

Injeção de poliuretano expansivo para impermeabilização e reforço geotécnico em pch - região da tomada de água de alta pressão

Leandro Filgueiras¹, Larissa Xavier²

¹ Construtora Gmaia / Gerência Técnica / leandro.filegueiras@gmaia.com.br

² Construtora Gmaia / Gerência Técnica / larissa.xavier@gmaia.com.br

Resumo

Nesse case é apresentado a metodologia desenvolvida pela construtora Gmaia para impermeabilizar regiões de elevada percolação através do processo de injeção de resinas expansivas, sem a necessidade de escavações e longos cronogramas. O contrato de execução previa serviços de impermeabilização de junta construtiva, reforço geotécnico com redução da permeabilidade na laje de fundo e impermeabilização do trecho com perda de material próximo ao canal de adução por meio de injeções verticais com resina de poliuretano na tomada de água de alta pressão na PCH, localizada em Turvo, no Paraná (PR).

Palavras-chave

Tamponamento, Tulipa, Impermeabilização, Reforço.

Introdução

O método de injeção para reforço das fundações é uma alternativa às tecnologias tradicionais para a resolução de problemas devido às más características do terreno. As injeções de resina são frequentemente vantajosas em termos de custo, capacidade de invasão, rápida mobilização e duração do trabalho.

Na primeira fase da injeção, os vazios do solo são reduzidos, deslocando a água intersticial (quando presente no solo) graças à fase de expansão mecânica da formulação e posterior endurecimento *in situ* (polimerização).

As resinas de expansão mais comuns para consolidação do solo, geralmente, pertencem à família do poliuretano. O poliuretano é um polímero químico extremamente versátil e eficiente, cujo uso é amplo e variado em muitos setores da indústria contemporânea e, em particular, na construção moderna.

Para reforço de fundações, as injeções estão concentradas no volume de solo mais afetado pelas tensões induzidas, ou seja, na região de pressão descrita pela teoria de Boussinesq.

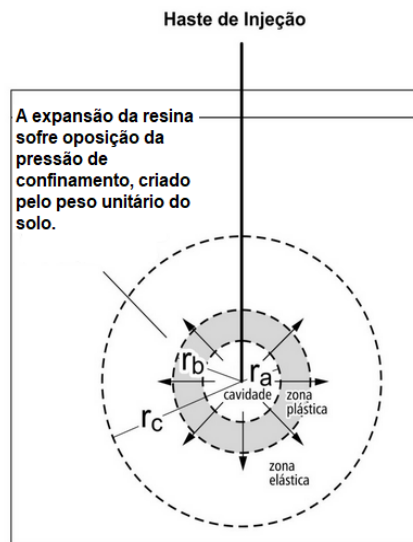


Figura 1 – Esquemático de injeção (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Após estudo visando geração de energia, houve a possibilidade de ampliação da PCH, sendo necessária a ampliação do canal antigo e alteamento do barramento. Após as atividades de ampliação, a estrutura foi submetida a teste, sendo posta em serviço com elevação do nível de água necessário para operação. Após alguns dias foi verificado recalques nas margens do canal de concreto e percolação em alguns pontos, pela lateral e na laje de fundo da estrutura de concreto.

Foi verificado que em algumas regiões, principalmente, na interface aterro x canal de concreto, havia a necessidade de maior grau de compactação e, conseqüentemente, menor permeabilidade, evitando ocorrências de percolações progressivas.

Sendo assim, foi desenvolvido projeto executivo com a finalidade de promover injeções nas regiões com menor compactação e nas interfaces laterais do canal e abaixo da laje de fundo.

Os pontos de percolação e recalque da estrutura foram verificados através de três situações:

Situação I

Junta de dilatação - foram instalados medidores de junta para verificação da dilatação dela.

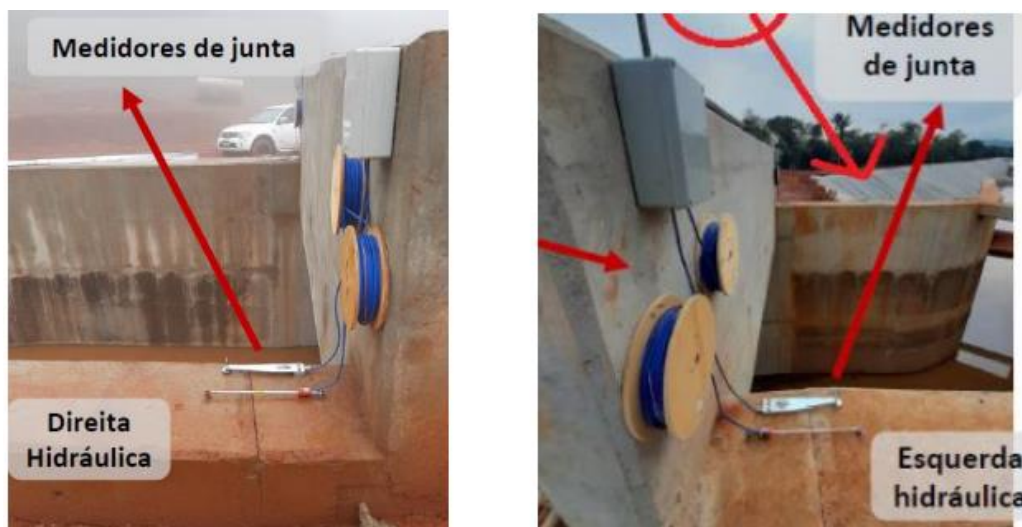


Figura 2 - Medidores de junta nas paredes da tomada de água (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Situação II

Lajes de fundo da estrutura com possibilidade de vazios



Figura 3 - Estrutura antes do início dos serviços (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Situação III

Vazios formados pelo processo de *piping* – Interação parede x aterro



Figura 4 - Estrutura antes do início dos serviços (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Foram realizados furos na laje do canal até atingir a profundidade de aproximadamente 4 metros.

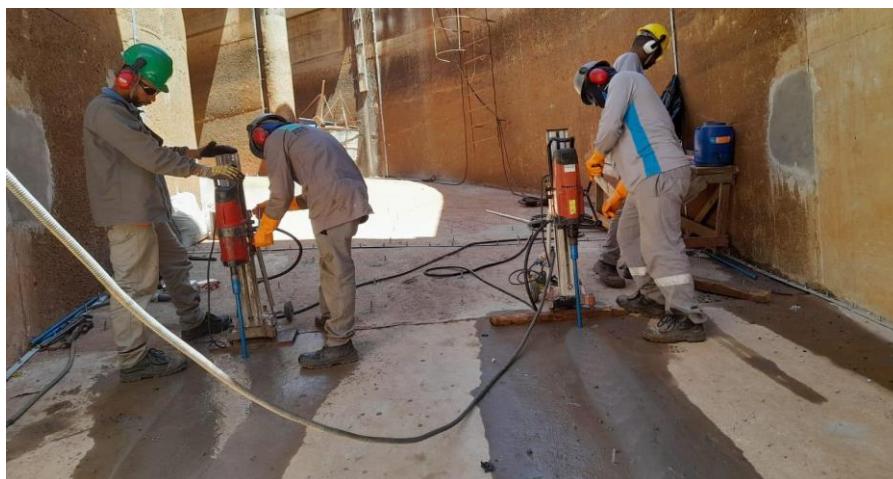


Figura 5 - Perfuração da laje do canal para instalação de bicos de injeção (Fonte: acervo digital da Gmaia)



Figura 6 – Furos de aproximadamente 4 metros na laje (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Após a instalação dos bicos foi injetada resina de poliuretano para o preenchimento dos vazios. O poliuretano forma “bulbos” de material que podem ser interligados de acordo com o espaçamento das injeções. Os materiais foram injetados sob pressão com o auxílio de bomba de injeção bicomponente e compressor de ar.



Figura 7 - Injeção de poliuretano (Fonte: acervo digital da Gmaia)



Figura 8 - Injeção de poliuretano (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Após a injeção do poliuretano, os bicos de injeção foram quebrados com o uso de marreta para garantir que o material ficasse completamente confinado no interior da estrutura. Os furos foram tamponados com a utilização de argamassa polimérica.



Figura 9 – Quebra de furos (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Furos em terreno

Na lateral do canal, na margem direita, considerado o trecho mais crítico, foram realizadas duas linhas de injeção verticais com furos espaçados de 1 metro, com tubulação de injeção mancheteada, conforme indicado na planta abaixo.

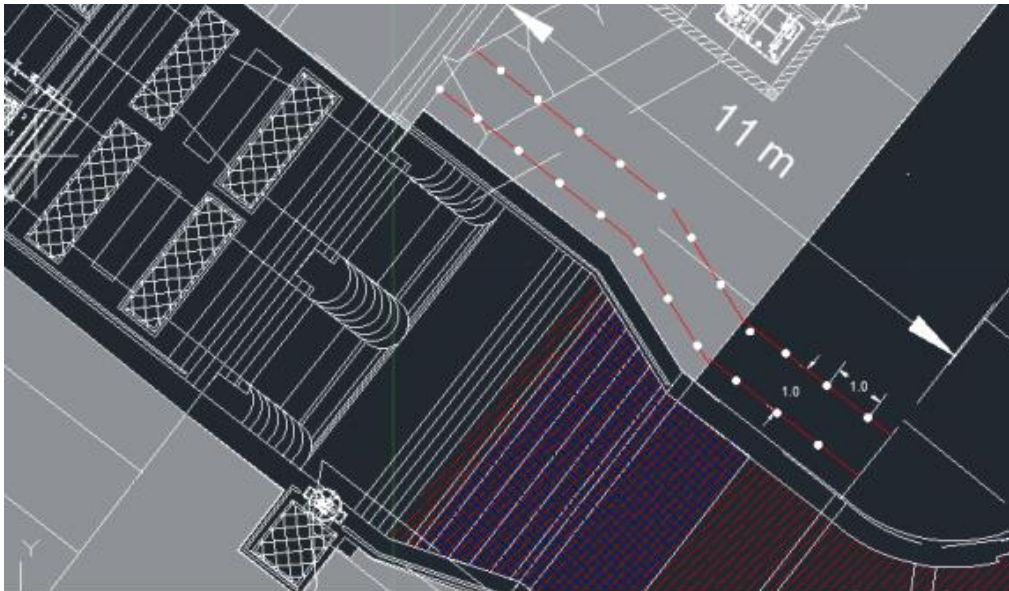


Figura 10 - Croqui da localização dos furos do terreno (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Adicionalmente, houve injeção de poliuretano no contato solo x parede do canal, com furos horizontais realizados na parede da tomada da água.

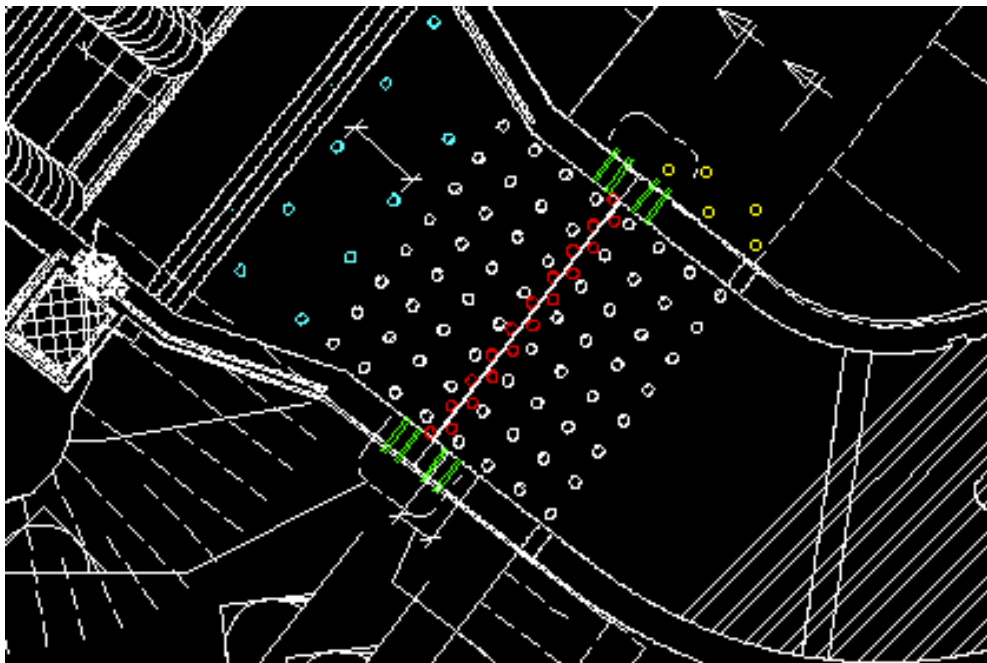


Figura 11 - Croqui da localização dos furos no terreno (Fonte: acervo digital da Gmaia)



Figura 12 - Perfuração em terreno (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Injeção de poliuretano no terreno

Para realização das injeções em campo, foram realizadas perfurações com espaçamento linear de 1 metro. Através dos furos foi inserido sistema de injeção composto por um conjunto de tubos e obturadores com manchetes espaçadas ao longo do mesmo.

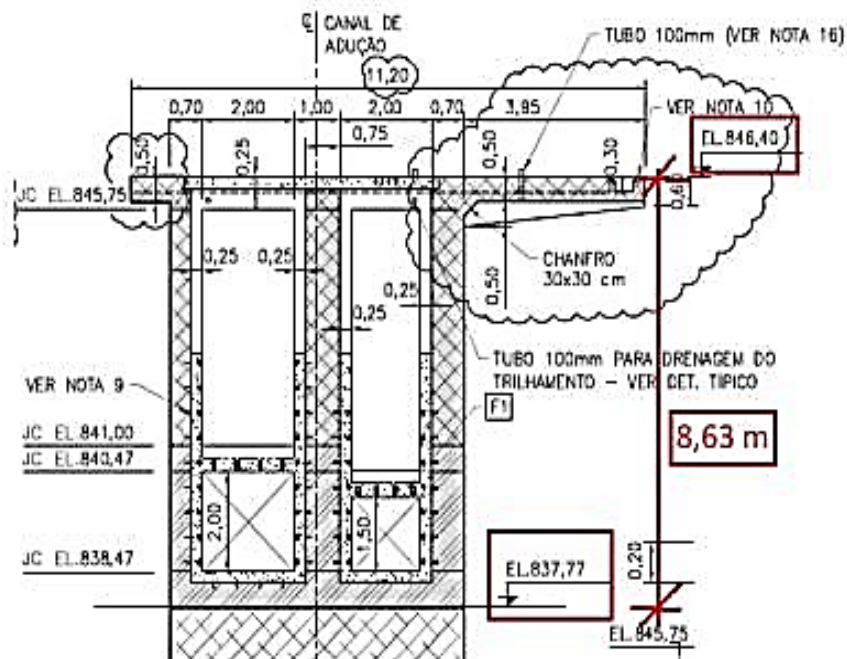


Figura 13 – Seção transversal – Espessura do solo (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Através dos furos foi inserido um sistema de injeção composto por um conjunto de tubos e obturadores com manchetes espaçadas ao longo dele. O processo de expansão da resina no solo

enquadrou-se, teoricamente, como o processo de expansão de cavidades de formato esférico (ou cilíndrico, no caso de múltiplas injeções próximas dispostas ao longo de um eixo vertical) em condições quase estáticas.

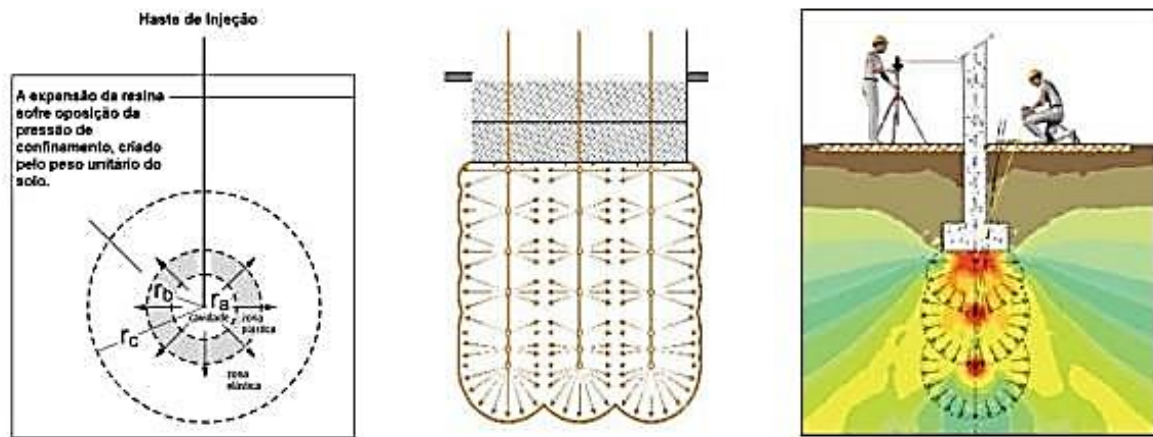
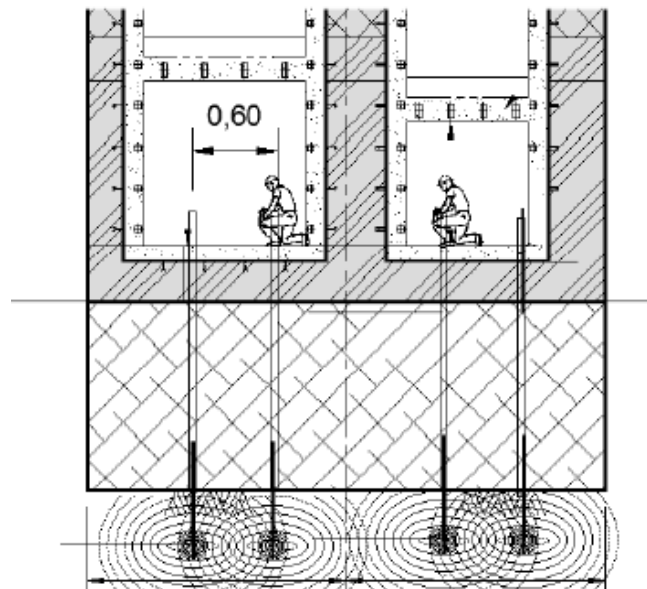


Figura 14 - Comportamento geotécnico durante a injeção de poliuretano (Fonte: acervo digital da Gmaia)



Seção transversal com injeção de poliuretano GM 400

Figura 15 - Seção transversal com injeções no fundo da laje (Fonte: acervo digital da Gmaia)



Figura 16- Injeção de poliuretano (Fonte: acervo digital da Gmaia)

Foi instalada, no encontro da estrutura antiga com a nova estrutura do canal, a junta elastomérica em conjunto com o gel acrílico, para a impermeabilização da mesma. O processo consistiu em:

- Injeção de gel acrílico;
- Abertura das juntas;
- Limpeza do local;
- Instalação da junta elastomérica.

Conclusões

Todos os serviços foram executados de acordo com as normas técnicas, sendo finalizados com prazo inferior ao previsto.

O objetivo foi alcançado em função da capacitação da equipe direta e da utilização do sistema de injeção de resinas poliméricas expansivas, desenvolvidos pela construtora Gmaia, pioneira nesse segmento na América do Sul.

As análises de estabilidades do barramento, para atender os fatores de segurança considerados, resultaram em aumento de seção transversal para cada bloco, condicionando 21 mil m³ de concreto adicionais, com peso específico mínimo de 2,3 ton/m³.

Durante a execução das atividades o histograma atingiu um pico de mão de obra composto por 350 funcionários.

Foi definido em conjunto com o contratante um plano de ação, com metodologia executiva bem discretizada, configurando um microplanejamento para cada etapa de projeto

Referências

KOLYMBAS, D., “Tunelling and Tunnel Mechanics – A rational approach to tunnelling”, Springer – Velag Berlin Heidelberg, 2005

SIA 197:REGISTERED CODE OF THE SWISS STANDARDS ASSOCIATION: Projets de tunnels – Bases générales Progettazione di gallerie – Basi generali Projektierung Tunnel – Grundlagen - Design of Tunnels

ROCHA, Hugo Cássio. “Panorama do Mercado Brasileiro de Túneis: Passado, Presente e Futuro”. Anais do 54º Congresso Brasileiro do Concreto, CBC 2012. Maceió, AL.

RZIHA F., Lehrbuch der gesamten Tunnelbaukunst, Band II (Berlin, 1872).

ZANELATO, E. A. 2003. Escavação de túneis - Métodos construtivos. 86 f. TCC (Graduação)