

RELATO DE CONCEPÇÃO ESTRUTURAL: SOLUÇÃO PARA PROLONGAMENTO DA AVENIDA FERROVIÁRIA, TRECHO SOB A BR-343, TERESINA-PI

SAVINA LAÍS SILVA NUNES^{1*}, ALISON MORAIS VELOSO²,
HUDSON CHAGAS DOS SANTOS³

¹ Acadêmica de Engenharia Civil, UNINOVAFAPI, Teresina-PI. Fone: (86) 99840-7069,
savinalais@hotmail.com

² Acadêmico de Engenharia Civil, UNINOVAFAPI, Teresina-PI. Fone: (86) 99414-3072,
alisonmoraes2010@hotmail.com

³ Doutor em Engenharia Civil, EPUSP, São Paulo-SP. Fone: (86) 99991-4491, hud_santos@yahoo.com.br

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: Este trabalho propõe-se a apresentar um relato da concepção estrutural dos vários elementos que compõem o Projeto de Estruturas da Passagem do Prolongamento da Avenida Ferroviária sob a BR-343, destacando as problemáticas que surgiram e as discussões necessárias para se obter a solução mais aprimorada possível, que se definiu pela opção da projeção de um Túnel, a ser executado pelo Método NATM, e uma Passagem Inferior. Trata-se de um estudo de caso com fundamentação teórica baseada, principalmente, na observação e participação dos processos que conceberam o referido Projeto, bem como nas informações textuais e de desenho obtidas após a concepção, pautou-se também em trabalhos científicos apresentados em Simpósios, Congressos, dentre outros eventos; monografias, artigos de Revistas Científicas que tratam da temática em questão, além da Norma de Projeto de Túnel do DER (Departamento de Estradas e Rodagem). A partir da problemática existente, foram estudadas as possibilidades para solucioná-la, e pode-se perceber que para projetar uma obra de arte como a mencionada é necessário ter bastante conhecimento da situação e extremo bom senso para se observar todos os aspectos necessários, para que os mesmos possam ser executados de maneira harmônica, de forma que o Sistema cumpra com eficiência os critérios de resistência, durabilidade, economicidade, viabilidade, segurança, dentre outros aspectos.

PALAVRAS-CHAVE: Concepção Estrutural, Solução Adequada, Túnel, Método NATM.

REPORT OF STRUCTURAL DESIGN: SOLUTION FOR EXTENSION OF FERROVIÁRIA AVENUE, ROAD UNDER BR-343, TERESINA-PI

ABSTRACT: This paper proposes to present an account of the structural design of the various elements that make up the extension of the Pass Structures Project of Railway Avenue in the BR-343, highlighting the problems that have arisen and the necessary discussions to obtain the most improved solution possible, which is defined by the option of the projection of a tunnel, to be executed by NATM method and an underpass. It is a case study with theoretical foundation based mainly on observation and participation processes designed the said Project, as well as the textual information and drawing obtained after conception, was marked also in scientific papers presented at symposia , Conferences, among other events; Monographs, Journals articles dealing with the subject in question, in addition to standard of DER Tunnel Project (Department of Highways). From the existing problems, the possibilities were studied to solve it, and it can be seen that to design a work of art as mentioned you must have enough knowledge of the situation and extreme good sense to observe all the necessary aspects to that they can be executed in a harmonious way, so that the system meets the efficiency requirements for sufficient strength, durability, economy, feasibility, safety, among other things.

KEYWORDS: Structural Design, Suitable Solution Tunnel NATM method.

INTRODUÇÃO

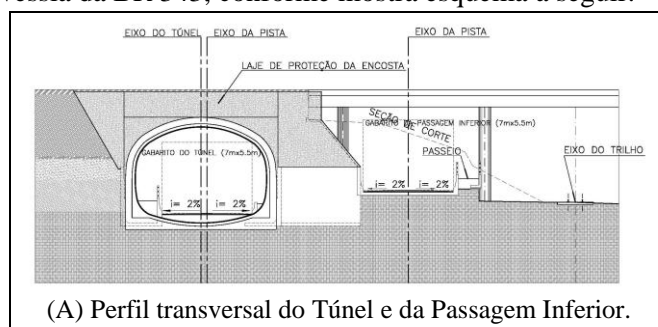
Entende-se por concepção estrutural a criação de um sistema capaz de estabelecer um arranjo adequado dos vários elementos estruturais atendendo, simultaneamente, os aspectos de segurança, economia, durabilidade e funcionalidade. A concepção estrutural depende da experiência do profissional, de seu repertório de soluções, de seu bom senso e de grande intuição. A concepção estrutural pode ser um procedimento bastante pessoal, mas cabe a discussão de ideias com outros profissionais, gerando trocas de experiências que podem contribuir para uma solução mais aprimorada. O estudo de caso apresentado, mais adiante, neste artigo comprova de maneira contundente essa afirmação. O planejamento para realização do Projeto e da futura Execução do Prolongamento da Avenida Ferroviária surgiu com o objetivo de tornar-se uma via de grande mobilidade urbana da cidade Teresina, Estado do Piauí, criando uma nova rota de integração entre os bairros de seu entorno, o novo traçado terá seu início no ponto de deflexão do segmento existente, seguindo paralelo a linha férrea existente, incluindo a passagem inferior pela BR-343/PI permitindo sua interligação à Avenida dos Expedicionários e, conseqüentemente, a Avenida Joaquim Nelson.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante a concepção desse projeto apresentou-se como maior desafio a decisão pela solução mais viável para o traçar do trecho que passa sob a Avenida Dep. Paulo Ferraz (BR-343). Na primeira concepção do Projeto Executivo da referida Avenida, com extensão de 1,00km optou-se, neste percurso para a travessia da BR 343, pela concepção de 2 túneis permitindo tanto o fluxo de ciclovias quanto o das pistas de rolamento.

É importante destacar que a realização de Estudos do Solo através de Sondagens é imprescindível para concepção de um Projeto Estrutural de uma Obra de Arte como essa. Tendo em vista este fato, de início foi realizado um furo de sondagem na base do Aterro da Ponte existente na BR-343, próximo ao final da Ponte, a poucos metros da boca do furo de sondagem, foi constatado que havia solo resistente (rocha). Com essa informação, e posterior visita ao local, surgiu a ideia da Nova Concepção Estrutural que eliminou um dos túneis (ida), substituindo por uma Passagem Inferior, esta solução visa a economicidade, viabilidade e segurança da obra, preservando os elementos estruturais da Ponte esconsa existente na BR-343, possibilitando a passagem da pista de rolamento (ida) entre os pilares da Ponte neste trecho. Com essa nova ideia de concepção, para se chegar em consenso da melhor solução a ser tomada, o Engenheiro Calculista Hudson Chagas dos Santos, da Empresa PCA ENGENHARIA Ltda., responsável pela Elaboração do Projeto Executivo Estrutural, realizou mais uma visita técnica, desta vez porém, na presença do Engenheiro Civil Marco Antônio Ayres Corrêa Lima, Secretário da SEMDUH (Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Habitação), Prefeitura Municipal de Teresina, órgão proprietário e responsável pela Obra.

Após visita ao local com o Secretário, decidiu-se de ambos os lados por uma outra alternativa de passagem para a travessia da BR 343, conforme mostra esquema a seguir.



Fonte: Projeto Estrutural – PCA ENGENHARIA

Devido ao ocorrido citado acima, nova alternativa de concepção, viu-se a necessidade de serem realizados dois outros furos de Sondagem, agora, porém, com suas cotas de bocas de furos situadas no pavimento da Rodovia (acostamento da BR-343) a 9,50m afastado da Ponte Existente. E, portanto, por se tratar de uma BR foi preciso solicitar autorização da PRF (Polícia Rodoviária Federal) para realização de tais furos.

Vale comentar que a solução estrutural escolhida foi baseada na realização de análises computacionais realizadas pelos Engenheiros Hudson Chagas dos Santos e Carlos Alberto Medeiros, através do Programa de Elementos Finitos ANSYS. Durante as discussões técnicas sobre o

comportamento estrutural surgiram várias hipóteses para estabilizar o solo sobre o Túnel e a solução em concreto armado e concreto pré-moldado, foi que se mostrou mais vantajosa, devido a sua facilidade de execução, baixo custo, menor interferência na interrupção da malha viária existente (BR-343) e, ainda, pelo fato de ser extremamente segura e econômica. Por fim, após reflexões acerca das medidas a serem determinadas para execução do túnel, chegou-se à conclusão de que a melhor opção para execução do Túnel é através do Método NATM (New Austrian Tunnelling Method).

Após definidos todos os pontos em questão, a definição final é configurada por um Túnel (volta) e uma Passagem Inferior (ida), conforme características a seguir:

- ✓ TÚNEL: Túnel em Método NATM (New Austrian Tunnelling Method - Novo Método Austríaco para Abertura de Túneis) com cambotas em aço CA-50, espaçadas de 60cm, com frente de escavação de 1,80m e Concreto Projetado com $f_{ck} \geq 35\text{MPa}$;
- ✓ PASSAGEM INFERIOR: Composta de dois Murros de Arrimo, que internamente a pista de rolamento tem característica de guarda-rodas tipo “New Jersey”, além de um passeio com guarda-corpo metálico do lado do trilho do trem.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresenta-se a seguir as características mais detalhadas da Obra e as etapas de construção a serem seguidas para adequado funcionamento desse sistema.

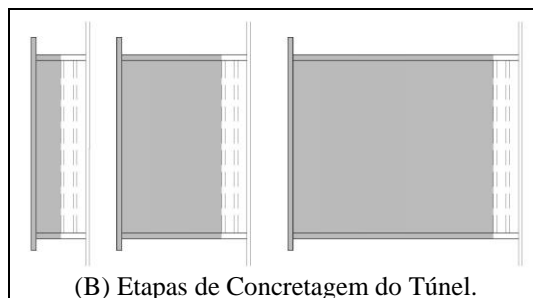
Inicialmente será necessária a execução de uma laje em concreto pré-moldado e concreto moldado *in loco* sobre o Túnel, para conferir maior resistência ao solo na região acima do Túnel. A execução dessa laje pouco irá interferir o tráfego da BR-343, pois sua execução será noturna e necessita de um prazo de apenas 4 horas após sua execução para liberação do tráfego.

O túnel projetado será executado pelo Método NATM (“New Austrian Tunnelling Method” – Novo Método de Construção Austríaco de Túnel) possui 30,00 m de comprimento e é esconso com a BR 343. A espessura do túnel é de 25 cm executado com concreto projetado (“jet-grouting”) com resistência característica do concreto de $f_{ck} \geq 35\text{ MPa}$, reforçado por cambotas espaçadas a cada 60 cm e reforçadas na extremidade com tela soldada de aço CA-50A. O túnel tipo NATM também apresenta em seu fechamento um anel de reforço com o mesmo concreto estrutural. A seção deste túnel, além de ter uma pista de rolamento dupla possui também, por critérios de acessibilidade e mobilidade, um passeio para pedestres e ciclistas.

Para Execução do Túnel deverão ser seguidas as etapas a seguir:

- ✓ Realizar procedimento de escavação do túnel com aplicação de concreto projetado para Túnel tipo NATM, conforme figura a seguir;
- ✓ Realizar escavação de 60 cm, posicionar a cambota, aplicar concreto projetado, escavar novamente 60 cm, posicionar a cambota, aplicar o concreto projetado, posicionar a malha sobre a escavação e aplicar o concreto projetado sobre a malha;
- ✓ Realizar as etapas do item anterior ao longo de todo o comprimento do túnel;
- ✓ Durante a escavação e aplicação da malha, deve-se posicionar as barras de aço (\emptyset) de espera dos guarda-rodas;
- ✓ Após a execução dos itens anteriores, realizar a concretagem dos guarda-rodas do túnel;
- ✓ Executar normalmente os procedimentos para pavimentação asfáltica.

Previu-se também, que durante a execução do Túnel é necessária a implantação de elementos estruturais chamados de enfilagem no contorno do teto de escavação do túnel, ao longo de seu comprimento. Esses elementos servem para minimizar os deslocamentos, possibilitando a escavação e obtendo-se, dessa forma, a garantia da estabilidade de teto e das paredes laterais, aumentando o tempo de auto sustentação.



Fonte: Projeto Estrutural – PCA ENGENHARIA

A via de Passagem Inferior é formada por uma seção de concreto estrutural (formato em U) apoiada diretamente sobre o solo com guarda rodas tipo “New Jersey” em ambos os lados, sendo que do lado esquerdo da via o guarda rodas também tem função de muro de arrimo. A passagem inferior projetada possui 30,00 m de comprimento e é esconsa com a BR 343, paralela ao túnel projetado. A resistência característica do concreto de $f_{ck} \geq 30$ MPa, reforçado com aço CA-50A. Ao lado da passagem inferior foi projetado também, por critérios de acessibilidade e mobilidade, um passeio para pedestres e ciclistas.

Devido a existência de taludes naturais na região a ser construído o túnel e Passagem Inferior será necessária a execução de Estruturas de Contenção, o Projeto Executivo de proteção das encostas foi projetado com a existência de muros de arrimo e placas de laje inclinada para contenção do solo. A resistência característica do concreto de $f_{ck} \geq 30$ MPa, sendo os muros de arrimo reforçado com barras de aço CA-50A e as placas de laje com tela soldada de aço CA-50A. Foi constatado um Muro de Contenção existente ao longo da interseção entre a Ponte e a Pista da BR-343, esse muro será retirado em etapas, no decorrer da implementação de um novo Muro feito de gabiões e das outras Estruturas de Contenção.

A Passagem Inferior e as Estruturas de Contenção foram projetadas para serem executadas seguindo as fases a seguir:

- ✓ Executar a laje inclinada entre o túnel e a passagem, embaixo da ponte, obedecendo a seguinte sequência: remover 1 metro do muro existente e concretar o novo muro; posicionar a madeira para conter o desabamento de terra; posicionar os ferros da laje inclinada; posicionar a forma perdida da laje inclinada e concretar;
- ✓ Repetir os procedimentos do item anterior ao longo da extensão abaixo da ponte;
- ✓ Executar o muro de arrimo e a passagem, embaixo da ponte, simultaneamente a execução das Estruturas de Contenção;
- ✓ Realizar a Execução das lajes inclinada e muro de arrimo da Estrutura de Contenção na parte de fora do túnel;
- ✓ Escavar e executar a laje inclinada na entrada e saída do túnel;
- ✓ Escavar e executar o muro de arrimo na entrada e saída do túnel.



(C) Entrada do Túnel e Saída da Pista da Passagem Inferior.



(D) Saída do Túnel e Entrada da Pista da Passagem Inferior.

Fonte: Maquete Eletrônica – PCA ENGENHARIA

CONCLUSÕES

Assim como relatado, é necessário ter discernimento e habilidade na concepção e análise estrutural, bem como um bom detalhamento de desenho técnico para que se obtenha um projeto de qualidade que contemple a melhor alternativa dos pontos de vista de durabilidade, economicidade, viabilidade e segurança, porém, ter ciência desses aspectos por si só não basta, todas essas premissas diferentes em quantidade e qualidade devem estar perfeitamente concatenadas, o que pode ser observado na solução estrutural do Projeto em Estudo, valendo lembrar, ainda, que o mesmo contempla a projeção do primeiro Túnel do município de Teresina, estado do Piauí.

REFERÊNCIAS

Santos, H. C., PCA ENGENHARIA Ltda., Desenhos Técnicos, Maquete Eletrônica e Relatório de Descrição da Elaboração do Projeto Executivo de Engenharia para Obras de prolongamento da Avenida Ferroviária, com extensão estimada de 1,00 km, em Teresina-PI, 2015.

Material fornecido no Curso realizado pelo 3º Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas – Seminário Internacional, 2012.