

## ESTUDOS REFERENTES A PONTE LOCALIZADA EM PEDRO OSÓRIO

Nicolas Correia<sup>1</sup>, Jéssica Peter Reichow<sup>2</sup>, Jorge Rodrigues<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas / Centro de Engenharias / nicolascorreia@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal de Pelotas / Centro de Engenharias / jessicapeter22@hotmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas / Centro de Engenharias / jorger@ufpel.edu.br

### Resumo

Neste trabalho apresentam-se alguns estudos referentes a uma obra de arte especial (OAE), designada por Ponte da Orqueta, localizada no município de Pedro Osório, no Rio Grande do Sul. Esses estudos envolveram, em diferentes momentos, a inspeção visual da obra, a realização de ensaios não destrutivos e a análise da estrutura da ponte para a ação do tráfego rodoviário. Os diversos estudos foram desenvolvidos, sobretudo, no âmbito de trabalhos de conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil do Centro de Engenharias (CEng) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). A sua realização foi motivada por um contacto da Prefeitura de Pedro Osório, interessada em conhecer melhor a condição estrutural da obra, integrando-se também na linha de pesquisa “Avaliação e Monitoração da Condição Estrutural das Obras de Engenharia Civil”, do grupo de pesquisa “Inovação em Estruturas e Materiais para um Ambiente Construído Sustentável”, promovido no CEng da UFPEL. Neste trabalho descrevem-se os estudos desenvolvidos e apresentam-se as suas principais conclusões, chamando-se a atenção para a importância, para a vida da sociedade atual, das atividades de inspeção, monitoração estrutural, manutenção e conservação de obras de arte especiais.

### Palavras-chave

Obras de arte especiais (OAE) Inspeção visual; Ensaios não destrutivos; Análise da ação do tráfego rodoviário.

### 1. Introdução

As OAE, tais como pontes, viadutos e passarelas, são elementos importantes das infraestruturas de transportes de um país. Por elas passam pedestres, rodovias, ferrovias, hidrovias e dutos de transporte de fluidos, pelo que a sua manutenção em boas condições de segurança estrutural é fundamental para o uso dessas vias de comunicação. A garantia dessas condições de segurança ao longo da vida das OAE é assim importante, envolvendo o projeto e construção, assim como a monitoração, inspeção e manutenção das obras.

No Brasil, tal como em outros países, as normas relativas ao cálculo e execução de estruturas de pontes têm tido uma evolução ao longo dos anos, acompanhando o desenvolvimento dos conhecimentos científicos e técnicos sobre o comportamento das estruturas e dos seus materiais, bem como sobre a caracterização das ações que sobre elas atuam. Assim, as pontes atualmente existentes englobam obras com diferentes geometrias transversais, calculadas para diferentes carregamentos e dimensionadas e detalhadas obedecendo aos critérios utilizados na época da realização de seus projetos, muitos dos quais tiveram uma evolução (DNIT, 2004). Hoje em dia, há pontes de diferentes idades, projetadas e dimensionadas de acordo com diferentes critérios, fazendo com que o perfil das pontes da maioria das rodovias e cidades seja, em geral, bastante heterogêneo.

Como ocorre em qualquer obra construída, os materiais constituintes das OAE degradam-se com o tempo, o que implica, portanto, alterações nas suas propriedades e no seu desempenho. Essa degradação pode tornar-se importante se no projeto e construção das OAE não houve o devido

cuidado com os aspectos relacionados com a durabilidade dessas estruturas. Assim, pode-se chegar a um ponto em que as estruturas deixam de apresentar as condições de segurança que devem ter e que foram consideradas na fase de projeto. Neste caso, se não se efetuar uma intervenção adequada no prazo correto, as estruturas atingirão uma situação em que a limitação do carregamento ou a sua completa interdição serão as únicas alternativas viáveis.

Para as entidades responsáveis por vias de comunicação, onde se incluem várias OAE, os recursos materiais e financeiros disponíveis são finitos, pelo que é importante que haja um sistema de gestão que preveja a conservação das OAE existentes. Para tal, deve-se utilizar um sistema confiável e integrado de fiscalização, avaliação e manutenção dessas obras.

As OAE, eventualmente com sinais de envelhecimento e degradação, devem ser inspecionadas regularmente, de forma sistemática e cuidadosa, para que sejam avaliadas as suas condições de segurança, conforto e capacidade de carga. Se necessário, devem ser tomadas, em devido tempo, todas as medidas cabíveis de manutenção e reparação para que a estrutura mantenha um desempenho adequado, garantindo a segurança e o conforto dos usuários.

Os estudos apresentados neste trabalho referem-se a uma obra de arte especial (OAE), designada por Ponte da Orqueta, localizada no município de Pedro Osório, no Rio Grande do Sul. Integram-se na temática da inspeção e avaliação de OAE existentes, a qual constitui a linha de pesquisa “Avaliação e Monitoração da Condição Estrutural das Obras de Engenharia Civil”, do grupo de pesquisa “Inovação em Estruturas e Materiais para um Ambiente Construído Sustentável”, promovido no CEng da UFPel.

A realização dos estudos apresentados foi, inicialmente, motivada por um contacto da Prefeitura de Pedro Osório, interessada em conhecer melhor a condição estrutural da obra a qual constituía motivo de preocupação para os seus usuários em virtude da mesma ser por vezes utilizada por veículos pesados, nomeadamente por caminhões de transporte de madeira. Assim, em 2018, foi efetuada uma inspeção visual da obra, a qual constituiu um trabalho de conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil do CEng da UFPel (Correia, 2018). Mais recentemente, no âmbito de outro trabalho de conclusão de curso (Reichow, 2024), foram efetuados ensaios não destrutivos, nomeadamente de avaliação da dureza superficial do concreto com esclerômetro e de medição de ultrassons, com vista a estimar, de forma mais quantitativa, as características do concreto da mesma obra. Fez-se também um estudo envolvendo a análise estrutural da ponte, procurando comparar os esforços devidos à passagem dos caminhões de transporte de madeira com os esforços devidos à ação do tráfego rodoviário que terão sido considerados no projeto da estrutura de acordo com as normas em vigor.

Uma das dificuldades na realização dos estudos apresentados neste trabalho, foi alguma falta de informação sobre a obra em si, nomeadamente, o projeto estrutural. Seria desejável ter o projeto da estrutura, para consultar dados importantes sobre a mesma, como a geometria dos seus elementos, as propriedades dos seus materiais, as cargas consideradas na sua análise, o detalhamento das armaduras dos seus elementos. Esta situação, talvez seja mais frequente do que o desejável, em estudos de avaliação de estruturas existentes já com alguns anos de serviço.

## **2. Ponte da Orqueta**

A Ponte da Orqueta é uma obra localizada em Pedro Osório, na região sul do estado do Rio Grande do Sul. É uma ponte sobre o Rio Piratini que serve de acesso direto do município de Pedro Osório à zona rural de um dos municípios limítrofes, Piratini. A Figura 1 mostra duas vistas gerais dessa obra, a fotografia de cima é de 2018 e a de baixo é do início de 2024.

A Ponte da Orqueta é utilizada por veículos ligeiros e carroças, mas também por veículos pesados que transportam materiais da zona rural que a ponte serve, nomeadamente, caminhões que transportam toras de madeira (eucalipto) para o porto de Pelotas, que daí seguem por barcaça para a unidade fabril da Companhia de Celulose Riograndense em Guaíba. Esse tráfego de veículos pesados

motivou o interesse dos usuários da ponte e mesmo algum receio em relação à sua capacidade resistente para suportar essas cargas, que o transmitiram à Prefeitura de Pedro Osório.

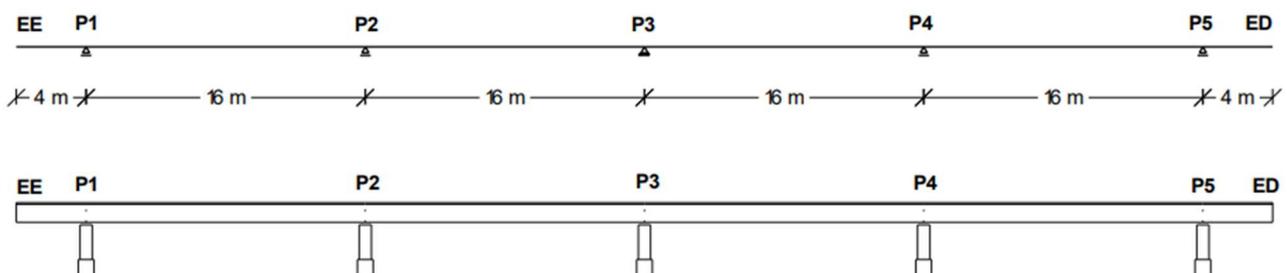


**Figura 1 – Vistas gerais da Ponte da Orqueta.**

Após o primeiro contacto da Prefeitura de Pedro Osório, a entidade atualmente responsável pela ponte, solicitaram-se informações sobre a obra. A Prefeitura informou que não possui o projeto da ponte, porque ela foi construída e mantida por muitos anos por uma empresa pública estadual, entretanto extinta, a Companhia Intermunicipal de Estradas Alimentadoras do Rio Grande do Sul (CINTEA). Quando houve a sua extinção, o projeto da Ponte da Orqueta foi remetido ao Departamento Autônomo de Estradas e Rodagens do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, que contatado pela própria Prefeitura, informou não ter como fornecer essa informação, dada a dificuldade de localizar tais arquivos.

Verificou-se também que não havia registros de ter sido feita uma inspeção cadastral à ponte, desde a época da sua construção na década de 1980. Assim, decidiu-se efetuar uma primeira visita à ponte, juntamente com uma equipe da Prefeitura, para avaliação rápida e geral da obra e realização de algumas operações que podem ser consideradas como características das inspeções cadastrais, como seja, a verificação de dimensões dos vãos da ponte e da seção dos elementos estruturais. Com a informação assim obtida ficaram-se a conhecer melhor as características da ponte e prepararam-se desenhos da mesma.

A Ponte da Orqueta tem uma estrutura de concreto armado moldado no local. Ela possui 6 vãos, 2 de extremidade em balanço com 4 m cada um, e 4 intermediários com 16 m cada um. O comprimento total da ponte é, portanto, de 72 m. Na Figura 2 apresenta-se o perfil longitudinal da obra.



**Figura 2 – Perfil longitudinal da Ponte da Orqueta.**

O tabuleiro da Ponte da Orqueta é contínuo ao longo de todo o seu comprimento, sendo constituído por uma laje vigada com duas vigas longitudinais de altura constante. A largura do tabuleiro é de 5,6 m, sendo 3,6 m de pista e 1 m de passeio nos dois lados da pista (Figura 3). Nas seções de extremidade, sobre os pilares e a terços de vão dos trechos intermediários, as vigas longitudinais são interligadas através de uma transversina desligada da laje superior, para permitir que esta tenha as mesmas condições de apoio ao longo de todo o comprimento do tabuleiro. As vigas longitudinais têm largura variável, de 0,50 m sobre os pilares e de 0,30 m nos trechos centrais de cada tramo.



**Figura 3 – Seção transversal do tabuleiro da Ponte da Orqueta a meio dos vãos.**

### 3. Inspeção visual

Na realização dos trabalhos de inspeção visual da Ponte da Orqueta, tiveram-se em consideração as recomendações da NBR 9452 (ABNT, 2016) e da norma DNIT 010 (DNIT, 2004).

Após uma primeira visita à obra, na qual se procuraram obter as informações que normalmente são obtidas ou verificadas numa inspeção cadastral, relacionadas sobretudo com a geometria da obra e dos seus elementos, planeou-se a realização de uma inspeção com o objetivo de verificar se existiam na estrutura alguns sinais de danos estruturais ou de degradação dos seus materiais. Nesse planeamento tiveram-se em consideração diversos fatores, como disponibilidade de meios de acesso aos elementos da ponte, ou a previsão do tempo para o dia da inspeção. Também incluiu a preparação prévias dos materiais/equipamentos que foram utilizados na mesma, incluindo: trena, nível de bolha, câmara fotográfica, lápis, caneta, papel para anotações, desenhos da ponte em planta, perfil e cortes. Logo na primeira visita à obra, constatou-se o facto do tabuleiro da ponte ser contínuo ao longo de todos os seus vãos, ou seja, de ele ser hiperestático, o que se considerou como sendo positivo em termos da sua segurança estrutural. Nessa visita verificou-se também que não havia deformações verticais do tabuleiro que fossem perceptíveis visualmente.

A inspeção foi realizada em maio de 2018. Foram fotografadas as anomalias encontradas na ponte e registrada a sua localização nos desenhos da obra, para se ter o seu levantamento para posterior análise e classificação da estrutura. Os resultados da inspeção foram registrados no formato de uma ficha de Inspeção Rotineira preparada de acordo com a NBR 9452 (ABNT, 2016) e que constitui um anexo do trabalho de conclusão de curso já referido (Correia, 2018).

Na Figura 4 apresentam-se algumas anomalias detectadas em elementos da ponte. Na parte inferior da laje do tabuleiro, foram visualizadas, em alguns pontos, anomalias resultantes de uma disgregação do concreto, em decorrência da qual havia também armadura exposta (Figura 4(a)). Na face inferior das vigas foram encontradas, em vários pontos da ponte, nichos de concretagem, formando cavidades onde é possível visualizar as armaduras (Figura 4(b)). No entanto, neste, como em outros casos da inspeção, as armaduras não apresentavam corrosão significativa. Na base de alguns pilares também foram detectados nichos de concretagem com armaduras expostas em alguns deles (Figura 4(c)). Na

Figura 4(d) pode ser visualizada uma situação de armadura exposta no pilar P2, deficiência que também foi detectada em várias zonas dos outros pilares da ponte. Essa exposição da armadura decorre, muito provavelmente, por falta de cobertura quando a estrutura foi executada.

(a) Disgregação do concreto com armadura exposta



(b) Nichos de concretagem com armadura exposta



(c) Nichos de concretagem com armadura exposta



(d) Armadura exposta em um pilar



**Figura 4 – Algumas anomalias detectadas em elementos da ponte.**

Nos elementos da infraestrutura observaram-se desconformidades na superfície do concreto, que se encontrava muito desgastada, havendo pontos em que a armadura estava exposta (Figura 5).



**Figura 5 – Superfície de concreto desgastada e armadura exposta.**

É importante ressaltar que o nível da água do rio Piratini, na zona da ponte, tem variações grandes. Em épocas de maior pluviosidade, o nível da água pode chegar à altura da superestrutura, havendo uma velocidade de escoamento maior. Isso produz desgaste na superfície dos elementos, sobretudo da infraestrutura, mais sujeitos à ação do escoamento da água e, portanto, anomalias como as ilustradas na Figura 5.

Após a verificação dos elementos da infra, mesoestrutura e superestrutura, foi analisada a parte superior da ponte, designadamente a pista e o passeio. Em alguns pontos do passeio verificou-se a presença de vegetação, denotando a falta de uma limpeza adequada. Em vários pontos dos passeios de ambos os lados da pista, verificou-se a existência de armaduras expostas.

Em relação ao guarda-corpos, verificou-se, em geral, a existência de desgaste na sua parte metálica que decorrerá da sua corrosão por falta de pintura. Constatou-se ainda que ao longo da via há diversos trechos em que o guarda-corpos está incompleto, faltando sobretudo o tubo metálico que o constitui. Supõe-se que isto se verifique em consequência de vandalismo de pessoas que, por algum motivo, furtam o tubo metálico do guarda-corpos. Nestas condições a passagem dos pedestres pelos passeios não decorre com as condições de segurança que seriam desejáveis.

Para classificar a Ponte da Orqueta, com base na inspeção visual, levou-se em consideração, de acordo com a NBR 9452 (ABNT, 2016), os aspectos estrutural, funcional e de durabilidade da obra, atribuindo-se a cada um deles uma nota entre 1 (condição crítica) e 5 (condição excelente).

Do ponto de vista estrutural, a nota de classificação atribuída foi 4. É de salientar que na inspeção efetuada não se detectou a existência de fissuração nos elementos estruturais. Apesar de haver armaduras expostas nas vigas e nos pilares, bem como nichos de concretagem em alguns pontos e disgregação do concreto, as armaduras não apresentam sinais de corrosão significativa. Tendo em consideração que nas estruturas de concreto armado, a contribuição do concreto tracionado para a resistência última é nula, é razoável admitir que as deficiências detectadas nesta ponte têm pouca influência na sua capacidade resistente aos estados limites últimos, não sendo em causa, de forma significativa, a sua estabilidade estrutural. As pequenas deficiências detectadas, devem-se, provavelmente, a falhas de execução e, eventualmente, de projeto por especificação de cobrimentos da armadura insuficientes. Não obstante, salientou-se a preocupação de que no futuro as armaduras expostas poderiam deteriorar-se, gerando um problema estrutural, de fato. Nesse sentido colocou-se na ficha de inspeção a recomendação de que a devida manutenção seja feita, sendo que nesta etapa deveria efetuar-se uma reparação com uma argamassa adequada, que pode ser aplicada de forma convencional. Essa argamassa terá a função de proteger a armadura de agentes potencialmente agressivos, na medida em que irá preencher os nichos de concretagem onde as armaduras estão expostas e proporcionará o cobrimento necessário às mesmas.

Sob o aspecto funcional, a ponte da Orqueta apresentava sinais de falta de manutenção, especialmente na parte que compõe os passeios. A nota de classificação atribuída a ela, sob esse aspecto, foi 2. Essa nota se deve à necessidade de colocação do guarda-corpos ao longo do passeio da ponte. Embora essa parte da OAE não afete os usuários que a atravessam em veículos, ela constitui um sinal de degradação da obra de arte. Para além disso, proporciona insegurança aos pedestres que a utilizam. Sob o ponto de vista funcional verificou-se também que a ponte não possui postes de iluminação, o que indica falta de segurança para a travessia durante o período noturno. Também foi observada a falta de sinalização indicando a velocidade adequada para veículos e o destino a qual cada sentido da ponte leva. Recomendou-se, também, a retirada da vegetação existente nos passeios, bem como o reparo no piso, para aumento do cobrimento, e a recolocação dos guarda-corpos nos passeios e tratamento com concreto e argamassa nos pilaretes degradados.

Do ponto de vista da durabilidade, a nota atribuída foi 3, levando em conta que, apesar das anomalias encontradas, a ponte se situa em um meio de baixa agressividade ambiental. De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), o risco de deterioração da estrutura é considerado fraco em ambiente rural, bem

como em meio submerso. A ponte da Orqueta está situada em local afastado do meio urbano, onde a agressividade do meio ambiente é baixa. Note-se, conforme já se referiu, que, em alguns períodos, o nível do rio Piratini eleva-se chegando próximo da superestrutura da ponte. Esse contato da água com a estrutura da ponte não tem constituído uma grande agressividade para a mesma, visto que nos vários anos em que a ponte se encontra nessa situação, a armadura não foi muito prejudicada em termos de corrosão.

Considerou-se que as anomalias detectadas no concreto resultaram, sobretudo, de falhas provenientes da execução da obra. Os elementos situados na parte superior da estrutura, como os componentes do guarda-corpos e os drenos que se encontram entupidos representam falta de manutenção. Essa manutenção refere-se à limpeza da vegetação nos passeios, passando pela pintura dos elementos metálicos, a recolocação dos elementos em falta, a reparação dos pilaretes de apoio do guarda-corpos e a desobstrução dos drenos na pista.

#### **4. Ensaios não destrutivos**

Após a inspeção visual apresentada no item anterior, pretendeu-se inspecionar a ponte utilizando ensaios não destrutivos, a fim de procurar estimar, de forma quantitativa, algumas características do concreto da estrutura, o que não é possível fazer apenas com uma inspeção visual. Esse estudo foi desenvolvido no âmbito de outro trabalho de conclusão de curso (Reichow, 2024) utilizando equipamentos que havia disponíveis no Laboratório de Materiais e Técnicas Construtivas (LabMat) do CEng da UFPel. Foram assim realizados os seguintes ensaios: determinação da dureza superficial com o ensaio de esclerometria, conforme a NBR 7584 (ABNT, 2012), e medição da velocidade de pulso ultrassônico conforme a NBR 8802 (ABNT, 2019).

Os elementos da ponte ensaiados foram escolhidos considerando a possibilidade de acesso aos mesmos. Em uma visita prévia à obra, constatou-se que o nível da água no rio estava muito alto, em virtude do grande volume de chuva ocorrido em outubro de 2023. Nessa situação, os ensaios foram planejados para serem realizados somente nos elementos de extremidade da ponte.

No dia de realização dos ensaios, o nível do rio se encontrava baixo, no entanto, como os elementos da infraestrutura tinham a sua superfície muito desgastada, existindo muitos agregados expostos, considerou-se que não se iriam obter resultados com significado se fossem feitos ensaios nesses elementos. Ademais, os elementos nos vãos centrais da ponte não foram ensaiados devido à dificuldade de acesso aos mesmos, sem o auxílio de equipamentos apropriados que permitissem esse acesso com segurança.

Os elementos da ponte escolhidos para os ensaios foram as vigas longitudinais e transversinas do tabuleiro, e os fustes e travessas dos pilares, localizados nas extremidades da obra. Além disso, na superfície superior da laje do tabuleiro da ponte também foram efetuados ensaios de ultrassons pelo método indireto. Na laje não foi utilizado o esclerômetro, devido à sua superfície superior conter alguns agregados expostos.

A partir dos índices esclerométricos medidos nos ensaios, após tratamento estatístico dos mesmos, efetuado de acordo com a NBR 7584 (ABNT, 2012), procurou-se estimar a resistência do concreto utilizando as curvas de conversão propostas no manual do fabricante do esclerômetro utilizado. Também, com base nas velocidades de propagação das ondas ultrassônicas medidas nos ensaios, procurou-se atribuir uma classificação à qualidade do concreto.

Na Tabela 1 apresentam-se as estimativas do valor característico da resistência do concreto à compressão ( $f_{ck}$ ), baseadas nos índices esclerométricos medidos nos ensaios de esclerometria, indicando-se o intervalo de dispersão dessas estimativas. Na Tabela 1 apresenta-se também a classificação da qualidade do concreto, estimada com base nas velocidades de propagação das ondas ultrassônicas medidas nos ensaios de ultrassons.

**Tabela 1 – Características estimadas para o concreto.**

	Elemento da estrutura	$f_{ck}$ (MPa)	Qualidade
Tabuleiro EE-P1	Viga longitudinal de jusante	39 ( $\pm$ 6,5)	Bom
	Viga longitudinal de montante	41 ( $\pm$ 6,5)	Regular
	Transversina na extremidade esquerda EE	37 ( $\pm$ 6,0)	Ruim
	Transversina sobre o pilar P1	33 ( $\pm$ 6,0)	Regular
Pilar P1	Fuste	33 ( $\pm$ 6,0)	Regular
	Travessa	35 ( $\pm$ 6,0)	Regular
Tabuleiro P5-ED	Viga longitudinal de jusante	31 ( $\pm$ 6,0)	Regular
	Viga longitudinal de montante	40 ( $\pm$ 6,5)	Regular
	Transversina na extremidade direita ED	40 ( $\pm$ 6,5)	Regular
	Transversina sobre o pilar P5	36 ( $\pm$ 6,0)	Regular
Pilar P5	Fuste	38 ( $\pm$ 6,0)	Regular
	Travessa	46 ( $\pm$ 6,5)	Regular
		46 ( $\pm$ 6,5)	Regular
		35 ( $\pm$ 6,0)	Regular

Nos resultados apresentados na Tabela 1, pode-se verificar que a resistência do concreto, estimada com base no ensaio com o esclerômetro, não é totalmente concordante e coerente com a classificação da qualidade do concreto avaliada com base nos ensaios de ultrassons.

Conforme se efetuou neste trabalho, com base no índice esclerométrico é possível estimar a resistência à compressão do concreto, contudo, essa estimativa tem uma incerteza grande. Além disso, o ensaio com o esclerômetro incide mais sobre o concreto superficial, sendo pouco sensível a rachaduras internas, falhas ou heterogeneidades presentes no interior dos elementos estruturais. O método do esclerômetro, por ser um ensaio de resistência superficial, permite analisar a homogeneidade do concreto, confirmar a presença de um nível mínimo de resistência e orientar a decisão sobre a realização de outros ensaios.

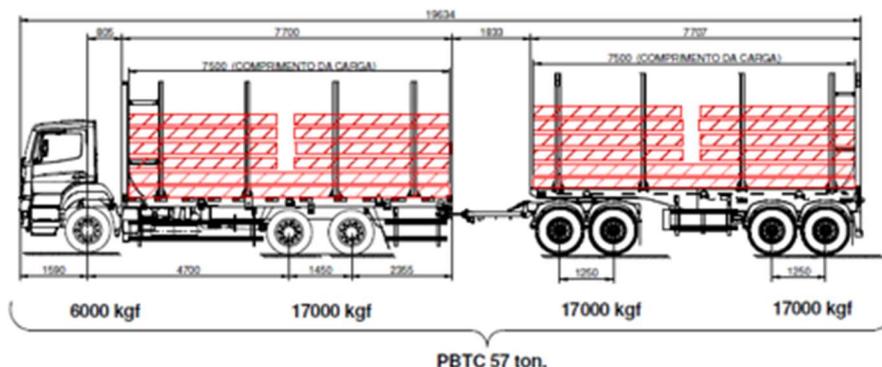
## 5. Análise estrutural da ponte para a ação do tráfego rodoviário

Para procurar avaliar se a Ponte da Orqueta tem capacidade resistente suficiente para suportar as cargas dos veículos pesados que sobre ela circulam, nomeadamente, dos caminhões de transporte de toras de madeira já referidos, fez-se uma análise da estrutura sob o efeito das cargas desses caminhões e das cargas da ação do tráfego rodoviário definidas em normas. A maior dificuldade nesta avaliação foi a falta de informação sobre a estrutura, nomeadamente, a falta do seu projeto estrutural, para conhecer as armaduras dos elementos, as características dos materiais e as cargas consideradas. Havendo ausência dessa informação, considerou-se que se poderia comparar os esforços provocados pelas cargas dos caminhões de transporte de madeira com as cargas para as quais a ponte deve ter sido projetada, tendo em conta a época de construção da ponte.

A informação sobre as cargas dos caminhões de transporte de madeira foi obtida através da Companhia de Celulose Riograndense. Na Figura 6 apresenta-se um esquema desses caminhões, onde são indicadas as suas cargas, correspondentes a um peso total de 560 kN (57 tf).

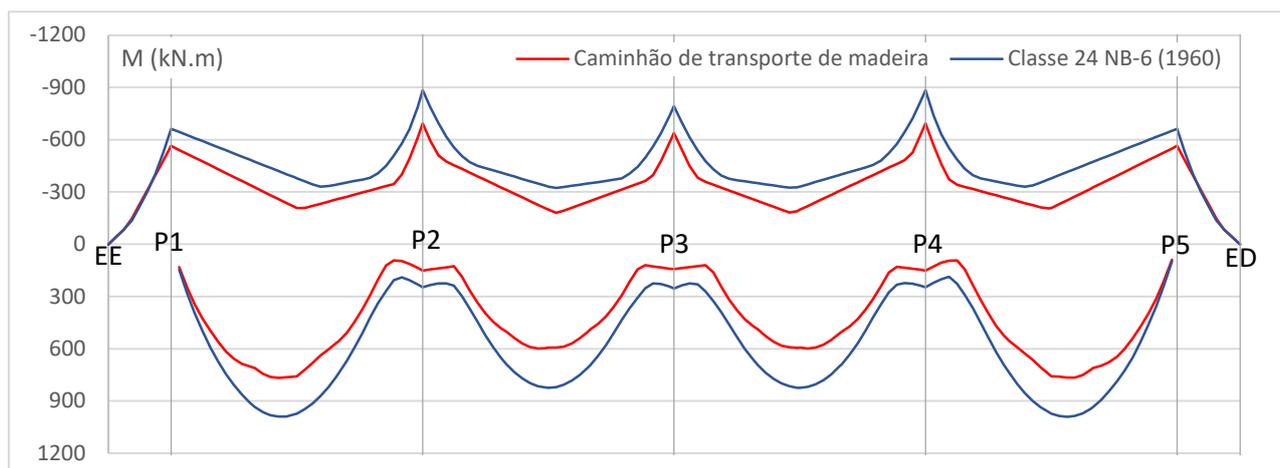
Considerando que construção da Ponte da Orqueta foi efetuada na década de 1980, considerou-se que é provável que o seu projeto estrutural tenha sido efetuado de acordo com a NB-6 (ABNT, 1960). Eventualmente, terá já sido seguida a NBR 7188 (ABNT, 1984) embora isso seja pouco provável. Na primeira destas normas são consideradas cargas correspondentes a 3 classes, designadas por 12, 24 e 36. Na segunda norma também são definidas 3 classes, com as designações de 12, 30 e 45. Em ambos os casos, para cada classe, são definidas as cargas por eixo e as distâncias entre eixos dos veículos

tipo e as cargas distribuídas que atuam simultaneamente com os veículos tipo. No presente trabalho, embora se considere como mais provável que a Ponte da Orqueta tenha sido projetada para as cargas da classe 24 da NB-6 (ABNT, 1960), fez-se também a análise das cargas correspondentes às outras classes de ambas as normas.



**Figura 6 – Cargas dos caminhões de transporte de madeira.**

Utilizando um modelo de viga contínua do tabuleiro da ponte e considerando as cargas dos caminhões de transporte de madeira e das normas referidas, calcularam-se e compararam-se as envoltórias de momentos fletores no tabuleiro da ponte. Na Figura 7 apresenta-se a comparação das envoltórias para as cargas do caminhão de transporte de madeira com as das cargas da classe 24 da NB-6 (ABNT, 1960) que se considera ser a que provavelmente foi considerada no projeto estrutural da Ponte da Orqueta. Note-se que nos resultados analisados, quer as cargas dos caminhões de transporte de madeira quer as cargas das normas não foram multiplicadas por fatores de impacto ou de amplificação dinâmica, nem por coeficientes de segurança. Como se pode verificar nos resultados apresentados na Figura 7, os momentos fletores no tabuleiro, devidos à carga que se supõe ter sido considerada no projeto da estrutura, são superiores aos provocados pelos caminhões de transporte de madeira.



**Figura 7 – Envoltórias de momentos fletores no tabuleiro.**

Comparações, como a apresentada na Figura 7, foram também efetuadas para as outras cargas definidas nas normas referidas. Apenas para as cargas da classe 12 é que se obtêm momentos fletores devidos aos caminhões de transporte de madeira que são superiores aos devidos às cargas das normas, mas supõe-se que é pouco provável que tenham sido essas as cargas consideradas no projeto da ponte.

## 6. Conclusões

Neste trabalho apresentaram-se diversos estudos referentes a uma OAE, a Ponte da Orqueta, localizada em Pedro Osório no Rio Grande do Sul, incluindo a inspeção visual da obra, a realização de ensaios com esclerômetro e de medição de ultrassons e a análise estrutural do tabuleiro da ponte para a ação do tráfego rodoviário.

Na inspeção visual, realizada em 2018, detectaram-se algumas deficiências que se considerou terem pouca influência na capacidade resistente da ponte aos estados limites últimos, não pondo em causa, de forma significativa, a sua estabilidade estrutural. Não obstante, recomendou-se que fossem feitas pequenas reparações, nomeadamente, nos nichos de concretagem onde as armaduras estão expostas, bem como no guarda-corpos ao longo do passeio da ponte. Em posterior visita à ponte, constatou-se que essas recomendações foram levadas em consideração.

Os ensaios com o esclerômetro num mesmo elemento estrutural apresentaram resultados consistentes entre si, indicando uma relativa homogeneidade das propriedades do concreto em cada elemento, havendo, no entanto, diferenças de elemento para elemento. As resistências estimadas a partir dos índices esclerométricos são obtidas com uma dispersão grande, mas apresentaram valores dentro da ordem de grandeza que seria de esperar numa OAE, correspondendo a concretos, aproximadamente, desde um C30 até um C45.

Os resultados dos ensaios de ultrassons em vários elementos da estrutura revelaram uma classificação da qualidade do concreto, quase sempre, de regular.

Utilizando um modelo de viga contínua do tabuleiro da ponte e analisando as envoltórias de momentos fletores, constatou-se que as cargas de caminhões de transporte de madeira não provocam valores superiores aos devidos às cargas que terão sido consideradas no projeto estrutural.

## Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NB-6: Carga Móvel em Ponte Rodoviária. Rio de Janeiro, 1943.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NB-6: Carga Móvel em Ponte Rodoviária. Rio de Janeiro, 1960.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7188: Carga Móvel em Ponte Rodoviária e Passarela de Pedestre. Rio de Janeiro, 1984.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7584: Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão – Método de Ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9452: Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2016.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 8802 - Concreto Endurecido - Determinação da Velocidade de Propagação de Onda Ultrassônica. Rio de Janeiro. 2019.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro. 2023.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. 2ª Ed. Rio de Janeiro, 2004.
- Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). NORMA DNIT 010: Inspeções em Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido - Procedimento. Brasília, 2004.
- Correia, N. A. C. Avaliação e Inspeção de Obras de Arte Especiais - Estudo de Caso: Ponte da Orqueta. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia Civil, UFPel, 2018.
- Reichow, J. P. Avaliação de Estrutura Utilizando Ensaios Não Destrutivos: Estudo de Caso - Ponte da Orqueta, Pedro Osório. Trabalho de Conclusão de Curso - Graduação em Engenharia Civil, UFPel, 2024.
- Rossigali, C. E. Atualização do Modelo de Cargas Móveis para Pontes Rodoviárias de Pequenos Vãos no Brasil. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, UFRJ, 2013.