A SEGURANÇA DAS OBRAS NO BRASIL DISCUTIDA SOB DIFERENTES PONTOS DE VISTA. TRAGA O SEU.
1° CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
21 a 23 de maio de 2014 - Foz do Iguaçu - PR

REABILITAÇÃO ESTRUTURAL DE CORTINA ATIRANTADA: ESTUDO DE CASO

BOLINA, F.[1], FLORIANO, C.[2]

[1] Azambuja Engenharia e Geotecnia, Eng. Civil, Esp. em Patologia das Construções, e-mail: fabriciobolina@gmail.com
[2] Azambuja Engenharia e Geotecnia, Eng. Civil, Mestre em Geotecnia, e-mail: cleber@azambuja.com.br

RESUMO

O investimento em infraestrutura tem se ressaltado em ebuliente debate dado às circunstâncias da realidade nacional. Investimento, neste contexto, significa não apenas inaugurar novas construções, mas também restaurar as que se apresentarem com deficiência funcional. Dentre os diversos sistemas complementares que compõem uma infraestrutura rodoviária, atenção especial deve ser concedida às cortinas atirantadas. O objetivo deste trabalho é, portanto, apresentar o projeto de reabilitação estrutural da cortina atirantada do Km 35+300 da rodovia ERS-235, trecho entre as cidades de Gramado e Canela, no sul do Brasil. Dada as manifestações patológicas diagnosticadas, fez-se necessária a substituição funcional de todos os elementos estruturais constituintes do sistema, porém sem remover os elementos existentes. Este trabalho foi dividido em três partes: (a) caracterização do problema, (b) descrição do projeto e (c) considerações finais. Como consequência do estudo, concluiu-se que a alternativa tecnicamente mais aceitável e econômica foi sobrepor uma grelha atirantada, mostrando-se menos vulnerável a falhas construtivas e com uma redução de materiais de até 60% quando comparada com outras alternativas de reabilitação estrutural.

Palavras chave: ERS-235. Cortinas atirantadas. Reabilitação estrutural. Patologia das construções.

ABSTRACT

Investment in infrastructure has been emphasized in boiling debate given the circumstances of the national reality. Investment, in this context, means not only open new buildings, but also restore who present with functional disability. Among the various systems that constitute road infrastructure, particular attention should be paid to anchored walls. In this context, the aim of this paper is to present the design of structural rehabilitation of a anchored walls on Km35+300 of the ERS -235 highway, stretch between Gramado and Canela cities, in the south of Brazil. Given the pathological manifestations diagnosed, it was necessary functional replacement of all structural elements of the system, but without removing the existing elements. This work was divided into three parts: (a) characterization of the problem, (b) description of the project and (c) final considerations . As a result of the study, it was concluded that the most technically acceptable and economical alternative was to superimpose a anchored grid, being less vulnerable to failures and constructive with a reduction of up to 60 % material compared with other alternatives for structural rehabilitation.

Keywords: ERS-235. Anchored wall. Structural rehabilitation. Pathology of buildings.

1. INTRODUÇÃO

Os eventos internacionais de grande porte que o país sediará nos próximos anos, adicionados ao intenso crescimento do tráfego de veículos, das novas exigências do setor e do esperado envelhecimento das construções, trazem em evidência debates concernentes ao investimento em infraestrutura.

Entende-se por investimento neste setor não somente a ampliação e a construção de novas obras, mas também o restauro e a recuperação das obras de infraestrutura existentes que, atualmente, encontram-se em níveis acentuados de degradação ou com estanqueidade comprometida. Dentre os diversos sistemas complementares que integram uma infraestrutura rodoviária, as cortinas atirantadas são evidenciadas como alternativas de elevada frequência de aplicação.

Neste contexto foi realizada uma sequência de trabalhos, incluindo vistorias, com o intento de avaliar as condições de integridade e funcionalidade da cortina atirantada do km 35+300 da rodovia ERS-235, entre as cidades de Canela e Gramado, no Sul do Brasil, para a realização de um projeto de reabilitação estrutural do sistema de contenção. Este estudo e projeto foram realizados dentro dos termos de contrato com o Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem (DAER/RS).

Após as inspeções, evidenciou-se que a cortina em debate apresentava-se em processo acelerado de deterioração, os quais induziam a necessidade eminente de intervenção deste sistema estrutural de contenção de encostas. Ademais, verificou-se que a cortina trabalhava com fatores de segurança inferiores aos admitidos pelas normas concernentes à estabilidade de encostas.

As principais manifestações patológicas observadas na cortina atirantada em evidência foram:

a) Nos painéis de concreto armado: fissuras estruturais, deterioração das juntas entre painéis, desplacamentos, eflorescências, segregações e corrosão de armaduras;

b) Nos tirantes: ruptura por corrosão no trecho livre ou na cabeça de ancoragem devido à inadequada proteção.

Após o estudo de alternativas de reabilitação estrutural, demonstrou-se que a solução admitida com grelhas atirantadas produzia uma proposta tecnicamente bem aceita, gerando uma redução de até 60% de materiais quando comparada com outros sistemas de reforço. Cabe ressaltar que, dadas às restrições de espaço físico da obra, não foi possível o estudo comparativo contemplando a substituição mecânica desta cortina por alternativas passivas de estabilização, tais como os muros de gravidade.

Como pressuposto de projeto, consentiu-se que o sistema de reforço a ser implantado deveria ser competente o suficiente para substituir mecanicamente todos os elementos estruturais

existentes (painéis e tirantes), tornando-se infundada qualquer admissão de participação estrutural destes elementos no dimensionamento do reforço em virtude do seu estado de conservação.

Para discutir esta alternativa de reabilitação estrutural admitida para a cortina da ERS-235, o presente trabalho foi dividido em três tópicos: (1º) caracterização do problema, (2º) descrição do projeto e (3º) considerações finais. No primeiro item, é discorrida a condição dos elementos estruturais evidenciados na vistoria, bem como as circunstâncias a serem admitidas no projeto do reforço. No segundo item é apresentado o projeto de reforço propriamente dito. Finalmente, na última parte deste trabalho, justifica-se a alternativa de reforço escolhida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos últimos anos tem-se percebido o incremento do número de estruturas de concreto armado com manifestações patológicas, evidencia Helene (2007). Segundo Husni (2013), é de aceitação geral que seja qual for o tipo de construção, devem ser realizadas inspeções periódicas, com características e frequências específicas para cada tipo de obra.

Nenhum material é propriamente durável. De acordo com Metha & Monteiro (2008) as propriedades dos materiais, tais como o concreto e o aço, mudam com o tempo, devido, principalmente, às interações ambientais. Como consequência, tem-se observado que as atividades de reparo e substituição das estruturas tornou-se parte substancial do orçamento total da construção.

Este debate traz em evidência assuntos concernentes à durabilidade e vida útil das construções. Segundo Bolina *et al.* (2013), durabilidade de uma estrutura de concreto armado está relacionada com a capacidade desta estrutura em manter suas características estruturais e funcionais durante a sua vida útil estimada, nas condições de exposição para as quais foi projetada. Diante desta asserção, é possível deduzir que a durabilidade de um sistema não depende apenas da durabilidade do concreto, mas também de outras variáveis.

Conforme Woodson (2009), conhecer os princípios e procedimentos para o reparo e reabilitação das estruturas de concreto é um elemento essencial para o sucesso financeiro. A demolição e a reconstrução de uma estrutura comprometida pode ter um custo demasiadamente elevado.

Deste modo, nota-se que a abordagem do presente estudo ganha relevância em função dos crescentes problemas de degradação precoce observados nas estruturas de concreto, das novas necessidades e de novas exigências de sustentabilidade no setor da construção civil, reforçando assim uma tendência mundial no sentido de privilegiar os aspectos de projeto voltados à extensão da vida útil das estruturas de concreto (MEDEIROS *et al*., 2011).

3. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

A cortina existente refere-se a uma estrutura de contenção de greide, a qual sustenta o aterro de uma das pistas da rodovia ERS-235, no trecho que liga os municípios de Gramado e Canela, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Esta cortina apresenta uma laje em balanço, a qual integra um belvedere.

Trata-se de uma cortina com 16 painéis, totalizando 160m de extensão. Cada painel possui altura variável de 10 a 12 metros e espessura constante de 30 cm. As vinculações são constituídas por 273 tirantes monobarra com carga de trabalho projetada de 350kN. Uma vista geral da cortina em evidência é ilustrada na Figura 1 e Figura 2.



Figura 1 - Lado oeste da cortina, destacando a laje do belvedere.



Figura 2 - Lado leste da cortina, destacando os elementos de drenagem.

Esta estrutura de contenção apresenta problemas de degradação intangíveis em seus elementos de reforço (tirantes), conforme verificado em estudos pretéritos. Inicialmente, observou-se que somente 2,9% dos tirantes apresentavam-se soltos ou rompidos. Apesar do baixo percentual crítico, foi constatado que todos os tirantes apresentavam processos já iniciados de corrosão metálica.

Durante os trabalhos de diagnóstico, os capacetes de proteção foram demolidos e as cabeças dos tirantes, após analisadas, devidamente pintadas com material anticorrosivo. Esta atividade permitiu identificar as deficiências construtivas dos tirantes e realizar provas de carga para aferir o desempenho remanescente desses vínculos. Na Figura 3 e na Figura 4 são ilustradas as cabeças dos tirantes com o seu respectivo capacete removido, expondo a barra e as deficiências construtivas da mesma.



Figura 3 - Tirante com ausência do sistema de injeção terciário.



Figura 4 - Tirante com ausência do sistema de injeção terciário.

Nas inspeções realizadas *in loco* constatou-se, ademais, o crescimento de vegetação e falta de estanqueidade nas juntas de construção, além do surgimento d'água dentre as fissuras no concreto dos painéis. Na Figura 5 e Figura 6 são evidenciados alguns dos problemas patológicos referenciados.



Figura 5 - Surgimento d'água dentre fissuras em um dos painéis da cortina existente.



Figura 6 - Falta de vedação das juntas entre painéis.

Destarte, o conjunto dos processos patológicos supracitados induz a uma perda da capacidade de resistência mecânica dos elementos estruturais, comprometendo, assim, a sua segurança. Fez-se necessário, portanto, a construção de um sistema de reforço que restabelecesse os níveis de segurança mínimos e que, ademais, prolongue a vida útil do sistema de contenção.

Entretanto, tornou-se complexo estimar a efetiva contribuição mecânica da cortina existente no projeto de reforço. As manifestações patológicas observadas junto à superfície externa dos painéis existentes pressupõem também a ocorrência destes fenômenos junto ao tardoz. Esta mesma degradação funcional foi presumida para as barras (corpo) dos tirantes, onde se observou mecanismos já iniciados de corrosão junto à cabeça.

Sem o acesso aos tirantes e ao tardoz da cortina, a solução adotada foi substituir todos os elementos estruturais, porém, sem a retirada dos elementos existentes. A retirada dos tirantes ou dos painéis existentes culminaria numa instabilização de massa, com a ruína da pista de rolamento à montante e a consequente interdição da rodovia, além de comprometer a segurança dos lindeiros e usuários.

4. DESCRIÇÃO DO PROJETO

Diversas concepções de sistemas de reforço e/ou substituição estrutural foram analisados para esta cortina. O sistema tecnicamente mais viável e econômico foi o de um conjunto de grelhas de concreto armado devidamente dispostas junto à face externa dos painéis da cortina e dentre os tirantes existentes.

As vigas verticais desta grelha terão seção transversal de 40x50cm. Já as vigas horizontais devem ter seção transversal de 25x50cm. Nos nós desta grelha, tirantes novos com carga de trabalho de 350kN e inclinação de 20º foram inseridos, com o intuito de substituir completamente os tirantes existentes deflagrados em processo de corrosão. Junto à base das vigas verticais da grelha serão dispostas estacas do tipo raiz com 15 cm de diâmetro. Um detalhe típico da solução adotada para um painel é apresentado na Figura 7.

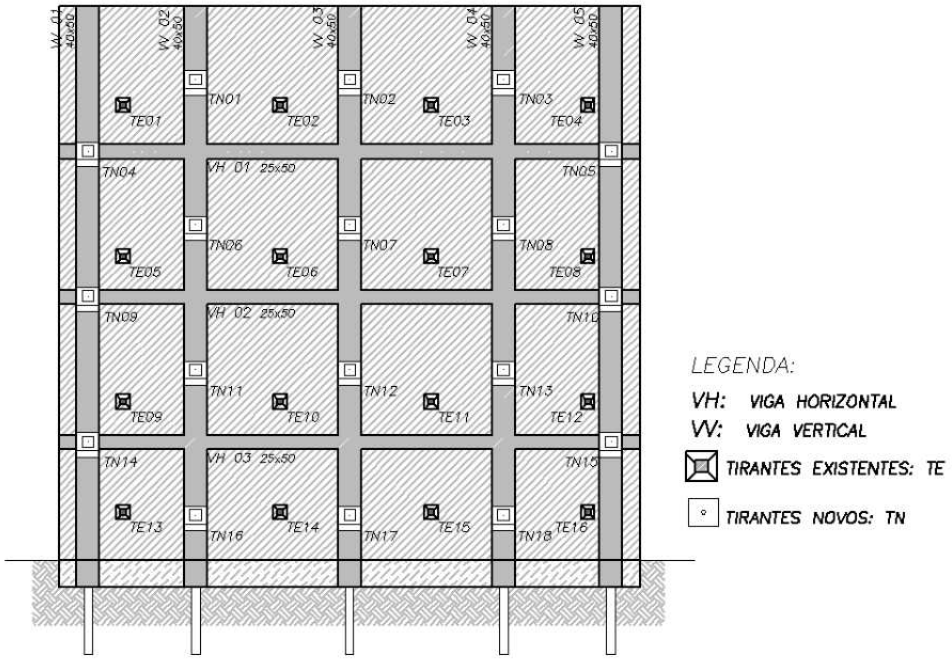


Figura 7 - Detalhe tipo da solução de reforço estrutural adotada

Junto ao extremo superior das vigas verticais da grelha, dentes de 40x50cm de seção transversal e balanço de 70cm deverão ser dispostos. Estes dentes objetivam-se em apoiar a nova laje projetada do belvedere, aliviando os esforços destas e atribuindo, assim, uma segunda funcionalidade às vigas do reforço.

Placas de pré-laje pré-moldadas de 7 cm de espessura, apresentadas na Figura 8, deverão ser previamente içadas e dispostas sobre os dentes das vigas verticais. Posteriormente, realiza-se a concretagem final, atingindo-se os então 13 cm de laje projetada. Sobre estas lajes, a reconstituição do belvedere será finalizada com a inserção de guarda-corpos metálicos.



Figura 8 - Detalhe das pré-lajes utilizadas na solução de reconstrução do belvedere.

Obras complementares de caráter secundário e cunho operacional, de uso e paisagístico foram recomendados no projeto deste ponto. Realizando-se o calçamento de uma faixa do pé da cortina, possibilita-se a criação de uma nova área de lazer. Além de valorizar o ponto turístico, este projeto facilitaria, inclusive, as atividades de manutenção futura dos novos tirantes executados. Na Figura 9 é apresentada a proposta que ilustra a área de lazer referenciada.

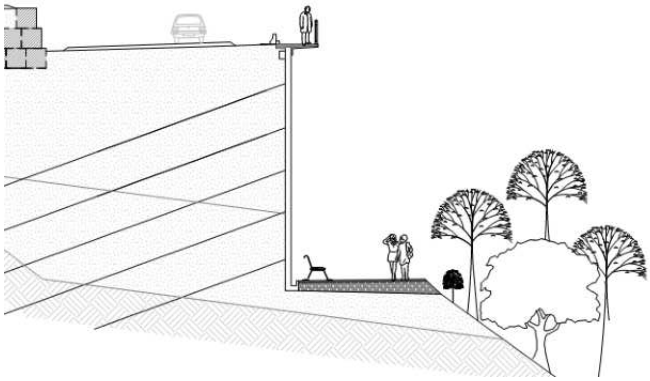


Figura 9 - Detalhe da área de lazer proposta no projeto

Além disso, junto às vigas da grelha, floreiras constituídas por placas de concreto armado poderão ser acrescidas, possibilitando o plantio de mudas e a consequente preservação do paisagístico do local, conforme se observa na Figura 10.

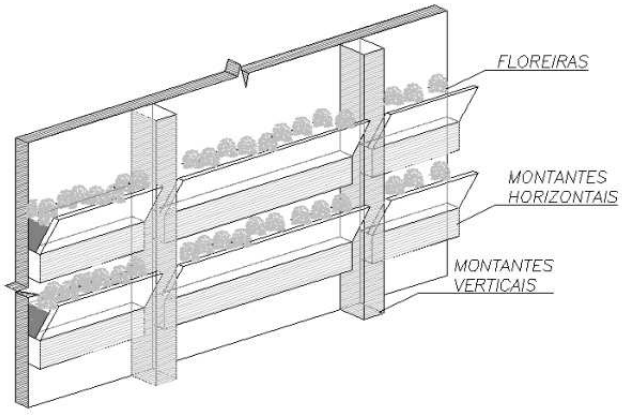


Figura 10 - Detalhe dos canteiros à serem construídos junto as vigas da grelha de reforço

Admitiu-se, no dimensionamento estrutural, que a grelha deveria ser competente o suficiente para resistir integralmente aos esforços instabilizantes da massa de solo atrás da cortina, independente do nível de deterioração da cortina existente.

As exigências mínimas de durabilidade e proteção desta estrutura de concreto armado seguiram as recomendações estabelecidas na norma ABNT NBR 6118: 2007.

No que tange a proteção anticorrosiva dos novos tirantes, seguiu-se as indicações prescritas na ABNT NBR 5629: 2006. No que concerne às atividades de manutenção destes elementos, as recomendações prescritas na ABNT NBR 11682: 2009 foram consentidas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo a magnitude e a tipologia das manifestações patológicas observadas na superfície externa dos painéis da cortina e, principalmente, nas cabeças dos tirantes existentes, se presumiu, igualmente, a ocorrência destes fenômenos junto ao tardoz dos painéis e junto ao corpo da barra metálica do tirante. Sendo assim, admitiu-se que os elementos supracitados sofreriam um contínuo decremento de sua capacidade mecânica ao longo do tempo.

Uma vez identificado que os elementos estruturais da cortina atirantada existente apresentam manifestações patológicas irremediáveis, com destaque para os tirantes protendidos, entende-se que é necessário a substituição imediata daquela obra de contenção, resguardando-se, assim, o corpo estradal da rodovia ERS-235. Para efeito de dimensionamento estrutural, qualquer sistema de reforço projetado, deve desconsiderar a estrutura existente.

Considerou-se, portanto, que o novo sistema de reforço a ser projetado para a cortina existente deve ser competente o suficiente para substituir substituí-la por completo o existente. , dado o incremento incomensurável de degradação de seus elementos constituintes.

Dentre as alternativas de reabilitação estrutural consentidas para esta cortina, evidenciou-se que o sistema com grelhas de concreto armado foi a técnica mais econômica dentre as estudadas neste trabalho. Esta solução, quando comparada com a construção de novos painéis faceando os painéis existentes, presentou-se com uma redução de 50 a 60% em quantidade de materiais.

Com esta solução conquistou-se também uma disposição de tirantes bastante circunspectas. Entendeu-se que, quanto maior a proximidade entre tirantes novos e existentes, maior seria a potencialidade de colisão dentre estes nas camadas mais profundas do solo. Além disso, com esta proposta, foi possível integrar o sistema de reforço estrutural com o sistema de manutenção e paisagístico do local, criando uma nova área de lazer, valorizando ainda mais o ponto turístico.

Assim, de modo geral, entende-se que o sucesso da recuperação e reabilitação de uma estrutura comprometida deve ser aquela que contempla não somente a funcionalidade da proposta, mas também a racionalização e a otimização das técnicas de reparo com o menor custo.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 5629: Execução de tirantes ancorados no terreno. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 11682: Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.

BOLINA, Fabricio L; CIOCCARI, Leandro; OLIVEIRA, Márcio L, TUTIKIAN, Bernardo. Revisão da durabilidade e vida útil das estruturas de concreto frente a mecanismos químicos de deterioração. In: XII CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN y XVI CONGRESSO DE CONTROL DE CALIDAD EM LA CONSTRUCCIÓN, 2013, Cartagena de Índias. **Anais...** Colômbia, 2013.

HELENE, Paulo. **Rehabilitación y Mantenimento das Estructuras de Concreto**. São Paulo: Paulo Helene & Fernanda Pereira. 2007.

HUSNI, Raúl. Raparación y refuerzo. In: HELENE, Paulo; TUTIKIAN, Bernardo. **Boletim Técnico número 2.** Mérida: Alconpat Internacional. 2013.

MEDEIROS, Márcio Henrique Farias de; ANDRADE, Jairo José de Oliveira; HELENE, Paulo. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Ipsis. 2011. V.1. Cap. 16. P.773-808.

METHA, P. Khumar; MONTEIRO, Paulo J.M. **Concreto: Microestrutura, Propriedade e Materiais.** 3. Ed. São Paulo: Ibracon, 2008.

WOODSON, R. Dodge. **Concrete Structures: Protection, Repais and Rehabilitation.** Burlington: Elsevier, 2009.