Futuramente prevê-se o desenvolvimento de um sistema de

classificação da condição de cada obra, através da soma dos vários itens propostos na Tabela 1, aferidos com os respectivos pesos de importância para cada elemento de drenagem e manifestação patológica. Em função da classificação dessas patologias, poder-se-á elaborar um plano de atuação para mitigar os danos já causados e diminuir o risco de catástrofe. Em complemento ao formulário, recomenda-se realizar um croqui ou utilizar imagens de satélite para indicar a localização das patologias na contenção, em complemento à um relatório fotográfico para armazenamento das informações.

5. CONCLUSÃO

Falhas na drenagem em contenções podem ocasionar a elevação do nível do lençol freático e saturação das camadas superficiais do solo, criando um reservatório de água sob a contenção. Quando ocorre o aumento das cargas suportadas pela estrutura, a tensão efetiva é reduzida com o aumento da poropressão, gerando instabilidade do maciço, redução da resistência ao cisalhamento e risco de ocorrência de rupturas. A fim de garantir a segurança dessas obras, o sistema de drenagem deve ser corretamente dimensionado e bem executado, pois exerce papel de grande importância na segurança da contenção, além de evitar a ocorrência de manifestações patológicas nos grampos e tirantes, o que pode comprometer a vida útil dessas estruturas.

Inspecções visuais de rotina são primordiais, pois a identificação de manifestações patológicas em estágios iniciais e com ocorrência localizada são mais fáceis de serem tratadas. Do mesmo modo, a manutenção periódica é um procedimento simples e capaz de evitar maiores consequências como por exemplo a necessidade de obras de intervenção. Para tal, deve ser realizado um armazenamento de informações sobre a situação atual destas estruturas, como por exemplo com a utilização do check-list proposto, visando garantir um bom desempenho das estruturas de contenção durante sua vida útil e indicar a necessidade de manutenções e intervenções.

REFERÊNCIAS

- Bastos, I.G., Wolle, C.M. e Futai, M.M. (2014) Estabilização de Encostas Através de Drenagem Profunda. *Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*, Goiânia, GO, Brasil.
- Gerolla, G. Terra Firme. Técnica, São Paulo. Edição 123. Junho de 2007. Editora PINI. Disponível em: < <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/123/artigo285379-6.aspx>>. Acesso em: 15 mar 2016.
- Gonçalves, E. A. B. (2015). Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações. Trabalho Final de Curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 174p.
- Granato, J.E. (2002) Apostila: *Patologia das Construções*, São Paulo, SP, Brasil, 250 p.
- Guimarães Neto, J.M. (2008) Estudo de Metodologias Adotadas no Cálculo de Estruturas de Contenção com Solos Grampeados (Soil Nailing) Com a Apresentação de um Estudo de Caso. Trabalho Final de Curso, Feira de Santana, BA, Brasil.
- Irvin, C. e Mothersille, D.K.V. (2007) Corrosion protection options for permanent ground anchorages, *Proceeding of the International Conference on Ground Anchorages and Anchored Structures in Service*, Londres, United Kingdom.
- Machado, A.X. e Mendes, L.C. (2014) Durabilidade e vida útil de contenção de encosta situadas na cidade do Rio de Janeiro, *VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Marcelli, M. (2007) *Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras*, Pini, São Paulo, SP, Brasil, 270 p.
- Pitta, C.A., Souza, G.J.T., Zirlis, A.C., Ferreira, J.F.C (2006). Quanto tempo durarão as cortinas atirantadas executadas a partir da década de 70? 30 anos? *XIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica*. Curitiba, PR, Brasil.
- Phear, A., Drew, C., Ozsoy, B., Wharmby, N.J., Judge, J., Barley, A.D. (2005). *Soil Nailing – best practice guidance*. CIRIA. London, UK, 286 p.
- Santos, G.A.F. (2014) Soluções de Pregagem para a Estabilização de Taludes: uma Contribuição para o seu Dimensionamento, Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa.
- Sestrem, L. P. (2012) Concepção e Implantação de um Plano de Instrumentação para Avaliação das Condicionantes Geotécnicas de uma Encosta Litorânea. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, 172 p.
- Solotrat. (2015). *Manual de Serviços Geotécnicos Solotrat*. 5ª ed. São Paulo, SP, Brasil, 108 p.
- Souza, G. J. T.; Pittata, C. A.; Zirlis, A. C. (2005) Solo grampeado – aspectos executivos do chumbador. *IV COBRAE – Conferência Brasileira sobre estabilidade de encostas*. Salvador-BA, p.835-844.