



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE ANGICOS
INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

FRANCISCA SARA VIEIRA DE MELO

**ESTUDO DAS CONDIÇÕES GERAIS DA PONTE PIQUET CARNEIRO NO
MUNICÍPIO DE ICÓ / CE – ESTUDO DE CASO**

ANGICOS-RN
2019

FRANCISCA SARA VIEIRA DE MELO

**ESTUDO DAS CONDIÇÕES GERAIS DA PONTE PIQUET CARNEIRO NO
MUNICÍPIO DE ICÓ / CE – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Campus Angicos, para obtenção do título de Bacharela em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Marcilene Vieira da Nóbrega, Dsc

ANGICOS-RN
2019

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M528e Melo, Francisca Sara Vieira de .
ESTUDO DAS CONDIÇÕES GERAIS DA PONTE PIQUET
CARNEIRO NO MUNICÍPIO DE ICÓ / CE - ESTUDO DE CASO
/ Francisca Sara Vieira de Melo. - 2019.
65 f. : il.

Orientadora: Marcilene Vieia da Nóbrega.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2018.

1. Manifestações Patológicas. 2.
Concreto armado. 3. Pontes. I. Nóbrega,
Marcilene vieira da orient. II.
Título.

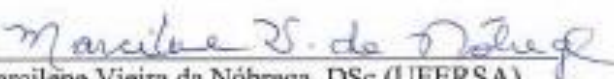
FRANCISCA SARA VIEIRA DE MELO

**ESTUDO DAS CONDIÇÕES GERAIS DA PONTE PIQUET CARNEIRO NO
MUNICÍPIO DE ICÓ / CE – ESTUDO DE CASO**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semiárido como
requisito para obtenção do título de
Bacharela em Ciência e Tecnologia.

Aprovado em: 27 / 02 / 2019.

BANCA EXAMINADORA


Marcilene Vieira da Nóbrega, DSc (UFERSA)
Presidente


Joselito Medeiros de Freitas Cavalcante, DSc (UFERSA)
Membro Examinador


Sara de Oliveira Marques Luna, Engenheira Civil (UFERSA)
Membro Examinadora

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pelo dom da vida e pela força e coragem durante toda esta caminhada até aqui.

A minha professora orientadora Professora DSc. Marcilene Vieira da Nóbrega, por toda paciência, disponibilidade de tempo, dedicação, sempre muito dedicada e compreensiva. Pela sua entrega a esse trabalho, sem sua ajuda não seria capaz de desenvolver esse trabalho. Quero agradecer ainda pela sua entrega a esse trabalho, por toda a segurança que me passou nos momentos mais difíceis e por me fazer acreditar no meu potencial. Gratidão por ter sido luz nessa fase.

A todos da minha família que, de alguma forma, incentivaram-me na constante busca pelo conhecimento. Em especial aos meus pais, Vânia, Thico e Esmeralda pelo amor, incentivo e apoio incondicional, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida. Aos meus avós Lozinha, Valmiro, Dedé e Marilene, pela ajuda, confiança que sempre me deram durante toda a minha jornada. Agradeço também aos meus tios Lida, Mairla, Nara e Natanael e aos meus padrinhos Dedé e Vilene, pela força, motivação e conselhos que sem dúvidas foram e serão imprescindíveis para minha vida pessoal e profissional.

Quero agradecer, muito, a uma pessoa em especial, Júnior Gomes, meu namorado, companheiro e amigo para todas as horas. Júnior, você sabe tudo que foi passado nesses quase três anos da minha graduação. Sabe das coisas boas e ruins, dos choros, desesperos de cada lágrima derramada, obrigada por sempre me apoiar e mostrar o meu potencial, obrigada por ser minha família, nessa cidade, obrigada por jamais sair do meu lado em circunstância alguma.

Quero agradecer aos meus irmãos, de sangue Rafael, Amanda, Yasminne e Analia e as que eu resolvi escolher como irmãs Lorena e Ingrid, obrigada por todo companheirismo, confiança e motivação. Agradeço também aos meus primos Yuri, Ana Liz, Vinicius, minhas Ana's, Bianca e Leticia por fazerem parte da minha jornada e sempre alegrarem minhas férias. Obrigada por serem a melhor família que eu podia ter.

Agradeço a todos os amigos que fiz no decorrer deste curso, especialmente a minha galera, Geovana por ter me ajudado muito, tanto na parte emocional quanto nesse trabalho, Tereza por

me aguentar desde os melhores dias até os piores, a minha amiga e duplinha do primeiro período Mayra por ser sempre tão companheira mesmo de longe, a meu melhor amigo Wesley por escutar sempre meus choros mesmo passando por situação piores, e não podia esquecer do meu amigo mais calmo que foi embora e quase que esqueceu de mim, mas foi uma peça essencial até aqui ” calma minha amiga”, a Jomário por sua essência, a Belinha por ter entrado na minha vida e ter as melhores palavras sempre, aos meus amigos que não citei aqui, agradeço muito ao nosso grupo de estudo pelas trocas de conhecimento e a construção de um grande laço de amizade no decorrer do curso motivação e conselhos que sem dúvidas foram e serão imprescindíveis para minha vida pessoal e profissional.

Quero agradecer a galera da República Center por terem me acolhido tão bem, e em especial a dupla Lúdia e Thalia. Sem esquecer de onde vim quero agradecer as minhas amigas de infância, que fazem parte do meu grupo mais antigo e mais verdadeiro, JeM da infância para vida, obrigada por permanecerem mesmo com tamanha distância, e agradeço a minha pequena amiga Gabriela por ter se tornado tão presente atualmente na minha vida, e a minha amiga Debora mesmo hoje com nosso distanciamento, tem uma parcela importante na minha vida.

Ao DNOCS, pela atenção e disponibilidade em ajudar, disponibilizando o boletim de inspetoria de secas, da ponte e esclarecendo quando possível às dúvidas que foram surgindo.

E a todos os mestres e engenheiros que me ensinaram, incentivaram e ajudaram, contribuindo assim para o meu crescimento.

*“Sonhos determinam o que você quer. Ação
determina o que você conquista”*

Aldo Novak

*“Vencer na vida é transformar sofrimento em
aprendizagem e nunca desistir por maiores
que sejam as quedas. ”*

Autor desconhecido

RESUMO

As pontes são estruturas que surgiram à medida que as populações foram sentindo necessidade de interligar pontos distintos por estruturas seguras. As pontes de concreto armado ganharam espaço na construção civil por possuir boa resistência à compressão e terem um tempo de vida útil considerável. Entretanto, para manter sua durabilidade a mesma deve ser submetida a manutenção e acompanhamento de suas condições gerais. Tendo em vista a importância deste acompanhamento, o presente trabalho teve como objetivo principal realizar um levantamento das condições gerais da Ponte Piquet Carneiro localizada no município de Icó/CE. Neste estudo foi realizado o levantamento do histórico construtivo da ponte juntamente com a verificação da incidência de possíveis manifestações patológicas. Para realização do trabalho foi utilizado, no levantamento do histórico construtivo, o boletim da inspetoria disponibilizado pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS) na época da construção da ponte e para o levantamento das condições gerais utilizou-se de visitas “*in loco*”, com realização de registros fotográficos. Foi possível observar que a ponte se encontra deteriorada, apresentando diversas manifestações patológicas principalmente na superestrutura. No entanto, considerando o tempo de uso da mesma (quase 80 anos) e que a mesma nunca passou por uma manutenção mais rigorosa, o estado geral da ponte pode ser considerado satisfatório.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas. Concreto Armado. Pontes.

ABSTRACT

The bridges are structures that appeared as the populations went feeling need to interconnect different points for safe structures. The bridges of reinforced concrete won space in the building site for possessing good resistance to the compression and they have a time of considerable useful life. However, to maintain its durability the same it should be submitted the maintenance and attendance of their general conditions. Tends in view the importance of this attendance, this research had as main objective to accomplish a rising of Ponte Piquet Carneiro general conditions located in the municipal district of Icó /CE. In this study it was accomplished to the rising of the constructive report of the bridge together with the verification of the incidence of possible pathological manifestations. For accomplishment of the work it was used, in the rising of the constructive report, the bulletin of the inspetoria made available by the "*Departamento Nacional de Obras Contra a Seca*" (DNOCS) them at that time of the construction of the bridge and for the rising of the general conditions it was used of visits at the local with accomplishment of photographic registrations. It was possible to observe that the bridge is deteriorated, presenting several pathological manifestations mainly in the superstructure. However, considering the time of use of the same (almost 70 years) and that the same never went by a more rigorous maintenance, the general state of the bridge can be considered good.

Keywords: Pathological Manifestations. reinforced concrete. Bridges.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Elementos estruturais de uma ponte.....	19
Figura 2 – Ponte tipo Bueiro	20
Figura 3 – Ponte tipo Pontilhão	21
Figura 4 – Ponte Ernesto Donelles	21
Figura 5 – Pontes retas (a). Ortogonais (a1) e esconsas (a2). Pontes curvas (b).....	22
Figura 6 – (a) Pontes horizontais ou nível. (b) Pontes em rampa: retilíneas e curvilíneas respectivamente.....	23
Figura 7 – Tipos estruturais de ponte.....	24
Figura 8 – Tipos de pontes classificadas de acordo com a mobilidade dos tramos	26
Figura 9 – Tipos de tabuleiros. (a) tabuleiro inferior. (b) tabuleiro intermediário. (c) tabuleiro superior	27
Figura 10 – Elementos constituintes da seção transversal da superestrutura	28
Figura 11 – Elementos constituintes da super, meso e infraestrutura.....	31
Figura 12 – Altura de construção e gabarito da estrutura.	32
Figura 13 – Ilustração da esconsidade à direita (a) ou à esquerda (b). A esconsidade é o ângulo	33
Figura 14 – Fissuras devido à retração do concreto	36
Figura 15 – Localização da BR-404	46
Figura 16 – Parte construtiva da Ponte (a) Encontro da margem esquerda (b) Encontro da margem direita, vendo-se equipamentos para auxílio da construção.....	48
Figura 17 - Construção dos arcos (a) andaime para escoramento do arco central; (b) Aspecto da construção depois de terminada a concretagem dos arcos da margem esquerda	49
Figura 18 - Vista da ponte concluída (a) no ano de 1939; (b) no ano de 2019.	51
Figura 19 - Vista da jusante na margem direita concluída (a) no ano de 1939; (b) no ano de 2019.....	52
Figura 20 – Vista da ponte concluída, colhida do encontro da margem direita (a) no ano de 1939; (b) no ano de 2019.	53
Figura 21 -Detalhe dos guarda corpos deteriorados	54
Figura 22 -Detalhe dos pilares.....	55
Figura 23 -Pista de rolamento apresentando irregularidades nas condições do asfalto.....	56
Figura 24 - Detalhe das juntas de dilatação.....	57
Figura 25 - Detalhes da pingadeira	57

Figura 26- Exposição da armadura presente na superestrutura	58
Figura 27- Manifestações patológicas do tipo eflorescência e manchas	59
Figura 28- corrosão das armaduras presente nos pilares.....	59
Figura 29- Desplacamento do concreto	60
Figura 30- Efeito da eflorescência e das manchas no pilar	60
Figura 31- Estacas da infraestrutura	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIS	Boletim de Inspeção de Secas
CE	Ceará
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra as Secas
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
RN	Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 JUSTIFICATIVA	16
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE PONTES	18
3.2 PONTES	18
3.2.1 Definição	18
3.2.2 Classificação	20
3.2.2.1 Quanto a extensão do vão	20
3.2.2.2 Quanto a durabilidade	21
3.2.2.3 Quanto a natureza do tráfego	22
3.2.2.4 Quanto ao desenvolvimento planimétrico e altimétrico	22
3.2.2.5 Quanto ao sistema estrutural da superestrutura	23
3.2.2.6 Quanto ao material da superestrutura	25
3.2.2.7 Quanto ao tipo estático da superestrutura	25
3.2.2.8 Quanto ao tipo construtivo da superestrutura	25
3.2.2.9 Quanto a mobilidade dos tramos	25
3.2.2.9 Quanto a posição do tabuleiro	27
3.2.2 Elementos Constituintes das Pontes	27
3.3.2.1 Elementos constituintes da superestrutura	28
3.3.2.1 Elementos constituintes da mesoestrutura	30
2.3.2.1 Elementos constituintes da infraestrutura	31
3.3 PONTE DE CONCRETO ARMADO	33
3.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES	34
3.4.1 Fissuras	35
3.4.2 Desgaste superficial	36
3.4.3 Pipocamento	36
3.4.4 Manchas	36
3.4.5 Ninhos	37
3.4.6 Desagregação	37

3.4.7 Corrosão	37
3.4.9 Eflorescência.....	38
3.4.10 Desplacamento do concreto.....	38
3.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO – ESTADO DA ARTE	40
4 MATERIAIS E MÉTODOS	46
4.1 LOCAL DA PESQUISA.....	46'
4.2 LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO CONSTRUTIVO DA PONTE PIQUET CARNEIRO	46
4.3 LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATILÓGICAS	46
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
5.1 LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO CONSTRUTIVO DA PONTE.....	47
5.2 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES GERAIS.....	54
5.2.2 Manifestações patológicas presentes na mesoestrutura	59
5.2.3 Manifestações patológicas presentes na infraestrutura	61
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios, o homem objetiva chegar onde antes ninguém havia chegado tentando interligar diferentes destinos independentemente dos obstáculos transpostos, como mares, rios e até vales profundos. Então conforme as necessidades foram projetadas estruturas bem seguras tanto para quem utiliza essas obras, quanto para aqueles que venham a residir perto delas.

No território brasileiro o transporte de mercadorias na maior parte das vezes ocorre através de rodovias. Em função disso as vias rodoviárias têm valor importante na economia nacional. Nesse contexto, as pontes rodoviárias têm sua função quando interligam os trechos e regiões exigem um olhar singular, desde a concepção do projeto até sua fase de utilização.

As pontes são estruturas que dão continuidade a uma via de comunicabilidade qualquer que compreende um fluxo de veículos e visam a transposição de obstáculos naturais ou já criados pelo homem que podem ser: rios, braços de mar, vales profundos, outras vias entre outros. Quando esse obstáculo for um rio considera-se ponte e quando este por sua vez for um vale ou outra via é denominado viaduto. Levando em consideração os aspectos estruturais, as pontes podem ser subdivididas nos seguintes elementos: infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura e seus principais requisitos são funcionalidade, segurança, estética, economia e durabilidade. (MARCHETTI, 2017).

As pontes se classificam, de acordo com os materiais utilizados na sua construção. Cabe destacar que cada tipo de ponte possui suas particularidades, pois cada material tem suas propriedades características. Por consequência têm-se na ordem temporal, segundo Leonhardt (2013), os seguintes tipos de pontes: pontes de madeira, de pedra, metálicas, de concreto armado, de concreto protendido. A partir de então as pontes vêm ganhando um grande espaço na construção civil e o seu desenvolvimento quanto à durabilidade aumentando.

As estruturas de forma geral são afetadas ao longo do tempo com os efeitos das ações externas como: frequentes chuvas, incidência de raios solares, a exposição à variação de temperatura, presença de umidade e/ou com o envelhecimento natural. Estas ações podem provocar danos como fissuras, corrosões de armaduras, carbonatação e lixiviação que são algumas manifestações patológicas mais frequentes, que resultam na fragilidade da obra.

O concreto armado, embora seja conhecido pela sua durabilidade, é um material pouco resistente à tração por isso as trincas e fissuras são tão comuns nesse tipo de estrutura (BERTOLINI, 2014). Além do mais as manifestações patologias nas edificações são os principais problemas que comprometem a vida útil das construções. Pode-se notar segundo

Vitorio (2006) que ao longo do tempo há escassez em programas, voltados para manutenção e conservação de pontes e viadutos, que são sobrecarregadas diariamente pelo grande fluxo de veículos de pequeno e grande porte que transitam diariamente sobre ambas, acarretando sérios problemas para o sistema rodoviário, assim como graves manifestações patológicas (VITÓRIO, 2006).

1.1 JUSTIFICATIVA

A construção desse trabalho tem grande importância na engenharia civil uma vez que é de suma importância o conhecimento do estado atual dessas estruturas, através do estudo das possíveis ocorrências de manifestações patológica. A Ponte Piquet Carneiro tem grande importância para a região de Icó no Estado do Ceará. A mesma foi idealizada para facilitar o fluxo dos veículos automotores de pequeno e grande porte. Quando essas estruturas sofrem danos com o decorrer do tempo e não é realizada manutenção, esses danos podem colocar em risco a toda a população que trafega pela mesma. A ênfase na identificação e tratamento desses problemas, também é viável para com órgãos públicos, visto que o custo por parte de uma manutenção de uma obra desse porte é mais viável e em conta do que o início de uma nova obra dessa ou uma restauração maior.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal é realizar um levantamento das condições gerais Ponte Piquet Carneiro sobre o Rio Salgado, com destaque no levantamento do histórico estrutural da ponte, como também a incidência de manifestações patológicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Fazer o levantamento do histórico construtivo e estrutural da ponte considerando as intervenções pelas quais a mesma passou ao longo do tempo.
- Realizar o levantamento das possíveis manifestações patológicas presentes na ponte.
- Discutir as possíveis causas da ocorrência das manifestações patológicas.

3 FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE PONTES

As pontes surgiram a partir de observações, quando os troncos, árvores e até mesmo grandes rochas caíam sobre percursos d'água e formavam um elo, desta maneira foram surgindo ideias, copiadas desse fenômeno, resultando diferentes modelos entre os mais variados tipos, como de pedra, corda entre outros. Segundo Pinho (2007), em Roma foram construídas as mais antigas pontes de pedra utilizando o método de arcos aprendida com os etruscos. A história conta, ainda que, as primeiras pontes surgiram após a revolução industrial e possuíam estruturas simples construídas por madeira e pedras.

O crescimento econômico e as necessidades humanas impulsionaram um avanço tecnológico na construção civil, proporcionando um olhar mais específico principalmente em obras de grandes portes, foi então que começaram a aparecer técnicas que transmitissem a população uma confiança em transitar por novos caminhos. Com o início do século XX, começaram a surgir pontes de concreto armado, formadas por tabuleiros em concreto armado e com a estrutura de sustentação construídas em arcos tri articulados de concreto simples, em meados de 1912 que veio a ser utilizado o concreto armado na mesoestrutura no momento em que, as pontes constituídas por vigas e pórtico, com vão de até 30 m, começaram a ser construída.

Mesmo a ponte surgindo desde então para facilitar a vida humana Júnior e Lopes (2016), citam os fatores negativos quanto a construção de obras desse porte, que causam grandes impactos ambientais com: permanente modificação da topologia do ambiente, o desequilíbrio do ecossistema devido a fortes barulhos, a alteração local da atmosfera, entre outros fatores.

3.2 PONTES

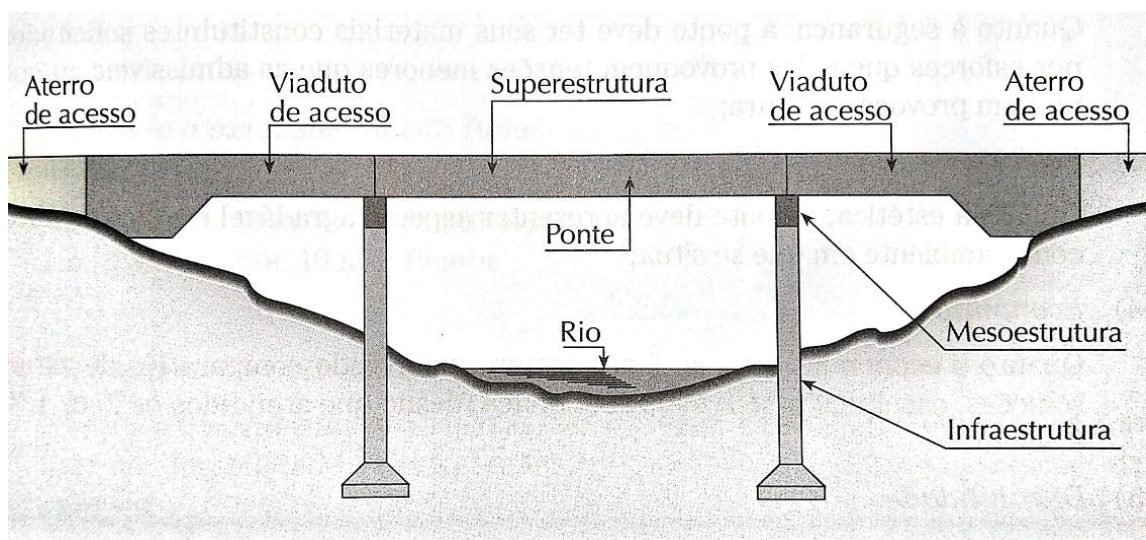
3.2.1 Definição

Pfeil, (1978), definiu ponte como sendo uma obra que tem como propósito a transposição de obstáculos, constituintes de água, que impossibilitem a passagem normal em vias de acesso, no momento em que esses empecilhos não estiverem relacionados a água, a ponte passa a ser popularmente denominado de viaduto. A NBR 7188 (ABNT, 2013) - carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas- tem uma

definição análoga a Pfeil (1978), onde expõe que pontes são estruturas designada a transpor empecilhos naturais como vales, braços de mar, vales profundos entre outros, contudo ainda acrescenta que estas estão sujeitas a intervenções de cargas em movimento posicionamento distintos.

Vitório (2006), afirma que os elementos da ponte estão divididos em três regiões estruturais que são superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. Cada um desses elementos que constituem essas obras possui sua finalidade. Na Figura 1 pode-se observar esses elementos.

Figura 1 – Elementos estruturais de uma ponte



Fonte: Martchetti (2017)

A superestrutura, corresponde ao elemento que dá suporte a estrada, ou seja, é através dela que os veículos trafegam, a parte útil da obra, parte essa que recebe diretamente as cargas procedente do tráfego dos veículos, o estrado ou tabuleiro faz parte da mesma e é formada por vigas e lajes.

A mesoestrutura, é o membro da estrutura que vêm a receber os esforços existentes na superestrutura e transmiti-los à infraestrutura é o componente composto por pilares e aparelhos de apoios. E a infraestrutura também conhecida por fundação é destinada a apoiar no terreno os esforços transmitidos da superestrutura para a mesoestrutura, é formada por blocos de estacas e tubulões (indiretas), sapatas (diretas) entre outros.

Na Figura 1 observa-se também dois elementos denominados de viaduto de acesso e aterro de acesso. Ambos são obras de acesso construídas por aterros ou viadutos, construídos quando a ponte é localizada em um vale muito aberto.

3.2.2 Classificação

Segundo Marchetti (2017), as classificações das pontes podem ser realizadas levando em consideração várias características sendo algumas as mais comuns, a extensão do vão total, a durabilidade, a natureza do tráfego, o desenvolvimento planimétrico e altimétrico, o sistema estrutural, o material, tipo estático e o tipo construtivo da superestrutura, a mobilidade dos tramos, a posição do tabuleiro.

3.2.2.1 Quanto a extensão do vão

Estruturas com vão de até 2 (dois) metros são denominados bueiros, as que possuem vãos de 2 (dois) a 10 (dez) metros são os pontilhões e as com vãos maiores que 10 (dez) metros pontes. Na Figura 2 está ilustrado um bueiro, na Figura 3 tem a representação de um pontilhão e na Figura 4 tem a representação de uma ponte.

Figura 2 – Ponte tipo Bueiro



Fonte: Dias e Bello (2013)

Figura 3 – Ponte tipo Pontilhão



Fonte: Prefeitura de Ponta Grossa (2012)

Figura 4 – Ponte Ernesto Donelles



Fonte: Mazza (2013)

3.2.2.2 Quanto a durabilidade

Pontes construídas definitivamente, com durabilidade que deverá conservar-se até que forem alteradas as condições das estradas, são classificadas como pontes permanentes. As pontes provisórias, são as construídas temporariamente até que se construa a obra definitiva, na maioria das vezes servem como um desvio e as pontes desmontáveis possuem características semelhantes às provisórias, diferenciando-se apenas por serem reaproveitadas.

3.2.2.3 Quanto a natureza do tráfego

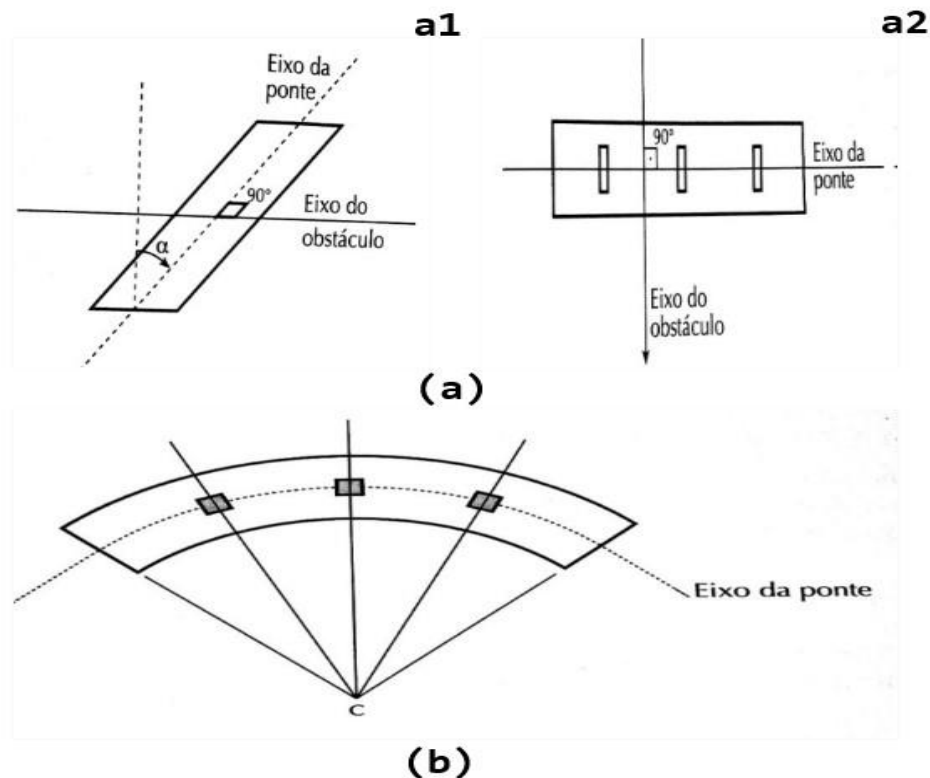
Segundo a essa classificação as pontes são nominadas das seguintes formas: pontes rodoviárias, ferroviárias, aeroviárias pontes para pedestres ou passarelas, pontes mistas e pontes canal.

As pontes rodoviárias destinam-se ao tráfego rodoviário, as pontes ferroviárias ao tráfego rodoviário, as pontes mistas ao tráfego misto de veículos e trens já as pontes passarela destinam-se ao tráfego de pedestre e a aeroviária ao tráfego de aeronaves. Dentro dessa classificação, a Ponte Piquet Carneiro, objeto de estudo desse trabalho, se encaixa como ponte rodoviária.

3.2.2.4 Quanto ao desenvolvimento planimétrico e altimétrico

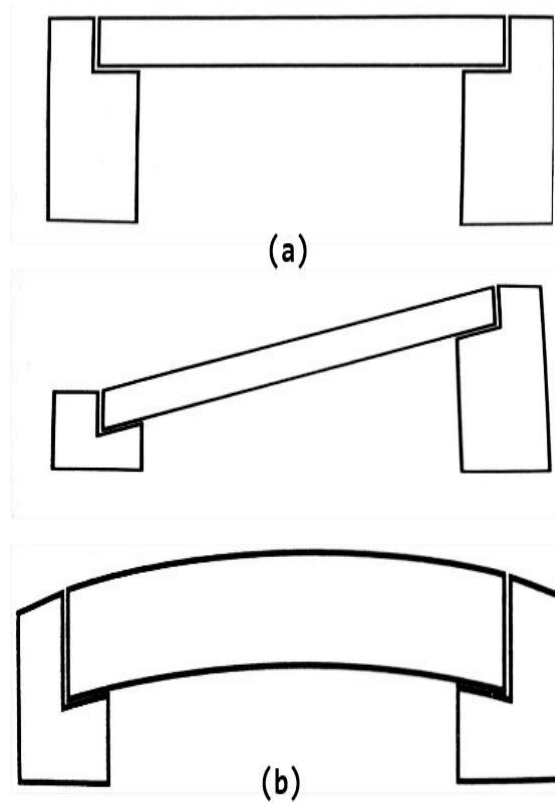
Considerando a projeção do eixo da ponte em um plano horizontal pode-se ter pontes retas (ortogonais e esconsas) e curvas, como está ilustrada na Figura 5.

Figura 5 – Pontes retas (a). Ortogonais (a1) e esconsas (a2). Pontes curvas (b)



Quando se considera a projeção do eixo da ponte em plano vertical é possível ter pontes horizontais ou em nível e em rampas ou curvilíneas (Figura 6).

Figura 6 – (a) Pontes horizontais ou nível. (b) Pontes em rampa: retilíneas e curvilíneas respectivamente.

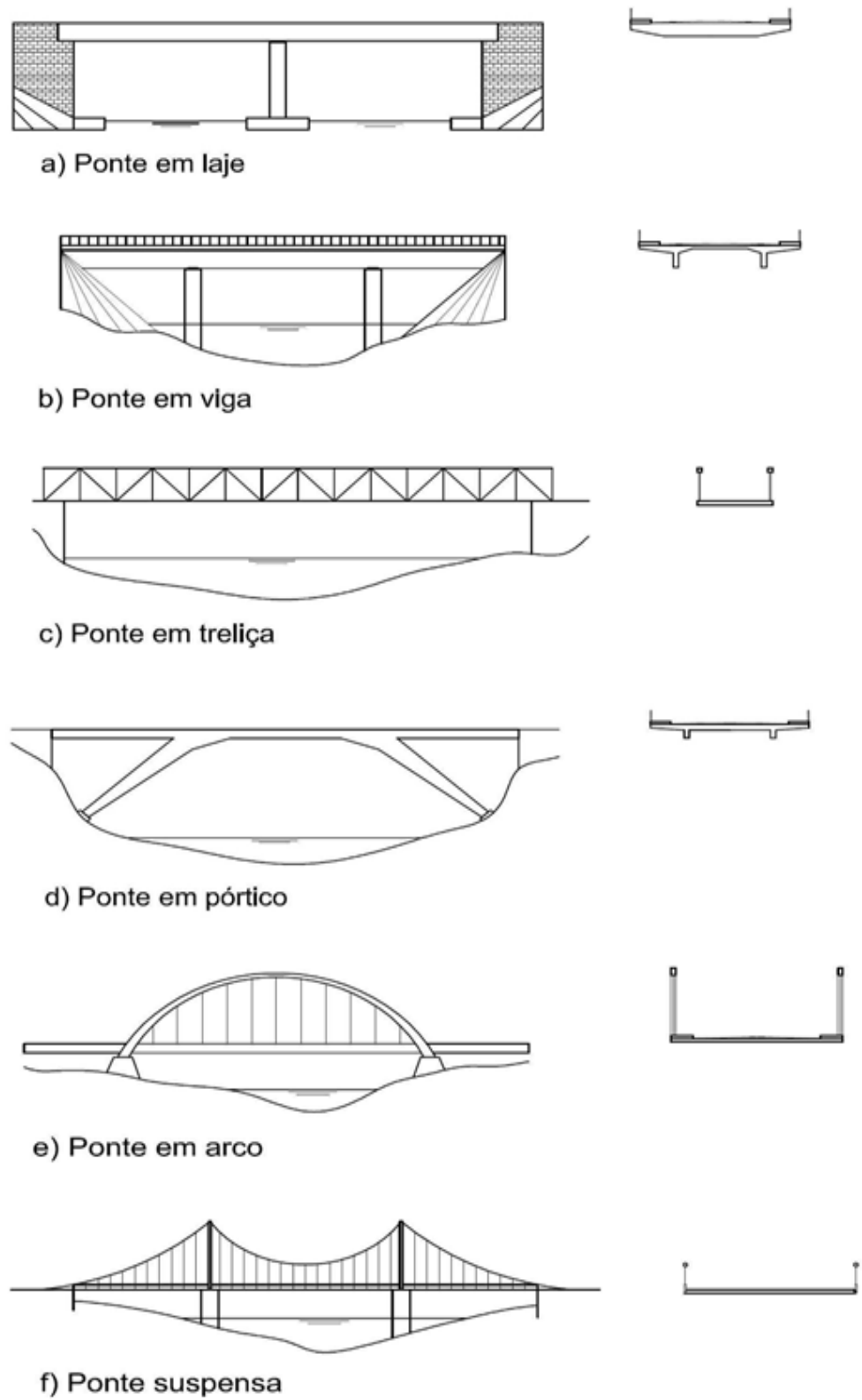


Fonte: Marchetti (2017)

3.2.2.5 Quanto ao sistema estrutural da superestrutura

As pontes nesse tópico podem ser denominadas dos seguintes tipos: Em pontes de vigas, em pórticos, em arco, pênsis e pontes atirantadas e também nos diversos tipos demonstrados na Figura 7.

Figura 7 – Tipos estruturais de ponte.



3.2.2.6 Quanto ao material da superestrutura

Podem ser constituídas de diversos materiais: concreto armado, protendido, pontes de madeira, pontes de aço ou até mesmo as chamadas pontes de alvenaria, feitas de pedra e tijolo.

3.2.2.7 Quanto ao tipo estático da superestrutura

São classificados em dois, isostáticas e hiperestáticas. As pontes isostáticas são estruturas que tem o número de reações estritamente necessárias para impedir movimentos possíveis, já as pontes hiperestáticas são estruturas que possuem o número de reações superior ao necessário para impedir qualquer movimento, portanto não apresentam nenhum tipo de movimento, sendo classificadas como estruturas estáveis e por possuírem mais apoios garantem “mais segurança” ou são mais utilizadas para vãos mais extensos.

3.2.2.8 Quanto ao tipo construtivo da superestrutura

Quando a superestrutura é executada na sua posição definitiva, apoiando-se diretamente nos pilares é denominada de processo “In loco”. No momento que os elementos que compõe a estrutura são executados em usinas distantes, em canteiros apropriados, ou seja, fora do local definitivo, e logo depois carregados e colocados sem pilares é designado como o próprio processo sugere de “pré-moldada”.

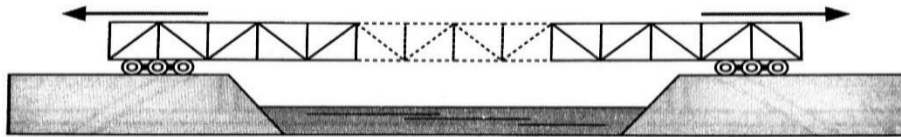
“Em balanços sucessivos”, são as quais tem sua superestrutura executadas pouco a pouco partindo dos pilares já construídos e cada parte que vai surgindo vai sendo apoiada em balanço nas partes executadas anteriormente. “Em aduelas ou segmentos” é o método similar ao anterior. Se difere apenas por serem pré-moldadas as partes colocadas posteriormente em balanço e apoiadas no trecho construído.

3.2.2.9 Quanto a mobilidade dos tramos

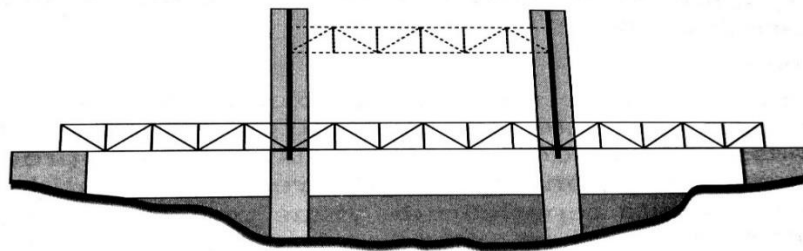
Nessa secção as pontes recebem os nomes de acordo com suas características predominante, ou seja, quanto a mobilização dos tramos, que estão nomeadas na Figura 8.

Figura 8 – Tipos de pontes classificadas de acordo com a mobilidade dos tramos

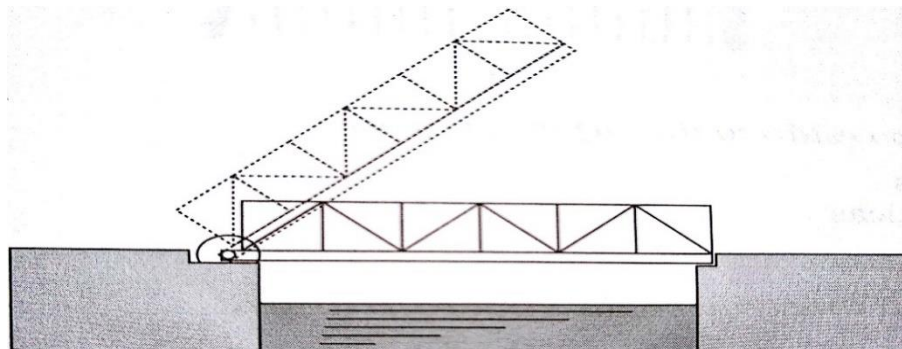
(a) Ponte corrediça



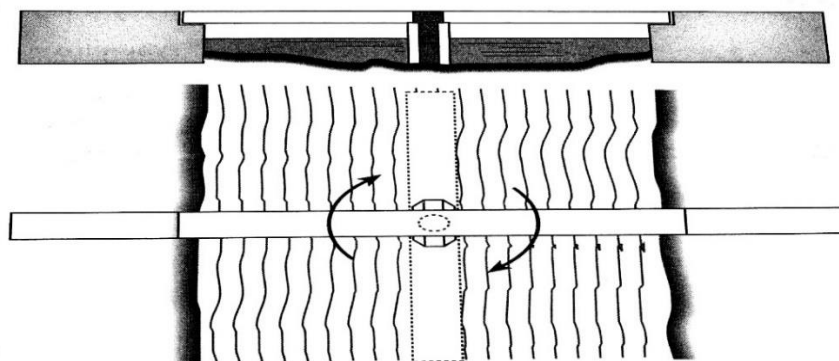
(b) Ponte levadiça



(c) Ponte basculante de pequeno vão



(d) Ponte giratória

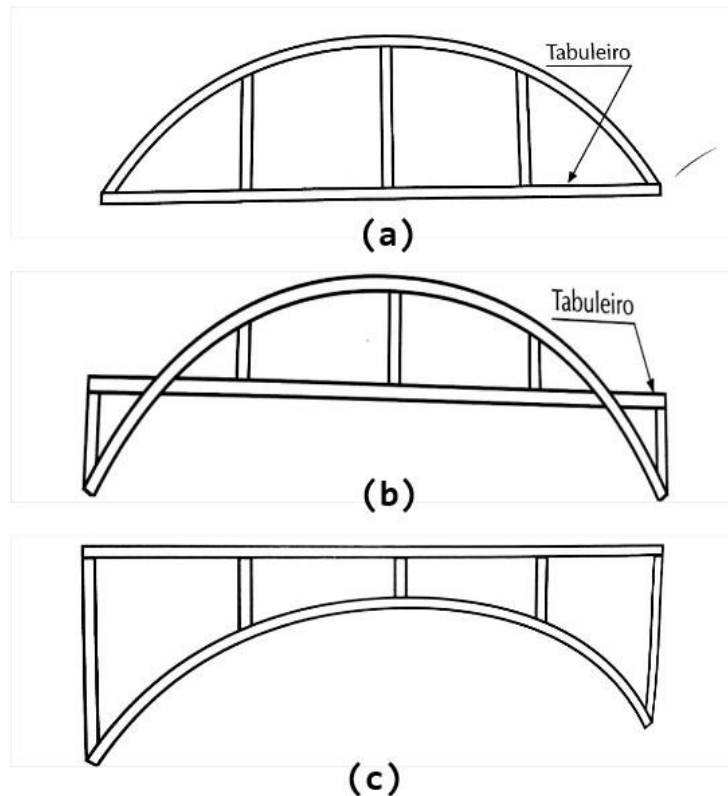


Fonte: Marchetti (2017)

3.2.2.9 Quanto a posição do tabuleiro

As pontes são classificadas quanto a posição do tabuleiro, entre elas temos as que foram classificadas na Figura 9.

Figura 9 – Tipos de tabuleiros. (a) tabuleiro inferior. (b) tabuleiro intermediário. (c) tabuleiro superior



Fonte: Marchetti (2017)

3.2.2 Elementos Constituintes das Pontes

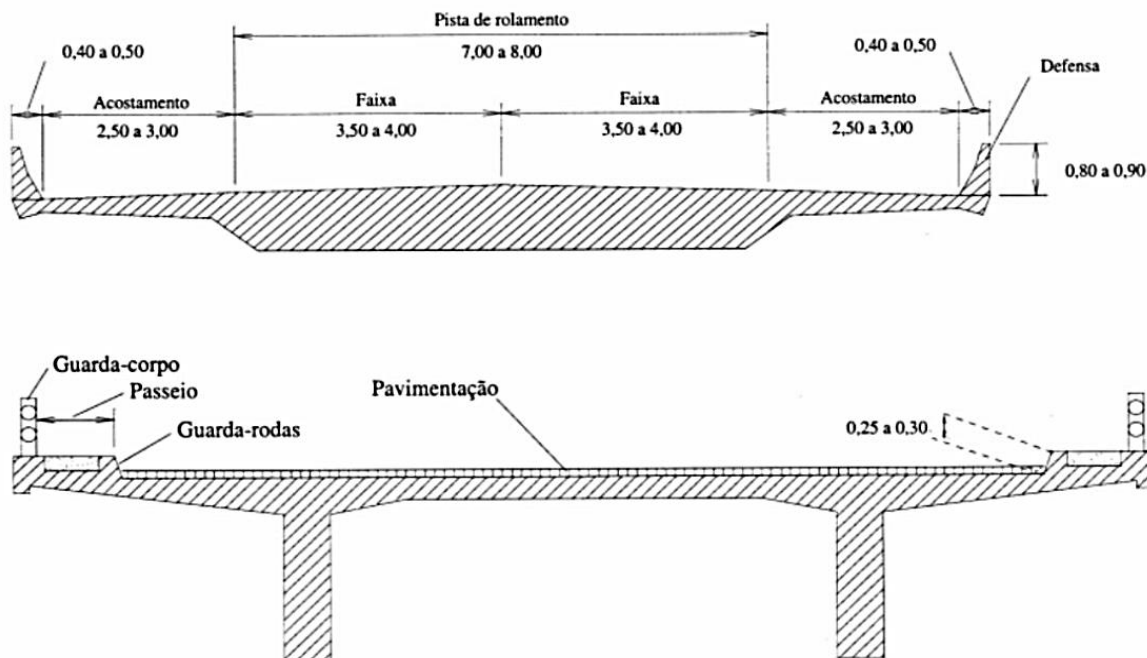
A ponte pode ser dividida de algumas formas, Marchetti (2017), estabelece que os elementos da ponte estejam divididos em três regiões estruturais que são infraestrutura, mesoestrutura e superestrutura. Na Figura 1 podem-se observar os elementos citados, que serão detalhados a seguir:

3.3.2.1 Elementos constituintes da superestrutura

Para DNIT IPR 709 (2004) a superestrutura é definida como a parte da ponte destinada a vencer os obstáculos sendo a mesma composta por elementos estruturais posicionados acima dos apoios, podendo ser de modo geral conhecida pelos seguintes elementos: Estrado, prolongamento da pista de rolamento (parcela responsável por receber de forma direta as cargas aplicadas sobre a estrutura), os elementos principais, (designados a aguentar às solicitações de flexão, força cortante e torção e transmitir as cargas para os apoios), e os elementos secundários, (designados à contra ventar a estrutura ou distribuir as cargas entre as vigas longitudinais).

Debs e Takeya (2009) divide a superestrutura em estrutura principal. Os elementos constituintes da superestrutura que dizem respeito à seção transversal são a pista de rolamento, o acostamento, passeios de pedestres, guarda corpo e guarda – roda. Na Figura 10 são descritos todos esses elementos.

Figura 10 – Elementos constituintes da seção transversal da superestrutura



Fonte: Fonte: Debs e Takeya (2009).

Na seção transversal existe elementos importantes que a compõem que serão definidos e aprofundados a seguir.

- Pista de rolamento e estrado

Pista de rolamento é a largura disponível para o tráfego normal, livre e com a segurança devida, dos veículos, que pode ser subdividida em faixas reservadas. O estrado é constituído pelas lajes, pista de rolamento, juntas de dilatação, sinalização, iluminação e é responsável pela transição da rodovia e ponte, e tem como principal função suportar a pista de rolamento e transferir para a mesma as cargas dos veículos. (DNIT IPR 709 2004).

- Acostamento

O acostamento, segundo Debs e Takeya, (2009) é a parte da pista utilizada em casos de emergência pelos veículos que por lá trafegam, ou seja, a largura adicional da pista de rolamento.

- Passeio de pedestres

O passeio de pedestres é o elemento, exclusivo ao tráfego de pedestres, com largura adicional (DEBS; TAKEYA, 2009).

- Guarda corpo

O guarda corpo, de acordo com o DNIT IPR 709 (2004) é um elemento de proteção planejado para garantir a segurança dos usuários das pontes. Esses guarda corpos devem atender algumas exigências como: apresentar altura segura, cerca de 1,20m e resistirem a forças horizontais da ordem de 80kgf/m.

- Guarda roda

O guarda roda é o elemento destinado a impedir a invasão dos veículos na área da ponte destinada a passeio (DEBS; TAKEYA, 2009).

- Juntas de dilatação

Segundo o DNIT IPR 709 (2004) existe dois tipos de juntas de dilatação que são juntas de dilatação abertas e fechadas. As juntas de dilatação abertas permitem a passagem de água e

de detritos. O que com base no mesmo manual não é uma boa solução para obras de grande porte como pontes pois os elementos da infraestrutura ficam propícios a deterioração. As juntas de dilatação fechadas são projetadas para impedir a passagem de água e de detritos.

- Dispositivos de drenagem

Segundo o DNIT IPR 709 (2004) dispositivos de drenagem são os principais responsáveis por captar e conduzir as águas pluviais.

- Aparelhos de apoio

Cordeiro (2014) expõe que o principal objetivo, desses aparelhos de apoio presente em pontes, é liberar os movimentos e consequentemente diminuir os esforços existentes, podendo ser de rotação, translação ou rotação e translação, assim como fixos ou móveis. Essas peças se encontram entre os vigamentos principais e os pilares. Os mesmos possuem algumas funções chaves como estabelecer a ligação superestrutura com a fundação, reduzir o corte entre elementos como o tabuleiro e a cabeça dos pilares.

- Contraventamentos e vigamentos

Em obras de grande porte como no caso as pontes, contraventamentos funciona como um sistema de proteção que age contra a ação do vento. Nas construções em concreto, os próprios elementos estruturais (pilares, vigas e lajes) agem como estruturas de contraventamento. (CORDEIRO, 2014)

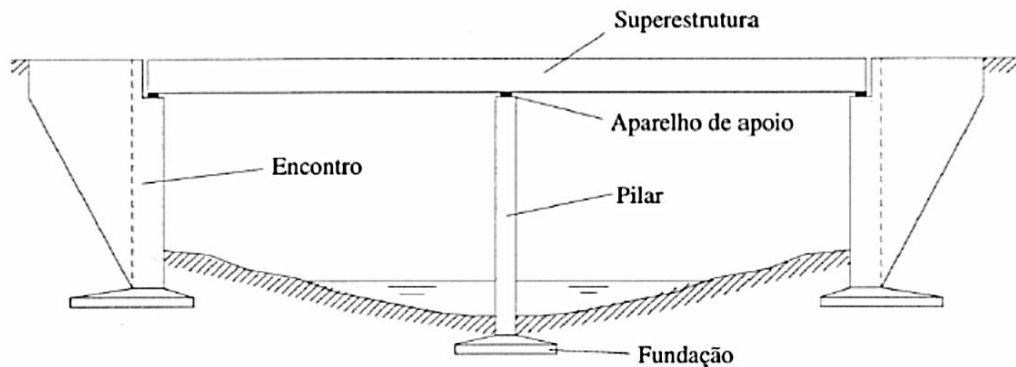
Para Lencioni (2005) as vigas possuem a função de suportar as cargas que atuam sobre o estrado e transferi-las para o vigamento principal (longarinas e transversinas).

3.3.2.1 Elementos constituintes da mesoestrutura

Segundo Pfeil (1979), a mesoestrutura é o elemento constituinte que recebe os esforços advindos da superestrutura e os transmite para a infraestrutura, por meio das vigas de contraventamento e é a parte da estrutura constituída pelos pilares, fundação, aparelhos de apoio

que variam podendo ser fixos, móveis e elastoméricos e vigas de contraventamento. A Figura 11 ilustra os elementos citados neste tópico.

Figura 11 – Elementos constituintes da super, meso e infraestrutura



Fonte: Debs; Takeya (2009)

2.3.2.1 Elementos constituintes da infraestrutura

Segundo Pfeil (1979) a infraestrutura que também pode ser denominada como fundação, é a base da ponte que suporta e transmite ao solo, onde a fundação foi implantada, os esforços obtidos pela mesoestrutura.

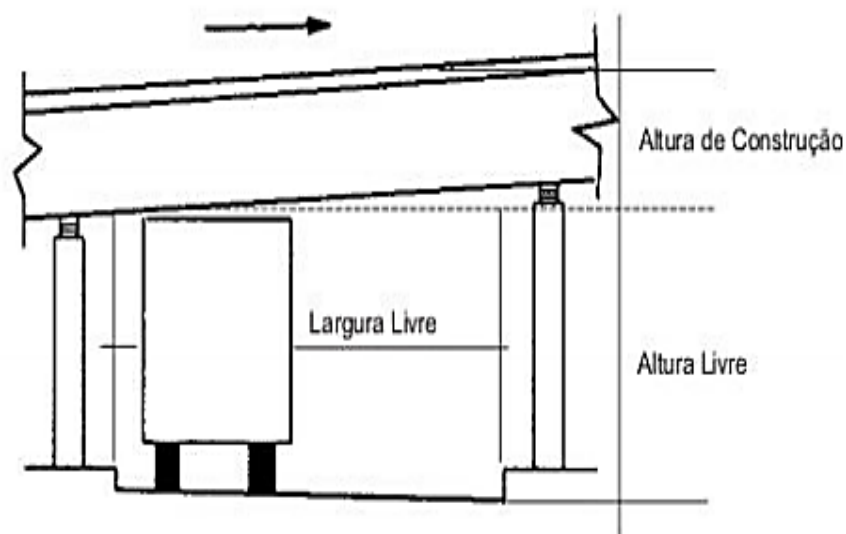
3.2.3 Características geométricas das pontes

Segundo o autor, Pfeil (1979), a armação de uma ponte é constituída por uma variedade de elementos geométricos dentre eles pode-se citar os seguintes elementos da seção transversal:

- *Tramo de uma ponte* - É um componente da superestrutura que se encontra posicionada entre dois elementos subsequentes da mesoestrutura.
- *Vão teórico* – O vão teórico do tramo de uma ponte é a distância horizontal existente entre o meio de dois apoios seguidos.
- *Vão livre* – O vão livre do tramo difere do vão teórico do tramo, pois, a distância horizontal medida nesse caso é entre os parâmetros de pilares e encontros ou entre dois pilares.
- *Altura da construção* – é a distância vertical medida entre o ponto mais alto da superfície do estrado e o ponto mais baixo da superestrutura, na seção determinada. (Figura 12)

- *Altura livre* – é a distância verticalmente medida entre o ponto mais baixo localizado na superestrutura e o ponto mais alto do empecilho transposto pela ponte na seção determinada. (Figura 12)
- *Gabarito* – é o agrupamento de espaços livres que deve ter na seção transversal da ponte, para que a mesma possa cumprir sua utilidade, sendo definido por uma largura livre assim como por uma altura livre. (Figura 12).

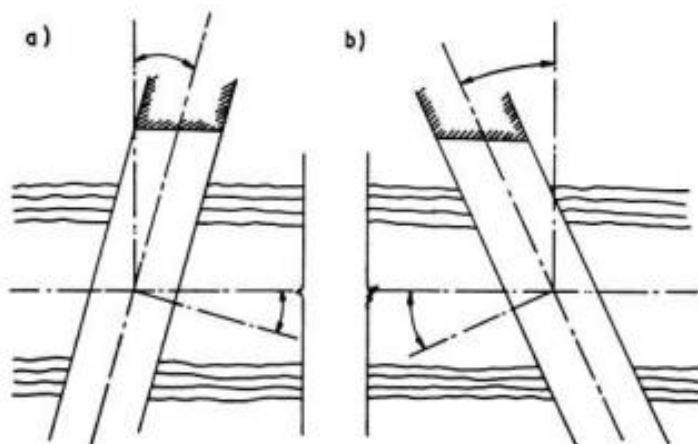
Figura 12 – Altura de construção e gabarito da estrutura.



Fonte: Almeida e Souza (1997)

- *Escondade* – A ponte denomina-se ponte oblíqua ou esconsa, é, mais usual a segunda denominação, quando o eixo longitudinal desta não forma um ângulo reto com o eixo longitudinal do obstáculo transposto. A ponte é denominada esconsa à direita ou à esquerda quando seu eixo longitudinal tende para a esquerda ou para direita perpendicular ao eixo longitudinal do obstáculo transposto, como está ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Ilustração da esconsidade à direita (a) ou à esquerda (b). A esconsidade é o ângulo



Fonte: PFEIL (1979)

3.3 PONTE DE CONCRETO ARMADO

Segundo o Boletim de Inspetoria de Secas (BIS), (1939) a Ponte em estudo, Piquet Carneiro localizada a 500m da cidade de Icó, no estado do Ceará é feita de concreto armado. Desta forma nesse tópico serão tratados alguns aspectos desse material e de pontes construídas a partir do mesmo.

O concreto veio ganhando espaço em obras de grande porte como pontes por possuir particularidades específicas, resistência a compressão, suprimindo assim as necessidades dessas estruturas que segundo Vitorio (2006), encontram-se diariamente expostas a intempéries, muitas das vezes inseridas em meios agressivos e sujeita a carregamentos excessivos, mas mesmo com isso as pontes desse material possuem grande duração.

Esse material por possuir grande demanda foi criada uma norma específica para o mesmo segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entidade oficial encarregada de elaborar e editar os regulamentos técnicos adotados no Brasil, que é a norma brasileira de concreto armado, NBR 6118 cuja última revisão geral foi no ano de 2014.

Quando na infraestrutura das pontes emprega-se o concreto armado, é realizada a sua classificação segundo o material da infraestrutura. Pontes de concreto armado são conhecidas por sua durabilidade que se dá por um conjunto de fatores que tem por finalidade a conservação da obra, fatores estes que vão do projeto até a utilização.

El Debs e Takeya, (2009) menciona algumas particularidades com relação a esse tipo de estrutura que se subdivide em quatro principais tópicos, que são eles: quanto às ações

solicitantes, quanto aos processos construtivos, diferenças da composição estrutural, diferenças quanto a análise estrutural.

Com relação as ações solicitantes as pontes são expostas a uma quantidade consideravelmente grande de cargas aplicadas a sua estrutura, por esse motivo é relevante considerar alguns aspectos desnecessários no projeto de outras obras como por exemplo um edifício. El Debs e Takeya (2009), menciona que nas pontes deve-se considerar o efeito dinâmico das cargas e em virtude destas cargas serem moveis é indispensável o estudo destas cargas solicitantes assim como a averiguação da possibilidade do surgimento de fadiga.

Ao analisar os processos construtivos de uma obra, surgem indagações sobre os diversos lugares e suas adversidades, quando a obra se trata de uma ponte, os processos de construção precisam ser específicos ou que seja de extrema necessidade para com o seu projeto. Na diferença da composição estrutural as pontes de concreto armado diferem de outras obras por alguns fatores específicos como: a carga de utilização, as necessidades de vencer vão, processo de construção, diferenças quanto a análise estrutural. Na análise estrutural por sua vez apresenta formas de simplificar e recomendações em função da composição estrutural.

3.4 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES

O estudo das manifestações patológicas pode ser visto como uma nova área no campo da engenharia das construções que se ocupa a estudar a origens, formas de manifestações, consequência e mecanismo de ocorrência de tais falhas, levando assim a classificação desses problemas em dois: patologias simples, as que admitem padronização, que requer menos cuidado no tratamento e patologias complexas que requer uma análise mais padronizada com um maior aprofundamento. (SOUZA; RIPPER, 2009).

Segundo Helene (1992, p. 19) “Patologia pode ser entendida como sendo a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.” E manifestação patológicas são exatamente anomalias que surgem em estrutura devido a vários motivos, como a exposição a fatores naturais e temporais.

Helene (1992), é mencionado que junto as manifestações patológicas ocorridas existem uma terapia, isto é um mecanismo para solucionar esses problemas, para que as obras ou parte delas não deixem de apresentar a eficiência pré-estabelecida no ato da construção.

Já de acordo com o manual do DNIT IPR 744 (2010), as manifestações patológicas mais frequentes nas pontes de concreto armado são fissuras, desgaste superficial, pipocamento,

manchas, ninhos ou falhas de concretagem, desagregação, corrosão, carbonização e etc. A seguir, serão mostradas as principais patologias, explicando suas causas e consequências.

3.4.1 Fissuras

Segundo Curcio (2008), as fissuras, são o tipo mais comum de manifestações patológicas em estruturas, e denominam-se pequenas fendas que surgem nas estruturas de concreto, onde são inevitáveis até mesmo as normas e regulamentos das construções. A mesma diminui a durabilidade do concreto, modifica as características estruturais da obra e sua formação está diretamente ligado a situações externas e internas.

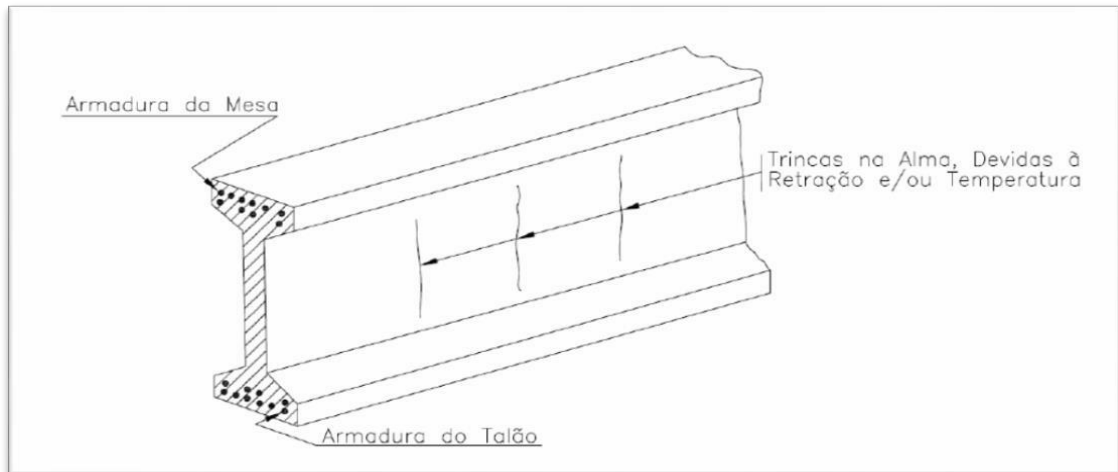
Segundo a norma de impermeabilização (NBR 9575:2003) as fissuras podem ser classificadas por suas dimensões, sua classificação influencia quanto aos devidos cuidados que devem ser tomados para cada caso especificamente de recuperação da estrutura. Na tabela 1, são apresentadas as dimensões das fissuras.

Tabela 1: Relação dos tipos de abertura direcionadas ao seu dimensionamento.

TIPOS DE ABERTURA	DIMENSÕES (mm)
Microfissuras	Menor que 0,05
fissuras	Até 0,5
Trincas	0,5 a 1,0

Fonte: Adaptado NBR 9575:2003

A fissura pode ter origem em fases diferentes da edificação, no concreto endurecido, pode ser originada por retração do concreto, por secagem, por movimentação térmica precoce ou por corrosão das armaduras. Após um período de tempo curto da fase de concretagem pode ocorrer a retração do material, seguido da perda de sua umidade, fazendo surgir fissuras, essas se localizam perpendicularmente a estrutura. Após um período de tempo longo (várias meses ou até mesmo anos) após o termino da construção, pode acontecer o aumento de volume das armaduras decorrente da corrosão, fazendo surgir fissuras ao longo de toda a estrutura armada (DNIT IPR 744, 2010), como mostra a Figura14.

Figura 14 – Fissuras devido à retração do concreto

Fonte: DNIT IPR 744, 2010

3.4.2 Desgaste superficial

Segundo o manual do DNIT IPR 744 (2010), este processo se dá pela perda de massa em uma superfície de concreto devida a fatores agravantes como: à abrasão, à erosão e à cavitação. Este acontecimento se dá devido a argamassa não possuir resistência ao atrito, acarretando assim sua perda contínua.

3.4.3 Pipocamento

Já o pipocamento de acordo com o mesmo manual é uma manifestação patológica que se dá quando ocorre a ruptura e separação do material, no caso do concreto armado, superficial da estrutura, que resulta em buracos que variam de 10mm a 50mm.

3.4.4 Manchas

As manchas por sua vez são descoloração que surgem quando ocorre a penetração de substâncias. Trata-se de substâncias irregulares ou compactos de pasta de cimento praticamente sem poros (DNIT IPR 744, 2010).

3.4.5 Ninhos

Os ninhos de concretagem também conhecido por falha de concretagem, são vazios que vão sendo deixados na massa de concreto no processo de construção, devido a mal execução ou a dificuldade que o concreto possui em penetrar nas formas durante o processo de lançamento. Acontece quando a argamassa não preenche todos os espaços entre as barras da armadura(DNIT IPR 744, 2010).

3.4.6 Desagregação

O manual define desagregação como sendo um fenômeno que se inicia na superfície dos elementos de concreto com uma mudança de coloração e indica a existência de ataque químico, é basicamente quando ocorre a separação entre o cimento e os agregados livres ali depositados.

3.4.7 Corrosão

A corrosão por carbonatação, normalmente, é um mecanismo que ocorre e provoca a desagregação, rachaduras ou lascamento da construção em estudo, por meio da seguinte reação química:



Essa reação química é oriunda da reação de carbonatação, que se produz em soluções aquosas através de reações intermediárias. No concreto existe compostos alcalinos presentes nas soluções dos poros (NaOH, KOH) que podem vir a reagir quando em contato com o dióxido de carbono que se faz presente na atmosfera. (BETOLINI, 2014)

Segundo esse mesmo autor o concreto em seu estado íntegro apresenta em sua armadura uma película com espessura $\leq 10\text{mm}$ formada por substâncias como óxidos de ferro e hidróxido de cálcio, a carbonatação por sua vez eleva o Ph dessas soluções existentes nos poros a valores consideravelmente próximos a neutralização fazendo com que o aço perca essa proteção ocasionando a corrosão.

3.4.8 Carbonização

A carbonização, também conhecida por carbonatação ou neutralização, é um termo utilizado para descrever o efeito do dióxido de carbono, da atmosfera usualmente no sistema de concreto armado e se dá a partir de um processo químico baseado na conversão dos íons de cálcio do concreto endurecido em carbonato de cálcio, pela reação com o dióxido de carbono presente na atmosfera (DNIT IPR 744, 2010).

Segundo Neville (2016), esse processo em si não causa a danificação do concreto armado, mas causa algumas consequências entre elas pode-se citar a retratação por carbonatação.

3.4.9 Eflorescência

Eflorescências do ponto de vista do autor Neville (2016), é a lixiviação dos compostos de calcário, que podem formar poros na superfície do concreto armado e surgem pelo uso inadequado de agregados procedentes de regiões marinhas que não recebem uma limpeza adequada antes do uso. Fora o fenômeno da lixiviação, este fenômeno tem importância apenas na parte estética da estrutura.

Agora conforme o DNIT IPR 744, 2010 a eflorescência surge do depósito de sais brancos sobre a superfície do concreto, ou seja, quando uma solução contendo sais evapora com a água e os sais se precipitam esses sais em contato com o ar se solidificam, causando depósitos que ficam aparentes na estrutura.

3.4.10 Desplacamento do concreto

De acordo com o significado do nome deslocamento concreto consiste no movimento provocado pelo desprendimento de fragmentos ou placas de concreto, ao longo da estrutura de concreto armado. (NEVILLE, 2016)

3.5 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES DE CONCRETO ARMADO – ESTADO DA ARTE

Felipe, *et al* (2014) realizaram um estudo de caso dos efeitos da corrosão e suas manifestações patológicas em pontes de concreto armado, analisaram através do ensaio

esclerômetro de reflexão, é teórica os efeitos da corrosão e incidência de manifestações patológicas em quatro pontes localizadas na região do Curimataú Oriental Baiano. As pontes em estudo foram construídas há aproximadamente 50 anos. O trabalho é fundamentado em uma análise de bibliografia especializada, com ênfase especial na patologia de estruturas de concreto, englobando causas, forma de manifestação, prevenção e cuidados especiais e manutenção.

Com as análises das respectivas pontes, foi possível verificar que os guardas corpos encontravam-se no estado limite com a armadura exposta em vários locais, nos vãos as corrosões das armaduras encontravam-se no estágio inicial e com o desgaste do concreto, e as armaduras das vigas centrais apresentavam-se expostas. Dessa forma os autores concluíram que a redução da resistência do concreto nas pontes estava associada à salinidade das águas dos rios da região, aliados à ausência de manutenção, principal causa da diminuição da vida útil da estrutura.

Felix (2015) relata a análise das manifestações patológicas de pontes de concreto armado, um estudo de caso sobre a rodovia que liga o município de Afonso Bezerra ao município de Angicos, no estado do Rio Grande do Norte, com objetivo geral a identificação dessas manifestações patológicas, como elas têm origem e como podem ser evitadas e/ou recuperadas. A metodologia utilizada pelo autor para a construção deste trabalho consistiu em duas etapas. A primeira etapa consiste na realização de uma revisão bibliográfica, na segunda etapa foi realizado o estudo de caso em quatro pontes presentes que liga os municípios, foram realizados registros visuais e fotográficos das manifestações patológicas encontradas durante o período de visita, ao serem identificadas foram apresentadas as possíveis causas.

Os resultados foram divididos em tópicos, de acordo com a quantidade de pontes, na Ponte 1, localizada a 4km do centro de Afonso Bezerra foram identificadas fissuras e trincas na superfície dos elementos e na laje, possivelmente causadas devido as condições do ambiente agressivos ou problemas com a retração do concreto, corrosão das armaduras, a Ponte 2 verificou-se o desgaste superficial do concreto, que pode ter sido causado segundo o autor por uma ação mecânica conhecida como abrasão, desgaste superficial no bloco da fundação que pode ter tido origem por erosão, identificou ainda na mesma manifestações patológicas do tipo eflorescência, resultante da formação de depósitos salinos na superfície do concreto.

Na Ponte 3 o autor percebeu a ocorrência de diversas manifestações patológicas originadas por vários fatores de degradação do concreto. Fissuras, trincas, corrosão das armaduras, desagregação do concreto das vigas dentre as patologias encontradas deu ênfase na

falha nas juntas de dilatação, pode ter ocorrido por conta da passagem diária de veículos em alta velocidade, e por último na ponte 4, foi observado pelo o mesmo a presença de diversas manifestações patológicas assim como na ponte anterior, porém foi dado destaque na vegetação nas proximidades dos pilares, que pode ter entrado na estrutura por meio de vazios gerados por negligencia do processo construtivo. E para finalizar com tantas manifestações existentes em ambas as pontes o autor constatou que não existe uma política de manutenção periódicas das obras de artes especiais presentes nesse trecho.

Souto (2015) descreve em seu trabalho um estudo sobre as manifestações patológicas presentes em pontes de concreto armado, abordando pontos principais como: a presença de umidade excessiva, variação térmica, a colisão de veículos em algum elemento que compõe uma ponte, água batendo na estrutura com frequência, poluição entre outros fatores, prejudicam a estrutura e são os principais influenciadores para o início de surgimento das manifestações patológicas, que fragilizam o concreto causando danos.

Notou-se ainda, pela autora que uma estrutura que se encontra em um ambiente poluído, com presença de sais e cloretos, variação térmica e umidade, está sujeita ao desenvolvimento de manifestações patológicas. Quando uma estrutura se encontra em ambiente úmido, sofre a diminuição do seu PH contribuindo com o surgimento da corrosão das armaduras, outro fator que contribui para o processo corrosivo e de carbonatação é a infiltração de água por meio das juntas de dilatação mal executadas, ou das fissuras ali presentes. A variação de temperatura presentes no ambiente funciona como um catalisador aumentando o processo de corrosão nas estruturas de concreto. Então conclui-se que toda estrutura necessita de cuidados e para garantir a estabilidade e segurança dos seus usuários é necessário a realização de vistorias periódicas e manutenção preventiva no decorrer dos anos.

Nóbrega e Silva (2016) realizou em seu trabalho um estudo das condições gerais da Ponte Felipe Guerra, estrutura de concreto armado, edificada no ano de 1952 localizada na BR – 304/RN entre os municípios de Assú e Itajá no Rio Grande do Norte, teve como principal objetivo verificar as manifestações patológicas presentes na ponte, indicando as possíveis causas, de acordo com uma ampla revisão bibliográfica com ênfase nas indicações propostas pelo DNIT.

A metodologia abordada pela autora consiste em visitas in loco e auxilio de registros fotográficos, o levantamento foi realizado visualmente, logo a causa dos problemas foram hipotéticos, a ponte encontrava-se bastante deteriorada, apresentando manifestações patológicas em toda sua estrutura, principalmente na superestrutura, pois além dos diversos

problemas que uma obra desse porte encontra-se submetidas, a mesma ainda está exposta a carga aplicada pelos automóveis, assim como a colisão contra seus elementos.

Os resultados foram divididos de acordo com as três regiões estruturais que são superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura. Foram identificadas na superestrutura as manifestações patológicas do tipo fissuras e trincas, desagregação, segregação do concreto e corrosão das armaduras. Ainda na superestrutura o que se percebeu foi que os guarda corpos estavam bastante deteriorados, apresentando uma parte totalmente desnivelada. Na mesoestrutura além das manifestações patológicas citadas ainda foram citados lixiviação, eflorescência, na infraestrutura foi citado a exposição de várias estacas, assim como algumas manifestações nas mesmas.

Carvalho, *et al* (2016) efetuaram uma análise visual, fundamentada em visita “*in loco*” registros fotográficos das manifestações patológicas presente na Ponte em concreto armado constituída em 1978, sobre o Rio Tocantins localizada na rodovia TO-050, trecho de Porto Nacional- TO, com objetivo principal de interpretar e avaliar as consequências da falta de manutenção adequada na superfície dos aparelhos de concretos e nos demais elementos que constituem a ponte e no que diz respeito a durabilidade e vida útil o autor procurou identificar o grau de deterioração.

Os resultados e discursões foram divididos em caracterização da obra e patologias, o tópico de patologia foi subdividido de acordo com os elementos que constituem a ponte, com a inspeção visual os autores notaram que a mesma apresenta um grau avançado de degradação, e com base no que o DNIT prescreve foram identificadas as seguintes patologias: Falha do sistema de drenagem, acúmulo de detritos na junta de dilatação, junta de dilatação desgastadas e ineficaz, na pista de rolamento foram identificadas fissuras, deslocamento do concreto (corrosão), eflorescências, vazios de concretagem, ausência das placas de concreto na área de passagem de pedestres e acúmulo de água junto aos dutos.

Os autores concluíram, que há problemas que poderiam ter sido evitados ou diminuídos por meio de manutenções adequadas e regulares, pois foi observado que para muitas patologias teriam reparos específicos que aumentariam a vida útil da estrutura. Dessa forma pode-se inferir que as manifestações patológicas mais encontradas foram problemas como vibração excessiva, destacamento do concreto devido à corrosão das armaduras, concreto segregado, armadura exposta e oxidada, fissuras, infiltração, carbonatação, formação de estalactites, presença de vegetação entre as estruturas, deficiência no sistema de drenagem, degradação da pavimentação, umidade excessiva entre outras. Essas manifestações, na maioria das vezes, são

ocasionadas devido ao meio em que a estrutura se encontra, assim como erros de projeto, execução e ausência de manutenção.

Ferreira, *et al* (2017) realizaram um estudo das manifestações patológicas apresentadas na segunda Ponte do Ribeiro de Abreu, uma estrutura de duas vigas retas em concreto armado, localizada sobre Ribeirão do Onça, localizado na região norte de Belo Horizonte. Estes autores apontaram as manifestações por meio de uma análise visual, que contou com um levantamento fotográfico para registrar os sintomas e a natureza das patologias, a identificação do tipo de patologia e da agressividade, estas identificações foram feitas de acordo com a NBR 6118-14.

O trabalho contou como objetivo complementar a abordagem do grau dos riscos que a Ponte trazia para o seu entorno, definido com base em bibliografia, técnicas de engenharia amostradas, o que deveria ser feito, considerando além dos fatores técnicos a viabilidade econômica.

Os resultados obtidos pelos autores com a análise foram preocupantes, a Ponte em estudo apresentou manifestações patológicas do tipo umidade, deslocamento do revestimento, mofo, bolor, vegetação, desagregação do concreto, trincas e fissuras, corrosão, eflorescência e movimentação de terra que causou um colapso do solo na cabeceira, deformação no pavimento flexível, próximos às juntas de dilatação e ao longo da laje, pelo aumento das cargas logo foi necessário tomar as devidas medidas de precauções, proibindo o trânsito de veículos de quatro rodas, sendo permitido apenas motocicletas, bicicletas e pessoas passar pelo local.

Os autores no fim do estudo chegaram à conclusão que a ponte apresenta uma necessidade drástica de um maior cuidado e acompanhamento do estado de deterioração, através de inspeções constantes e eventuais manutenção corretivas.

Bastos, *et al* (2017) avaliaram as principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos assim como seu manuseio e manutenção, esse trabalho possuiu elementos que o caracterizavam como uma pesquisa exploratória-descritiva, com o objetivo de mostrar os principais problemas enfrentados por engenheiros civis durante o projeto e na execução de pontes e viadutos e apresentar as principais ocorrências patológicas e suas origens.

Ao longo do trabalho os autores descreveram com base em um levantamento bibliográfico, consulta e análise em artigos científicos os principais tipos de patologias, os citados ao longo do texto foram: fissuras, desagregação, falhas na concretagem, na pista de rolamento, abrasão e corrosão, o autor considerou essas as manifestações patológicas mais presentes em obras desse tipo, segundo os autores esses problemas são decorrentes da falta de manutenção e de inspeção dessas construções.

Como foram observados diversos tipos de patologias nessas obras, é preciso que cada caso seja avaliado conforme as características específicas da estrutura analisada, logo fica perceptível que as principais medidas voltadas para manutenção são vistorias periódicas, cadastro das obras, implantação de sistemas de gestão e planejamento e previsão orçamentaria para os serviços de manutenção. O autor ainda sugere em seu trabalho que os profissionais dessa área tomem as devidas precauções no início do projeto, para que tais agentes sejam evitados.

Santos, *et al* (2017) dissertaram sobre o levantamento das manifestações patológicas de uma ponte de concreto armado junto as suas possíveis técnicas de recuperação, o trabalho foi desenvolvido na rodovia PB-073/sentido norte-sul, que tem extensão de 108,3 km e possui 12 (doze) pontes, que liga a divisa da Paraíba com Rio Grande do Norte, segundo os mesmos algumas dessas obras de artes Especiais encontram-se em estado crítico de desagregação, provavelmente por diversos fatores como a falta de manutenção , tanto preventiva como corretiva , e outras necessitam de reparos imediatos para que a segurança de quem transita na região não seja afetada.

O presente trabalho teve uma ênfase maior no estudo da ponte que se localiza na saída do município de Belém-PB em direção ao município de Tacima-PB, as condições ambientais da região são as principais colaboradoras para o surgimento das manifestações, os procedimentos adotados para a realização deste trabalho foram vistorias realizadas na ponte , na qual foram identificadas corrosão em estado avançados na estrutura, fissuras, trincas, manchas, além dos defeitos de pavimentação , todas essas manifestações foram fotografadas e representadas em um mapa de manifestações patológicas, para facilitar a visualização das mesmas.

Nos resultados foram descritas por meio desse mapeamento as manifestações patológicas mais presentes na obra, assim como suas causas e reparos, o primeiro reparo citado foi o reparo dos guarda-corpos, provavelmente oriundos de choques e impactos, os autores propõe a restauração dos mesmo, no local que estão ausentes, reparo citado pelo autor em caso de área degradada é refazer a parte destruída, no caso de trincas deve-se fazer uma limpeza na área e em seguida uma aplicação de selagem e execução de furos e preenchimento com epóxi , nas fissuras podem ser realizados tratamentos superficiais, nas patologias do tipo eflorescência pode-se remove-las por processos simples como escovação da área com uma escova dura e agua todos esses reparos são feitos de acordo com o DNIT, 2006.

Silva, *et al* (2018) realizou um estudo de caso da Ponte sobre a Laguna de Roteiro, na divisa dos municípios de Roteiro e Barra de São Miguel no estado de Alagoas, ele ressaltou que

as pontes são obras de artes especial e fundamentais para o desenvolvimento do país, pois influenciam um percentual significativo no PIB, visto que são responsáveis pela funcionalidade do setor de transporte. O presente trabalho contou com objetivo principal a análise das manifestações patológicas por meio de inspeção visual, com registros fotográficos e ensaios não destrutivos, para estabelecer correlações entre os resultados da inspeção e ensaios na ponte que possui como material predominante o concreto armado.

Os resultados foram divididos de acordo com os métodos utilizados, na análise através de inspeção visual, observou-se que o maior número de manifestações patológicas se localiza na infraestrutura, sendo encontrados corrosão, perda de seção e rompimento das armaduras, fissuras, desagregação do concreto deslocamento do concreto. As armaduras dessa parte da ponte estão em estado de grande deterioração, algumas encontram-se até rompidas, por se tratar de uma zona marinha na ponte há indícios de carbonatação e corrosão generalizada. As fissuras estão presentes em todos os elementos que constituem a ponte.

A mesoestrutura e a superestrutura em geral apresentou boa condição com presença apenas de algumas falhas de concretagem e fissuras e possíveis eflorescências, não foi possível a análise de todos os elementos da Ponte em estudo por falta de equipamento de aproximação e por parte dos elementos que formam essa estrutura estarem cobertos por água.

Na análise da Ponte através do uso de métodos de ensaio realizado em alguns elementos obteve-se resultados mais precisos, nos elementos que foi possível o contato, foram feitas medições de cobertura, ensaio de percussão, esclerometria e potencial de corrosão, cada ensaio com suas respectivas finalidades e realizados de acordo com a NBR 6118. Diante do que foi exposto o autor concluiu que para diminuir essas patologias é apropriado a definição de um plano de manutenção preventiva e executada de forma correta, logo ele ressalta que a manutenção de qualquer estrutura desse porte deve ser definida antes de se iniciar a obra.

Dantas (2018) realizou em seu trabalho uma análise de patologias e propostas de recuperação de estruturas de pontes de concreto, pelo método de pesquisa explorativa/descritiva o trabalho teve como objetivo principal analisar as principais patologias encontradas em concreto armado, especificadamente em pontes, que estão diretamente sujeitas a patologias, que segundo o autor possuem nascente em agentes advindos do meio ambiente ou do próprio homem, no qual faz-se comprometer diretamente o seu corpo estrutural.

O autor em seu referencial teórico citou diversos tipos de concreto como: o concreto armado e o concreto protendido, assim como suas particularidades, citou ainda que fatores como descuidos na execução da obra, erros dos cálculos na projeção, erros na execução, falta

de mão de obra qualificada e inexistência de manutenção na obra, acarretam um elevado custo a obra.

Segundo o autor os métodos e técnicas de recuperação são vários entre eles foi citado para a limpeza do substrato, por exemplo o pipocamento, lixamento manual e elétrico, pistola de agulha, disco de corte, para a limpeza da superfície foi mencionado o jato de água ou de ar comprimidos, para o tratamento de fissuras e trincas, técnicas de injeção de fissuras. Foi salientado também que o processo aplicado em cada patologia se dá pelo reconhecimento de cada patologia presente nestas obras, para que consigam elevar sua durabilidade e consequentemente a vida útil da estrutura.

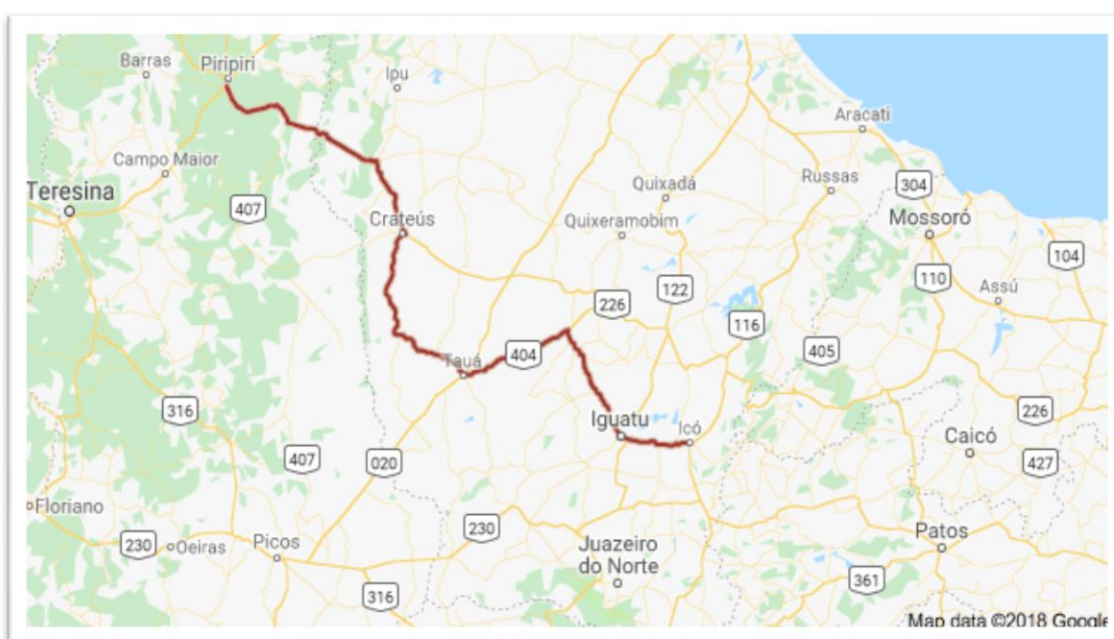
Com a leitura desses trabalhos pode-se verificar que todas as estruturas desse tipo apresentam incidência de manifestações patológicas do tipo fissuras, deslocamento do concreto, oxidação das armaduras, desagregação e manchas, esses fenômenos ocorrem principalmente pelas condições que estas se encontram, todos os autores que realizaram este estudo de caso seguiram uma mesma linha de raciocínio e concluíram que se essas Pontes passassem por manutenção e reparos essas patologias poderiam diminuir ou serem até evitadas.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCAL DA PESQUISA

O trabalho foi realizado na Ponte Piquet Carneiro localizada na entrada do município de Icó no Estado do Ceará, sobre o Rio Salgado, na rodovia federal BR – 404, que liga a cidade de Icó-CE a Piripiri-PI. Na Figura 15 ilustra-se a localização da ponte.

Figura 15 – Localização da BR-404



Fonte: Google, 2018

4.2 LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO CONSTRUTIVO DA PONTE PIQUET CARNEIRO

Para realização dessa etapa do trabalho foi feito uma pesquisa bibliográfica em órgãos públicos e entrevistas com historiadores da região.

4.3 LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O levantamento das manifestações patológicas foi realizado através de visitas *in loco* e coleta de imagens com auxílio de equipamento fotográfico.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 LEVANTAMENTO DO HISTÓRICO CONSTRUTIVO DA PONTE

Segundo o historiador local, Altino Afonso de Medeiros, a cidade de Icó/CE tem sua fundação com o extermínio dos índios, os tapuias, e com a chegada dos brancos portugueses, por volta de 1682. Também é conhecida por ser uma cidade praticamente toda tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN). A mesma foi atingida por uma seca que repercutiu na economia da cidade no final do século XIX. Preocupada com a população local, os governantes resolveram solicitar a construção de obras destinadas para a população atingidas pela forte seca ao presidente da Província, porém não teve sucesso.

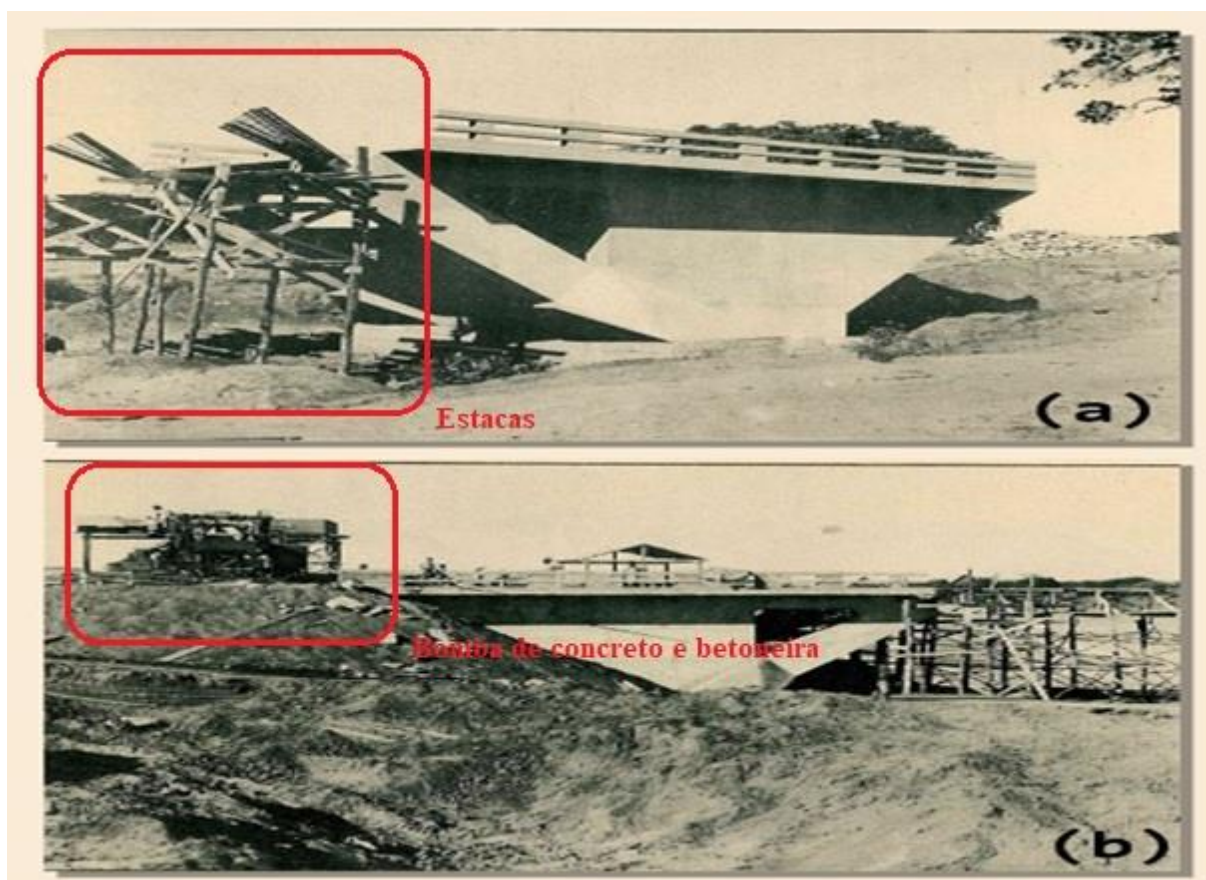
No início do século XX essa situação agravou-se, pois, a estrada de ferro que passaria pela cidade, não passou mais, assim ao longo desse século Icó enfrentou uma grande crise até que alguns comerciantes importantes se instalaram na cidade com o sistema algodoeiro, com isso também foi aumentando a indústria local de algodão, então surgiu a necessidade da abertura de novas estradas. Ainda no século XX, com a difusão do automóvel, abrem-se estradas e consequentemente a construção da Ponte Piquet Carneiro, que por sua vez mudou completamente a posição da cidade diante a economia local e regional.

A Ponte Piquet Carneiro é uma obra em concreto armado, implantada pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em 1939, pelas características próprias de sua estrutura e pelos processos de construção empregados na sua execução, pode-se denominar essa ponte como uma obra de utilidade social e econômica ao mesmo tempo ornamental. A mesma pode ser considerada um verdadeiro ponto de articulação da região centro sul do Ceará por possuir uma localização central.

Primeiro passo para a construção da Ponte foi a análise e preparação do seu terreno, verificando se o mesmo era firme o suficiente para receber os pilares e alicerces. Então foi realizada uma sondagem com processos rudimentares, porém suficientes para escolha correta da localização. Foi localizado a 16m de profundidade o material resistente para apoio direto das fundações, a escolha da estrutura foi feita visando uma maneira de atender as necessidades e reduzir os gastos, então foi diminuído o número de pilares, a extensão total da ponte foi dividida em três partes iguais de 50ms para cada.

A construção da mesma teve início no dia 3 de julho de 1937, com a concretagem das estacas. Logo em seguida começou pelo encontro da margem esquerda, cravadas com diversas estacas. Na Figura 16 (a), pode-se observar detalhes de parte desse processo. No encontro da margem direita, as pontas das estacas encontraram terreno firme a uma profundidade média de 9 m. Na Figura 16 (b), vê-se o encontro da margem direita vendo-se a betoneira e bomba de concreto com a tubulação instalada para a concretagem do pilar.

Figura 16 – Parte construtiva da Ponte (a) Encontro da margem esquerda (b) Encontro da margem direita, vendo-se equipamentos para auxílio da construção

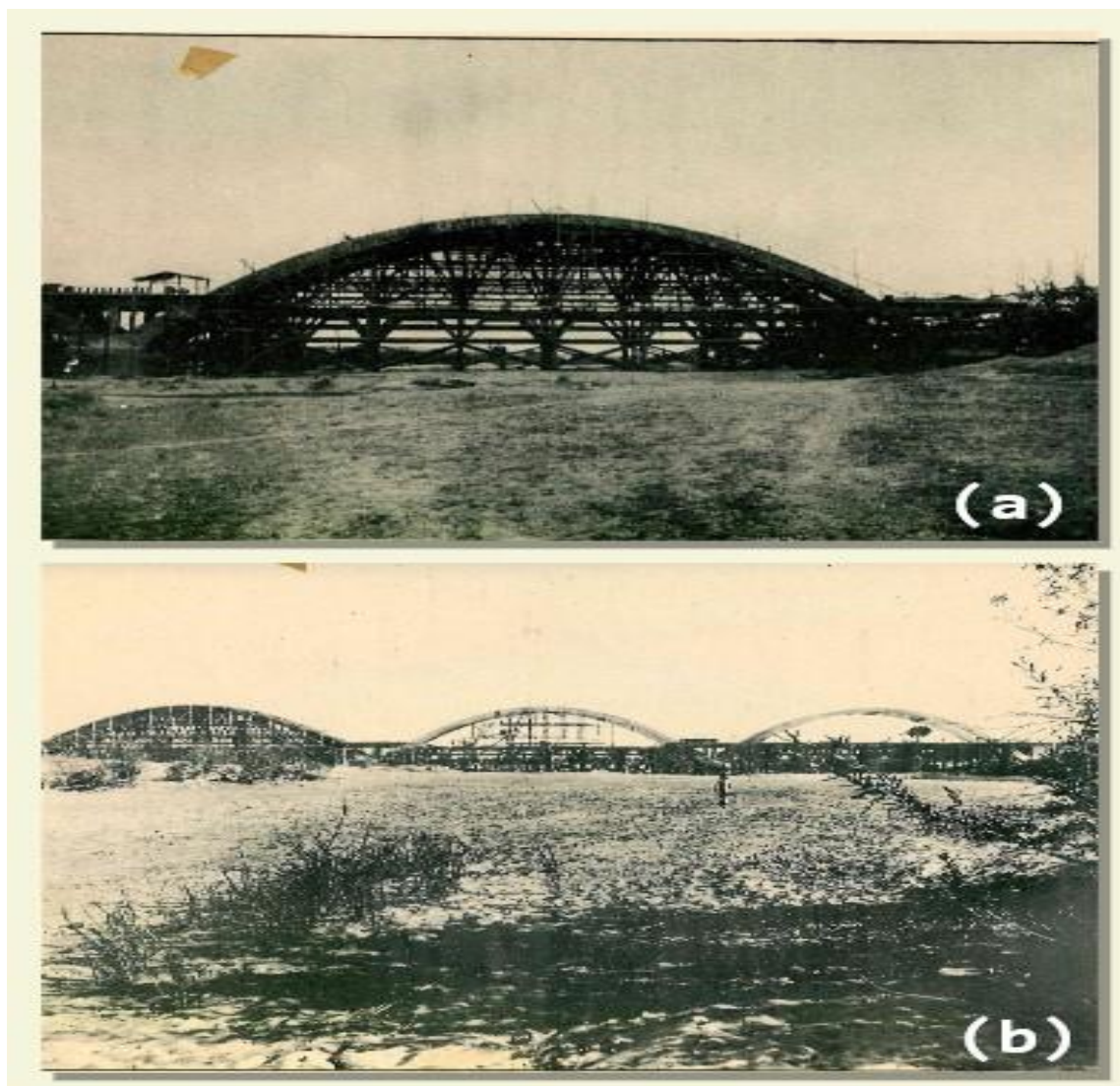


Fonte: Adaptada de DNOCS (1939)

Sua estrutura conta com três pares de arcos parabólicos tri articulados de 40m de corda e 8m e 30cm de flecha, tem suas articulações nas nascenças e no fecho, essas articulações são formadas por um feixe de 20 barras de ferro redondo em “I” com 3m de comprimento curvadas de modo a tenderem as extremidades para o centro, ligadas por estribos e devidamente soldadas, as das nascenças possuem um feixe de 22 vergalhões de “I” com 4m e duas barras de ferro ligadas também por estribos e soldados, estruturação semelhante às do fecho, a largura dos arcos é constante e igual a 0,50m e a espessura crescente do fecho é de 1m para nascenças

onde chega a 1,30m. A Figura 17 ilustra a construção de um dos arcos (a) que formam a estrutura e os três arcos juntos (b).

Figura 17 - Construção dos arcos (a) andaime para escoramento do arco central; (b) Aspecto da construção depois de terminada a concretagem dos arcos da margem esquerda



Fonte: DNOCS (1939)

As suas armaduras são formadas por vergalhões de formato em “I” e estribos retangulares de 7,94mm, na lateral existe quatro peças retangulares com 0,60 m de largura e 0,40m de espessura. No meio e nas extremidades de cada vão, a laje do estrado possui uma junta de dilatação com 0,02m de intervalo cheio por asfalto, a espessura desta laje é de 0,15m na via de rodagem, já na via de passeio lateral possui 0,10m, existindo ainda uma diferença de nível que corresponde a 0,18m entre os dois pisos. A mesma ainda é composta por uma longarina central de 0,20x0,50m, dois longerões de 0,30m x 0,88m, distantes 3m do seu eixo

e travessas de 0,25m x 0,60m com espaços entre si de 3,63m que se prolongam além dos longerões junto de 1,30m de balanço com altura decrescendo.

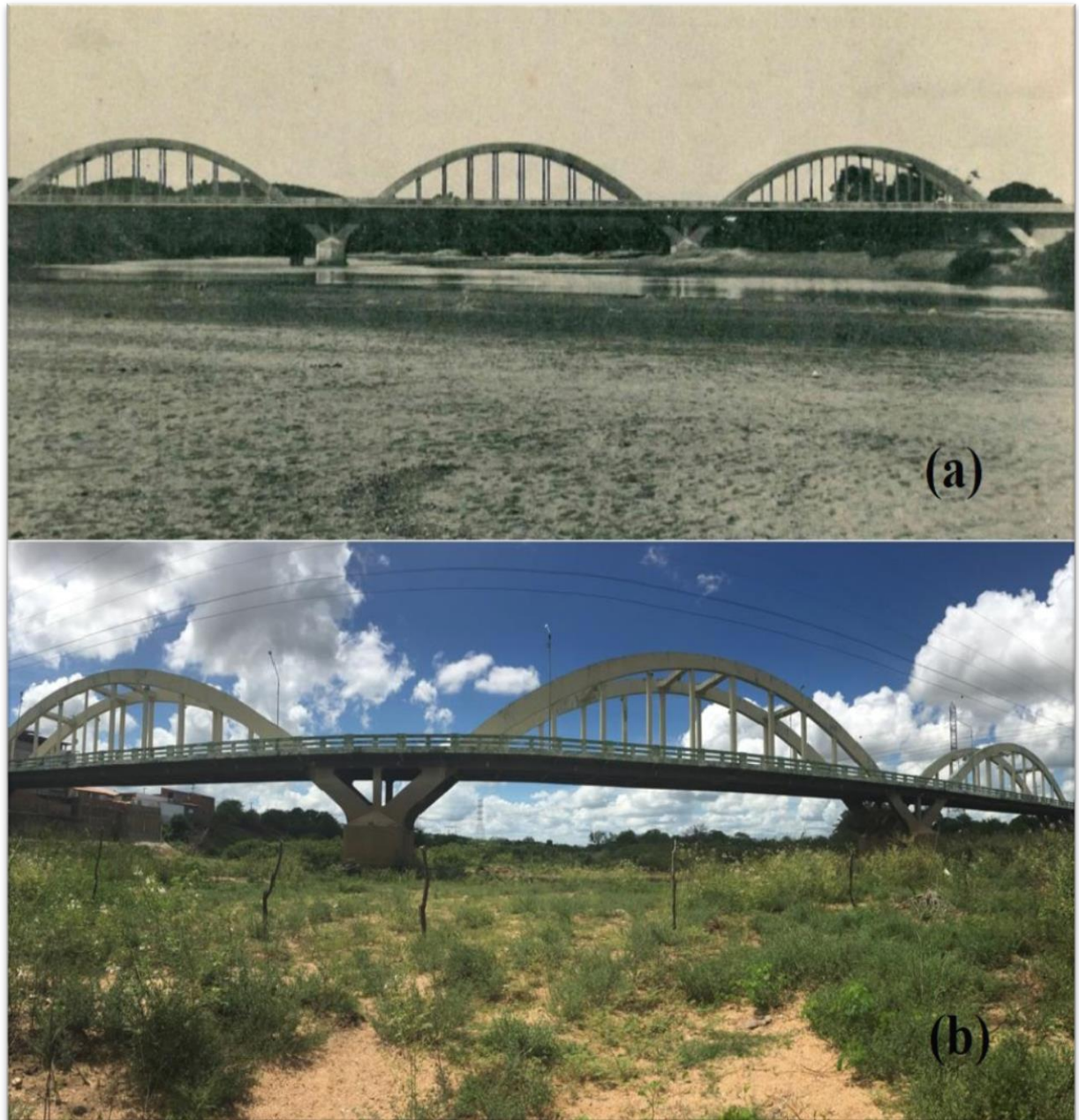
A estrutura dos pilares é formada por dois pares de peças inclinadas, utilizadas na direção da tangente do arco na nascente, com uma seção constante igual à dos arcos na nascente e contra ventadas lateralmente. Existe uma coluna central que oferece um apoio intermediário ao longerão e travessa da parte do estrado.

Nos encontros existem uma sapata de 2,35m de altura com uma base de 6,00m x 9,00m firmada em estaca e para completar sua estrutura são empregadas cortinas de testa e laterais constituídas por lajes de 0,25m de espessuras, nervurada as laterais, por colunas de 0,40m x 0,40m, sobre elas também se apoiam as travessas do estrado sobre os encontros, com alas de 10,00m de comprimentos dos quais 4,00m encontra-se em balanço.

Nas fundações de encontros e pilares foram cravadas 150 estacas de concreto armado com 13,00m de comprimento e uma seção de 0,30m x 0,30m armadas com 4 vergalhões em “I” conectados por uma espiral de ferro.

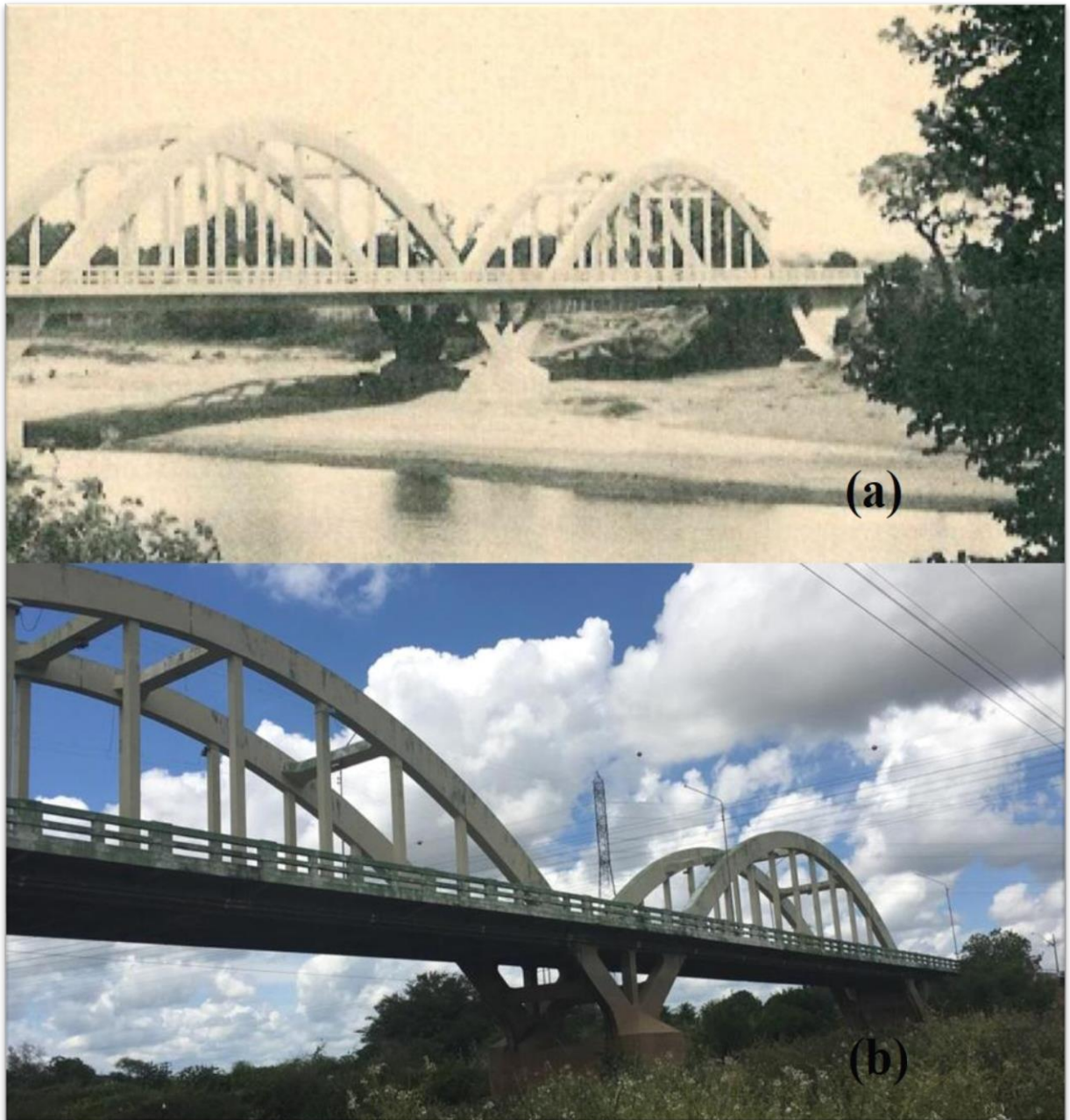
A ponte de maneira geral possui uma extensão total de 150 m de comprimento e 8,90m de largura do qual torna-se útil 8,50m, onde 5,50m é destinado para via de rodagem e 3m para ambos os passeios laterais (destinados 1,5m para cada lado) a mesma ainda é constituída por uma laje nervurada por dois longerões, uma longarina e travessas, apoiadas sobre dois pilares numa extensão de 50m, 10m sobre cada pilar, e apoiadas também sobre as estruturas dos encontros, 15m sobre cada encontro, numa extensão total de 120m. As Figuras 18, 19 e 20 mostram a ponte finalizada na época (a) e atualmente (b), de diferentes ângulos.

Figura 18 - Vista da ponte concluída (a) no ano de 1939; (b) no ano de 2019.



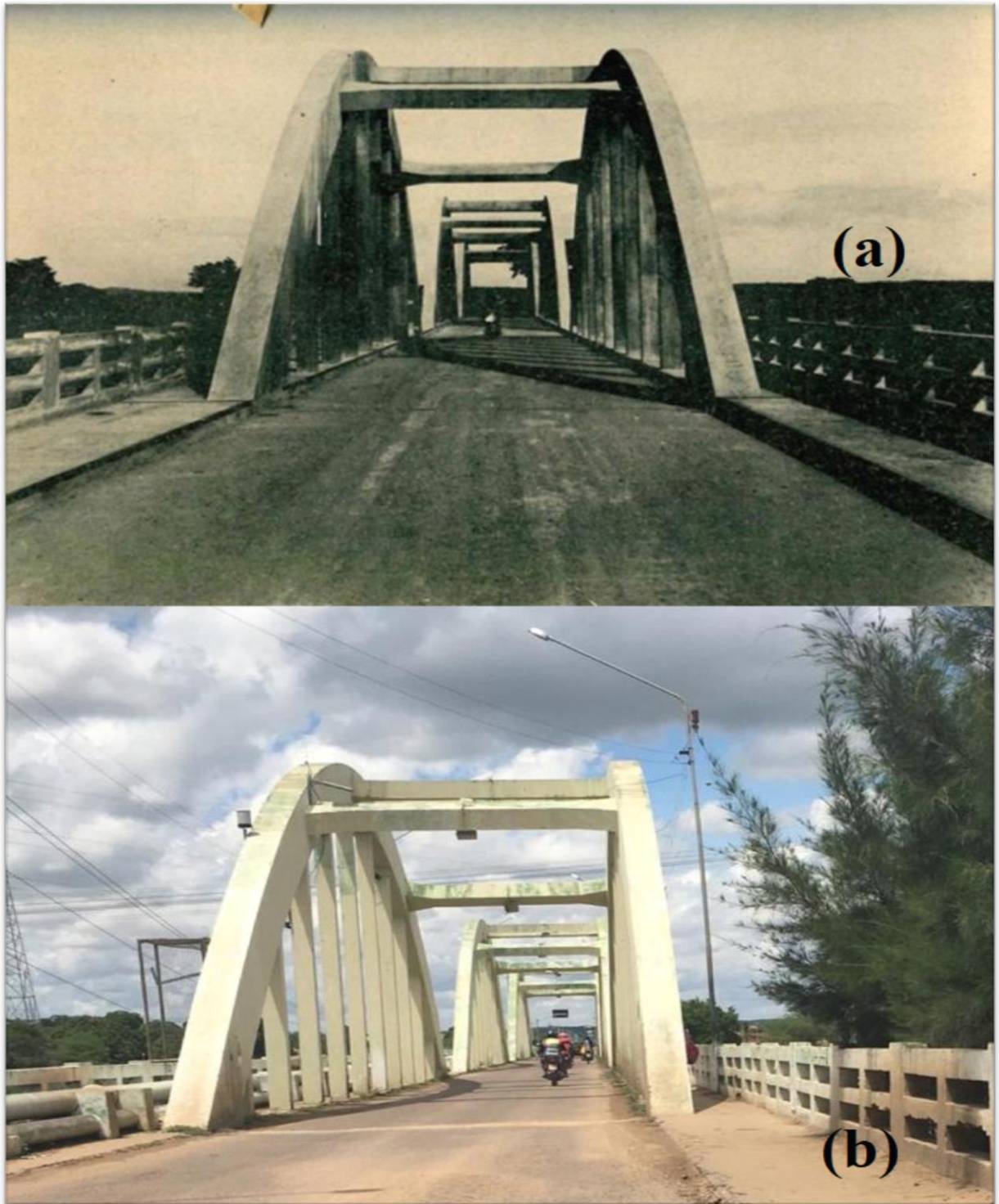
Fonte: Adaptado do DNOCS (1939)

Figura 19- Vista da jusante na margem direita concluída (a) no ano de 1939; (b) no ano de 2019.



Fonte: Adaptado do DNOCS (1939)

Figura 20 – Vista da ponte concluída, colhida do encontro da margem direita (a) no ano de 1939; (b) no ano de 2019.



Fonte: Adaptado do DNOCS (1939)

5.2 RESULTADOS DO LEVANTAMENTO DAS CONDIÇÕES GERAIS

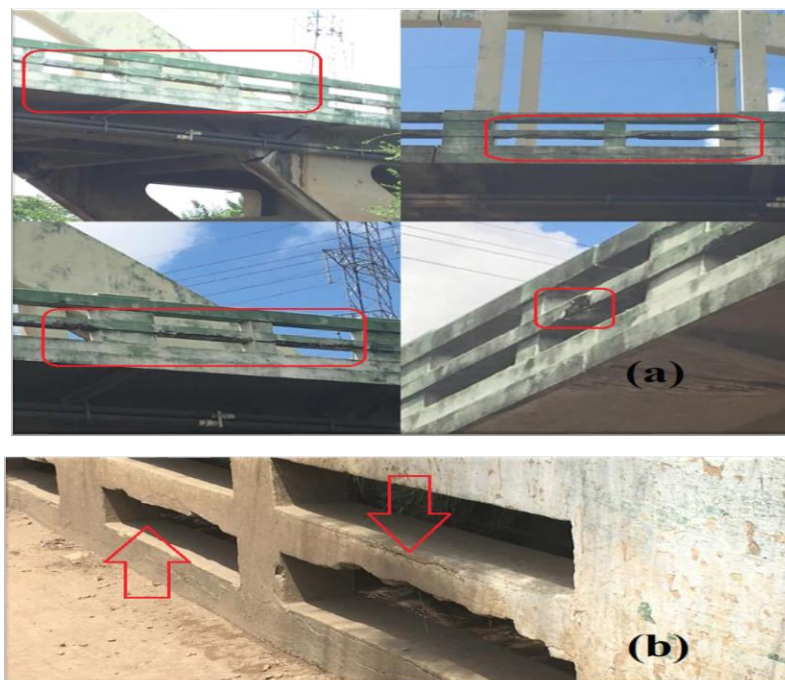
Com auxílio dos registros fotográficos foi realizado o levantamento das condições gerais da ponte Piquet Carneiro e com as descrições técnicas pode-se observar a presença das seguintes manifestações ao longo de toda a estrutura: fissuras, trincas, manchas, corrosão das armaduras, desagregação e/ou segregação do concreto e eflorescência. Como a análise realizada foi apenas visual, foi possível relatar apenas possíveis causas da ocorrência das manifestações.

5.2.1 Manifestações patológicas presentes na superestrutura

Na superestrutura as manifestações patológicas identificadas foram do tipo fissuras, trincas e manchas.

Nos guarda corpos da ponte foi possível perceber em alguns pontos a desagregação e a corrosão das armaduras, como pode se perceber na Figura 21 em que (a) pode-se observar as manchas e corrosão das armaduras e em (b) está mostrando a desagregação e algumas fissuras leves.

Figura 21-Detalhe dos guarda corpos deteriorados



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

Os surgimentos dessas manifestações patológicas podem estar relacionados com inúmeros fatores como condições ambientais e climática, impacto de veículos, a desagregação

devido a oxidação ou dilatação das armaduras, influências mecânicas, excesso de vibração com o trânsito diário dos automóveis, entre outros.

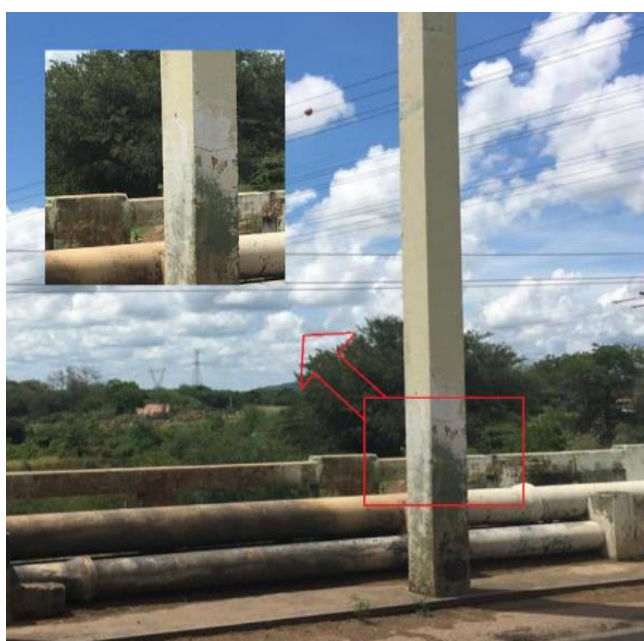
Essa ponte é uma estrutura antiga que está submetida a diversas influências, não se tem dados contabilizados da quantidade de acidentes ocorridos no trecho da ponte, porém sabe-se que foram muitos devido a isso alguns guarda corpos e pilares podem ter sofrido colisões diretas provocando a quebra do concreto. A oxidação na armadura e a desagregação nesse caso podem ter duas causas: a falta de manutenção e essas colisões.

Os guarda corpos, não possuem uma função estrutural importante, porém os mesmos estão submetidos as mesmas condições climáticas e ambientais que a estrutura como um todo, dessa forma faz-se necessário um olhar mais específico para as manifestações patológicas detectadas, pois o tratamento destas é definitivo quanto a durabilidade desses elementos estruturais.

Os pilares dos arcos de maneira geral encontram-se em bom estado apresentando apenas leves fissuras e manchas, todos com as manifestações patológicas iguais

As fissuras podem ter surgido pela a exposição da estrutura a fenômenos naturais, que favorecem o desgaste do concreto, como a chuvas, isolações ao longo dos anos, na nossa região a maior parte do ano encontra-se em período de seca e o excesso de água também é prejudicial. As manchas ocorrem principalmente pelo excesso de água infiltrada na estrutura, as fissuras podem ser a entrada para esse agente, acarretando a formação de manchas. Pode-se verificar na Figura 22 a presença dessas manifestações em um dos pilares.

Figura 22-Detalhe dos pilares



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

Observa-se também na Figura 22, observa-se de uma tubulação que não existia no projeto inicial, provocando na estrutura um excesso de peso que não foi previsto e provavelmente pode ter provocado algumas manifestações patológicas existentes nesse lado da ponte como fissuras, rachaduras e até deslocamento, a diferença entre a ponte do projeto inicial e a ponte nos dias atuais, pode ser observada na Figura 20. A pista de rolamento da ponte apresenta algumas irregularidades, como as mostradas na Figura 23, que são manifestações patológicas do tipo fissuras e rachaduras, em relação ao longo tempo sem recapeamento asfáltico a pista encontra-se em um estado satisfatório

Essas rachaduras podem ter ocorrido porque a estrutura foi impedida de se movimentar, quando submetidas a variação de temperatura, ou por está submetida diariamente a esforços moveis de fluxo dos automóveis.

Figura 23-Pista de rolamento apresentando irregularidades nas condições do asfalto.



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

A superestrutura da ponte Piquet Carneiro é formada por quatro juntas de dilatação transversais localizada nas extremidades e divisão dos três vãos que à compõe, preenchidas por asfalto. Observa-se que ambas apresentam apenas um desgaste natural, que foi gerada pelo longo tempo que a mesma não passa por manutenções. Como está ilustrado na Figura 24.

Figura 24- Detalhe das juntas de dilatação



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

Ainda na superestrutura pode-se verificar a presença de pingadeira (Figura 25), revestida de um material do tipo metálico, esse material apresenta um desgaste na sua superfície, oxidação, essa manifestação, pode ter surgido pelo acúmulo de água local, ou basicamente por falta de manutenção. Esse problema pode acarretar outras manifestações patológicas que ao longo tempo poderão comprometer a laje.

Figura 25- Detalhes da pingadeira



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

A maioria das pontes são construídas sobre um percurso de água, a ponte em estudo encontra-se sobre o rio salgado e este passou por períodos de secas e cheias, nesse período de cheia o nível da água consegue alcançar o tabuleiro. Iniciando do princípio, que para haver corrosão precisa principalmente da presença e/ou da infiltração de água e do oxigênio, podemos supor que essa manifestação surgiu por esse motivo ou pela maneira que a água evaporou e se infiltrou na estrutura, assim como a maneira a água escoar das pingadeiras, que se encontram desgastadas.

Pode-se observar a exposição da armadura em alguns pontos das vigas longitudinais e das vigas transversais. Se tornando assim necessário a realização de reparos uma vez que o fato das armaduras estarem expostas compromete a estrutura, pois a corrosão reduz a resistência a flexão da viga. Na Figura 26 está destacado a oxidação (exposição das armaduras) presentes na estrutura.

Figura 26-Exposição da armadura presente na superestrutura



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

Ainda na superestrutura podemos notar o processo de manchas e eflorescência, que podem ter ocorrido pela infiltração de água. Essas manifestações patológicas estão presentes em vários locais da estrutura como pode- se observar na Figura 27.

Figura 27- Manifestações patológicas do tipo eflorescência e manchas



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

5.2.2 Manifestações patológicas presentes na mesoestrutura

A mesoestrutura de uma ponte é, em geral constituída por pilares do tipo parede maciça de concreto, aparelhos de apoios e encontro. Os pilares da Ponte Piquet Carneiro apresentam algumas manifestações patológicas como deslocamento do concreto, corrosão das armaduras e eflorescência. A Figura 28 ilustra a corrosão das armaduras nos pilares. Essas podem comprometer a estrutura, quando levado em consideração que os pilares são responsáveis por receber os esforços da superestrutura e transmiti-los para infraestrutura.

Figura 28- corrosão das armaduras presente nos pilares



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

Nos pilares ainda foi observado o deslocamento isolado do concreto, como está ilustrado na Figura 29. Essa manifestação patológica pode ser resultante de algum processo provocado pela corrosão das armaduras, ou até mesmo pelas deformações provocadas por cargas excessivas e impactos não considerados no dimensionamento do projeto.

Figura 29- Deslocamento do concreto



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

Em alguns pilares foi detectada a presença de eflorescência e manchas, como foi destacado na Figura 30.

Eflorescência são depósitos de sais na superfície do concreto que formam manchas brancas, está ligada à infiltração das águas através das trincas e fissuras presente na ponte assim como pelas juntas de dilatação do tabuleiro, e está por si só é um problema mais estético.

Figura 30-Efeito da eflorescência e das manchas no pilar



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

5.2.3 Manifestações patológicas presentes na infraestrutura

A infraestrutura é constituída por estacas pré-moldadas de concreto, coroadas por blocos de concreto armado. Pode-se observar que essas estacas estão aparentemente conservadas e não apresentam manifestações patológicas visíveis como ilutas na Figura 31. Para a estrutura é um ponto positivo, pois as estacas são de difícil acesso para uma manutenção e ainda são responsáveis por suportar as cargas recebidas da estrutura e as cargas móveis.

Figura 31- Estacas da infraestrutura



Fonte: Acervo do autor (janeiro 2019)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal realizar um levantamento das condições gerais da Ponte Piquet. Diante do exposto e das condições de realização do trabalho foi possível concluir que:

- A vistoria no local propiciou a identificação das manifestações patológicas presente na Ponte como fissuras, rachaduras, eflorescência, manchas, desagregação, deslocamento e corrosão das armaduras.
- A superestrutura é a região estrutural que apresenta a maior quantidade de manifestações patológicas, a instalação da tubulação no lado direito da ponte pode ser uma das causas desses problemas, a aparição de grandes rachaduras na pista de rolamento, possivelmente denunciam grandes movimentações difíceis de ser absorvidas.
- As juntas de dilatações apresentaram um desgaste natural, com pouca vedação, e nas pingadeiras uma corrosão na estrutura, ambos favorecem a infiltração das águas acarretando a deterioração do tabuleiro, que apresentou na parte inferior corrosão nas armaduras e a presença de manchas e eflorescência.
- Na mesoestrutura foi possível observar o deslocamento no concreto dos pilares, algumas manchas, eflorescência e corrosão nas armaduras.
- A infraestrutura não apresentou manifestações patológicas consideráveis.
 - As manifestações patológicas mais preocupantes presentes na estrutura foram a exposição das armaduras na parte externa da superestrutura e o deslocamento do concreto nos pilares da mesoestrutura.
- A grande maioria das manifestações patológicas encontradas na ponte poderiam ser evitadas com pequenos reparos e manutenção, porém é notório que não existe uma política de manutenção periódica para essas obras de artes especiais.

Com o estudo pode-se observar que a Ponte Piquet Carneiro se encontra deteriorada, porem com um resultado satisfatório levando em consideração a inexistência ou falta total de manutenção em todo seu tempo de uso. No entanto pode-se considerar que para manter a sua integridade física, aumentar sua vida útil e atender aos requisitos para os quais a mesma foi projetada, seria necessários reparos em elementos estruturais importantes como os pilares, a parte interna do tabuleiro e os guarda corpos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7188: **Carga móvel rodoviária e de pedestres em pontes, viadutos, passarelas e outras estruturas**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2013

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT NBR 9575: **Seleção e projeto de impermeabilização**. Rio de Janeiro, 2003.

BERTOLINI, Luca. **Materiais de construção**: patologia, reabilitação, prevenção. São Paulo: Oficina de Texto, 2014. 414 p.

BASTOS, Herik César do Nascimento; MIRANDA, Mateus Zanirate. Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais. **Constuindo**, Belo Horizonte, v. 9, n. 5, p.1-93, 18 jul. 2017. Mensal.

CURCIO, Ronald Cristhian de Lima. **PONTES RODOVIÁRIAS**: Levantamento das principais patologias estruturais. 2008. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.

COPYRIGHT; PREFEITURA. **Icó**. Disponível em: <<https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-ico.html>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

CORDEIRO, João Gonçalo Paulo. **Aparelhos de apoios em pontes: vida útil e procedimentos de instituição**. 2014. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, área Departamental de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia, Lisboa, 2014.

CARVALHO, Daniel Iglesias de; PARENTE, Dênis Cardoso; LIMA, Sindy Nepomuceno. **Análise das Manifestações Patológicas Identificadas na Ponte Sobre o Rio Tocantins, Porto Nacional – TO**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS, 9., 2016, Rio de Janeiro. Anais... . Rio de Janeiro: Cbpe, 2016. p. 1 - 10.

DANTAS, Inglisson Eduardo Siqueira. **Análise de patologias e propostas de recuperação de estruturas de pontes de concreto**. 2018. 74 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2018.

DENIS, Felipe. **Icó Ceará: Icô no século vinte**. Disponível em: <<http://icoce.blogspot.com/2013/04/ico-ce-ico-no-seculo-vinte.html>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

D'ORSI SOBRINHO, Rodrigues. **Ponte Piquet Carneiro**, Boletim de Inspetoria Federal de Obras as Secas, Rio de Janeiro, v.11, n.2, p.141-149, abr.-jun. 1939

DNIT. (2004). **Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa, Rio de Janeiro.

DNIT. (2010). **Manual de Recuperação de Pontes e Viadutos Rodoviários**. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva, Rio de Janeiro.

EL DEBS, M. K.; TAKEYA, T. **Pontes de Concreto**. São Carlos, USP – Universidade São Paulo, 2009. Notas de aula.

FELIPE, T. R. C. **Efeitos da corrosão e suas manifestações patológicas em pontes de concreto armado: estudo de caso**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CONCRETO, 56, Natal, 2014. Anais. Natal: IBRACON, 2014.

FELIX, Luiz Felipe da Silva. **Análise das manifestações patológicas de pontes de concreto armado. Estudo de caso: rodovia que liga o município de Afonso Bezerra ao município de Angicos**. 2015. 50 f. Monografia (Especialização) - Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Ciências Exatas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2015.

GUILHERME, Geovanny da Silva; GUILHERME, Ordália Dias da Silva; COSTA, Paulo Henrique Santos. **Manifestações patológicas em Pontes de concreto armado no Brasil: O caso da ponte sobre o rio Tocantins no município de porto nacional - Tocantins**. 2017. 6 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal do Tocantins, Tocantins, 2017.

HELENE, Paulo R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. 2ª ed. São Paulo: Pini, 1992

IBGE. **População do Município Icô-CE**, Brasil. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/ico/panorama>>. Acesso em: 07 nov. 2018.

LEONHARDT, Fritz. **Construção de concreto: princípios básicos da construção de pontes de concreto**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013. 241 p. 6 v.

LENCIONI, Julia Wippich. **Proposta de Manual Para Inspeção de Pontes e Viadutos em Concreto Armado – Discussão Sobre a Influência dos Fatores Ambientais na Degradação de Obras-de-Arte Especiais**. 2005. 187f. Tese de Mestrado em Engenharia de Infra-Estrutura Aeroportuária – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos.

LOPES JÚNIOR, Marcelo Sérgio Couteiro; LOPES, Marcileia Couteiro. **Impactos da construção da Ponte sobre o Rio negro, no cotidiano dos produtores rurais da comunidade nova esperança - Iranduba/AM**. In: ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE MANAUS, 1., 2016, Amazônia. Anais... . Amazônia, 2016. p. 1 - 27.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. São Paulo: Blucher, 2017. 237 p.

MARIA JUNIOR, Alberto Ferreira; GONÇALVES, Geciane da Silva. Estudo Das Manifestações Patológicas na Segunda Ponte do Ribeiro De Abreu. **Pensar Engenharia**, Ribeiro de Abreu, v. 2, n. 5, p.1-18, 14 jun. 2017. Mensal.

NEVILLE, A.M. **Propriedades do concreto**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016. 888 p.

NÓBREGA e SILVA, Rute Vieira. **Estudo das condições gerais da ponte Felipe Guerra – Assú/RN – levantamento da incidência de manifestações patológicas**. 2016. 62 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, 2016.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estrutura de concreto**. São Paulo: Pini, 2009.

PINHO, Fernando Ottoboni, BELLEI, Ildony Hélio, **Pontes e viadutos em vigas mistas**, 1ª ed. Rio de Janeiro, IBS/CBCA, 2007

PFEIL, Walter, 1979. **Pontes Em Concreto Armado**: Elementos De Projetos, Solicitações, Dimensionamentos. Livros técnicos científicos editora S.A. Rio de Janeiro

SOUTO, Daniela Santana. **Manifestações patológicas em pontes de concreto armado**. Especialize, Porto Alegre, p.1-18, 19 jan. 2015. Mensal.

SANTOS, Alfredo Gomes Francisco da Siva; SOUZA, Anderson Oliveira de; FARIAS, Manoel Leandro Araújo e. **Levantamento das manifestações patológicas de uma ponte de concreto armado junto as suas possíveis técnicas de recuperação**. In: CONFÊRENCIA NACIONAL DE PATOLOGIAS E RECUPERAÇÕES DE ESTRUTURAS, 1., 2017, Recife. Anais... . Recife: Conpar, 2017. p. 1 - 10.

VITÓRIO, J. A. P. Vistorias, **Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto**.
Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, 2006.