



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI



Durabilidade e vida útil de estruturas de contenção de encosta situadas na cidade do Rio de Janeiro

MACHADO, Alexandre Xavier¹, MENDES, Luiz Carlos²,

¹ Universidade Federal Fluminense, doutorando, M. Sc. e-mail: alexandre.georio@gmail.com

² Universidade Federal Fluminense, Professor, D. Sc. , e-mail: lcarlos@predialnet.com.br

Resumo

A cidade do Rio de Janeiro possui uma geomorfologia muito peculiar que propicia uma grande área de encostas dominada por três conjuntos de elevações de rochas gnáissicas, graníticas e alcalina. Os maciços da Tijuca, da Pedra Branca e o de Gericinó-Mendanha, ao longo de cem anos, passaram por um processo de urbanização informal das suas encostas com a construção de moradias de rudimentar concepção estrutural e baixíssima qualidade construtiva que formaram as comunidades carentes, situadas em áreas com moderada à alta probabilidade de serem atingidas por movimentos de massa (deslizamentos, quedas, rolamentos e corridas) envolvendo solo, rocha, vegetação e lixo/entulho. Há cerca de 50 anos, o Município do Rio de Janeiro iniciou sua política de monitoramento e conservação de encostas, realizando mais de 2000 obras de contenção de encosta em vários tipos de estruturas de concreto armado como cortina ancorada e muros de arrimo em diferentes pontos da cidade. Apesar do aprimoramento dos métodos de controle tecnológico sobre a produção de concreto e execução de estruturas de concreto armado, muitas destas obras de contenção foram concebidas e executadas por métodos e concepções antigas e passaram por processos de deterioração, principalmente devido à penetração de agentes agressivos como cloretos e gás carbônico além do ácido sulfúrico oriundo do esgotamento sanitário das comunidades, levando ao um quadro diversificado de manifestações patológicas diretamente ligadas ao ambiente em que as estruturas se encontram. Cerca de 25% das obras de contenção de encosta estão com mais de 30 anos e suas estruturas foram inicialmente projetadas para durarem aproximadamente 50 anos. Os resultados deste trabalho mostram quais são as principais manifestações patológicas que ocorrem nestas obras de contenção e qual a sua influencia na durabilidade e na vida útil, possibilitando uma leitura direta do grau de risco destas estruturas.

Palavras-chave

Encosta; Concreto; Patologia, Durabilidade; Vida útil.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI

Realização:



1. INTRODUÇÃO

Na década de 60, iniciou-se a política de intervenções de mitigação de riscos nas encostas da cidade do Rio de Janeiro após as chuvas de 1966 em que o antigo estado da Guanabara da criou a fundação Geo-Rio, que ao longo de 50 anos executou mais de 2000 intervenções de caráter urgente e preventiva, em diversos pontos da cidade e com diversas soluções geotécnicas como muros de flexão, barreiras de impacto, biomantas e principalmente cortinas ancoradas.

As cortinas ancoradas são estruturas em concreto armado ancoradas no terreno por tirantes de aço para contenção do talude e que se comprovou ser uma solução geotécnica de grande utilidade e economia por permitir que se execute estruturas de concreto armado com menor consumo de concreto, porém existe a peculiaridade de possuírem uma necessidade de verificação de carga dos tirantes injetados pois fazem parte da estabilidade global desta estrutura.

Com o passar dos anos, as configurações de implementação destas obras de contenção foram modificadas principalmente pela ocupação irregular no entorno que, além de provocar modificação nos valores de empuxo devido a acréscimo de sobrecarga dos taludes arrimados, modificam a composição química dos aterros com o incremento de agentes agressivos ao concreto como o ácido sulfúrico proveniente do esgotamento sanitário destes imóveis.

Essas estruturas, muitas projetadas a cerca de 50 anos, foram concebidas em época onde não se existiam normas que estabelecem critérios de vida útil destas estruturas nem especificações quanto a agressividade ao ambiente a qual estariam inseridas, sendo somente na NBR 6118 (2003) que se estabeleceu especificação quanto ao cobrimento mínimo de armadura em função ao meio ambiente.

Estas estruturas foram inseridas em dois ambientes prodominantes na cidade do Rio de Janeiro de alta agressividade ao concreto e de por conseguinte, altamente corrosivo as armaduras. O primeiro é o ambiente de atmosfera urbana que possui alto índice de poluição atmosférica ou seja, alta concentração de CO₂, agente agressivo ao concreto por provocar a sua carbonatação e despassivação da armadura. O segundo ambiente é o marinho, que pela névoa salina provoca o ataque por cloretos as estruturas de concreto armado, que ao chegar as armaduras provoca também sua despassivisação.

Com o intuito de estabelecer diretrizes de manutenção de obras de contenção de encosta, em especialmente as de concreto armado como as cortinas ancoradas, foram realizadas vistorias entre os anos de 2010 e 2013 para a realização de serviços de manutenção e recuperação estrutural, dando destaque a aquelas com idades superiores a 30 anos, pois as mesmas tendem a ter maior incidência de manifestações patológicas.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI



2. CARACTERIZAÇÃO DAS ENCOSTAS

2.1 A geomorfologia das encostas

A cidade do Rio de Janeiro, como uma população com cerca de seis milhões de pessoas e uma área aproximada de 1.250 km², é conhecida mundialmente por suas belezas naturais e caracterizada principalmente por sua geomorfologia particular composta por maciços montanhosos, recobertos por vegetação da mata atlântica e próximos com o mar.

O relevo da cidade, que é uma continuação de toda uma paisagem orográfica do estado, representada pela Serra do Mar e pela Baixada Fluminense, é dominado por três conjuntos principais de elevações de rochas gnáissicas, graníticas e alcalina que formam os maciços da Tijuca, da Pedra Branca e o de Gericinó-Mendanha.

Os maciços subdividem o município em quatro macro-bacias de drenagem (zona sul, zona norte e centro, Barra e Jacarepaguá e zona oeste), cujas áreas de planície emergem morros agrupados ou isolados. As regiões da zona Sul, norte e centro apresentam maior densidade ocupacional, particularmente em relação à existência de comunidades carentes (favelas) desenvolvidas nas encostas.

2.2 O processo erosivo das encostas

O material que é retirado do topo da montanha é removido a partes mais baixas. Esse movimento pode ser rápido ou devagar (sutil) dependendo das condicionantes da formação das encostas.

A água das chuvas é o principal fator de erosão e intemperismo nas encostas assim como dos movimentos de massa. A erosão pluvial provoca desde uma erosão na escala de partículas, a uma escala de encosta (ravinas e voçorocas). As ravinas e as voçorocas contribuem muito para o movimento de massa nas encostas, devido a um escoamento superficial em lençol que ao longo do tempo da chuva se concentram em filetes de água, formando sulcos, que são chamados de ravinas, que no decorrer do tempo e com a ajuda do escoamento subsuperficial que chegando ao lençol freático, provoca a voçoroca.

Apesar da grande influência das chuvas nos movimentos de massa, são diversas as variáveis que determinam se uma encosta é estável ou instável: o ângulo de repouso, a natureza do material na encosta, a quantidade de água infiltrada nos materiais, a inclinação da encosta e a presença de vegetação com raízes que enrijecem o solo. Esses fatores são condicionantes e poderão informar através de observação e monitoramento se a encosta tem risco de sofrer movimento ou não.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI



3. A OCUPAÇÃO DAS ENCOSTAS

3.1 Histórico da ocupação das encostas

Durante a primeira metade do século XX, a cidade se expandiu e em seu interior as favelas foram sendo criadas. Era possível observar um crescimento vertical no centro e na zona sul, enquanto que nos bairros da zona norte e dos subúrbios a expansão deu-se através da construção horizontal, observado nas décadas de 1940-1950 e nas seguintes, assistiu-se à expansão metropolitana e à formação das periferias favelizadas.

Nos anos de 1960 e 1970, a produção de conjuntos habitacionais esteve associada à política de remoção de favelas. Nesse período, grande quantidade de moradores de favelas foi transferida para assentamentos distantes do núcleo, que na maioria das vezes não contava com comércio e nem com sistema de transportes coletivos que dessem boas condições de deslocamento para essas pessoas.

Apesar da recuperação econômica na década de 2000, dados divulgados pelo Censo IBGE no ano de 2010, estima que atualmente 20% da população da cidade moram em favelas, ou seja, são 1.393.314 pessoas que residem em 763 favelas do Município, sendo que aproximadamente um milhão moram em encostas, situadas em áreas com moderada à alta probabilidade de serem atingidas por movimentos de massa (deslizamentos, quedas, rolamentos e corridas) envolvendo solo, rocha, vegetação e lixo/entulho.

3.2 A política de intervenções nas encostas e mitigação do risco

A partir da década de 1960, o município, ainda estado da Guanabara, iniciou sua política de monitoramento e conservação de encostas da cidade com a criação da Geo-Rio (Instituto de Geotécnica do Município do Rio de Janeiro).

No ano de 1967, um ano após do início de observação das encostas na cidade, ocorreram novas chuvas torrenciais que castigaram a cidade, deixando um saldo de 300 mortos e 25.000 desabrigados, em decorrência de acidentes geotécnicos nas encostas. Casas e ruas foram destruídas e uma nova situação de calamidade se instalou em diversos bairros.

Não obstante as novas dificuldades imputadas por aquele trágico evento chuvoso do mês de fevereiro, ao final do ano de 1967, a Geo-Rio já havia concluído mais de 50 obras de contenção que aumentaram significativamente o nível de segurança das encostas cariocas.

Para fazer frente a este desafio, foram realizadas na cidade do Rio de Janeiro, nos últimos 40 anos, mais de 6.500 intervenções em encostas em diferentes pontos do município, com a execução de contenções de taludes em cortina ancorada, muros de arrimo em concreto armado e ciclópico, solo grampeado, muros em gabião.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI

Realização:



4. ASPECTOS DA DURABILIDADE E E VIDA ÚTIL DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

A Durabilidade foi conhecida como um conceito de desempenho desde o início da década de 80, quando o termo começou a ser utilizado em diversas normas internacionais como a ISO 6241:1984 “Performance standards in building - Principles for their preparation and factors to be considered” e a ASTM E 632 “Standard Practice for Developing Accelerated Tests to Aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials”, sendo posteriormente incorporado às normas de estruturas de concreto no Brasil pela ABNT NBR 6118:2003.

Segundo SILVA (1998), para avaliar a durabilidade das estruturas de concreto armado é essencial o conhecimento da natureza e da distribuição de poros neste material devido aos mecanismo de transporte de substâncias ao interior do concreto e as condições ambientais que definem o grau de agressividade a que estas estruturas estão expostas.

A durabilidade não se confunde com a vida útil. Esta é uma qualidade da estrutura e aquela é a quantificação desta qualidade. Um mesmo concreto em ambientes diferentes terá durabilidades diferentes e por conseguinte diferentes vidas úteis, portanto a durabilidade depende tanto da qualidade do material empregado quanto do meio na qual a estrutura estará inserida enquanto a vida útil estará relacionada ao desempenho desta estrutura frente ao meio ambiente.

5. O PROCESSO DE FORMAÇÃO DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM OBRAS DE CONTENÇÃO DE ENCOSTA

Para BRANDÃO (1998), determinadas substâncias encontradas no meio ambiente penetram na massa de concreto endurecido e, sob condições especiais de temperatura e umidade, provocam reações químicas com efeitos nocivos. Sendo o concreto, normalmente, um material com baixa resistência a esse tipo de ataque, as ações químicas acabam se tornando uma das principais causas de deterioração das estruturas.

Segundo OLIVEIRA E SOUZA (2003), os processos patológicos estão diretamente ligados ao ambiente em que as estruturas se encontram. Os resultados da pesquisa mostraram que existem diferenças significativas no desenvolvimento de patologias entre os índices medidos nas sete micro-regiões climáticas em que foi dividida a cidade do Rio de Janeiro.

Com isto, comprovou-se que as estruturas de concreto armado do município do Rio de Janeiro estão expostas a condições climáticas diferentes e a metodologia utilizada permitiu verificar, estatisticamente, a existência da influência do clima, dependendo da área do município do Rio de Janeiro em que a estrutura se encontra, na formação dos processos degenerativos do concreto armado.

As águas freáticas podem ser puras, com CO₂ dissolvido, selenitosas, magnesianas, amoniacais e com a presença de cloro. Quanto maior a presença o índice de mg/l, maior será



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI

Realização:



considerado o meio agressivo, podendo ser muito agressivo, medianamente agressivo ou não agressivo. Isto também vale para águas ácidas, cuja agressividade vai variar em função do pH da água.

Muitas cortinas ancoradas, apresentam ao longo dos anos, o crescimento de habitações a montante, cujos dejetos são infiltrados no terreno, alterando a agressividade do meio, mesmo tendo sido executadas com sistemas de proteção para meios não agressivos. Portanto podem estar sendo agredidas por meios altamente agressivos sem o devido sistema de proteção.



Foto 1: Vista da Cortina ancorada com ocupação irregular a montante

6. O LEVANTAMENTO DAS PATOLOGIAS ESTRUTURAIS EM OBRAS DE CONTENÇÃO DE ENCOSTA.

Entre os anos de 2010 e 2013, foram realizadas 51 vistorias em obras de contenção de cortina ancorada em diversas áreas da cidade do Rio de Janeiro, num total de 14.500 m² de superfície de concreto armado de obras de contenção de encosta inspecionadas.

Neste levantamento realizado, a manifestação patológica predominante foi a ocorrência de fissuras, na ordem de 0,2 a 0,4 mm de espessura, possivelmente devido a causas como deficiências na execução de cura do concreto durante o processo de execução da estrutura como também por movimentações do concreto devido a variação térmica. Essas estruturas recebem grande incidência de radiação solar devido as grandes áreas de projeção vertical construídas durante o dia e se resfriam bruscamente a noite. Constatou-se que muitas dessas fissuras foram devidas a perdas dos revestimentos em concreto ou argamassa utilizados na confecção das cabeças de proteção dos tirantes.

Para SOUZA E RIPPER (1998), as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquela que, a par das deformações muito acentuadas, mais chama a atenção



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

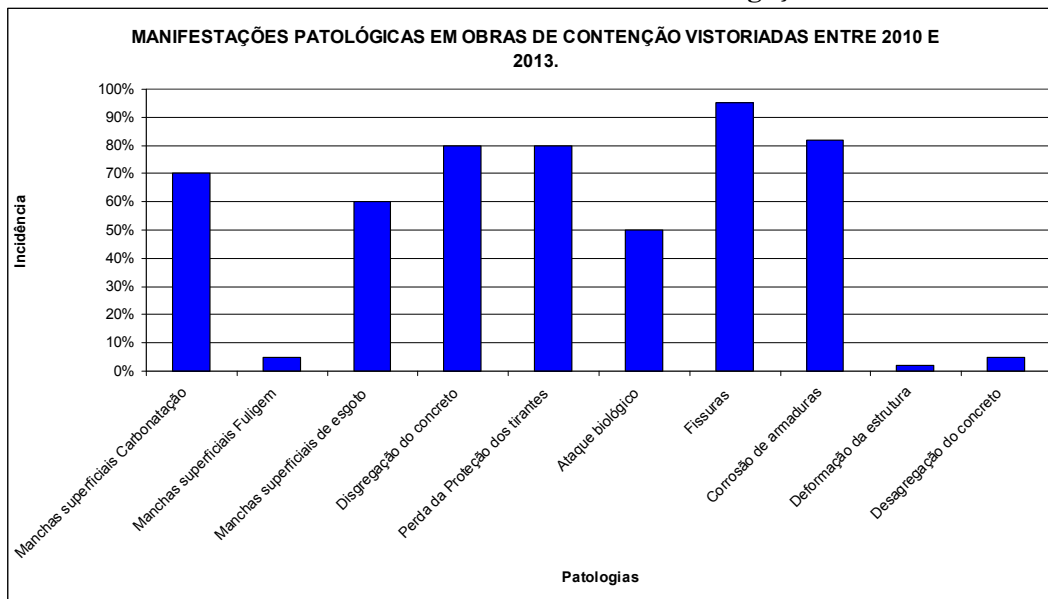
21, 22 e 23 de maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI



dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer. Isso se deve ao fato do aspecto desconfortável que se apresenta ao transeuntes e moradores que circulam ou moram próximos a estas estruturas.

Gráfico 1: Obras realizadas em 40 anos de mitigação de risco



Nas estruturas de concreto armado das obras de contenção de encosta essa percepção fica reduzida devido a menor percepção dessas patologias por leigos devido as grandes áreas dos panos de parede de concreto armado das cortinas ancoradas. A corrosão e exposição de armaduras vem em segundo lugar com 85% das obras vistoriadas contendo este tipo de patologia. Apesar da grande incidência, o percentual da superfície das cortinas com esta patologia varia de 5% e, em alguns casos, a 20% da área da superfície da obra de contenção.

Várias são as causas dessas patologias, entre as principais são o ataque de ácido sulfúrico proveniente do esgotamento sanitário das ocupações a montante das estruturas, o cobrimento deficiente à época da execução, as fissuras e trincas principalmente na região das juntas de dilatação, o ataque de cloretos nas obras de contenção litorâneas, o meio ambiente agressivo urbano e as infiltrações de água ocasionando a presença contínua de umidade.

A disgregação do concreto que ocorre em cerca de 80% das estruturas vistoriadas é um fenômeno que frequentemente observado nas estruturas de concreto armado e possui várias causas, ocorrendo em conjunto com a fissuração. Consiste na perda de massa de concreto devido a um ataque de agentes agressivos como cloretos ou ácidos sulfúricos ou regiões da estrutura com baixa resistência do concreto e ausência de cobrimento suficiente.

O ataque biológico é uma patologia que ocorre em cerca de 50% das obras de contenção vistoriadas e se dá basicamente pela perda do perfil elastomérico e da massa epoxídica das juntas de dilatação que permite assim o depósito de sementes disseminadas por animais ou



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI

Realização:



pelo intemperismo. Também contribuem as infiltrações de água e ou de esgoto que percolam pelas estruturas de concreto armado das obras de contenção em cortina ancorada, sendo esta última na produção de uma vegetação rasteira e com aspecto de mofo.

As manchas superficiais de carbonatação, infiltração de esgoto (bolor proveniente do aparecimento de fungos) e e fuligem representam 70%, 60% e 5% respectivamente das obras de contenção vistoriadas e são as patologias que negativamente impactam as estruturas pelo seu desconforto visual ao leigos que as fissuras devido a sua marcante presença e destaque visual nestas estruturas de contenção de encosta.



Fotos 1 : Vista da exposição e corrosão de armaduras na cortina na Rua Alzira Valderato no Sampaio.

7.CONCLUSÕES

Após o conhecimento das estruturas de contenção de encosta executadas em mais de 50 anos de intervenções nas encostas da cidade para mitigação de risco, se faz necessário um estudo sobre as patologias desenvolvidas nestas estruturas, compondo assim um banco de dados preferencialmente com aquelas que possuem mais de trinta anos, com mais tempo de geração de manifestações patológicas e que representam 20% das estruturas executadas.

Se faz necessário avaliar em que estágio está a vida útil destas estruturas cuja referência está numa proposta de HELENE (2001) que especifica como vida útil de projeto o tempo para ocorrência da despassivação da armadura e a vida útil de serviço a ocorrência de fissuras, manchas superficiais ou deslocamento do concreto de cobertura da armadura.

O levantamento, que se baseou na vistoria de 51 obras de contenção de encosta em cortina ancorada entre os anos de 2010 e 2013, constatou várias patologias existentes, sendo o mais significativo que pelo menos duas delas estavam presentes, principalmente a corrosão de armaduras.



VII Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas

21, 22 e 23 de
maio de 2014
RIO DE JANEIRO

COMEMORANDO 40 ANOS DA PONTE RIO NITERÓI

Realização:



Isto indica que pelo menos 95% das cortinas ancoradas vistoriadas apresentaram perda da vida útil de projeto e de serviços, o que indica que as mesmas teriam um desempenho pior caso existissem na época critérios de especificação de vida útil, que no caso se estima usualmente em 50 anos.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6181: **Ações e segurança nas estruturas Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto. Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ANDRADE, J. J. O. **Contribuição à Previsão da Vida Útil das Estruturas de Concreto Armado Atacadas pela Corrosão da Armadura: Iniciação por Cloretos**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 778 fl. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

BRANDÃO, A.M.S. **Qualidade e durabilidade das estruturas de concreto armado: aspectos relativos ao projeto**. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

DA SILVA, T. J. (2002). **Como estimar a vida útil de estruturas projetadas com critérios que visam a durabilidade**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 2. Novembro. São José dos Campos.

_____. **Predicción de la Vida Útil de Forjados Unidireccionales de Hormigón Mediante Modelos Matemáticos de Deterioro**. Catalunya: 1998. 327 fl. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universitat Politècnica de Catalunya, Espanha, 1998.

HELENE, P. **A Nova ABNT NBR 6118 e a Vida Útil das Estruturas de Concreto**. In: Seminário de Patologia das Construções, 2, 2004, Porto Alegre. Proceedings... Porto Alegre: Novos Materiais e Tecnologias Emergentes, LEME, UFRGS, 2004. v. 1. p. 1-30

_____. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB/2001**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. Novembro. São José dos Campos.

SOUZA, V. C.M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo, Ed. PINI, 1998.

TUUTTI, K. **Corrosion of steel in concrete**. Swedish Cement and Concrete Research Institute, Stockholm, 1982.