

Proposta de protocolo rápido para a inspeção visual de pontes de madeira

Wesley Wilker Corrêa Morais¹* Thiago Martins de Oliveira¹ Magnos Alan Vivian² Paulo Eduardo Barni¹ Janice Bittencourt Facco Morais¹

¹Universidade Estadual de Roraima (UERR), Campus Rorainópolis, Avenida Senador Helio Campus, s/nº, CEP: 69373-000, Rorainópolis, RR, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Rodovia Ulysses Gaboardi, Km 6, CEP: 89520-000, Curitiba, SC, Brasil.

Original Article

*Corresponding author:
wesley.morais@uerr.edu.br

Palavras-chave:

Protocolo de avaliação rápida

Identificação de danos

Classificação da condição de pontes

Keywords:

Rapid assessment protocol

Damage identification

Bridge condition classification

Received in

2022/03/10

Accepted on

2022/06/06

Published in

2022/06/30



DOI:

<http://dx.doi.org/10.34062/af.s.v9i2.13532>



RESUMO: As pontes de madeira exercem papel preponderante para se manter o fluxo de mercadorias e pessoas por diversas regiões, com destaque, principalmente, nas zonas rurais. Para tanto, as pontes de madeira devem apresentar condições satisfatórias para atender ao objetivo supracitado, portanto torna-se necessário a adoção de monitoramento da qualidade da obra, visando manutenções preventivas. Neste sentido, objetivou-se realizar a inspeção cadastral e classificar as condições de 28 pontes em vigas de madeira serrada existentes na vicinal 22, município de São Luiz, Roraima, por meio das características da estrutura, funcionais e de durabilidade, a fim de avaliar o estado de conservação das mesmas e sugerir um protocolo de avaliação rápida. A avaliação estrutural consistiu na mensuração do comprimento, largura e altura das pontes selecionadas, os funcionais, representados pelas características planialtimétricas e da pista, e de durabilidade, no qual foi analisado os registros de inconformidades. Considerando todos os aspectos ressaltados foi realizada a classificação da condição de obra. Quanto à avaliação estrutural foi obtido em média 10 m, 5 m e 2,45 m, para comprimento, largura e altura do pilar, respectivamente, nas características funcionais e durabilidade destacam-se, a uniformização de algumas características como o número de faixa, largura do rodeiro, entre outros, e a ausência de sinalização e catadióptricos. Quanto as condições das obras 82% das pontes foram classificadas como excelente ou boa e 18% regular ou ruim.

Rapid protocol proposal for visual inspection of wooden bridges

ABSTRACT: Wooden bridges play an important role in maintaining the flow of goods and people through different regions, especially in rural areas. Therefore, wooden bridges must present satisfactory conditions to meet the aforementioned objective, it is necessary to adopt quality monitoring of the work, aiming at preventive maintenance. In this sense, the objective was to carry out the cadastral inspection and classify the conditions of 28 bridges in existing vicinal 22 lumber beams, municipality of São Luiz, Roraima, through the characteristics of the structure, functional and durability, in order to evaluate the their conservation status and suggest a rapid assessment protocol. The structural evaluation consisted of measuring the length, width and height of the selected bridges, the functional ones, represented by the planialtimetric and runway characteristics, and durability, in which the nonconformity records were analyzed. Considering all the highlighted aspects, the classification of the construction condition was performed. As for the structural evaluation, an average of 10 m, 5 m and 2.45 m was obtained, for length, width and height of the piles, respectively, in the functional and durability characteristics, the standardization of some characteristics such as the number of strip, width of the wheel guard, among others, and the absence of signaling and catadioptric. As for the conditions of the construction, 82% of the bridges were classified as excellent or good and 18% regular or bad.

Introdução

A infraestrutura de pavimentos, estradas rurais e pontes são fatores determinantes para o desenvolvimento de um país, estado e município. A infraestrutura está diretamente ligada às atividades econômicas e sociais, como fluxo de bens e serviços, além de promover a acessibilidade a uma comunidade. Desta forma, a infraestrutura estimula o desenvolvimento das atividades realizadas localmente, favorecendo a melhoria do padrão de vida da população assistida pela construção.

O estímulo ao investimento industrial e da cadeia produtiva em diversas regiões está diretamente ligado às condições de infraestrutura das estradas rurais. Cabe ressaltar que por muitas vezes as infraestruturas rurais carecem de planejamento na execução da obra e, principalmente, na manutenção periódica, a fim de estender a vida útil desta.

As estradas rurais, também conhecidas como estradas vicinais de terra, são vias sem revestimento superficial, asfalto ou concreto, com a presença de piçarra e pontes de madeira. Elias (2018) acrescenta que as vias secundárias das estradas vicinais não possuem pavimentos, e normalmente não recebem manutenções, resultando em problemas técnicos, como o transporte dos agregados granulares, erosão e formação de buracos.

Dentro das obras de infraestrutura, encontram-se as pontes, que tem a importância macrorregional e funções imprescindíveis nas estradas vicinais. As pontes possibilitam e facilitam o acesso a lugares até então inacessíveis, além de exercerem diversas funções sociais como promover o fluxo industrial, escoamento da produção agrícola e o livre deslocamento (SILVEIRA e FELIPPI 2018).

O uso da madeira como material para a concepção de elementos estruturais, assim como são usadas nas pontes, é uma técnica antiga, utilizada desde as construções mais primitivas até nas mais atuais. O uso da madeira justifica-se devido ao fato de ser um material de baixo custo, renovável, fácil de trabalhar, versátil, durável e de fácil obtenção (NASCIMENTO et al. 2020). Entretanto, a madeira está sujeita a esforços físicos e mecânicos, além do apodrecimento em função do ataque de agentes xilófagos (BATISTA 2020).

A União, Estados e Municípios brasileiros, em grande parte, não adotam procedimentos sistemáticos para inspeções e manutenção das pontes que compõem as suas malhas viárias, apresentando uma série de problemas (MILANI e KRIPKA 2012). Segundo os mesmos autores, isso afeta diretamente a população dependente das estradas, dificultando a ida ao trabalho, escola, médico, compra e venda de mercadorias e diversas outras atividades realizadas na área urbana. Para fins de comparação, em 10 anos a frota de veículos no Brasil cresceu 110,4%, enquanto a extensão das rodovias federais pavimentadas cresceu 11,7%, resultando no maior

tráfego de veículos, contribuindo para o aumento da necessidade de manutenção e monitoramento das vias e pontes (CNT 2016).

Diante disso, há a necessidade de políticas públicas em relação a inspeções frequentes das pontes de madeira para garantir as manutenções preventivas, baseadas em monitoramentos periódicos. Além disso, as políticas públicas devem ser pautadas com a finalidade de aumentar a vida útil da estrutura, com o menor custo possível e diminuir incidentes que possam acarretar em prejuízos à sociedade, garantindo qualidade de vida aos seus usuários.

Neste contexto, objetivou-se propor um protocolo de avaliação rápida (PAR) para monitoramento da qualidade de pontes de madeira. Além deste, realizar a inspeção cadastral e classificar a condição de pontes de madeira, segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade, por meio de técnicas visuais na estrada vicinal 22, município de São Luiz, Roraima.

Material e Métodos

A área de estudo encontra-se na vicinal 22 do município de São Luiz, localizado no sul do estado de Roraima, que possui uma extensão de 42 km, com ponto inicial nas coordenadas geográficas extremas de 00°57.785' N e 060°00.591' O (Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen, o clima no município de São Luiz é do tipo Am. Segundo Barbosa (1997), o clima Am é caracterizado por pluviosidade entre 1700 e 2000 mm.ano⁻¹ com distribuição regular ao longo do ano, os meses entre maio e junho destacam-se pela maior ocorrência de precipitações.

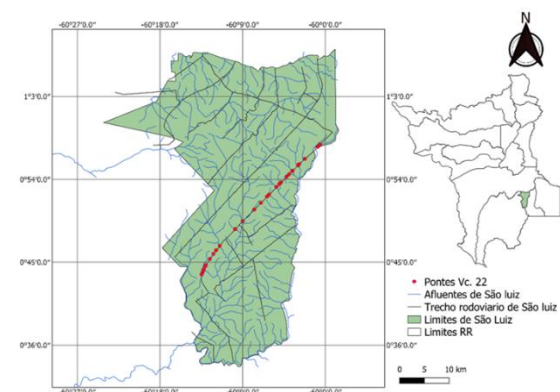


Figura 1. Mapa representativo do estado de Roraima com destaque para o município de São Luiz e da vicinal 22.

Cabe ressaltar que o percurso analisado é conhecido localmente como a vicinal de maior produção agropecuária do município de São Luiz, com destaque para a produção de bovinos, banana e açai.

TABELA DE INSPEÇÃO CADASTRAL			
Data da inspeção:	Obra código:	Jurisdição (Órgão):	Responsável pela inspeção:
CADASTRO: IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO			
Vicinal/município:	Sentido da estrada:	Localização (km):	Localização (GPS):
CARACTERÍSTICAS DA ESTRUTURA			
Comprimento total (m):	Largura total (m):	Altura livre [Pista-Recurso hídrico (m)]:	
Características particulares			
Classificação do tipo da ponte: () vigas simples de peças roliças () vigas de peças serradas () vigas com peças roliças compostas () vigas de peças serradas compostas () vigas laminadas coladas () vigas compostas por peças serradas e compensados () vigas treliçadas () em arco () em pórtico			
Número de vãos:	Número de apoios:	Número de pilares por apoio:	
Altura máxima do pilar [Pista-base do recurso hídrico (m)]:		Mão francesa (pilares): () sim () não	
Comprimento do maior vão (m):		Comprimento do menor vão* (m):	
Observações:			
* Se houver mais de 2 vãos colocar as medidas aqui.			
Obras de contenções do aterro de acesso: () ausência () estacas com contenção ambas de madeira serrada () estacas com contenção mista de gabiões e madeira () estacas com muro de contenção ambas em madeira roliça () muro de gabiões () muro de contenção de alvenaria () estacas com contenção em "crib wall" () muro em concreto () muro de concreto sobre estacas			
Elementos de ligação do apoio: () pregos () parafuso () pregos e parafusos () encaixes por entalhes da madeira () encaixes por entalhes da madeira, com pregos e parafusos () ausência			
Elementos de ligação do rodeiro: () pregos () parafuso () pregos e parafusos () encaixes por entalhes da madeira () cinta de ferro, parafusos e pregos () cinta de ferro e parafusos () cinta de ferro e prego () encaixes por entalhes da madeira, com pregos e parafusos () travamento com peças de madeira e pregos () travamento com peças de madeira e parafusos () travamento com peças de madeira, pregos e parafusos () ausência			
CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS			
Características planialtimétricas			
Desenvolvimento altimétrico: () reto horizontal () reto em rampa () curvo convexa () curvo côncava			
Traçado: () reto tangente () reto esconso () curvo			
Características da pista			
Número de faixas:	Nº total de tábuas do rodeiro (sentido da via):		
Largura útil tabuleiro (m):	Largura do rodeiro (m):	Largura da faixa (m):	
Largura central do tabuleiro (m):	Passeio: () sim () não	Largura do passeio (m):	
FATORES QUE PODEM AFETAR A DURABILIDADE (Inconformidades)			
Superestrutura: Tratamento preservativo: () ausência () presença Dados causados por fogo: () ausência () presença Dados causados por sobrecarga ou veículos: () ausência () presença Problemas:			
Mesoestrutura: Tratamento preservativo: () ausência () presença Dados causados por fogo: () ausência () presença Dados causados por sobrecarga ou veículos: () ausência () presença Problemas:			
Elementos da pista ou funcionais			
Pavimento ou rodeiro: () sem vegetação () com vegetação viva () com vegetação morta Pavimento ou rodeiro: () tábuas espaçadas () tábuas com rachaduras () tábuas empenadas () tábuas esmoadas () tábuas soltas () tábuas com variação da seção transversal () excesso de solo () ausência			
Barreira rígida: () ausência () presença, dimensões: altura _____(cm) largura _____(cm) Problemas:			
Guarda-corpos: () ausência () presença, dimensões: altura _____(m) Problemas:			
Outros elementos			
Iluminação ou catadióptrico: () ausência () presença Localização da iluminação ou do catadióptrico: () Guarda-corpos () Barreira rígida () ausência () Outros, _____.			
Sinalização vertical (placas de advertência): () ausência () presença Problemas:			
Aterro de acesso a ponte: () abaixo do tabuleiro () acima do tabuleiro () ao nível do tabuleiro Problemas:			
Sinalização horizontal (pintura): () ausência () presença Problemas:			
Presença de fungos ou podridão: () ausência () presença Localização dos fungos: () superestrutura () mesoestrutura Coloração dos fungos ou podridão: () branca () parda (marrom) () outra, _____.			
CLASSIFICAÇÃO DA CONDIÇÃO DE OBRA SEGUNDO OS PARÂMETROS ESTRUTURAL, FUNCIONAL E DE DURABILIDADE			
() 5 Excelente () 4 Boa () 3 Regular () 2 Ruim () 1 Crítica			

Figura 2. Protocolo de avaliação rápida para pontes de madeira.

Nota de classificação	Condição	Caracterização estrutural	Caracterização funcional	Caracterização de durabilidade
5	Excelente	A estrutura apresenta-se em condições satisfatórias, apresentando defeitos irrelevantes e isolados.	A OAE apresenta segurança e conforto aos usuários.	A OAE apresenta-se em perfeitas condições, devendo ser prevista manutenção de rotina (a cada ano).
4	Boa	A estrutura apresenta danos pequenos e em áreas, sem comprometer a segurança estrutural.	A OAE apresenta pequenos danos que não chegam a causar desconforto ou insegurança ao usuário.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
3	Regular	Há danos que podem vir a gerar alguma deficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra. Recomenda-se Acompanhamento dos problemas. Intervenções podem ser necessárias a médio prazo.	A OAE apresenta desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo.	A OAE apresenta pequenas e poucas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de moderada a alta agressividade ambiental ou a OAE apresenta moderadas a muitas anomalias, que comprometem sua vida útil, em região de baixa agressividade ambiental.
2	Ruim	Há danos que comprometem a segurança estrutural da OAE, sem risco iminente. Sua evolução pode levar ao colapso estrutural. A OAE necessita de intervenções significativas a curto prazo.	OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança ao usuário, requerendo intervenções de curto prazo.	A OAE apresenta anomalias moderadas a abundantes, que comprometam sua vida útil, em região de alta agressividade ambiental.
1	Crítica	Há danos que geram grave insuficiência estrutural na OAE. Há elementos estruturais em estado crítico, com risco tangível de colapso estrutural. A OAE necessita intervenção imediata, podendo ser necessária restrição de carga, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramento provisório e associada instrumentação, ou não.	A OAE não apresenta condições funcionais de utilização.	A OAE encontra-se em elevado grau de deterioração, apontando problema já de risco estrutural e/ou funcional.

Figura 3. Classificação da condição de pontes segundo os parâmetros estrutural, funcional e de durabilidade.

A inspeção de todas as pontes de madeira existentes na vicinal foi conduzida de forma sistemática e ordenada, com inspeção do elemento estrutural em sua totalidade, utilizando-se o protocolo de avaliação rápida (PAR) proposto na Figura 2, documentação fotográfica para registro de vista superior, vista inferior, vistas laterais e detalhes de apoio e de articulações, quando presentes. Para a identificação das pontes foram utilizados softwares com sistema de informação geográfica (SIG) e aparelho leitor de coordenadas de sistema de posicionamento global (GPS).

Devido a indisponibilidade de equipamentos de ensaios não destrutivos, adotou-se a inspeção de forma visual, priorizando a identificação de problemas nas estruturas das pontes. O método utilizado para classificar a condição da Obra de Arte Especial (OAE) da área de estudo variou de 1 (obra crítica) a 5 (obra excelente) conforme adaptações realizadas pelos autores utilizando como base a norma de inspeção do DNIT 010/2004 – PRO (Figura 3), considerando as inconformidades observadas na Figura 2.

Resultados e discussão

Foram analisadas todas as pontes de madeira localizadas no eixo principal da vicinal 22, totalizando 28 pontes em 42 km, uma média 0,7 pontes/km. A aplicação do protocolo rápido de

avaliação (PAR) durou entre 10 a 15 minutos, com média de 12 minutos por ponte avaliada. O tempo de aplicação do protocolo variou conforme a classificação da condição da obra. Para as pontes de madeira que apresentaram menor quantidade ou ausência de inconformidades, classificadas de qualidade superior, o tempo dispendido para a realização do monitoramento foi inferior, quando comparado as pontes que apresentaram maior quantidade de inconformidades, classificadas de qualidade inferior.

Ressalta-se que durante as visitas diárias houveram questionamentos por parte dos usuários da vicinal, interessados em saber se haveriam manutenções previstas para as pontes de madeira da vicinal. Inclusive, alguns dos munícipes indicaram, durante a inspeção, suas preocupações com algumas pontes de madeira que apresentavam danos mais evidentes. Demonstrando a importância social e econômica do monitoramento e manutenção das pontes de madeira.

Todas as pontes analisadas seguiram o padrão de construção em vigas de peças serradas. Este resultado é satisfatório, pois o fato das pontes serem de vigas serradas reduz a presença de alburno nas peças de madeira, permitindo maior resistência aos fatores climáticos e biológicos.

Quanto à geometria das pontes houveram variações do comprimento, largura e altura livre das

obras. As pontes apresentaram em média 10 metros de comprimento por 5 metros de largura, 5,0 metros comprimento de vão, altura livre de 1,90 metros, altura máxima do pilar 2,45 metros e corpos hídricos com profundidade média de 0,45 metros. Estes valores mostram que a vicinal possui cursos d'água estreitos e de reduzida profundidade. Silva et al. (2021) observaram, ao aplicar protocolo ambiental nos corpos hídricos no município de São João da Baliza, RR, que as profundidades dos igarapés analisados variaram entre 0,30 e 5,00 metros, o intervalo obtido no presente trabalho (0,10 e 1,10 m) está incluído ao observado pelo autor. Cabe ressaltar que o estudo foi realizado no período de baixa pluviosidade na região.

A ponte de maior dimensão apresentou 25 metros de comprimento, 4,90 metros de largura, altura livre de 5 metros, altura do pilar 3,90 metros e corpo hídrico com profundidade média de 1,10 metros. A menor ponte possui 4,95 metros de comprimento, 5 metros de largura, altura livre de 1,40 metros, altura do pilar 1,50 metros e corpo hídrico com profundidade média de 0,10 metros.

Os vãos das pontes possuíam comprimentos inferiores a 7 metros, portanto todas as obras estão de acordo com os padrões recomendados por Calil Junior et al. (2006) para pontes de vigas serradas.

Na Figura 4 consta a distribuição do total de pontes analisadas (28) quanto ao número de vãos. Ressalta-se que os resultados obtidos estão diretamente relacionados, principalmente, aos comprimentos das pontes e as larguras dos corpos hídricos, acrescenta-se que as pontes analisadas estão localizadas sob rios perenes.

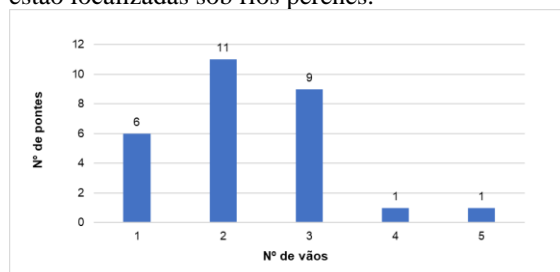


Figura 4. Número de vãos por pontes.

Durante as visitas não foram observados danos nos pilares das pontes, fator que pode estar relacionado a escolha da espécie. Nahuz et al. (2013) recomendam espécies amazônicas como *Vatairea* sp. (angelim-amargoso), *Hymenolobium petraeum* (angelim-pedra), *Dinizia excelsa* (angelim-vermelho), *Dipteryx odorata* (cumaru), *Goupia glabra* (cupiúba), *Apuleia leiocarpa* (garapa), *Hymenaea* sp. (jatobá), *Astronium lecointei* (muiracatiara), *Peltogyne* sp. (pau-roxo), *Caryocar glabrum* (piquiarana), *Bagassa guianensis* (tatajuba) e *Endopleura uchi* (Uxi) para a construção de pontes de madeira.

Considerando as recomendações anteriores, segundo Crivelli et al. (2015), as espécies

mais desdobradas em Rorainópolis no ano de 2013 foram *Manilkara huberi* (maçaranduba) em 1º lugar (9.860 m³), seguida da espécie *Dinizia excelsa* (9.235 m³), *Goupia glabra* (3.880 m³) em 4º lugar e *Bagassa guianensis* (280 m³) em 10º lugar. Cabe ressaltar que apesar da espécie *Manilkara huberi* não estar contemplada na literatura citada, há recomendações em outra literatura como do Instituto de pesquisas tecnológicas (IPT 2021).

Nas pontes analisadas, os pilares não foram distribuídos de forma padronizada, influenciando nas variações dos comprimentos dos vãos observados em uma mesma ponte, trazendo uma preocupação, pois a distribuição, quantidade e resistência dos pilares de acordo com El Debs e Takeya (2009), são responsáveis por suportar toda a superestrutura e possíveis impactos causados por enchentes. Carvalho (2001) reforça mostrando em seu estudo que o excesso de peso sobre um pilar pode ocasionar o efeito de flambagem (curvamento do pilar) levando a peça a ruptura.

Calil Junior et al. (2006) destacaram em seu manual de projeto e construção de pontes de madeira, que as pontes em vigas serradas devem apresentar vão de até 7 metros de comprimento, caso seja necessária uma extensão maior a ponte deve ser dividida em mais vãos, sendo estes separados por apoios. Das pontes analisadas a que apresentou maior vão foi a ponte de número 19 (Figura 5), com um vão de 6,85 metros, valor dentro do limite preconizado pelos autores.

As pontes apresentaram estruturas de apoios com diferentes números de pilares e diferentes distribuições. Observa-se que 39,3% (11 pontes) das pontes analisadas apresentaram 3 apoios, 32,1% (9 pontes) com 4 apoios, 21,4% (6 pontes) com 2 apoios, 3,6% (1 ponte) com 5 apoios e 3,6% (1 ponte) com 6 apoios de acordo com a Figura 6. A ponte com maior número de apoios foi a ponte 17, sendo esta a de segundo maior comprimento e com um total de 6 apoios, a ponte 19 que foi a de maior comprimento apresentou apenas 5 apoios e a ponte de menor comprimento apresentou 2 apoios. É importante salientar que a ponte 19 possui pilares de maiores dimensões em relação a número 17, além disso, na ponte 19 havia reforço no travamento dos pilares (Figura 5).



Figura 5. Ponte que apresentou maior vão das obras analisadas e reforço no travamento dos pilares.

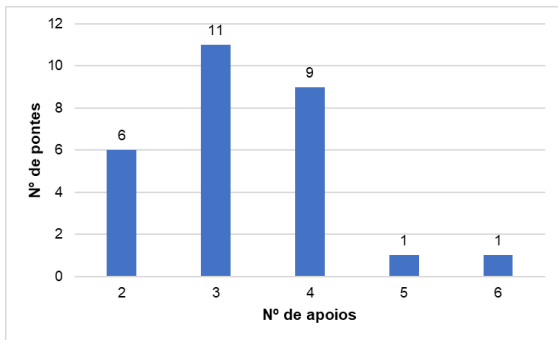


Figura 6. Número de apoios por pontes de madeira avaliadas.

Em relação à quantidade de pilares para cada apoio, obteve-se que 25% (7 pontes) das pontes analisadas apresentaram 4 pilares por apoio, 11% (3 pontes) 3 pilares por apoio, 61% (17 pontes) 2 pilares por apoio e 3% (1 ponte) não apresentaram nenhum pilar de apoio. Um fator importante em relação à quantidade de pilares é que as pontes com maior dimensão (pontes 19 e 17) apresentaram três e dois pilares, respectivamente, por apoio, diferenciando de pontes menores como a de número 10, por exemplo, que com 10 metros de comprimento apresentou 4 pilares por apoio. Vale destacar que a ponte número 22 não apresentou nenhum pilar (Figura 7), pois trata-se de um desvio construído pelos moradores da vicinal 22 que estavam impossibilitados de trafegar e de escoar seus produtos devido à queda da ponte principal.



Figura 7.1 Ponte construída por moradores, devido à queda da ponte principal.

Sabe-se que o maior número de pilares por apoio propicia o uso de peças com menores dimensões transversais, pois há maior distribuição dos esforços, causadas pelo arranjo construído. Esta informação é importante, principalmente, para a construção de pontes de madeira, pois dependendo do local da obra poderá ocorrer falta de matéria-prima com as dimensões necessárias para o uso de apenas um pilar por apoio. Ressalta-se que pontes com apenas dois pilares em cada apoio podem ser submetidas à flexão, visto que a parte central do apoio não está escorada por um pilar. Outro fator que pode influenciar na resistência dos pilares é a junção composta que interliga dois pilares com o uso principalmente de pregos e parafusos no intuito de aumentar a resistência as cargas e, por fim, evitar

problemas futuros de flexão na estrutura das pontes (SZUCS et al. 2015).

Durante a aplicação do protocolo foi constatado que nenhuma das pontes apresentavam travas em seus pilares do tipo mão francesa. Pereira (2011) cita que a mão francesa possui influência em estruturas de madeira, pois auxilia no reforço contra ações de cargas acidentais (excesso de peso ou até mesmo a força do vento) proporcionando mais estabilidade as estruturas. De posse de tal informação, sabe-se que o não uso de mão francesa em pontes pode resultar na perda de eficiência e durabilidade da estrutura. Todas as travas encontradas eram simples, e consistiam em duas peças serradas e parafusadas interligando todos os pilares no sentido horizontal (Figura 8 A), para pontes menores, já em pontes com maior altura encontrou-se um padrão semelhante, porém haviam duas peças em formato de X (Figura 8 B). Ressalta-se que o travamento de pilares é utilizado para evitar deslocamentos laterais dos pilares.



Figura 82. (A) pilares travados na horizontal (B) pilares travados na horizontal e em X.

Quanto ao guarda-corpo, apenas duas pontes apresentaram essa estrutura, 7% do total de pontes. Esta estrutura é de suma importância, pois trata-se de uma proteção para que os pedestres possam trafegar nas pontes sem riscos de queda. Costa (2009) destaca que o guarda-corpo varia entre 0,75 m de altura em áreas rurais e 1,50 m em áreas urbanas. Silva (2012) realizou visitas técnicas em ramais no entorno do município de Manaus (AM) e verificou que as pontes analisadas se encontravam em estado crítico de conservação e poucas apresentavam guarda-corpo e, quando existente, a estrutura estava em péssimo estado de conservação. Este resultado encontrado no trabalho de Silva (2012) condiz em parte com a situação deste estudo, pois das 28 pontes analisadas apenas 2 apresentaram guarda-corpo. A diferença entre os estudos está no excelente estado de conservação dos guarda-corpos analisados no presente estudo (Figura 9).



Figura 9.3 Pontes 01 e 19, respectivamente, com proteção de guarda-corpo.

A barreira rígida tem por finalidade impedir possíveis quedas de veículos pelas laterais da ponte, portanto, esse é um elemento indispensável nas obras. Acrescenta-se que as pontes de madeiras são utilizadas em estradas não pavimentadas, portanto, há o transporte das partículas do solo para os rodeiros (representado por tábuas dispostas no sentido horizontal da ponte, local de contato com pneus), causados pelos rodados dos veículos. O transporte de partículas de solo contribui para reduzir o atrito entre os rodados e as tábuas dos rodeiros, possibilitando a rotação do veículo. Além disso, na região de análise ocorre intensas precipitações facilitando a ocorrência de aquaplanagem. Entre as pontes estudadas, 89% (25 pontes) apresentaram barreira rígida e 11% (três pontes 11, 17 e 22) estavam sem e em péssimas condições estruturais (Figura 10).



Figura 104. Pontes 11, 17 e 22 com ausência de barreira rígida e ponte 13 com destaque para a barreira rígida em sua composição estrutural.

As pontes apresentaram problemas em relação a sinalização, apenas na ponte 1 havia sinalização por catadióptrico (olho de gato), conforme Figura 11. A sinalização por catadióptrico é importante, pois este tipo de sinalização reflete o brilho ao ter contato com a luz produzida pelos faróis dos veículos ou qualquer outro equipamento emissor de iluminação, facilitando a visualização prévia da obra pelos condutores, principalmente, no período noturno.

Na Figura 11 pode-se observar que a eficiência do catadióptrico era baixa, pois a sinalização encontrava-se coberta com vegetação. Conforme o exposto, ressalta-se a necessidade do monitoramento periódico da vegetação próxima as pontes, como forma de evitar a redução da eficiência dos sistemas de sinalizações, sejam verticais ou horizontais, além do acúmulo de umidade na obra e redução da área de atrito entre os rodeiros e os rodados dos veículos.



Figura 11.5 Catadióptrico utilizado para sinalização de pontes com capacidade de visualização reduzida, devido à presença de vegetação na entrada da ponte.

Segundo o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN 2007), as placas de sinalização garantem aos usuários um deslumbre do que está próximo, porém as placas de sinalização devem obedecer alguns critérios como: legalidade, suficiência (no intuito de deixar expresso a que o usuário está sujeito), padronizações (as placas devem seguir padrão estabelecidos pela legislação vigente), uniformidade, visibilidade e legibilidade (fator que teve baixa relevância na ponte 01), manutenção e conservação (deve ser limpa com frequência e trocada caso perda de eficiência em sua representação).

Durante a aplicação do protocolo não foram observadas placas de sinalização de alerta do tipo pontes estreitas para os condutores em ambos sentidos da vicinal. Ressalta-se que todas as pontes de madeira avaliadas são de apenas uma faixa, portanto, há a redução no número de faixas da vicinal, fator que poderá causar acidentes devido as ausências das sinalizações. Apenas as pontes 13, 18 e 19 apresentaram sinalização por pintura (Figura 12).



Figura 12.6 Pontes que apresentaram pintura como forma de sinalização.

Para ligação dos elementos de apoio das pontes, todas elas apresentaram ligações por pregos e parafusos. Pfeil (1982) destaca que o uso de pregos e parafusos estão dentro dos principais itens utilizados para a ligação de peças em madeira. O mesmo autor ressalta que estes itens devem possuir elevada resistência para suportar a troca de forças que ocorre entre as peças de madeira.

Os elementos de ligação do rodeiro mais comuns foram utilizando pregos ou parafusos com braçadeiras metálicas em 24 das 28 pontes avaliadas e apenas 4 pontes utilizaram apenas pregos. Das 4 pontes que apresentaram ligação apenas por pregos, uma dentre elas, a ponte (19) apresentou uma peculiaridade que foi a presença de peças de madeira para travamento do rodeiro (Figura 13).

Na Figura 13 pode-se notar que são utilizadas peças de madeira no tabuleiro da ponte, aprisionadas entre as barreiras rígidas e os rodeiros e na faixa entre os rodeiros, como se fossem uma restrição lateral para evitar o deslocamento das tábuas do rodeiros. Um fato curioso foi que entre os trabalhos analisados não houveram relatos da utilização dessa metodologia de travamento de rodeiro para pontes de madeira.



Figura 13. Peças do rodeiro da ponte 19 travadas por pregos e peças de madeira.

Durante o estudo foi observado que algumas travas de rodeiro do tipo cinta metálica apresentavam-se folgadas e até mesmo quebradas (Figura 14), podendo causar acidente e danos aos rodados dos veículos. Moraes (2007) observou danos semelhantes aos observados em pontes de madeira relacionados ao uso de cintas metálicas para o travamento dos rodeiros.

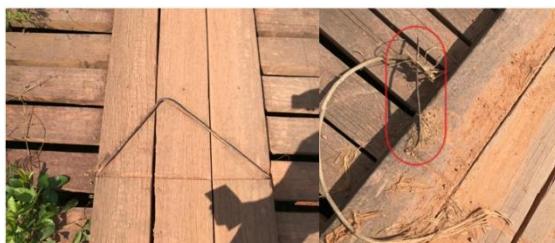


Figura 14. Cintas metálicas danificadas nas pontes 21 e 6, respectivamente.

É importante ressaltar que o rodeiro deve ser bem travado, pois se uma peça se soltar durante a travessia de um veículo, esta ação poderá ocasionar danos na estrutura do veículo ou até mesmo causar um acidente grave. Ao comparar os métodos utilizados para o travamento do rodeiro nota-se que

a única ponte com a presença de peças de madeira para travamento do rodeiro não apresentou defeitos com potencial de acidentes. Este resultado pode representar uma alternativa para o travamento de rodeiros e deveria ser mais empregado para fins de comparação, visto que no caso das cintas é comum a degradação mais acelerada em relação ao método de travamento por madeira, já que as cintas estão sujeitas a ação da abrasão causada pelos rodados dos veículos.

As características planialtimétricas são relacionadas a posição em que as pontes se encontram em relação ao traçado e o eixo da estrada. Quanto a planimetria das pontes, 25 apresentaram reto tangente, 2 traçados curvo e 1 traçado reto esconso. Em relação a altimetria, todas as pontes apresentaram orientação reto horizontal em relação ao seu eixo. A ausência de pontes em curva (convexa ou côncava) pode ser explicada devido a região sul do estado de Roraima possuir relevo plano, apresentando em média de 100 a 150 metros de elevação em relação ao nível do mar (RADAM 1975).

Quanto as características de pista, todas as pontes apresentaram apenas uma única faixa. A largura útil, distância entre as barreiras rígidas (quando ausente a largura útil é a mesma da largura do tabuleiro), média das pontes de madeira foi de 4,58 metros e largura da faixa, distância entre dos dois rodeiros (incluindo a parte central do tabuleiro da ponte), média foi de 1,80 metros. Segundo Vitória (2002), a largura mínima útil deve ser 3,00 metros, sendo mais usual 3,50 metros, ressalta-se que todas as pontes atendem as dimensões citadas. Foi observado que 27 das 28 pontes apresentaram vegetação em suas estruturas, apenas a ponte de número 22 não apresentou vegetação. Sabe-se que a presença de vegetação pode ocasionar no aumento de umidade e, conseqüentemente, facilita a proliferação de agentes deterioradores da madeira, como cupins e fungos. Além disso, a vegetação pode causar a queda de motociclistas, ressalta-se que grande parte dos moradores e trabalhadores utilizam esse tipo de veículo para os seus traslados.

A largura da parte central do tabuleiro foi em média de 0,90 metros, com reduzida variação entre as pontes de madeira. A medida do rodeiro também foi de 0,90 metros com o total de 3 tábuas em sua composição. Entre as 28 pontes, apenas 10% (3 pontes) não apresentaram as 3 tábuas no rodeiro, a ponte 11 (sem rodeiro), a 17 apenas 1 tábua e a ponte 22 apresentou apenas 2 tábuas em seu rodeiro (Figura 15). Nenhuma das pontes de madeira apresentaram faixa de passeio. Em seu trabalho realizado na transamazônica, Costa (2020) observou que pontes provisórias de madeira apresentavam perda de componentes do rodeiro, devido a abrasão mecânica ocasionada pelo fluxo de carros e o afrouxamento dos pregos. Segundo o autor, outro fator que contribuiu para o afrouxamento dos pregos

é a secagem *in loco* da madeira utilizada para a construção das pontes.



Figura 15. Pontes com quantidade menor de peças em seu rodeiro.

Durante as visitas foram observados problemas que podem causar acidentes, como a presença de buracos na região do atterro de acesso das pontes (abaixo do tabuleiro), ausência de peças que compõe a estrutura da ponte e pontas de tábuas levantadas (empenamento). Sete das 28 pontes apresentaram estas adversidades, as pontes de número 05 e 14 apresentaram torcimento na tábuas (Figura 16 A), as pontes 13 e 22 apresentaram buracos em seus aterros de acesso (Figura 16 B) e as pontes 11, 17 e 27 apresentaram falta de peças no rodeiro em suas estruturas formando desníveis (Figura 16 C). Reiguel (2015) em seu estudo sobre a avaliação do estado de pontes rurais no município de Nova Tebas, PR, observou que algumas pranchas do rodeiro das pontes apresentaram rachaduras e/ou curvamento ocasionado pela secagem *in loco*, outras pranchas do tabuleiro apresentaram quebra em suas extremidades devido à vibração causada pelo tráfego de veículos, resultados semelhantes aos observados no presente estudo. Ressalta-se que todos os problemas relatados anteriormente apresentam alto potencial de acidentes graves aos usuários, sendo recomendado a reparação e substituição das peças que apresentam inconformidades.



Figura 168. (A) Tábuas do rodeiro com empenamento (B) Aterro de acesso das pontes abaixo do tabuleiro (C) Ausências de peças de madeira.

Quatorze das 28 pontes apresentaram qualidade classificada como “excelente”, nove “boa”, duas “regular”, três “ruim” e nenhuma foi considerada crítica (Figura 17).

Diante dos dados obtidos nota-se que 18% das pontes estavam em condições regulares e ruins, nas quais pode-se afirmar que há danos gerando alguma insuficiência estrutural, mas não haviam sinais de comprometimento da estabilidade da obra.

Além disso, a recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática.

Neste contexto, recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, um eventual agravamento da insuficiência estrutural, como forma de aumentar a vida útil das pontes de madeira e evitar maiores riscos aos usuários da obra.

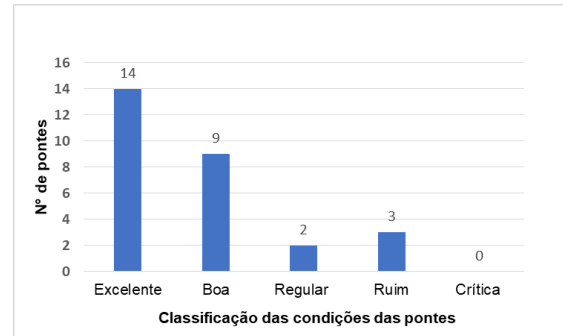


Figura 179. Classificação das condições das pontes localizadas na vicinal 22.

Conclusões

Diante das informações analisadas é possível concluir que embora a grande maioria das pontes (82%) apresentaram condições excelente ou boa e 18% foram classificadas em regular ou ruim. Portanto, faz-se necessário a realização do monitoramento e manutenções periódicas para garantir a durabilidade destas estruturas e evitar transtornos aos usuários, principalmente nas pontes regulares ou ruins.

Dentre os problemas que devem ser reparados com urgência destacam-se a substituição de cintas metálicas danificadas, realizar a adequação dos aterros de acesso das pontes e fazer roçadas da vegetação no entorno das pontes, substituir as peças de madeira que apresentam defeitos e repor as ausentes.

Neste contexto, recomenda-se a criação de um modelo padrão para as pontes da região, pois notou-se que as pontes construídas na vicinal não apresentam um padrão relacionado as partes estruturais e componentes essenciais. A falta de estruturas e componentes como guarda-corpo, barreira rígida, sinalização por placa ou catadióptrico aumentam significativamente os riscos de incidentes.

É de suma importância que sejam estabelecidas normativas ou guias relacionados a espécies nativas e suas propriedades físico-químico-mecânicas, no intuito de instruir aos construtores de pontes, sobre quais madeiras usarem e em quais locais da ponte estas devem ser alocadas, visto que, algumas madeiras apresentam boa resistência às intempéries, mas perdem resistência ao serem introduzidas ao solo. Acrescenta-se que o monitoramento das pontes de madeira deveria ser

uma política pública incentivada, devido aos transtornos econômicos, ambientais e sociais possíveis causados pela falta de eficiência das pontes de madeira.

Referências

Barbosa RI (1997) Distribuição das chuvas em Roraima, In: Barbosa RI, Ferreira EFG, Castellon EG (Ed) *Homem, Ambiente e Ecologia no Estado de Roraima*. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), p. 325-335.

Batista FG, Melo RR, Calegari L, Medeiros DT, Lopes PJG (2020) Resistência natural da madeira de seis espécies à *Nasutitermes corniger* Motsch. em condição de campo. *Madera y bosques*, 26(2): 1-9. doi: 10.21829/myb.2020.2622017

BRASIL Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. 2004. *Manual de inspeção de pontes rodoviárias*. 2ª Edição. Rio de Janeiro, 255p.

Calil Junior C, Dias AA, Góes JLN, Cheung AB, Stamato GC, Pigozzo JC, Okimoto FS, Logsdon NB, Brazolin S, Lana ÉL (2006) *Manual de projeto e construção de pontes de madeira*. 1ª Edição. Departamento de Engenharia das Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 237 p.

Carvalho FC (2001) *Determinação experimental da carga de flambagem e da excentricidade acidental de pilares compostos de madeira*. Dissertação, Universidade Federal de Minas Gerais. 97p.

CNT Confederação Nacional dos Transportes. 2016. *Pesquisa CNT de rodovias: relatório gerencial*. 20ª Edição, Brasília: CNT. 1p.

Costa EO (2020) *Análise do custo de prolongamento da vida útil das pontes provisórias de madeira na rodovia transamazônica*. Dissertação, Universidade Fernando Pessoa. 102p.

Costa VM (2009) *Desempenho e reabilitação de pontes rodoviárias: aplicação a casos de estudo*. Dissertação, Universidade do Minho. 208p.

Crivelli BRS, Gomes JP, Morais WWC, Condé TM, Santos RL, Bonfim Filho OS (2015) Caracterização do setor madeireiro de Rorainópolis, sul de Roraima. *Revista Ciência da Madeira* 8: 3: 142-150. doi: 10.12953/2177-6830/rcm.v8n3p142-150

El Debs MK, Takeya T (2009) *Introdução às pontes de concreto. Texto provisório de apoio à disciplina de pontes*. São Carlos: USP. 110p.

Elias D (2018) Interações entre o rural e o urbano a partir do agronegócio globalizado e desenvolvimento regional. In: Silveira RLLS & Felippi ACT (Ed) *Territórios, redes e desenvolvimento regional: perspectivas e desafio*. Florianópolis: Editora Insular, p.117-134.

IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2021) *Informações sobre madeiras: Maçaranduba*. Disponível em: http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/4.htm. Acesso em: 03 fev. 2022.

Köppen W (1900) Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. *Geogr. Zeitschrift*, 6: 657-679.

Milani CJ, Kripka MA (2012) Identificação de patologias em pontes de madeira: diagnóstico realizado no sistema viário do município de Pato Branco-Paraná. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil* 4: 23-33. doi: 10.5216/reec.v4i1.17726

Moraes VM (2007) *Ponte mista de madeira-concreto em vigas treliçadas de madeira*. Dissertação, Universidade Estadual Paulista. 181p.

Nahuz MAR, Miranda MJAC, Ielo PKY, Pigozzo RJB, Yojo T (2013) Catálogo de madeiras brasileiras para a construção civil. IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Disponível em: https://www.ipt.br/download.php?filename=980-Catalogo_de_Madeiras_Brasileiras_para_a_Construcao_Civil.PDF. Acesso em: 03 fev. 2022.

Nascimento BF, Sousa DFL, Barbosa EFS, Souza E, Almeida E, Carvalho LN (2020) Estruturas de madeira: um olhar para a formação acadêmica dos futuros profissionais. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research* 3(4): 3822-3828. doi 10.34188/bjaerv3n4-082

Pereira NB (2011) *Restauração em coberturas com estruturas em madeira: influência da decisão de projeto na preservação do patrimônio cultural*. Dissertação, Universidade Federal de Santa Catarina. 178p.

Pfeil W, Pfeil M (1982) *Estruturas de Madeira*. 3ª Edição. Rio de Janeiro: editora LTC. 324p.

RADAM BRASIL (1975) *Folhas NA. 20. Boa Vista e parte das Folhas NA 21 Tumucumaque, NB 20 Roraima e NB 21; Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra*. Rio de Janeiro, 428p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/bibliotecacatalogo?id=217129&view=detalhes>. Acesso em: 01 nov. 2021.

Reiguel M (2015) Avaliação do estado de conservação de pontes rurais no município de Nova Tebas-PR. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 105p.

Silva MAAA (2012) *Aplicação de conectores metálicos para tabuleiros mistos de pontes de madeira e concreto para estradas vicinais*. Dissertação, Universidade Federal do Amazonas. 114p.

Silva RL, Morais WWC, Lima MLM, Gomes JP, Santos RL (2021) Aplicação de protocolo ambiental nos corpos hídricos da cidade de São João da Baliza, Roraima. *Revista Brasileira de Ciências da Amazônia* 10: 9-18.

Szucs CA, Terezo RF, Valle Â, Moraes PD (2015) *Estruturas de madeira*. 3ª Versão. Florianópolis: UFSC. 219p.

Vitório JAP (2002) *Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão*. 1ª Edição. Recife, CREA PE. 83p.