



ESTUDO GEOMÉTRICO DE IMPLEMENTAÇÃO E READEQUAÇÃO DE UMA PONTE SOBRE O RIO PARDO PARA DUPLICAÇÃO NO KM 158 DA BR-262 EM IBATIBA-ES

Autor: Dheyson da Silva Moraes

Orientador: MSc. José Francisco Anunciação Pinto

Curso: Engenharia Civil Período: 10º Área de Pesquisa: Pontes de concreto

Resumo: As pontes são estruturas que desempenham diversas funções sociais e econômicas de uma região. Por isso, tem-se a necessidade de que essas apresentem utilidade para todos, com isso, é importante um estudo aprofundado sobre seu comportamento mecânico, para buscar soluções rápidas, seguras e acessível. Com base nisso, foi realizado um estudo bibliográfico de campo e fotográfico onde se buscou analisar concepções geométricas de dois modelos desenvolvidos com suporte computacional, adaptadas de uma ponte já existente. As modelagens dessas duas soluções foram realizadas com auxílio do software AUTO CAD, que permitiu projetá-las geometricamente de acordo com o que prescreve os manuais de obras de arte especiais e normas vigentes que se adequam a proposta do projeto. Através do projeto também foi possível analisar e comparar os modelos propostos com o modelo já estruturado. Por fim, foi feita a demonstração desses modelos e uma abordagem sobre como seria importante torna-los possível de ser desenvolvido.

Palavras-chave: Pontes. Concreto Armado. Modelagem Computacional. Geometria.

1. INTRODUÇÃO

As pontes desempenham diversas funções sociais e econômicas para a sociedade, interligam não somente estradas, mas também pessoas e culturas. As pontes do sistema rodoviário brasileiro principalmente em rodovias federais foram projetadas e dimensionadas a muitos anos, seguindo critérios de solicitações, concepção arquitetônica e cargas moveis de tráfego da época que são crescentes a cada ano, verifica-se essa situação no município de Ibatiba-ES no km 158 da BR-262 na ponte sobre o rio pardo onde estima-se que tenha sido finalizada em 1969. Essas obras que se apresentam envelhecidas e degradadas devem ser cuidadas e regularmente inspecionadas em termos de capacidade de carga, segurança e conforto, com a realização de manutenção e melhoramentos (DNIT, 2010).

Denomina-se ponte, obras destinadas a transposição de obstáculos à continuidade do leito normal de uma via, tal como rios, braços de mar, vales profundos, etc. Quando a ponte tem por objetivo a transposição de vales, outras vias ou obstáculos não constituídos por água é denominada, viaduto (Pfeil, 1983). Segundo MARCHETTI (2008), a obra de arte pode ser dividida em três partes: a superestrutura, que corresponde a laje e as vigas; a mesoestrutura, que são os pilares, aparelho de apoio e encontros; e infraestrutura, que representa a fundação. As solicitações impostas são provocadas pelas cargas permanentes e cargas moveis. Ainda segundo MARCHETTI (2008), as cargas permanentes são representadas pelo peso próprio dos elementos estruturais que estão permanentemente fixos à estrutura da ponte, tais como, guarda-corpo, guarda rodas, defensas, passeios, pavimentação, postes de iluminação, trilhos e lastros, podendo ser ainda de dois tipos: concentradas ou distribuídas. Já as cargas móveis provem do fluxo de veículos e que consta na norma NBR 7188 (2013).

As cargas móveis são representadas pelo tráfego de veículos e pessoas que circulam na ponte. Segundo PFEIL (1983) as cargas móveis de cálculo, fixadas nas normas, não coincidem com as cargas reais que circulam nas estradas nacionais. Nas pontes rodoviárias, as cargas de cálculo segundo NBR 7188 utilizam veículos de dimensões espaciais baseadas nas normas alemãs, enquanto que as cargas reais são caminhões e carretas com dimensões e pesos fixados em uma regulamentação especificada como lei da balança.

Assim como em outras malhas rodoviárias de âmbito federal sejam elas concedidas ou não, desenvolvidas a muitos anos acompanhando o desenvolvimento econômico nacional, as obras de arte se tornaram parte fundamental de interligação para essas rodovias, porém, com o crescimento da frota de veículos com o passar dos anos e a necessidade de que essas construções se tornem não somente travessias de veículos, mas também meio de acesso a pedestres e ciclistas atendendo as questões de mobilidade e acessibilidade faz com que os modelos executados se tornem ultrapassados necessitando remodelar para atender a outros quesitos que não eram importantes na época em que foram projetadas.

O objetivo desse estudo é apresentar uma possível solução geométrica de implementação de uma nova ponte e readequação do modelo atual de uma ponte já existente, de modo que a mesma possa apresentar uma concepção que atenda aos critérios de acessibilidade e mobilidade do tráfego de uma via duplicada.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Referencial Teórico

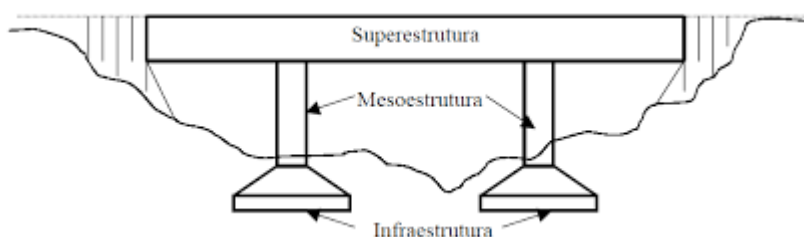
De acordo com Pfeil (1983), as pontes em concreto começaram a ser introduzidas no início do século XX, de modo que o concreto foi inicialmente utilizado para substituir a pedra na construção de arcos e, posteriormente foi utilizado para lajes de tabuleiros e pontes em vigas.

Segundo Marchetti (2008), ponte é a denominação a obra destinada a transposição de obstáculos ou a continuidade de uma via de comunicação qualquer. Os obstáculos podendo ser de diversas naturezas, como rios, braços de mar, vales profundos e outras vias.

De uma forma geral, a obra de transposição recebe especificamente a classificação de ponte quando o obstáculo a ser transposto é um rio. Já para outros obstáculos, tal como, vales ou outras vias a obra recebe o nome de viaduto. Há ainda, segundo define Marchetti (2008), casos de combinação entre dois tipos, como exemplo, ao vencer um curso d'água de grandes dimensões faz-se necessário um extenso aterro antes da travessia sobre a água. Esta parte aterrada é denominada de viaduto de acesso.

Segundo DNIT (2004), a ponte é uma estrutura construída sobre uma depressão ou uma obstrução, tais como água, rodovia ou ferrovia, que sustenta uma pista para passagem de veículos e outras cargas móveis, e que tem um vão livre, medido ao longo do eixo da rodovia, de mais de seis metros. O pontilhão é classificado como uma ponte com vão livre igual ou inferior a seis metros. Ainda segundo DNIT (2004), os elementos componentes de uma ponte são formados por três elementos básicos, sendo eles, superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, cujas características podem ser vistas como demonstra a Figura 1:

Figura 1: Divisão estrutural de uma ponte



Fonte: Mattos (2001, p.18).

Superestrutura é o componente superior da ponte, constituída do estrado e dos elementos que o suportam e todas as cargas nele aplicada. Possui como função estrutural a de transmitir cargas, ao longo dos vãos, para os apoios (MARCHETTI, 2008). De acordo com Pfeil (1983), a superestrutura é o elemento de suporte imediato do tabuleiro e é composta geralmente de lajes e vigas principais e secundárias.

Marchetti (2008) define mesoestrutura como um componente que engloba todos os elementos que suportam a superestrutura. A função da mesoestrutura é a de transmitir as cargas da superestrutura, e a sua própria carga, à infraestrutura.

Define-se mesoestrutura o elemento constituído por pilares, que transmite à infraestrutura os esforços recebidos da superestrutura juntamente com os esforços recebidos diretamente de outras forças solicitantes na ponte, tais com pressões do vento e da água em movimento (PFEIL, 1979, p.12).

Infraestrutura é o componente que assenta todo o peso da estrutura e a ação das cargas móveis no terreno natural. As fundações podem ser diretas ou profundas (MARCHETTI, 2008). Constituem a infraestrutura os blocos, as sapatas, as estacas, os tubulões, assim como, as peças de ligação e seus elementos, entre si e destes com a mesoestrutura (PFEIL, 1979).

Para Marchetti (2008), alguns requisitos devem ser atendidos por uma ponte, como funcionalidade, segurança, estética, economia e durabilidade.

Quanto à finalidade a ponte deverá satisfazer de forma perfeita as exigências de tráfego, vazão etc. Já quanto a segurança, as pontes devem ter seus materiais constituintes solicitados por esforços que neles provoquem tensões menores que as admissíveis ou que possam provocar ruptura. A estética deve apresentar aspecto agradável e se harmonizar com o ambiente em que se situa. Para se ter economia, deve-se fazer sempre um estudo comparativo de várias soluções, escolhendo-se a mais econômica, desde que atenda todos os demais requisitos da ponte, já a durabilidade de uma ponte deve atender as exigências de uso durante um certo período previsto (MARCHETTI, 2008).

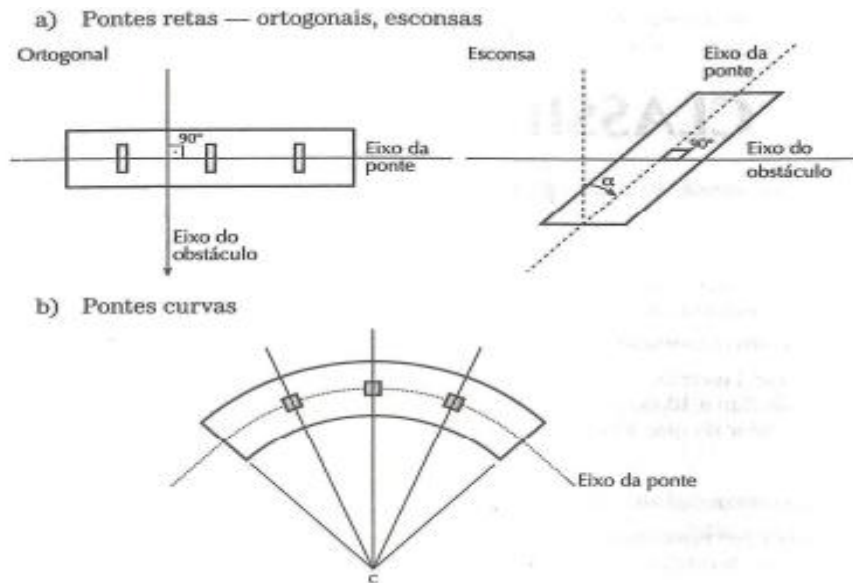
As pontes podem ser classificadas sob diversas características, dentre as mais comuns e debatidas por esse trabalho serão apresentadas a seguir.

Para Marchetti (2008), as pontes podem ser classificadas segundo a extensão do vão total, onde, para vãos de até 2 metros temos os bueiros, vãos variando de 2 a 10 metros define-se pontilhões e para vãos maiores que 10 metros temos as pontes. Outra forma de classificar as pontes segundo Marchetti (2008), é segundo a durabilidade, para pontes permanentes define-se aquelas cujas quais construídas em caráter definitivo, sendo que a durabilidade da mesma deverá atender até que forem alteradas as condições da estrada, verifica-se também as pontes provisórias que são construídas para uma duração limitada, em geral, até que se construa uma em definitivo, comumente utilizada para desvio de tráfego. Há ainda pontes desmontáveis que são construídas para uma duração limitada, sendo que diferem das provisórias por serem reaproveitáveis (MARCHETTI, 2008).

Quanto a finalidade da obra, Mattos (2001) classifica as pontes em rodoviária, ferroviária, passarela (pedestres), aeroviárias, utilitárias entre outros. Quanto ao material as pontes são construídas de madeira, pedra, concreto armado, concreto protendido e de metal (PFEIL, 1979).

Para Marchetti (2008), podemos classificar as pontes segundo o desenvolvimento planimétrico e segundo o desenvolvimento altimétrico, nas quais ao considerarmos a projeção do eixo da ponte em um plano horizontal (planta) temos segundo desenvolvimento planimétrico, já quando consideramos a projeção do eixo da ponte em plano vertical (elevação), temos segundo seu desenvolvimento altimétrico, como mostra as Figuras 2 e 3:

Figura 2: Pontes – desenvolvimento planimétrico



Fonte: Marchetti (2008, p.4)

Figura 3: Pontes – desenvolvimento Altimétrico



Fonte: Marchetti (2008, p.4).

As pontes são classificadas quase sempre pelo tipo estrutural como: em viga, pórticos, arcos, pênséis e estaiadas.

Nas pontes em vigas uma característica deste sistema é a presença de vigamentos suportando o tabuleiro, onde as vigas principais são denominadas longarinas e quase sempre são introduzidas transversinas que faz com que aumente a rigidez do conjunto. Se, a seção transversal é composta com vigas sem laje inferior, adota-se, além das transversinas nos apoios, também intermediárias, a menos que seja feita em caixão celular, pois, não seria preciso em função da grande rigidez à torção do conjunto (MATTOS, 2001).

A viga T é uma forma de seção transversal muito apropriada para concreto armado e para protensão, sendo, segundo Leonhardt (1979), a forma mais econômica de seção para pontes retas, desde que não seja exigida uma grande esbeltez. Este tipo de seção é formado basicamente de uma laje que constitui o tabuleiro da ponte e

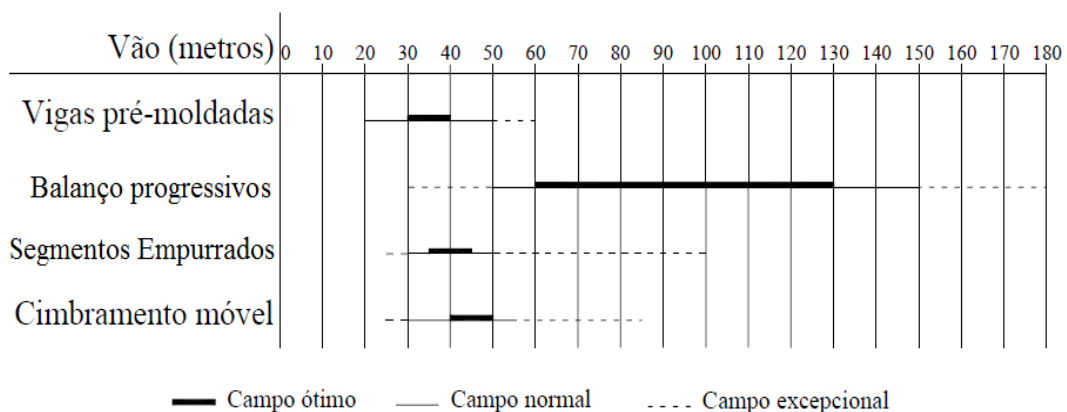
o banzo comprimido da longarina, sendo que, o banzo tracionado se concentra na parte inferior da alma. A espessura da alma se ajusta principalmente às necessidades de espaços exigidas para o banzo tracionado, onde a espessura da alma deve ser suficiente para a disposição da armadura (LEONHARDT, 1979).

Marchetti (2008), descreve que se pode classificar as pontes de acordo o tipo estático da superestrutura, podendo ser elas, isostáticas ou hiperestáticas. Há ainda, para classificar de acordo com o tipo construtivo da superestrutura, sendo: in loco, pré-moldada, em balanços sucessivos e ou aduelas ou segmentos, (MARCHETTI, 2008).

Em pontes, os processos de construção têm grande influência sobre a seção transversal que deverá ser adotada, de forma que, a escolha da seção depende do processo construtivo empregado. Este processo será influenciado por diversos fatores como: comprimento da obra, altura do escoramento, velocidade regime e profundidade do rio, além da resistência do terreno da fundação, que defini o custo da infraestrutura, e a disponibilidade de equipamentos (LEONHARDT, 1979).

Na Figura 4 a seguir é possível identificar os sistemas construtivos mais indicados para determinados vãos.

Figura 4: Relação do sistema construtivo com o tamanho do vão



Fonte: Adaptado de Mathivat (1980).

Segundo DNER (1996), nas estradas antigas, não somente em virtude do alto custo relativo das obras-de-arte especiais, mas também em decorrência de técnicas mais limitadas de construção e menores exigências de tráfego, em fluxo e velocidade, as obras-de-arte é que determinavam o traçado da rodovia. Ainda segundo DNER (1996), com a evolução das técnicas de construção, com as exigências cada vez maiores do tráfego, com a conscientização da necessidade de serem construídas obras-de-arte de boa aparência e integradas no meio ambiente, o projeto geométrico, definindo previamente o traçado da rodovia, em planta e perfil, passou a comandar os projetos de obras-de-arte especiais.

Segundo Pfeil (1979), o projeto geométrico de uma ponte é condicionado por diversos elementos geométricos. Como será descrito a seguir.

Tramo da ponte: é a parte da superestrutura situada entre dois elementos sucessivos da mesoestrutura;

Vão teórico do tramo: é a distância medida horizontalmente entre os centros de dois apoios sucessivos;

Vão livre do tramo: é a distância medida horizontalmente, entre os parâmetros de dois pilares ou pilares e encontros;

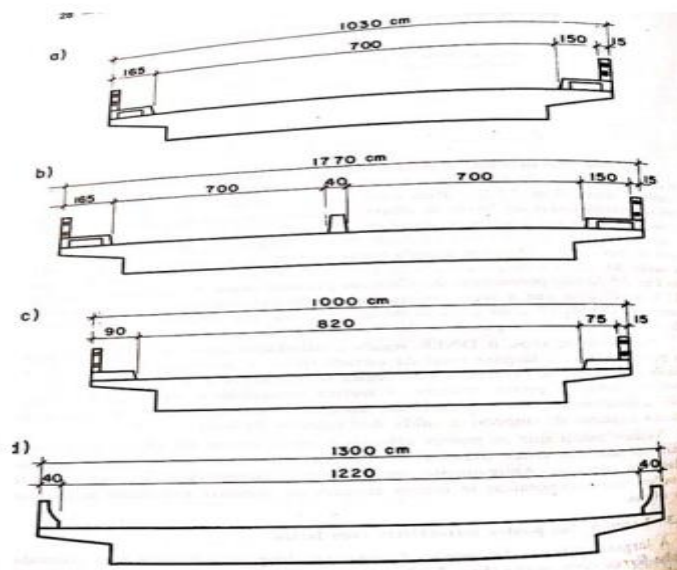
Altura da construção: em uma determinada seção é a distância medida verticalmente, entre o ponto mais alto da superfície do estrado e o ponto mais baixo da superestrutura, na seção considerada. É um elemento de grande importância no projeto de uma ponte, pois, em muitos casos, condiciona o tipo de estrutura a ser adotado;

Altura livre abaixo da ponte: em uma determinada seção é a distância, medida verticalmente, entre o ponto mais baixo da superestrutura e o ponto mais alto do obstáculo transposto pela ponte, na seção considerada. Em um rio essa altura é medida até o máximo nível da enchente; quando se tem um viaduto, a altura livre é medida até o ponto mais alto da superfície de rolamento da via;

Escondidade: quando o eixo longitudinal da ponte não forma um ângulo reto com o eixo longitudinal do obstáculo a ser transposto, diz-se que a ponte é oblíqua ou esconsa.

Largura das pontes rodoviárias: as pontes rodoviárias podem ser divididas quanto à situação geográfica em urbanas e rurais. As pontes urbanas possuem pistas de rolamento, com largura igual à da rua ou avenida onde se localizará a obra, e passeios correspondentes às calçadas da rua. As pontes rurais são construídas com a finalidade de escoar o tráfego das rodovias. As rodovias apresentam pistas de rolagem e acostamentos laterais. Os acostamentos servem a algumas finalidades, como, desvios de veículos em tráfego, parada de veículos ou trânsito de pedestres (PFEIL, 1979).

Figura 5: Elementos geométricos de uma ponte



Fonte: Pfeil (1979), pág. 28.

Gabaritos das pontes: denominam-se gabaritos os conjuntos de espaços livres que deve apresentar o projeto de uma ponte, para atender a algumas finalidades. As pontes construídas sobre rodovias devem respeitar espaços livres, necessários para o tráfego de caminhões (PFEIL, 1979).

Para Pfeil (1979), para entender melhor um projeto de pontes é importante a definição de elementos componentes das estruturas da ponte. São eles:

Lajes do tabuleiro: a função da laje é receber diretamente as cargas dos veículos que circulam no tabuleiro. Nas pontes em concreto armado e protendido, as lajes também fazem parte das vigas T, contribuindo para resistência à flexão das vigas;

Vigamento do tabuleiro: o vigamento secundário tem a função de servir de apoio às lajes, conduzindo as reações destas ao vigamento principal. O vigamento principal é

que vencerá os obstáculos do projeto e transfere as cargas dos vãos para os apoios sobre os pilares;

Pilares: os pilares recebem as cargas verticais e horizontais da superestrutura, e as transfere para as fundações, e daí para o terreno. Como a geometria da fundação em geral difere da do pilar, intercala-se um bloco de transição entre os elementos;

Passeio para pedestres: são partes do tabuleiro destinadas ao tráfego de pedestres. Têm em geral largura de 1,00 m para pontes rurais e de 1,50 m para pontes nas rodovias em áreas urbanas.

Guarda-corpos: são peças laterais de proteção aos pedestres. A altura geralmente varia de 0,75 m (áreas rurais) a 1,10 m (áreas urbanas);

Barreiras de proteção: são obstáculos, geralmente de concreto, com a finalidade de impedir a saída de veículos da pista de rolamento (PFEIL, 1979).

Ainda segundo Pfeil (1979), as principais funções dos elementos constituintes das pontes são as funções viárias, estáticas e a ligação da obra com a estrada.

Funções viárias: a função viária da ponte é, por excelência, dar continuidade à estrada na transposição de um obstáculo, sendo essa função desempenhadas pelos elementos mais ligados ao usuário, tais como: pista de rolamento, linha férrea, passeios laterais, guarda-corpo, barreiras de proteção etc.;

Funções estáticas: consiste em conduzir as cargas da posição onde elas se encontram até o solo, representadas pelos elementos estruturais da obra, como: lajes, vigas, pilares, blocos e fundações;

Ligação da obra com a estrada: é feita pelos elementos situados nas extremidades da obra, como encontros, cortinas, alas e muros (PFEIL, 1979).

2.2. Metodologia

Para a realização desse trabalho, inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre pontes para se obter maior conhecimento sobre o assunto a ser abordado.

Em seguida, será feito um levantamento de tudo a ser abordado nesse estudo e analisando manuais e projetos de pontes já realizados e por meio de levantamento fotográfico, a fim de criar uma proposta de reformulação geométrica e de readequação do modelo existente no município de Ibatiba-ES no KM158 da BR- 262, visando adaptá-la a um conceito mais moderno, que atenda não somente as necessidades dos veículos que à utilizara, mas também, os pedestres e ciclistas da região atendendo aos critérios de acessibilidade e mobilidade do tráfego, que utilizam a ponte como meio de interligação, cuja a qual, não é apropriada para esses usuários. O projeto será desenvolvido utilizando o software AUTO CAD.

Com a evolução das técnicas de construção, com as exigências cada vez maiores do tráfego, com a conscientização da necessidade de serem construídas obras-de-arte de boa aparência e integradas no meio ambiente, o projeto geométrico, definindo previamente o traçado da rodovia, em planta e perfil, passou a comandar os projetos de obras-de-arte especiais (DNER, 1996).

2.3. Discussão de Resultados

Analisando a geometria da ponte em estudo, através de medidas retiradas de sua própria estrutura que serão apresentadas a seguir, e seguindo itens que foram abordados por diversos autores anteriormente, será apresentado duas propostas geométricas arquitetônicas para a ponte atual, uma com uma única via de pedestre e ciclistas e outra com vias separadas para ambos, comparando-as com o modelo já executado, propondo de forma que a mesma esteja em conformidade com o que

prescreve os manuais de obras de arte especiais e normas vigentes que se adequam a proposta do projeto.

A ponte sobre o Rio Pardo localiza-se aproximadamente no km 158 da Br- 262 no município de Ibatiba-ES, conta com 61 metros de extensão e está posicionada sobre o rio pardo e sobre um via posicionada abaixo da ponte, durante a pesquisa é possível compreender que teve sua construção efetuada durante o período em que a Br-262 foi executada, visto que não há disponível informações para tal confirmação, porém, adotaremos como estimativa a data de execução da rodovia que se deu por volta de 1969, com o advento do desenvolvimento rodoviário nacional e a necessidade de interligar estados e cidades para o desenvolvimento econômico.

A ponte apresenta características da época, mesmo que bem desenvolvida para o período, hoje, faz-se necessário atender muito mais do que apenas as frotas de veículos que a utilizam, mais também deve acompanhar o desenvolvimento populacional do município que utilizam a ponte como meio de ligação, visto que, a rodovia “corta” o município, dividindo a cidade em dois blocos por assim dizer, o lado norte abaixo da rodovia e o lado sul acima da rodovia. Como é possível observar pela foto a seguir retirada via satélite.

Figura 6: Vista Município de Ibatiba-ES



Fonte: Google Earth (2020).

É possível visualizar na figura 6, como se dá a divisão do município feito pela rodovia federal. Já na figura 7 a seguir, será demonstrado a posição da ponte que se localiza aproximadamente no km 158 da rodovia.

Figura 7: Vista frontal: Ponte sobre o Rio Pardo em Ibatiba-ES



Fonte: Google Earth (2020).

Na figura 7 e 8 abaixo, no ponto demarcado na imagem é possível ver o formato da ponte na faixa rodoviária, onde é possível observar um estreitamento da via ocasionado pelo formato da ponte, uma vez que, a rodovia apresenta faixa de acostamento e se perde ao adentrar a ponte.

Figura 8: Vista superior: Ponte sobre o Rio Pardo em Ibatiba-ES



Fonte: Google Earth (2020).

A obra de arte, motivo desse estudo, pode ser caracterizada de acordo com as informações do levantamento bibliográfico realizado como: uma ponte em viga T, de concreto armado, sua estrutura hiperestática e tendo o tabuleiro da laje em concreto vinculado a viga T, ajudando na resistência a flexão. Como método de estudo e definição geométrica será adotado o mesmo tipo de estrutura, vãos e métodos construtivos, demonstrado nas figuras 9,10 e 11 a seguir.

Figura 9: Estrutura: Ponte sobre o Rio Pardo em Ibatiba-ES



Fonte: Acervo Próprio.

Figura 10: Estrutura: Ponte sobre o Rio Pardo em Ibatiba-ES



Fonte: Acervo Próprio.

Figura 11: Estrutura: Ponte sobre o Rio Pardo em Ibatiba-ES



Fonte: Acervo Próprio.

Continuando no objetivo central do projeto, onde, esse estudo busca sanar algumas deficiências que a ponte apresenta em seu modelo geométrico, visto que, a mesma constitui funcionalidade apenas aos utilitários da malha rodoviária, ou seja, os veículos, entre essas deficiências, duas são voltadas as questões de mobilidade e acessibilidade a pedestres e ciclistas. Com o desenvolvimento populacional natural no município, já que, o município se localiza numa região importante, nas margens de uma rodovia federal importante, mais pessoas necessitam atravessar a ponte e a utilizam para esta finalidade mesmo sem ter faixa própria a pedestres, e diariamente há um grande aumento de ciclistas, que utilizam a rodovia e consequentemente a ponte para a prática do esporte, tendo que, adentrar a rodovia correndo perigo de acidente por não haver faixa exclusiva para essas pessoas. A figura 12 abaixo demonstra essa situação, a qual, pedestres e ciclistas precisam suportar, tendo que caminhar sobre a canaleta de drenagem para transpor a ponte.

Figura 12: Pedestres em situação de perigo



Fonte: Acervo Próprio.

O manual de travessias urbanas do DNIT informa que algum tipo de passeio para pedestres deve ser incluído em pontes, viadutos, passagens inferiores e túneis, se fizerem parte de uma rota de pedestres. Em pontes e viadutos, o passeio deve ser protegido, tanto quanto possível, por barreiras e guarda-corpos. As larguras dos passeios ao longo das obras-de-arte devem ser as mesmas ou mais largas que as dos passeios com que se conectam. Em uma ponte ou viaduto, a largura livre mínima é de 1,20 m, sendo desejável 2,40 m.

Já para os ciclistas o mesmo manual explica que, ciclistas necessitam de 1,00 m de espaço operacional, para atender apenas à largura que ocupam. Uma largura total de 1,20 m. é admitida como mínima para qualquer via destinada a uso exclusivo ou preferencial de ciclistas. Quando as velocidades, os volumes de veículos motorizados e a participação de veículos comerciais aumentam, uma largura mais confortável de 1,50 m. é desejável. No que se refere especificamente à faixa percorrida pela bicicleta, quanto maior a velocidade, menos o ciclista se afasta da direção desejada. Em velocidades de 11 km/h, ou mais, um ciclista pode manter sua bicicleta dentro de uma faixa de 0,20 m. Para velocidades menores, faixas maiores são necessárias. Abaixo de 5 km/h precisa-se de 0,80 m.

Denomina-se ciclo faixa parte da pista de rolamento destinada à circulação exclusiva de bicicletas, delimitada por pintura no pavimento e sinalização específica. Essas faixas são reservadas para ciclistas ao longo de vias onde há demanda significativa. Têm como objetivo regulamentar onde os ciclistas e motoristas podem trafegar, disciplinando seus movimentos. Contribuem, também, para aumentar a capacidade das rodovias com tráfego misto de bicicletas e veículos motorizados.

Em geral, as faixas compartilhadas devem ser evitadas. Ciclistas e pedestres não são muito compatíveis. Sempre que se puder, deve-se separá-los. Se isso não for possível, deve-se aumentar a largura, sinalizar com cuidado e usar pintura de faixas para minimizar os conflitos.

A largura da faixa de rolamento de um modo geral é obtida adicionando à largura do veículo de projeto a largura de uma faixa de segurança, função da velocidade diretriz, da categoria da via e do nível de conforto que se deseja proporcionar. Larguras de faixa de 2,70 a 3,60 m. são geralmente adotadas, predominando 3,60 m na maioria das rodovias de alto padrão. Essa largura fornece os afastamentos desejados entre grandes veículos comerciais trafegando em sentidos opostos em rodovias rurais de pista simples, quando volumes elevados e altas percentagens desses veículos são esperados.

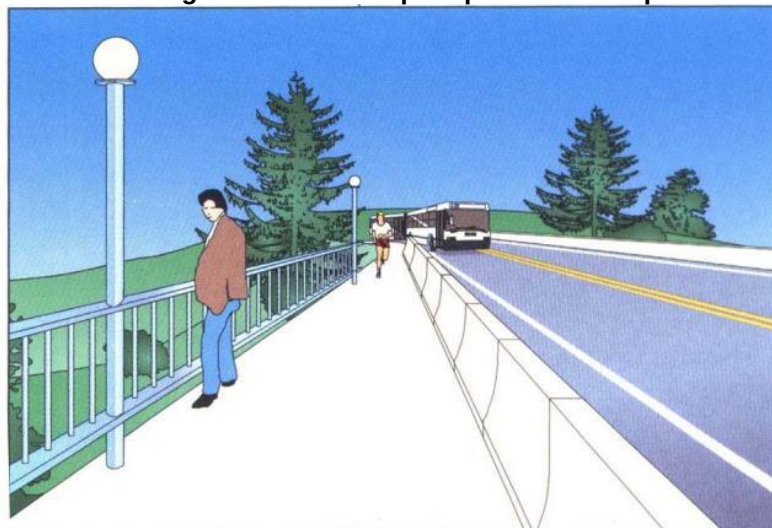
Desejavelmente, vias arteriais primárias com velocidades diretrizes da ordem de 60-80 km/h devem ter faixas com largura de 3,50 a 3,60 m. Quando as larguras de faixas são menores que 3,60 m, os motoristas são forçados a aceitar distâncias laterais entre veículos inferiores às que desejam. Com essa redução, passam a trafegar em velocidades menores. A Tabela 1 apresenta a redução da velocidade de fluxo livre em vias arteriais em função da largura média de suas faixas.

Tabela 1: Largura de faixas por categoria da via.

Categoria da via	Largura das faixas de rolamento (m)	
	Desejável	Mínimo
Vias Expressas	3,60	3,50
Vias Arteriais *		
Velocidade diretriz 60-80 km/h	3,60	3,50
Velocidade diretriz 50-60 km/h	3,50	3,30

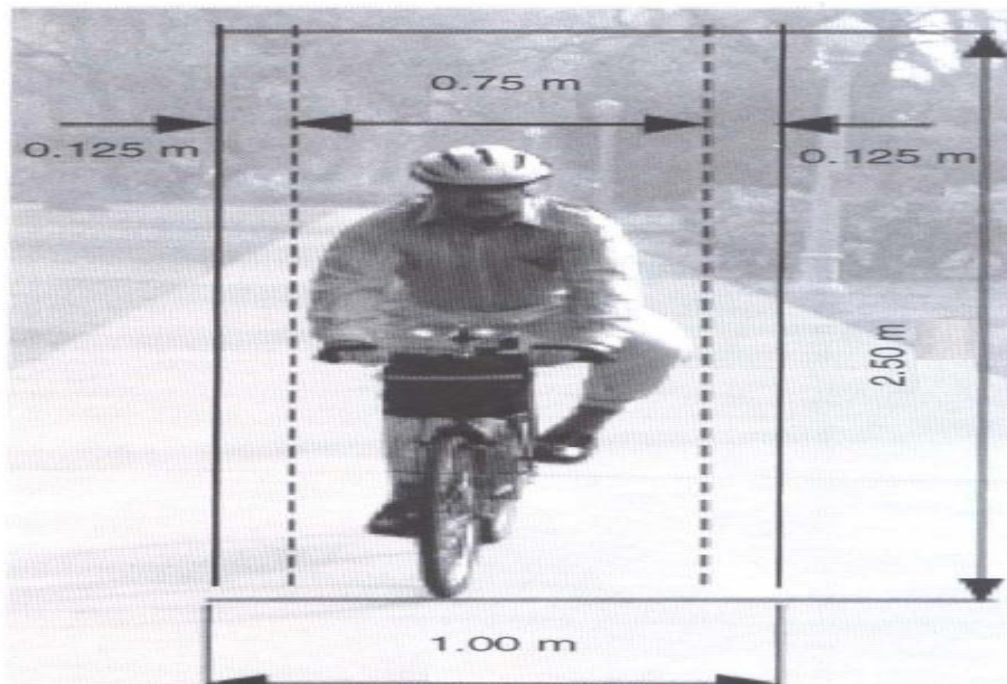
Fonte: DNIT (manual de travessias urbanas) Pg. 310.

Figura 13: Passeio para pedestres em pontes



Fonte: DNIT (manual de travessias urbanas) Pg. 106.

Figura 14: Largura de ocupação de ciclistas



Fonte: DNIT (manual de travessias urbanas) Pg. 115.

Para lajes, vigas e pilares de pontes a NBR 7187 (2003), informa que, para lajes maciças, as espessuras h das lajes que fazem parte das estruturas da referida norma devem respeitar os valores mínimos a seguir indicados:

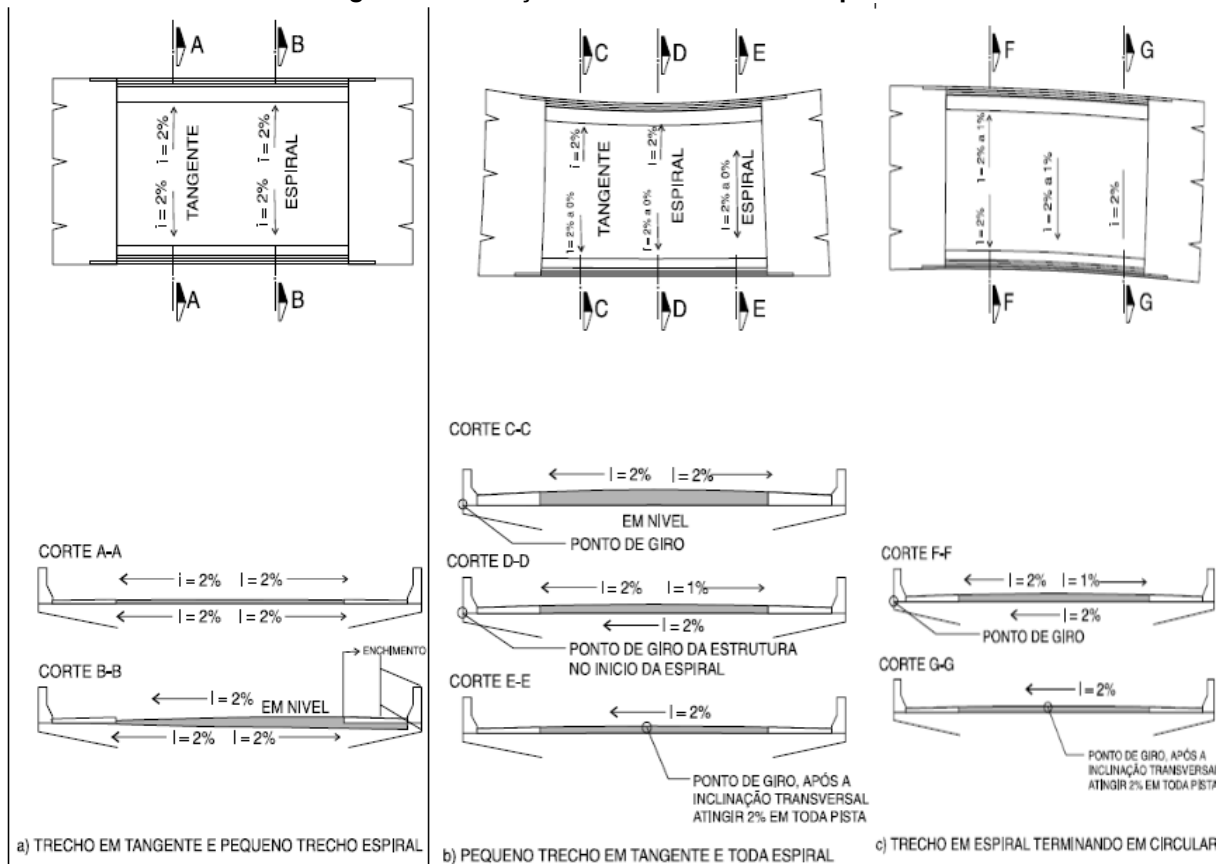
- a) lajes destinadas à passagem de tráfego ferroviário: $h \geq 20$ cm;
- b) lajes destinadas à passagem de tráfego rodoviário: $h \geq 15$ cm;
- c) demais casos: $h \geq 12$ cm.

As vigas de seção retangular e as nervuras das vigas seção T , duplo T ou celular concretadas no local, nas estruturas de que trata a norma, não devem ter largura de alma b_w menor do que 20 cm. Já em vigas industrializadas essa largura pode ser reduzida até o limite mínimo de 12 cm.

A menor dimensão transversal dos pilares maciços, nas estruturas de que trata esta norma, não deve ser inferior a 40 cm, nem a $1/25$ de sua altura livre. No caso de pilares com seção celular, a espessura das paredes não deve ser inferior a 20 cm.

As figuras a seguir representadas, resumem as características geométricas, físicas e funcionais estabelecidas pelo Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER) em seus Manuais de Projeto.

Figura 15: Rotação da estrutura – casos particulares



Fonte: DNER (1996) Pg. 19.

Seções transversais de Obras-de-Arte Especiais em princípio, a largura da seção transversal será determinada de forma a conter, em conformidade com a via projetada, e de acordo com a figura 15, e os seguintes elementos:

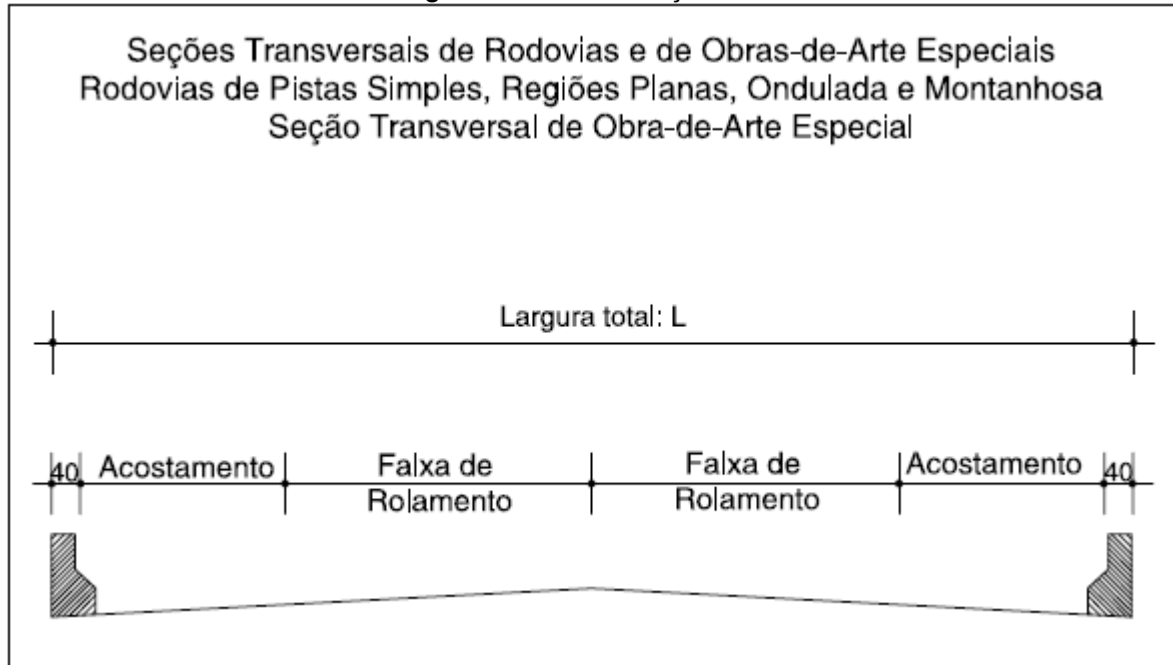
- a- Faixas de rolamento;
- b- Acostamento ou faixas de segurança;
- c- Faixa de aceleração e desaceleração;
- d- Faixa para pedestres;
- e- Faixa para ciclistas;
- f- Elementos de proteção: barreiras e guarda-corpos;
- g- Tubulações.

Do ponto de vista de drenagem do tabuleiro, as seções transversais sobre as obras-de-arte deverão ser estabelecidas, via de regra, de forma a:

- a- Não se ter declividade nula;

- b- Sempre que possível, manter-se uma única situação transversal das pistas;
- c- Observar a declividade mínima de 2 cm/m, (2%), para as pistas de rolamento.

Figura 16: Modelo Seção Transversal



Fonte: DNER (1996) Pg. 38.

Figura 17: Comparativo de dimensões

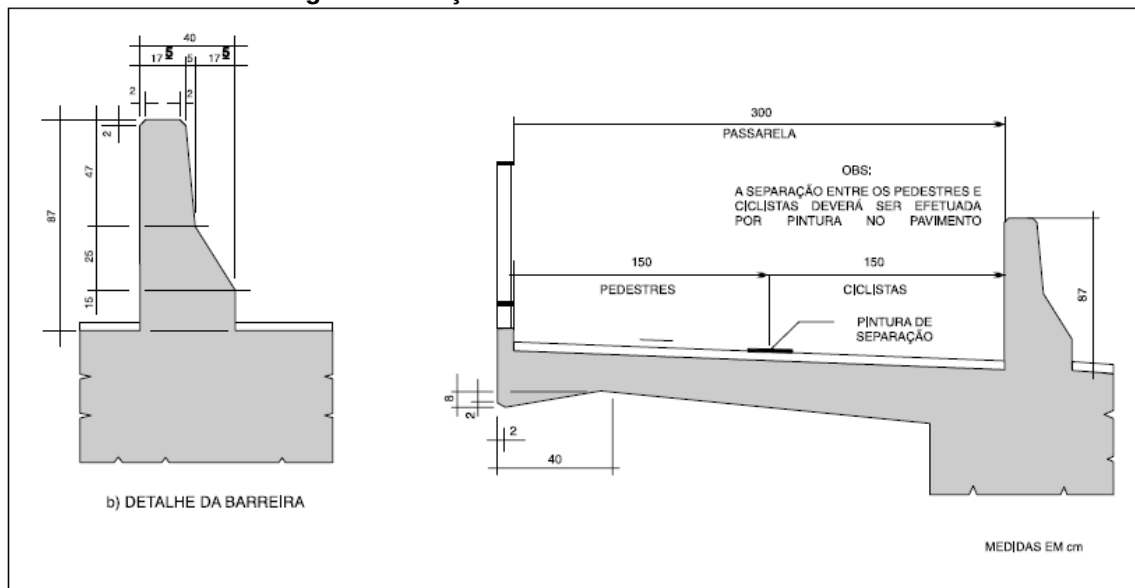
Classe de Projeto	I - B (cm)		II (cm)		III (cm)		IV (cm)	
	Rodovia	O.A.E.	Rodovia	O.A.E.	Rodovia	O.A.E.	Rodovia	O.A.E.
Elemento								
Acostamento	300/250	250	250/200	250	250/150	150	150/80	150
Faixa de Rolamento	360/350	350	360/330	350	350	350	300	300
Largura total (L)		1280		1280	1280	1080		980

Fonte: DNER (1996) Pg. 38.

Nas pontes de construção mais recentes, os guarda-corpos somente existem se houver passeios laterais; com a finalidade de assegurar uma proteção adequada a pedestres e ciclistas, os passeios laterais são colocados entre a barreira rígida de concreto e os guarda-corpos extremos. As larguras mínimas recomendáveis para passeios laterais são de 1,50 m, para passeios predominantemente de pedestres e de 3,00 m, para passeios e ciclovias em conjunto.

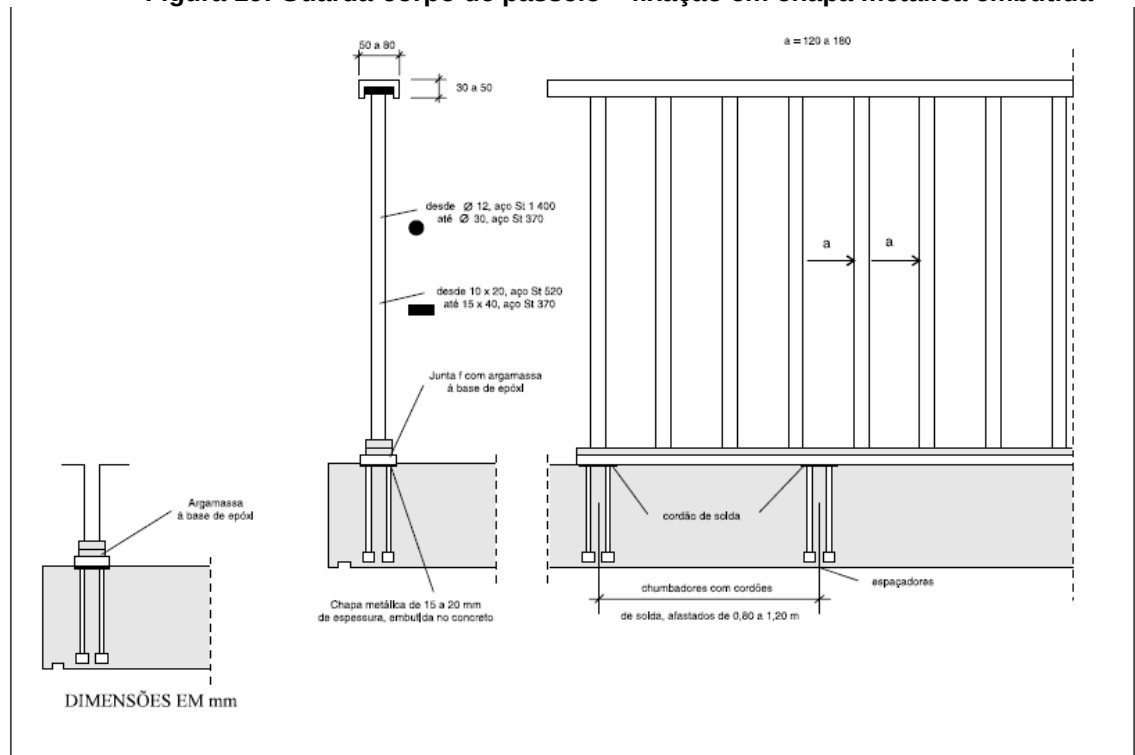
As pontes antigas do DNER eram projetadas com sistemas de proteção lateral, guarda-rodas e guarda-corpos, pouco eficazes; os guarda-rodas, na verdade simples balizadores de tráfego que também possibilitava, com grande risco, o trânsito de pedestres, e então está sendo substituídos por barreiras rígidas de concreto armado.

Figura 18: Seção Transversal faixa Auxiliar e Barreira



Fonte: DNER (1996) Pg. 46.

Figura 19: Guarda-corpo de passeio – fixação em chapa metálica embutida



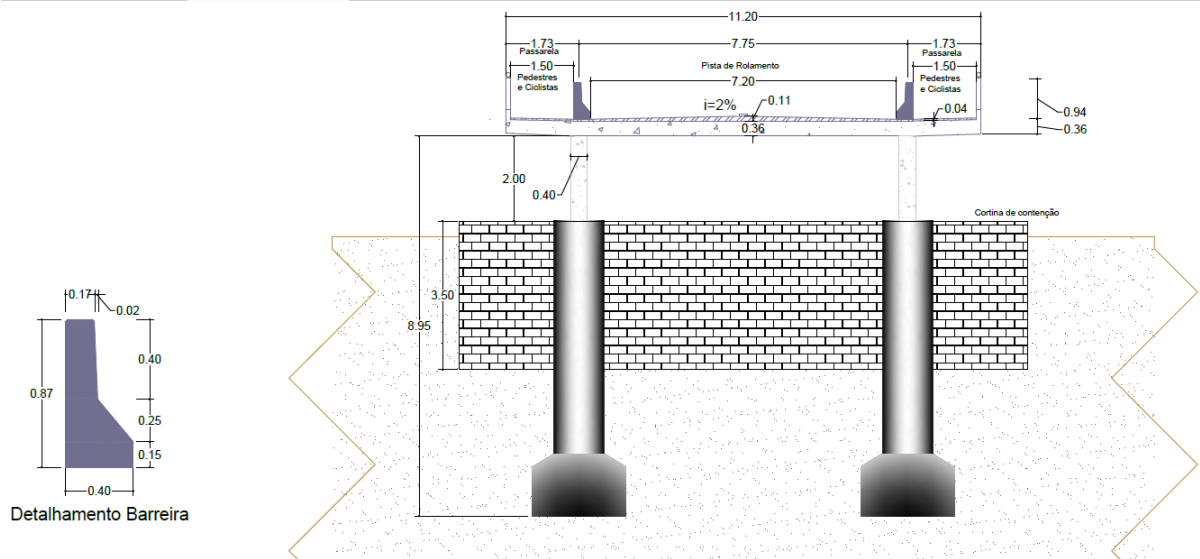
Fonte: DNER (1996) Pg. 48.

Tradicionalmente, as obras-de-arte especiais do DNER têm sido pavimentadas com concreto simples, em camada adicional à lajes estrutural; a pavimentação, inicialmente em placas isoladas de concreto com espessura variável de 10 a 15 cm para lajes de pontes com superfícies horizontais e larguras de pista de até 8,20 m, evoluiu para placa de concretagem contínua, marcada por juntas superficiais de execução posterior, de espessura constante de 7 cm, quando as superfícies das lajes estruturais possuírem uma inclinação transversal, superior, de 2%.

As figuras 20 e 21 a seguir representadas são as duas propostas geométricas para seção transversal da ponte em estudo estando as duas em conformidade com o que prescreve os manuais e normas vigentes para obras-de-arte especiais, uma com faixa conjunta de pedestre e ciclistas e outra com faixas separadas.

2.3.1. Proposta Geométrica – Modelo (A)

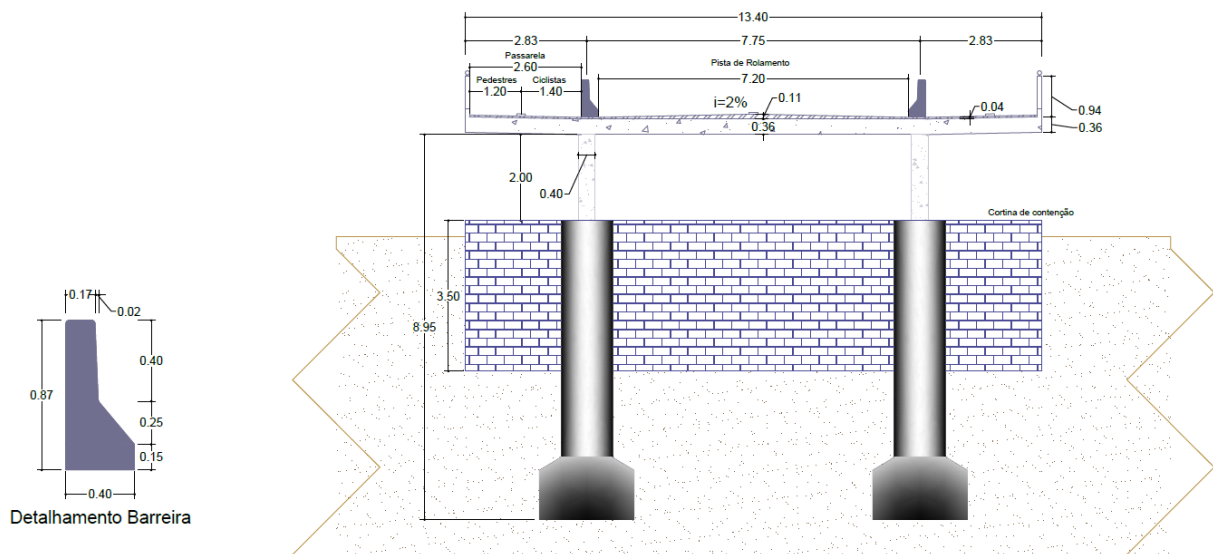
Figura 20: Proposta Geométrica Modelo (A)



Fonte: Projeto próprio.

2.3.2. Proposta Geométrica – Modelo (B)

Figura 21: Proposta Geométrica Modelo (B)



Fonte: Projeto próprio.

3.CONCLUSÃO

As pontes possuem um papel fundamental no desenvolvimento de uma região, pois através delas é que se pode transpor barreiras, conectar lugares e pessoas e para isso é necessário adequá-la ao melhor modelo possível, tornando-a segura e adequada a todos que a utilizara.

Através da utilização do software AUTO CAD realizou-se a modelagem de duas diferentes concepções geométricas da seção transversal da ponte, adaptando o modelo já existente conforme proposto. A ponte base do estudo possui seção transversal com geometria de 8,20 m de pista e guarda-rodas laterais de 0,90 m de largura, perfazendo a largura total de 10 m. A partir deste foram realizados dois modelos, denominados Modelo A, que consta com pista de rolamento e pista de pedestres e ciclistas em uma mesma faixa e Modelo B, com pista de rolamento e faixas individuais de pedestres e ciclistas, considerando esses dois modelos o mesmo sistema estrutural da modelo piloto. Tendo como resultados obtidos, a possibilidade de que há como remodelar e adequar a ponte piloto aos projetos geométricos propostos, tendo diferença apenas o alargamento da ponte em relação a via do modelo A para o modelo B, ficando a cargo de um estudo de viabilidade econômica e de segurança à qual modelo será mais viável adotar, mas, sendo esse uma ideia a ser abordada por uma outra proposta de estudo para um trabalho futuro.

4.REFERÊNCIAS

BRASIL, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes DNIT – **Manual de Projeto Geométrico de Travessias Urbanas**, 2ª Edição, Rio de Janeiro – RJ, 2010, 392p.

PFEIL, WALTER. **“Pontes em concreto armado: elementos de projeto, solicitações, superestrutura – vol.1”**. 3ª. Edição. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. Rio de Janeiro,1983;

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Editora Blucher, 2008;

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–7187 – **Projeto de Pontes de Concreto Armado e de Concreto Protendido – Procedimento**, Rio de Janeiro – RJ, 2003;

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR–7188 – **Carga Móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas**, Rio de Janeiro – RJ, 2013;

DNER, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem – **Manual de Projeto de Obras de-Arte Especiais**, Rio de Janeiro – RJ, 1996;

LEONHARDT, Fritz. **Brücken Bridges**. Stuttgart, 1982. 305 p.

MATTOS, T. S., **Programa para análise de superestruturas de pontes de concreto armado e protendido**. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

PFEIL, Walter. **Pontes em Concreto Armado**. Rio de Janeiro: LTC, 1979.