

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS DE PROJETO DAS PONTES EXISTENTES NA BR 101 SUL, COMPREENDIDAS ENTRE TORRES R/S E TUBARÃO S/C E ESTUDO DE CASO: RESISTÊNCIA DAS VIGAS DA PONTE SOBRE O RIO ARARANGUÁ

Rosana Mengue Hahn (1), Bruno do Vale Silva (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense
rosanamengue@hotmail.com (1), dovalesilva@unesc.net(2)

RESUMO

O levantamento bibliográfico de metodologias e soluções construtivas de obras de arte especiais, bem como as características de projeto de regiões específicas são importantes no que concerne a adequada escolha das estratégias construtivas futuras. Deste modo o conhecimento de como foram executadas obras do passado é fundamental para o bom desenvolvimento de projetos futuros. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo realizar um levantamento das principais características de projeto das pontes executadas entre a cidade de Torres/RS e Tubarão/SC e avaliar as características mecânicas de duas vigas utilizadas na ponte sobre o Rio Araranguá, pertencente a obra de duplicação da BR 101/SC. Para tanto realizou-se uma pesquisa documental no DNIT/SC, onde foram observados critérios quantitativos dos projetos e princípios do dimensionamento das obras de arte especiais. Realizou-se ensaios de resistência à compressão axial, módulo de elasticidade e de esclerometria em duas vigas. Como resultado pode-se observar que em todas as vigas a classe de concreto é superior a C30, sendo que as características geométricas das obras variam com a necessidade local. Os resultados do estudo de caso mostraram que a esclerometria é viável de ser utilizada no mapeamento da homogeneidade do concreto. Obteve-se resultados de resistência característica à compressão superiores ao especificado em projeto, ou seja C45 e C50 ao invés de C35. O módulo de elasticidade apresentou correlação satisfatória com a resistência à compressão através da equação especificada pela norma brasileira.

Palavras-Chave: Controle tecnológico, propriedades mecânicas, projetos, pontes.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil por ser um país com uma das mais extensas redes fluviais do mundo possui inúmeras pontes. Elas atuam compondo a integração entre as comunidades e o crescimento do país, auxiliando na transposição de pessoas, veículos e mercadorias. Segundo Marchetti (2008, p. 01) ponte é uma construção que permite ultrapassar obstáculos à continuidade de uma via qualquer, ligando pontos não acessíveis, separados por rios, vales profundos, braços de mar e outros obstáculos naturais ou artificiais.



Vitório (2002, p. 09) ainda enfatiza que:

“denomina-se ponte a obra de transposição, quando o obstáculo é constituído por água, cabendo-lhe estabelecer a ligação entre duas margens. Quando o obstáculo transposto não é constituído por água denomina-se a obra de viaduto.”

Além de questões estéticas as pontes são necessárias por continuar o desenvolvimento de civilizações, ligando as regiões não habitadas. Desde os tempos mais antigos havia a necessidade de transpor as barreiras e da forma mais rudimentar eram utilizados materiais como tronco de árvores e pedras para realizar esta tarefa. Com o desenvolvimento de novos materiais e o avanço do controle tecnológico as estruturas de concreto tornaram-se mais duráveis, elas devem atender determinados critérios normativos. Alguns autores descrevem que a qualidade de uma ponte deve estar atrelada a requisitos implícitos em projetos como: a funcionalidade, a segurança, a economia e a estética. (FREITAS, 1978, p. 04; O’CONNOR, 1975, p. 02; VITÓRIO, 2002, p. 28).

Freitas (1978, p. 04) expõe que dentre esses parâmetros se sustenta com maior atenção os requisitos de funcionalidade e segurança. No item funcionalidade toda ponte deve atender as condições de utilização para as quais foi prevista, como a capacidade de escoamento do tráfego de veículos de acordo com o número de faixas, a necessidade ou não de passeio para circulação de pedestres, o tempo de vida útil, relacionando com as solicitações de tráfego ao longo do tempo. Além disso, atender a funcionalidade garante a durabilidade da estrutura. A exigência de segurança é o tópico mais importante levantado pelo autor, por dois fatores, o risco de vida humana e pela consequência da interrupção do tráfego.

Outro método de classificar as pontes é a respeito da natureza do tráfego. Segundo Marchetti (2008, p. 03) as pontes são classificadas em ferroviárias, aeroviárias, canal, mistas, aqueduto, passarelas e rodoviárias. O estudo deste trabalho dará ênfase nas estruturas de pontes para fins rodoviários.

As pontes rodoviárias possuem um sistema estrutural da superestrutura baseado em cinco atributos: vigas, pórticos, arco, pênseis e tirantes. As pontes em vigas são o sistema estrutural da superestrutura mais utilizado na pesquisa realizada neste trabalho. Vitório (2002, p. 13) entende que:

Pontes em vigas simplesmente apoiadas. São formadas por um sistema estrutural estaticamente determinado. As vigas simplesmente apoiadas podem ter seção constante ou variável e são muito utilizadas para vencer um



vão com um único tramo, ou em pontes onde o vão pode ser vencido através de uma série de vigas assentes sobre apoios sucessivos, constituindo-se em solução vantajosa, do ponto de vista da facilidade de execução e economia, quando são utilizadas peças pré-moldadas.

Observa-se que o método mais utilizado na pesquisa realizada é o de vigas, justamente pela rapidez de execução.

De acordo com a característica de estrutura a ser executada, a finalidade, o sistema estrutural, a durabilidade necessária, é utilizado um material diferente que atenda a expectativa esperada pela estrutura. Vitório (2002, p.10) descreve os principais materiais empregados, as pontes em madeira e pedras foram as primeiras a serem utilizadas, as pontes metálicas deram início às estruturas estaiadas e penseis, mas o concreto armado continua sendo um dos materiais mais utilizados na construção de pontes.

O concreto armado tem sido cada vez mais empregado, com o grande desenvolvimento das cidades e o ritmo acelerado das obras torna essencial conhecer suas propriedades.

A fim de conhecer as características desse material utilizado nas vigas longitudinais da obra de duplicação da BR 101 em Araranguá, lote 29, foram realizados ensaios de compressão axial, módulo de elasticidade e ensaio esclerométrico.

Segundo o exposto na NBR 6118:2007 o concreto deve ser executado e projetado para que atenda aos requisitos de segurança, estabilidade e capacidade de serviço durante a idade correspondente à sua vida útil.

Para melhor conhecer as características do concreto utilizado nesta obra, a utilização do ensaio esclerométrico torna-se interessante, visto que é um método não destrutivo que fornece o índice da dureza superficial do concreto, para a avaliação da qualidade e homogeneidade do concreto endurecido.

De acordo com Nunes, Figueiredo, Costa (2010, p. 01) afirmam que: "O ensaio do esclerômetro baseia-se no princípio de que o rebote (reflexão) de uma massa elástica depende da dureza da superfície contra a qual é lançada."

A resistência à compressão é importante como característica da estabilidade da estrutura, assim como o conhecimento do módulo de elasticidade e suas deformações fornecem dados quanto à compatibilidade e durabilidade desses concretos durante os anos de utilização.

Por fim serão abordadas algumas características das pontes compreendidas entre o trecho de Torres (Rio Grande do Sul) à Tubarão (Santa Catarina), para levantar dados quantitativos de cada obra. O objetivo é realizar um levantamento das principais características de projeto das pontes. A Figura 01 mostra a localização e a nomenclatura da pontes analisadas.

Figura 01 – Identificação e localização das oito pontes rodoviárias utilizadas no estudo comparativo.



2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram realizados dois trabalhos paralelos, uma pesquisa documental nos arquivos de projetos do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) e um estudo de caso de avaliação de duas vigas longitudinais produzidas no Pátio da Vigas da Duplicação da BR 101 em Maracajá/SC. A pesquisa dos projetos foi realizada com base em dados fornecidos pelo órgão DNIT, onde foram observados dados quantitativos das oito pontes existentes no trecho citado.

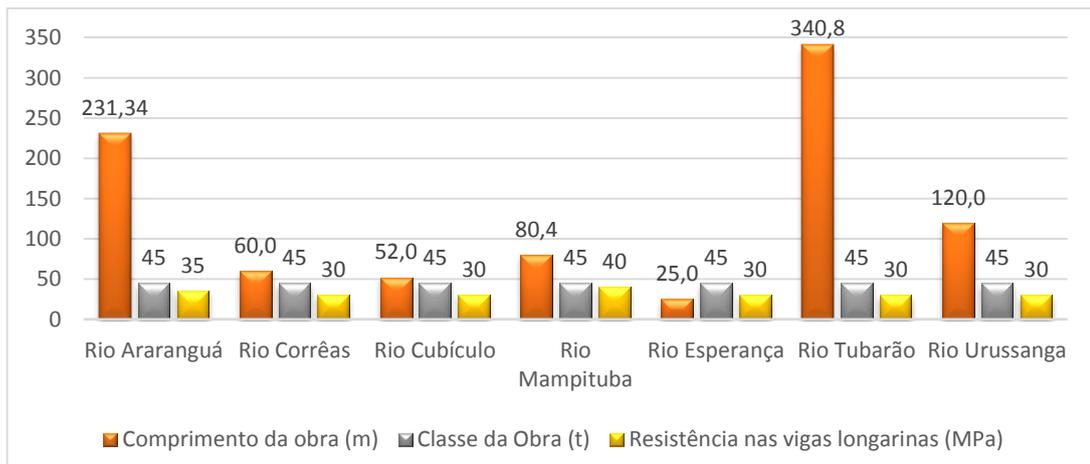
Após ser realizado o levantamento de projetos das pontes executadas na duplicação da BR 101 no trecho indicado na Figura 01, iniciou-se os procedimentos de análise dos projetos, observando características como tipo de fundação, classe do concreto utilizado nas vigas longitudinais, classe da obra, comprimento da obra e número de

vãos. As Figuras 02 e 03 mostram gráficos resumindo as principais características levantadas dos projetos.

Figura 02 - Resumo das principais características estruturais das obras executadas no trecho estudado.



Figura 03 - Resumo das principais características estruturais das obras executadas no trecho estudado.



Com intuito de aprofundar os conhecimentos sobre as características do projeto da ponte sobre o rio Araranguá realizou-se uma entrevista com o engenheiro responsável pelo projeto. Ficando claro que a quantidade de vãos e vigas depende da escolha do projetista. Como pode-se observar no gráfico da Figura 02 esses valores não seguem um padrão. Entretanto, definido o comprimento do vão o projetista começa o

dimensionamento com a altura da viga somada à altura da laje na proporção de 1/15 do comprimento vão. Sendo que a definição do comprimento e altura do vão dependem da trafegabilidade do rio e períodos de cheia, sendo que estes valores são pré-definidos pela marinha. Devendo-se observar também as condições geotécnicas da região.

2.1 Detalhamento experimental do estudo de caso

Figura 04 – Vigas estudadas



Figura 05 – Obra da ponte sobre o Rio Araranguá



As Figuras 06 e 07 ilustram o detalhamento das vigas estudadas. As duas vigas tem comprimento de 25,10 metros e altura de 1,72 metros. A resistência característica especificada em projeto é de 35 MPa.

Figura 06 – Croqui correspondente as vigas estudadas.

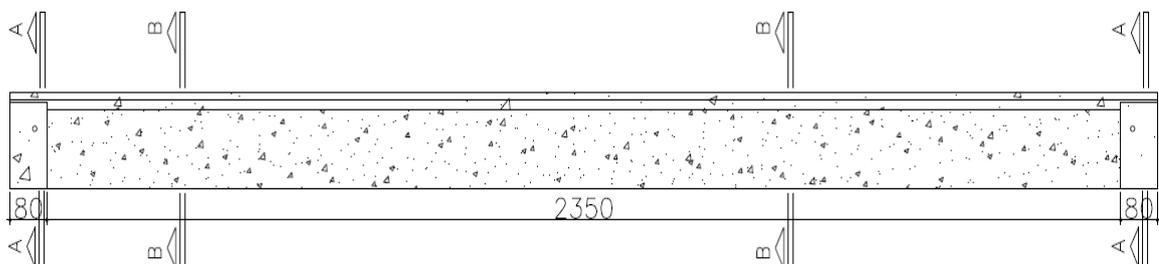
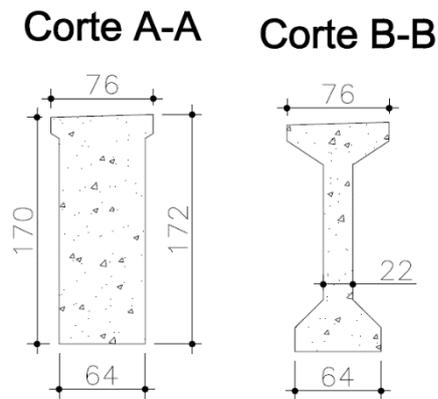


Figura 07 – Detalhamento dos cortes de seções transversais das vigas.



O concreto utilizado em ambas as vigas foi auto-adensável usinado. O que proporcionou boa trabalhabilidade e redução do tempo de concretagem de cada viga.

Figura 08 – Concretagem da viga pré-moldada.



Para estudo das características mecânicas das vigas executadas na obra, realizou-se três tipos de ensaios, descritos a seguir:

2.1.1 Ensaio de compressão axial em corpos de prova cilíndricos

O ensaio de compressão axial foi realizado em amostras de duas vigas, como descrito anteriormente. Para o procedimento de concretagem de cada viga foram utilizados

três caminhões betoneiras, para cada caminhão foram moldados sete corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm para serem ensaiados à compressão axial, distribuídos em idades de ruptura de três, sete e vinte e oito dias. Dois corpos de prova foram ensaiados com três dias, dois corpos de prova com sete dias e três com vinte e oito dias. Nestes últimos três corpos de prova realizou-se também os ensaios de módulo de elasticidade.

A moldagem dos corpos de prova ocorreu conforme a NBR 5738:2008. Em corpo de prova cilíndricos com abatimento superior a 160 mm, moldar com uma camada e aplicar 12 golpes para adensamento manual, como exemplificado na Figura 09.

Figura 09 –Slump-Test para analisar a trabalhabilidade do concreto.



O ensaio de compressão axial foi realizado de acordo com as normas regulamentadoras de estruturas de concreto, a NBR 5739:2007. Após a moldagem, os corpos de prova foram imersos em água para realizar a cura adequada, até atingir a idade necessária para o ensaio de compressão axial.

De acordo com a NBR 12655 (2006, p.16) para determinação da resistência do concreto o estudo do resultado dos laudos de rompimento dos corpos de prova podem



ser por amostragem parcial ou amostragem total. No caso desse trabalho, onde foram ensaiados corpos de prova de todos os caminhões, determinou-se a resistência característica à compressão por amostragem total, com $n < 20$, ficando o $f_{ck_{est}} = f_1$.

2.1.2 Ensaio de módulo de elasticidade

O módulo de elasticidade tem grande importância na qualidade do concreto, visto que determina a compacidade e conseqüentemente a deformação e porosidade do mesmo é o que afirma Cunha et al. (2006, p. 01).

A porosidade e as fissuras que alteram a durabilidade dos concretos podem afetar drasticamente a vida útil da estrutura, principalmente aquelas expostas a ambientes agressivos, como é a estrutura de estudo de caso deste trabalho.

De acordo com Beer e Johnston *apud* Cunha et al. (2006, p. 02):

“Nestes casos deve-se ressaltar que o conhecimento do módulo de deformação é fundamental para que na análise das deformações da estrutura possam ser projetadas de modo a sofrerem pequenas deformações para valores correspondentes ao do trecho reto da curva tensão x deformação, embora o concreto não seja material tipicamente elástico”

O concreto armado é considerado uma estrutura rígida, que não reage bem a deformações, porém descobriu-se que ele apresenta um grau de tolerância ao movimento, desde que tenham um tratamento adequado no adensamento e na cura. O presente estudo terá como princípio determinar o módulo de elasticidade do concreto aos 28 dias utilizado nas vigas longitudinais da ponte sobre o Rio Araranguá, visto que é conhecido o traço e com a realização de cura e adensamentos praticados conforme as normas. A Figura 10 apresenta a prensa e a instrumentação utilizada para o ensaio de módulo de elasticidade.

Figura 10 – Ensaio de módulo de elasticidade.



2.1.3 Ensaio esclerométrico: medição da dureza superficial do concreto

A dureza superficial do concreto é medida comprimindo-se um pistão contra a superfície do concreto que está sendo analisada, para este ensaio foi utilizado o esclerômetro de reflexão Schmidt, modelo N, na posição horizontal e perpendicular a viga.

O ensaio foi realizado seguindo as recomendações da NBR 7584:2012. Para a concretagem de uma viga são utilizados 15,30 m³ de concreto que são distribuídos em 3 caminhões betoneiras. Através da rastreabilidade dos caminhões betoneiras utilizados em cada viga, foi possível identificar a localização de cada carga, assim realizou-se o ensaio de esclerometria em cada uma das três regiões de concreto correspondentes aos caminhões utilizados, como exemplificado nos croquis das Figuras 11 e 12. Deste modo, para a realização do ensaio foram marcados 3 conjuntos de 16 pontos de leitura para cada caminhão utilizado na viga, entre cada golpe do esclerômetro obedeceu-se a distância de 3,0 centímetros.

Figura 11 – Rastreabilidade do concreto utilizado na execução da viga número 01.



Figura 12 – Rastreabilidade do concreto utilizado na execução da viga número 02.



Para a realização do ensaio de esclerometria escolhe-se uma região onde o concreto apresenta boa aparência, evitando regiões irregulares, de grande porosidade e/ou com compactação deficiente.

Primeiramente iniciam os procedimentos marcando os pontos a serem analisados, em cada viga foram marcados nove conjuntos de dezesseis pontos. Obedecendo a quantidade de três conjuntos para cada carga de concreto. Com os pontos marcados inicia-se o ensaio, que consiste em posicionar perpendicularmente o esclerômetro sobre a superfície preparada para o ensaio, o aparelho possui uma haste que quando comprimida é ativada por uma mola que imprime golpe a ponta da haste, a energia do golpe é transmitida ao concreto que sofre uma deformação elastoplástica, a resposta do concreto ao golpe rebate a massa que arrasta a agulha do esclerômetro, onde é armazenado o valor de reflexão. Após observar todos os valores de reflexão de uma área ensaiada, é realizado o estudo, calcula-se a média aritmética dos valores de reflexão, no caso a média dos 16 pontos, descarta-se todo valor que divergir em ± 5 unidades da média aritmética. Após descartados os pontos fora do intervalo, calcula-se uma nova média aritmética, caso o número de amostras de valores restantes dentro deste intervalo seja inferior a cinco, esta área deve ser descartada e o ensaio esclerométrico deve ser refeito em outra posição da peça.

Cada ponto ilustrado nas Figuras 13 e 14 ilustra um conjunto de 16 golpes aplicado pelo esclerômetro de reflexão.

Figura 13 – Viga número 01 com o detalhamento dos ensaios de esclerometria realizados no elemento estrutural.

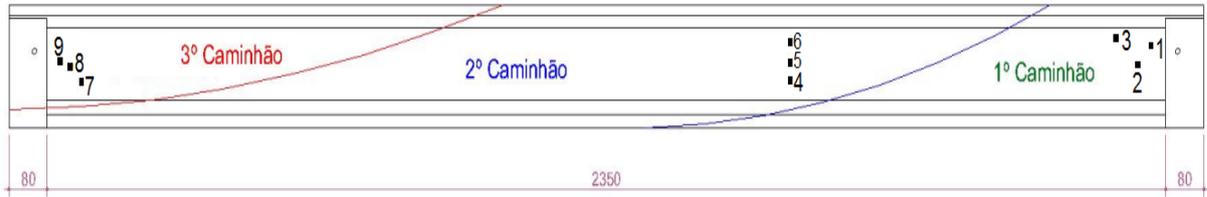
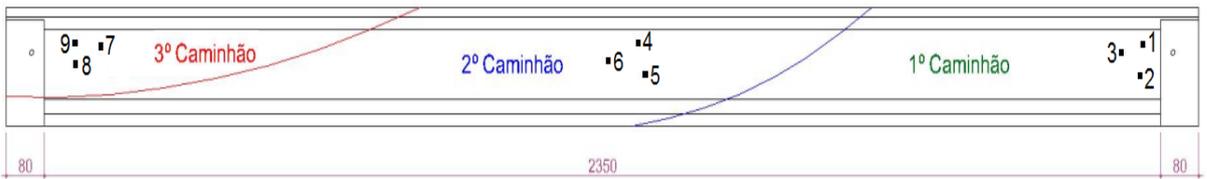


Figura 14 – Viga número 02 com o detalhamento dos ensaios de esclerometria realizados no elemento estrutural.

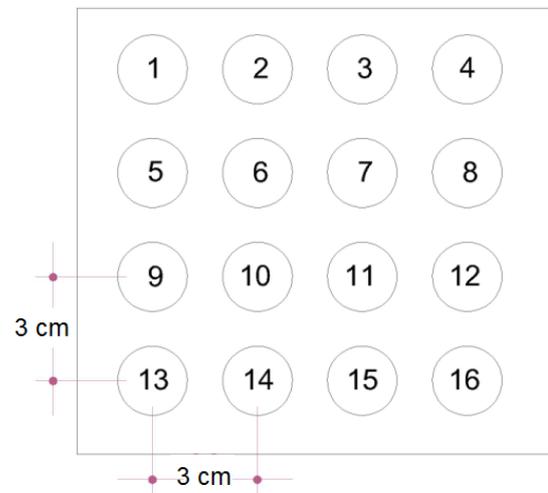


A Figura 15 exemplifica o ensaio realizado em um ponto da viga e a Figura 16 demonstra um croqui de um ponto, com espaçamento de 3,0 cm entre cada um dos 16 golpes.

Figura 15 – Ensaio de esclerometria



Figura 16 – Croqui de um ponto para o ensaio de esclerometria.



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos na pesquisa e posteriormente analisados e discutidos, conforme segue.

3.1 Resistência à compressão axial

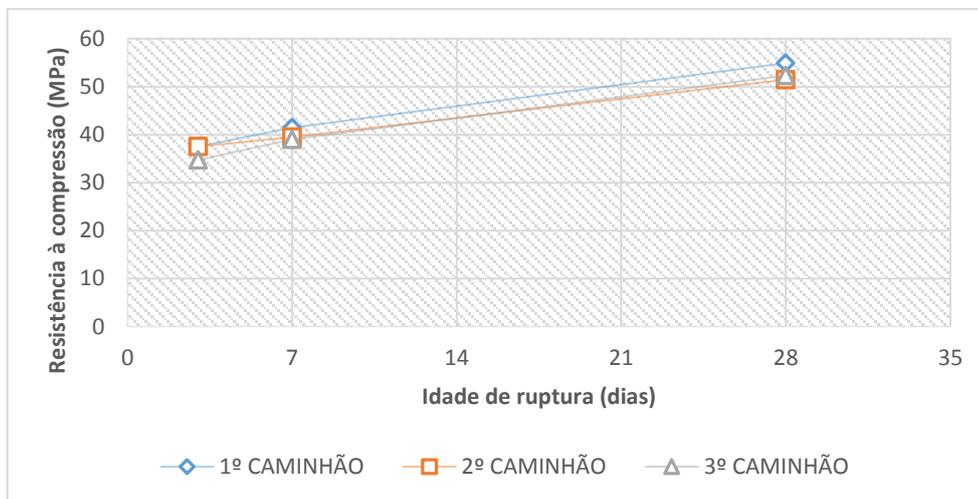
A resistência à compressão axial foi realizada em duas vigas, a partir de 21 corpos de prova moldados de cada viga. O ensaio foi realizado de acordo com as prescrições da NBR 5739:2007. A Tabela 01 apresenta os resultados obtidos da viga 1:

Tabela 01 – Resistência à compressão axial: viga 01

Caminhão	Idade de ruptura		
	3 dias	7 dias	28 dias
1	37,4	41,7	54,2
1	37,7	41,3	55,6
1			54,9
Média	37,6±0,2	41,5±0,3	54,9±0,7
2	38,5	39,5	51,0
2	36,7	39,5	51,4
2			51,9
Média	37,6±1,3	39,5±0,1	51,4±0,5
3	34,1	39,6	-
3	35,4	38,4	53,1
3			51,6
Média	34,8±0,9	39,0±0,9	52,3±1,0

Através da Tabela 01 pode-se obter um valor de resistência característica estimada (f_{ckest}) de 51,9 MPa, o que enquadra na classe de concreto C50.

Figura 17 – Resistência à compressão (MPa) x idade de ruptura (dias): viga 01



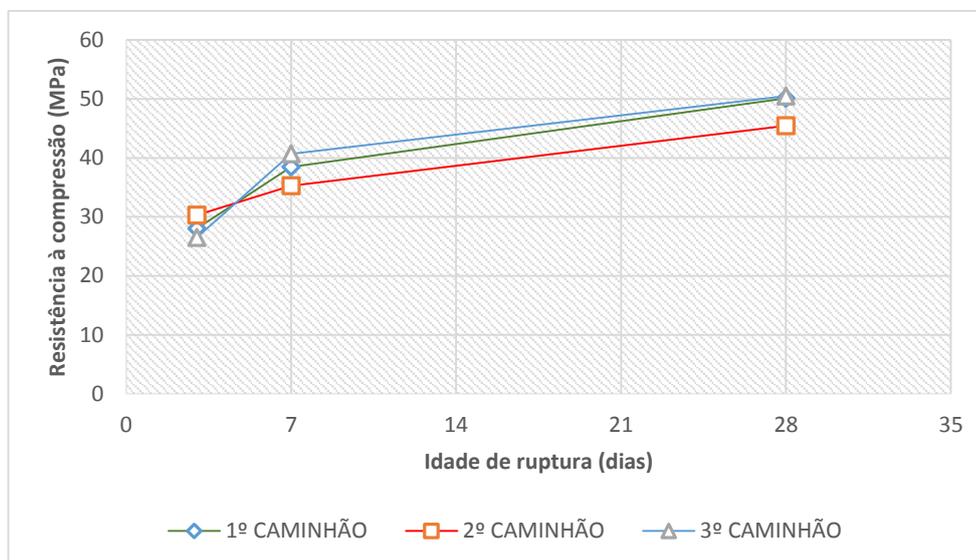
A viga número 01 apresentou acréscimo de resistência do primeiro caminhão de 31,60% dos três para os vinte e oito dias, o segundo caminhão teve acréscimo de 26,98% e o terceiro caminhão atingiu os vinte e oito dias com ganho de 33,59% na resistência à compressão. Atingindo aos vinte e oito dias resistência média de 52,97 MPa.

Tabela 02 - Resistência à compressão axial (MPa): viga 02

Caminhão	Idade de ruptura		
	3 dias	7 dias	28 dias
1	28,3	38,8	49,0
1	27,8	38,1	51,8
1			49,6
Média	28,0±0,4	38,4±0,5	50,1±1,5
2	25,2	35,2	44,7
2	24,4	35,3	44,8
2			46,8
Média	24,8±0,5	35,3±0,1	45,4±1,1
3	26,2	42,2	49,3
3	26,7	39,2	51,3
3			50,8
Média	26,5±0,4	40,7±2,1	50,5±1,1

Através da Tabela 02 pode-se obter um valor de resistência característica estimada (f_{ckest}) de 46,8 MPa, o que enquadra na classe de concreto C45.

Figura 18 – Resistência à compressão (MPa) x idade de ruptura (dias): viga 02



A viga número 02 apresentou resistência média aos três dias inferior a resistência da viga 01, com a média divergindo em 10,19 MPa, porém teve ganho percentual de resistência até os 28 dias superior, atingindo a resistência média de 48,69 MPa. O primeiro caminhão teve ganho de resistência de 44,13% MPa dos três para os vinte e oito dias, aumentou 45,36% no segundo caminhão e apresentou o maior acréscimo no terceiro caminhão, com 47,54%.

3.2 Módulo de elasticidade à compressão axial

O módulo de elasticidade foi obtido por compressão axial, a partir de corpos de prova moldados de duas vigas. O ensaio foi realizado de acordo com as prescrições da NBR 8522:2008. A Tabela 03 apresenta os resultados obtidos da viga 1 e 2:

Tabela 3 - Modulo de elasticidade (GPa): viga 1 e 2.

	Viga 1	Viga 2
Caminhão 1	39,1	36,6
Caminhão 1	40,2	39,5
Média	39,7±0,8	38,0±2,0
Caminhão 2	38,8	37
Caminhão 2	38,4	39,1
Média	38,6±0,3	38,1±1,5
Caminhão 3	38,6	40,5
Caminhão 3	-	39,9
Média	38,6	40,2±0,4

A NBR 6118:2007 especifica a equação 1 para estimativa do módulo de elasticidade.
 Equação 1

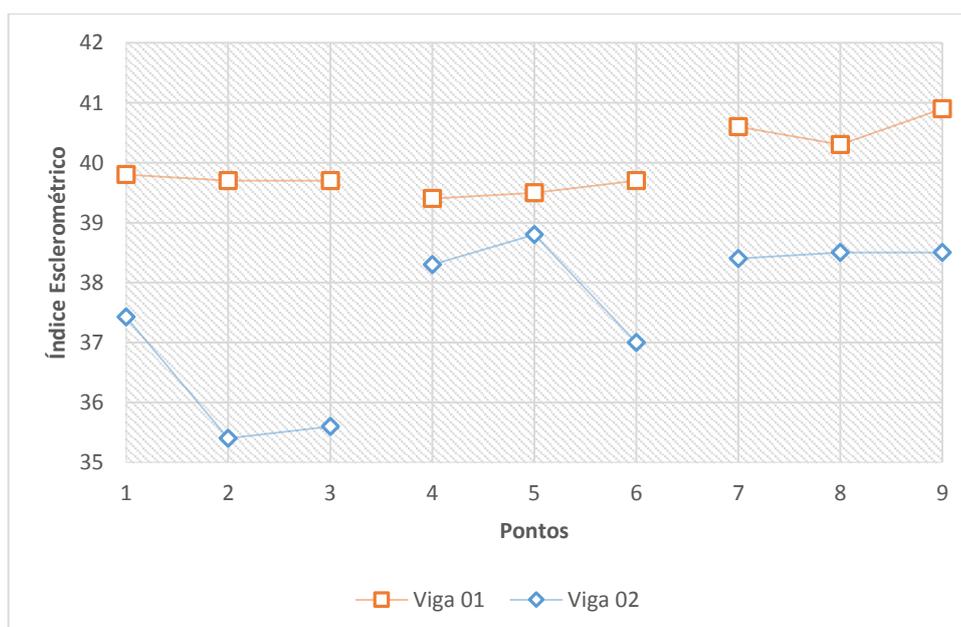
$$E_{ci} = 5600 \times \sqrt{f_{ck}}$$

Com utilização da equação 1, o módulo de elasticidade estimado da viga 1 ficou em 40,3 GPa e o da viga 2 em 38,3 GPa. A média geral dos resultados obtidos no ensaios padronizados da NBR 8522:2008 da viga 1 ficou em 39,0 GPa e da viga 2 em 38,8 GPa. Observa-se um diferença nos valores de 3,2% para viga 1 e 1,2% para viga 2. Resultados demonstram que a equação especificada pela NBR 6118:2007 estima adequadamente o valor do módulo de elasticidade.

3.3 Dureza superficial do concreto

Para a determinação da dureza superficial do concreto, foi realizado o ensaio de esclerometria, através do esclerômetro de reflexão. Obteve-se índice esclerométrico médio de 40,40 para a viga 01 e 36,39 para a viga 02. Por meio da Figura 19 observa-se a relação entre os pontos de esclerometria na viga e seu índice esclerométrico médio.

Figura 19 – Relação Índice Esclerométrico médio x Viga



Os pontos um, dois e três foram aplicados na área de concretagem do primeiro caminhão, os pontos quatro, cinco e seis foram empregados na área do segundo

caminhão, o restante dos pontos, sete, oito e nove foram aplicados no terceiro caminhão.

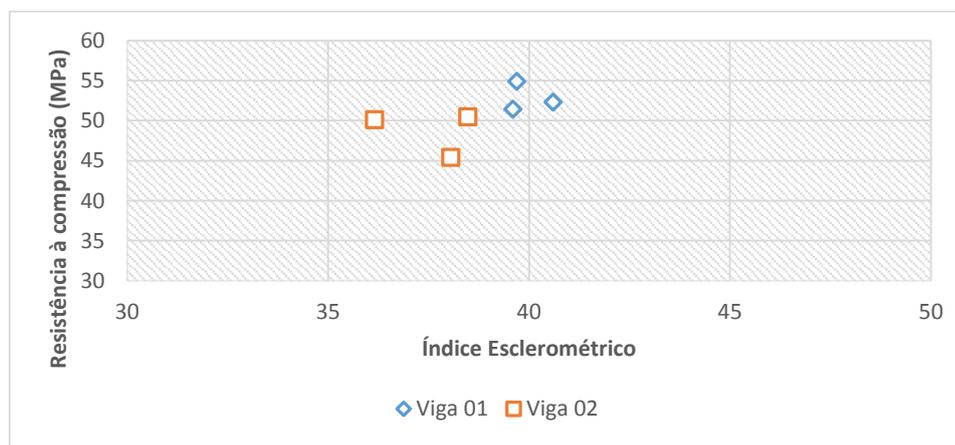
O ensaio realizado em campo mostrou a não regularidade entre as duas vigas, foram encontrados maior número de imperfeições na superfície na viga 02, principalmente na aplicação de concretagem do primeiro caminhão, essas imperfeições foram encontradas somente durante a aplicação do golpe do esclerômetro. A viga 01 apresentou índice esclerométrico mais uniforme entre os caminhões de concretagem. Com o intuito de realizar uma comparação simples entre o índice esclerométrico e a resistência à compressão, plotou-se o gráfico da Figura 19. A Tabela 04 apresenta os resultados de comparação.

Tabela 04 – Relação de Índice Esclerométrico médio x Resistência à compressão média

Caminhão	Viga 01		Viga 02	
	IE	fcm	IE	fcm
1	39,7	54,9	36,2	50,1
2	39,6	51,4	38,1	45,4
3	40,6	52,3	38,5	50,5
Média	40,0±0,5	52,9±1,8	37,6±1,2	48,7±2,8

A resistência à compressão e o índice esclerométrico apresentaram uniformidade dentro de cada peça, a viga 02 apresentou desvios padrão superiores que a viga 01, tanto do índice esclerométrico como para resistência à compressão, pelo motivo citado anteriormente.

Figura 20 – Resistência à compressão x índice esclerométrico





Por meio da Figura 20 constatamos a relação entre os valores de resistência à compressão e índice esclerométrico, a viga 01 apresentou resistência superior nos dois ensaios citados.

4. CONCLUSÕES

No presente trabalho foi realizado um estudo de caso em duas vigas da ponte sobre o rio Araranguá, realizou-se ensaios de compressão axial, medição da dureza superficial do concreto e ensaio de módulo de elasticidade. Todos os ensaios foram realizados de acordo com as recomendações normativas. Posteriormente realizou-se uma pesquisa documental, onde observou-se alguns dados quantitativos das oito obras de arte especiais situadas entre Torres/RS e Tubarão/SC, onde foram abordados os dados quantitativos para conhecer a tipologia das obras executadas na região. Por meio destes estudos foi possível chegar as seguintes conclusões:

- As obras de arte especiais mencionadas neste trabalho possuem uma tipologia variada, isso deve-se ao fato dos rios que cortam a região possuírem larguras e períodos de cheias distintas e estarem localizados em solos de diferentes características, necessitando de fundações diversas.
- O estudo das vigas da ponte sobre o rio Araranguá apresentou elevada resistência à compressão, com resistências médias na viga 01 de 52,9 MPa e na viga 02 de 48,7 MPa. A resistência necessária especificada em projeto foi de 35 MPa, estabelecendo uma comparação entre elas, nota-se um acréscimo de 32,56% na resistência à compressão da viga 01 e 25,21% de resistência superior do que a exigida em projeto para a viga 02. Este fato deve ser levado em consideração no que se refere a custo/benefício da execução das vigas e posterior análise de vida útil e manutenção da estrutura.
- Os resultados de módulo de elasticidade se mostraram coerentes para classe de resistência do concreto ensaiada. A estimativa do módulo de elasticidade pela NBR 6118:2007 se mostrou eficaz com correlações satisfatórias e erros menores que 3,3%.
- O ensaio de esclerometria não foi utilizado para determinação da resistência das vigas, por meio dele pode-se fazer uma relação com a resistência à



compressão obtida em laboratório e de homogeneidade do concreto. Atualmente muitas empresas têm utilizado esse método para verificar o concreto com suspeita de baixa resistência com aqueles que apresentam melhores resultados, assim os ensaios de extração, por exemplo, são realizados nos locais que a peça apresentar menor índice esclerométrico. Conclui-se que o índice esclerométrico serviu para avaliar a uniformidade do concreto, confirmado através da relação entre os ensaios de resistência a compressão realizado em laboratório e o ensaio de esclerometria realizado em vistoria *in loco*. Verificando que a viga 02 apresentou menor índice esclerométrico e menor resistência à compressão comparados com a viga 01.



5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova**: NBR 5738. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos**: NBR 5739. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**: NBR 6118. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão – Método de ensaio**: NBR 7584. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto – Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão**: NBR 8522. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento - Procedimento**: NBR 12655. Rio de Janeiro, 2006.

CUNHA, Carlos Alberto Meira Carneiro da; ZARZAR, Fuad Carlos Júnior; MELO, Mauro José Araújo Campelo de; MONTEIRO, Eliana Cristina Barreto; HELENE, Paulo Roberto do Lago. **Estudo da resistência à compressão e módulo de elasticidade em concreto com diferentes traços**. Ibracon, 2006.

FREITAS, Moacir. **Pontes: Introdução geral – definições**. São Paulo, 1978.

MARCHETTI, Osvaldemar. **Pontes de concreto armado**. São Paulo, 2008.

O'CONNOR, Colin. **Pontes: superestruturas**. São Paulo, 1975.

NUNES, Jefferson Basílio Melgar; FIGUEIREDO, Janeth de; COSTA, Juzélia Santos da. **Controle tecnológico visando a avaliação da resistência dos pilares estruturais**. Ibracon, 2010.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. **Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão**. Recife, CREA-PE, 2002.