



Análise experimental de vigas submetidas à flexão concretadas em duas etapas com ligações interfaciais em diferentes angulações

Mariana Matos Scheffer (1), Prof. Msc. Alexandre Vargas (2)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) mariana.mscheffer@gmail.com, (2) avargas@unesc.net

Resumo: Juntas de concretagem ocorrem com frequência em obras monolíticas, especialmente entre pavimentos. Por vezes se faz necessária essa providência em outros elementos estruturais, provocado por diferentes fatores, que resultam, no retorno da concretagem após um intervalo de tempo. Diante desse fato, esse trabalho tem como objetivo avaliar experimentalmente vigas com ligações interfaciais de concretagens de diferentes períodos previamente determinadas e compará-las com vigas de referência concretadas de uma só vez. Para isso foram concretados quatro conjuntos de três vigas cada, sendo o primeiro, o de referência, concretado de uma só vez e os demais concretados em duas etapas. O grupo dois teve a ligação interfacial com ângulo de 0° em relação a horizontal; o grupo três, 45° e o grupo quatro 90° . Os grupos três e quatro tiveram as juntas no ponto de maior momento fletor da viga. Para a sequência de concretagem a superfície foi tratada apenas com escarificação e jato de água. Todas as vigas foram submetidas a ensaios de flexão à quatro pontos. Os resultados apontaram valores estatisticamente iguais, entre as vigas referência e os demais grupos, para as cargas no instante do deslocamento máximo estabelecido pela NBR 6118:2014. No instante da ruptura, apenas as vigas com ligação interfacial à 90° , apresentaram resultados estatisticamente significativos, com redução de aproximadamente 20,08% no valor médio da carga aplicada.

Palavras-chave: ligação entre concretos; aderência; juntas de concretagem.

Experimental analysis of beams subjected to flexion concreted in two steps with interfacial connections in different angles

Abstract: Concreting joints frequently occurs in monolithic works, especially between floors. Sometimes, this providence is necessary in other structural elements, provoked by different factors that result in the return of the concreting after a period of time. Before that, this work aims to experimentally evaluate beams with concreting interfacial connections of different periods previously determined and to compare them with reference beams, concreted at one time. For this, four sets of three beams each were concreted, being the first, the reference one, concreted at once and the other concreted in two steps. The group two had the interfacial connection at an angle of 0° to the horizontal; group three, 45° ; and group four, 90° . The groups three and four had the joints at the point of greatest bending moment of the beam. For the

concreting sequence, the surface was treated only with scarification and water jet. All beams were subjected to four-point bending tests. The results pointed statistically equal values between the reference beams and the other groups for the loads at the moment of maximum displacement allowed by NBR 6118:2014. At the moment of rupture, only the beams with 90° interfacial connection showed statistically significant results, with a reduction of approximately 20,08% in the average value of the applied load.

Key-words: connection between concretes; adherence; concreting joints.

Introdução

As ligações interfaciais são patologias que podem ser ocasionadas na execução da concretagem de uma edificação, caracterizada pela zona de ligação entre um concreto já existente com o concreto novo. Essas ligações, que também podem ser conhecidas como juntas de concretagem, são necessárias para garantir o comportamento do conjunto de um elemento estrutural.

Podem ser ocasionadas na execução da concretagem de elementos estruturais, caracterizada pela ligação entre o concreto já existente com o concreto novo. Essas ligações, também conhecidas como juntas de concretagem, são necessárias para garantir o comportamento esperado do conjunto do elemento.

As juntas de concretagem podem ocorrer de duas formas: na retomada de uma concretagem durante uma estrutura em execução, onde a concretagem ocorre a cada 15 (quinze) ou 20 (vinte) dias, ou então, através da continuidade de uma estrutura após um determinado tempo, onde poderá ter ocorrido grande penetração de dióxido de carbono, além da decomposição de outros sais e fuligens ácidas; isso ocorre em casos de recuperação em estruturas já existentes (FAGURY, 2002).

Um fator importante nas fases iniciais da obra é a elaboração de um plano de concretagem, ou seja, a realização de um cronograma contendo os elementos que serão concretados por vez. Com isso, imprevistos como a falta de energia, paradas devido à demora e a falta de concreto suficiente para compor completamente cada peça estrutural, podem ser evitados, dificultando a ocorrência de diferentes tempos de concretagem em uma mesma estrutura (BOTELHO; MARCHETTI, 2010, p. 58).

Segundo a NBR ABNT 14931:2004, as localizações das juntas devem ser previstas no projeto estrutural da edificação evitando regiões com maiores esforços cisalhantes e preferencialmente localizadas na posição normal aos esforços de compressão, evitando alterações na resistência do elemento. Em situações que o concreto precisa ser interrompido no contato de vigas ou lajes apoiadas em pilares, a interrupção da concretagem deverá ser de forma horizontal.

Muitos fatores influenciam nas ligações interfaciais, entre eles, as características do substrato do concreto, especialmente da rugosidade da interface; as microfissuras; e a nata de concretagem (lâmina de pasta que fica sobre o concreto). A nata é uma camada fraca e reduz notavelmente a ligação de concreto do novo ao velho, devendo ser removida antes do reparo do concreto (GIBERGUES et al., 1993).

A fragilidade na zona de contato entre o concreto já existente e o concreto novo ocasiona fissurações, formando caminhos que facilitam o acesso de agentes agressivos que como consequência, irão deteriorar a armadura em pouco tempo, além de desagregar o concreto levando a situações severas (TRIGO; CONCEIÇÃO; LIBORIO, 2010). Além disso, a baixa resistência ocasionada na região de ligação entre os concretos é propícia para o surgimento de fissurações e rompimentos no local (NATAL, 2017).

Conforme Fagury (2002), para melhorar a aderência química do concreto velho com o concreto novo nas zonas de ligações interfaciais, é importante a aplicação de pastas de cimento Portland e de concreto, ambos de alto desempenho, além de aderência física como a escarificação do concreto.

Seguindo a mesma análise Trigo; Conceição; Liborio (2010), realizaram na ligação das juntas de concretagem a técnica de dopagem com tratamentos químicos das duas superfícies com impregnação do pó composto CP V ARI RS e sílica ativa (Fe-Si) entre o concreto velho e o concreto novo, além de realizar o processo de imersão da zona de interface para que o concreto já existente não altere a relação água/cimento do concreto novo. Através de seus resultados é possível analisar melhores condições em processos realizados somente com zonas interligadas entre concretos.

Devido à dificuldade de controle em um canteiro de obras para aplicação de técnicas para melhorar a aderência nas zonas interfaciais, esses elementos acabam sendo realizados sem

nenhum tratamento específico, deixando ao responsável técnico a preocupação sobre os possíveis problemas que essa estrutura possa apresentar.

Tendo como foco principal essa interface, este trabalho propõe uma análise experimental da resistência à flexão de vigas de concreto armado utilizando cimento Portland do tipo CP IV, com zonas interligadas com diferença no tempo de concretagem de 28 (vinte e oito) dias, através da realização do processo de escarificação, para melhorar a aderência entre os concretos, seguida de limpeza com jatos de água. Os resultados foram obtidos através de um comparativo entre vigas concretadas de forma convencional e as vigas com juntas de concretagem.

Materiais e Métodos

Para a elaboração dessa pesquisa, foram executadas 12 (doze) vigas de concreto armado com seção transversal de 12 x 40 cm e comprimento de 2 m. Essas vigas foram subdivididas em 4 (quatro) grupos de três vigas cada, sendo o grupo 1 formado por vigas concretadas de forma convencional, sem juntas de concretagem; o grupo 2 composto por vigas com juntas de concretagens no sentido horizontal na metade da altura na viga; o grupo 3 constituído por vigas com zonas de interfaces formadas em um ângulo de 45° no centro entre apoios e por último, o grupo 4 com vigas com juntas de concretagem perpendiculares a base, ou seja, no ângulo de 90°, também no centro entre apoios. A Figura 1 mostra a representação gráfica das juntas de cada grupo.

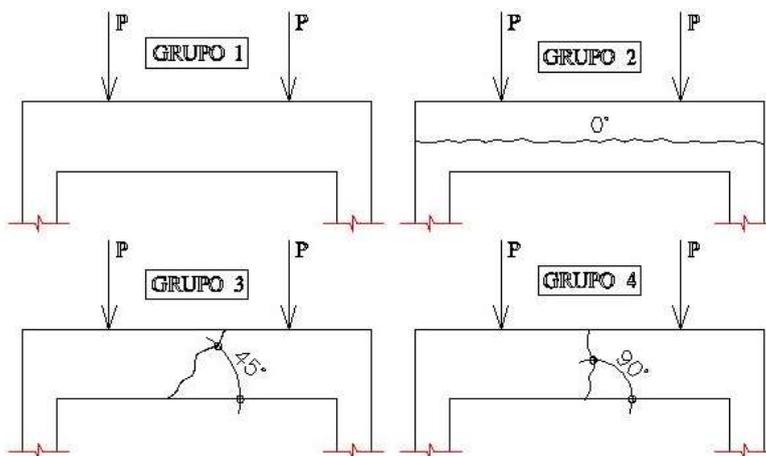


Figura 1. Representação dos grupos conforme a variação de ângulos das juntas

Para a formação das juntas, o estudo propõe a realização de concretagens em dois períodos com intervalo de 28 (vinte e oito) dias entre elas, para posteriormente realizar ensaios de flexão a quatro pontos.

Foram adotados para a confecção das vigas, armaduras de combate a flexão constituídas por 2 ϕ 8 mm (CA-50), formando uma área de aço total de 1 cm²; porta estribos de 2 ϕ 5 mm (CA-60). Para os estribos, foi adotado ϕ 5 mm a cada 15 cm. Considerando as situações de exposições das vigas, foi considerada classe I de agressividade ambiental, que estabelece, cobrimento nominal de 25 mm para as vigas, e resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) de 30 MPa.

Com intuito de obtenção de uma análise comparativa, todas as vigas foram armadas da mesma forma, para que somente os critérios adotados para as concretagens interferissem no resultado final. Segundo os parâmetros aplicados e os dados normativos fornecidos pela NBR 6118:2014 a Figura 2 ilustra a armação utilizada.

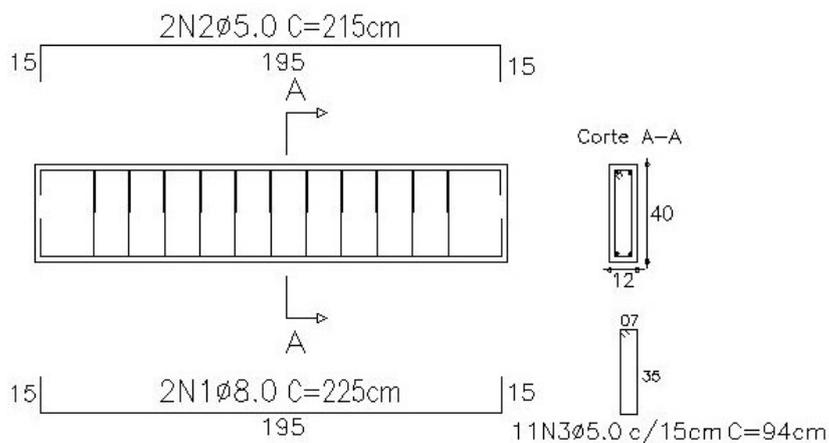


Figura 2. Armação das vigas

O concreto utilizado nas vigas foi produzido no Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC. Para a determinação do traço utilizado na mistura, foi necessária a realização de ensaios de caracterizações dos materiais conforme apresentado na Tabela 1 de acordo com a ABNT NBR NM 248:2003, e respectivamente as informações necessárias para identificação das propriedades do concreto estão na Tabela 2.

Tabela 1. Caracterização dos agregados que compõem o concreto

Característica	Areia lavada fina	Brita 1
Módulo de Finura	1,899	4,015
Dimensão máxima característica (mm)	1,18	19
Composição mineralógica	Quartzo	Basalto
Massa específica unitária (kg/m ³)	1458,8	1482,5

Tabela 2. Características do traço utilizado para elaboração do concreto

Traço unitário em massa (Kg)	1 : 2,06 : 2,94
Relação água/cimento	0,42
Abatimento do tronco de cone (cm)	11

Foi utilizado o mesmo traço do concreto para execução de todas as vigas, sendo a primeira concretagem as vigas do grupo 4. Com o término da concretagem parcial dessas vigas, foi realizada a moldagem de 9 (nove) corpos de provas cilíndricos (10 x 20 cm) de concreto, seguindo as indicações da ABNT NBR 5738:2015. Após os 28 (vinte e oito) dias de cura submersa em água, esses corpos de prova foram parâmetros de caracterização do concreto nos ensaios de resistência a compressão axial, resistência a tração por compressão diametral e módulo de elasticidade, totalizando 3 (três) amostras para cada ensaio.

Os corpos de prova foram rompidos em uma prensa hidráulica modelo Emic SSH300, de acordo com as diretrizes propostas pela ABNT NBR 5739:2018.

As concretagens das vigas foram divididas em duas etapas. Na Figura 3 (a) é possível observar como foi organizada a primeira etapa de concretagem, e posteriormente, na Figura 3 (b) a segunda etapa (28 dias após a realização da primeira concretagem).

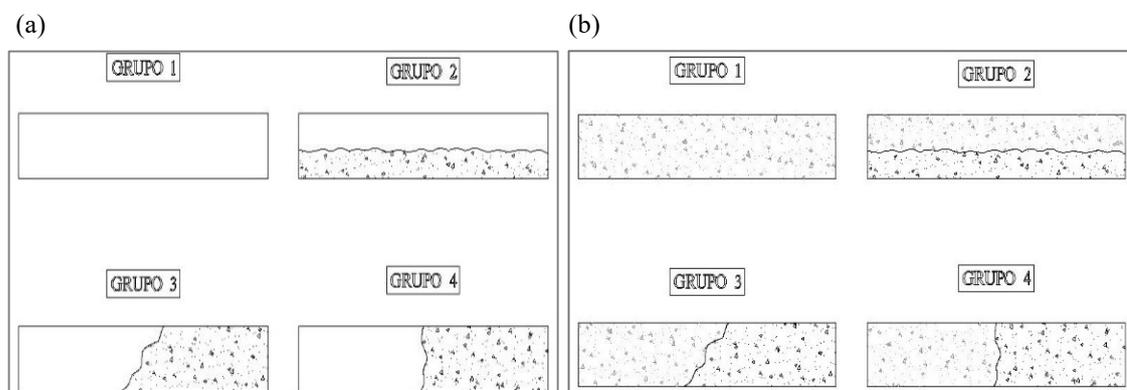


Figura 3. Divisão das concretagens: (a) primeira etapa de concretagem das vigas, (b) segunda etapa de concretagem

Na zona de ligação entre os diferentes períodos de concretagens foi realizado um tratamento da base através do processo de escarificação, indicado para melhorar a aderência entre os concretos mediante a retirada da camada de nata formada na superfície. Além disso foi proposta a realização de aplicação de jatos de água nas zonas de contato, com o intuito de evitar a ocorrência de alteração na relação água/cimento do concreto fresco.



Figura 4. Escarificação da zona de contato entre os concretos



Figura 5. Formação das angulações das juntas de concretagem

Após 28 (vinte e oito) dias da segunda etapa de concretagem das vigas, as mesmas foram submetidas ao ensaio de flexão a quatro pontos no Laboratório Experimental de Estruturas

(LEE) da UNESC. O ensaio é realizado com a utilização de uma célula de carga HBM U10M com capacidade de 500 kN. As orientações desse ensaio estão descritas na ASTM C78/C78M-18, com adaptações que variam conforme as dimensões da viga. Para aquisição dos valores de deslocamento vertical da viga, foram utilizados dois LVDTs (Linear Variable Differential Transformer), posicionados no centro das vigas, um em cada lado.

Com os resultados obtidos através desse procedimento foi possível utilizar os métodos comparativos das vigas de diferentes ângulos de concretagem com as vigas de referência. A Figura 6 apresenta o esquema adotado no ensaio.

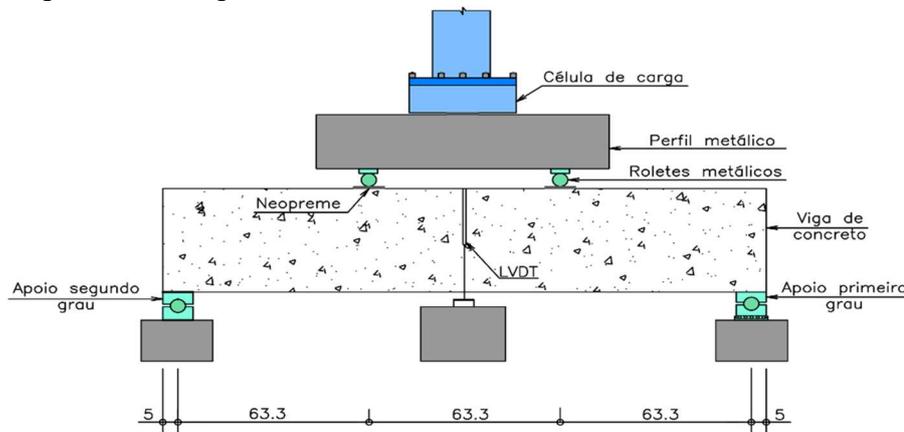


Figura 6. Detalhamento ensaio de flexão quatro pontos

A elaboração de todas as etapas realizadas ao decorrer da pesquisa, podem ser visualizadas de forma esquemática no fluxograma apresentado na Figura 7.

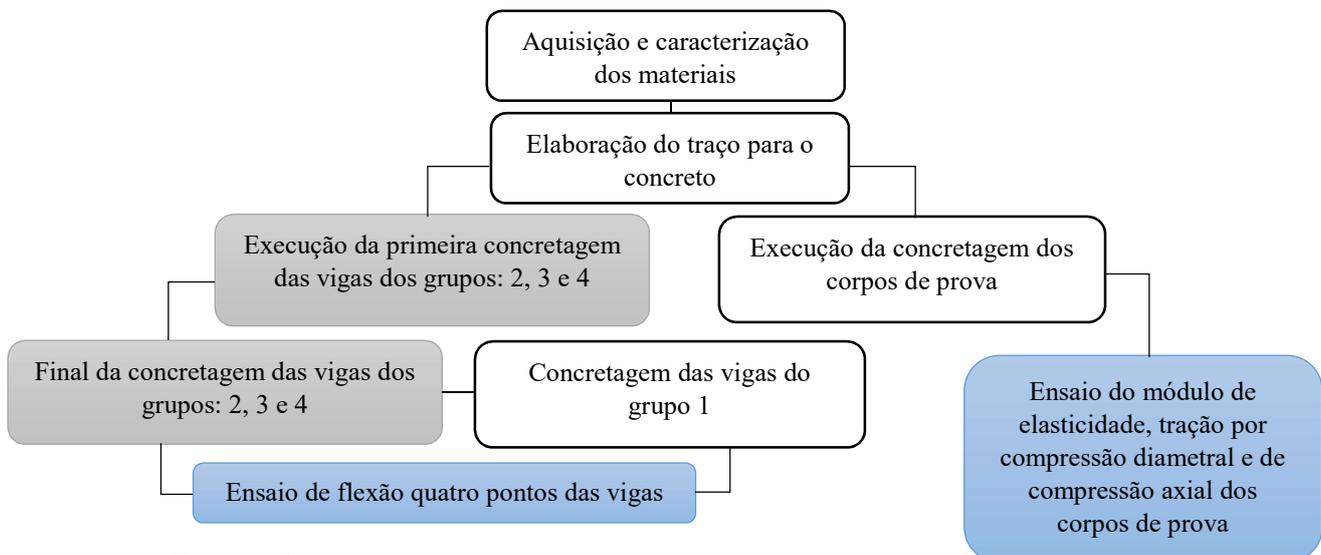


Figura 7. Fluxograma para realização dos ensaios.

Resultados e Discussões

Para caracterização do concreto, foram realizados os ensaios de compressão axial, compressão por tração diametral e módulo de elasticidade utilizando três corpos de provas (CPs) para cada ensaio submetidos a 28 (vinte e oito) dias de cura úmida.

A realização do ensaio de resistência a compressão axial do concreto se baseou nas diretrizes propostas pela ABNT NBR 5739:2018, os resultados obtidos são demonstrados a Tabela 3.

Tabela 3. Resistência a compressão axial do concreto

Nomenclaturas dos corpos de prova	Resistência a Compressão (MPa)
CP1	35,6
CP2	30,5
CP3	34,8
Resistência média adotada	33,63
Desvio padrão	2,24

Analisando a Tabela 3 pode-se observar que o concreto atingiu uma resistência média de 33,63 MPa, valor esse que atendeu o que foi estipulado previamente conforme os critérios adotados.

Em relação a tração por compressão diametral os valores obtidos após o ensaio são observados na Tabela 4.

Tabela 4. Tração por compressão diametral

Nomenclaturas dos corpos de prova	Resistência a Tração (MPa)
CP1	3,4
CP2	3,5
CP3	3,2
Resistência média adotada	3,4
Desvio padrão	0,13

Com base na Tabela 4, a resistência a tração do concreto resultou em um valor médio de 3,4 MPa equivalente a aproximadamente 10,1% da compressão, encontrando-se nos limites de 8 a 15% descritos na norma ABNT NBR 7222:2011.



O Módulo de elasticidade, que é o terceiro critério analisado para caracterizar o concreto está descrito na Tabela 5.

Tabela 5. Módulo de elasticidade do concreto

Nomenclaturas dos corpos de prova	Módulo de elasticidade (GPa)
CP1	34,13
CP2	37,43
CP3	39,35
Resistência média adotada	36,97
Desvio padrão	2,15

O valor médio encontrado é de 36,97 GPa, corresponde ao módulo de deformação tangente inicial, como proposto pela ABNT NBR 8522:2008.

Após a caracterização do concreto, e com as vigas atingindo o tempo pós concretagem determinado, foram realizados os ensaios de flexão a 4 pontos. Na Tabela 6 são apresentados os valores de carga máxima nas vigas dos grupos para o valor de máximo deslocamento vertical estabelecido pela NBR 6118:2014 de (l/250), sendo l o vão teórico da viga (190 cm).

Tabela 6. Carga aplicadas nas vigas no deslocamento máximo (l/250)

	Vigas referência	Vigas 0°	Vigas 45°	Vigas 90°
	Carga (KN)	Carga (KN)	Carga (KN)	Carga (KN)
Viga 1	74,941	74,928	70,806	67,646
Viga 2	82,432	71,041	72,351	72,164
Viga 3	74,850	74,994	71,999	75,908
Média	77,408	73,654	71,719	71,906
Desvio Padrão	2,05	1,07	0,38	1,95

Observa-se na tabela 6, que as vigas que possuem juntas de 0° apresentaram uma redução média de aproximadamente 5,09% na capacidade portante em relação as vigas de referência. Já as vigas de 90° obtiveram um decréscimo de aproximadamente 7,65% comparado às referenciais, enquanto as de 45° sofreram uma redução de aproximadamente 7,93% na capacidade portante.

A Figura 8 apresenta um gráfico comparativo de força x deslocamento, composta pelos valores médios das cargas aplicadas nas vigas analisadas no ponto do estado limite de deformação excessiva (ELS-DEF), de L/250 resultando em uma flecha de 7,60 mm.

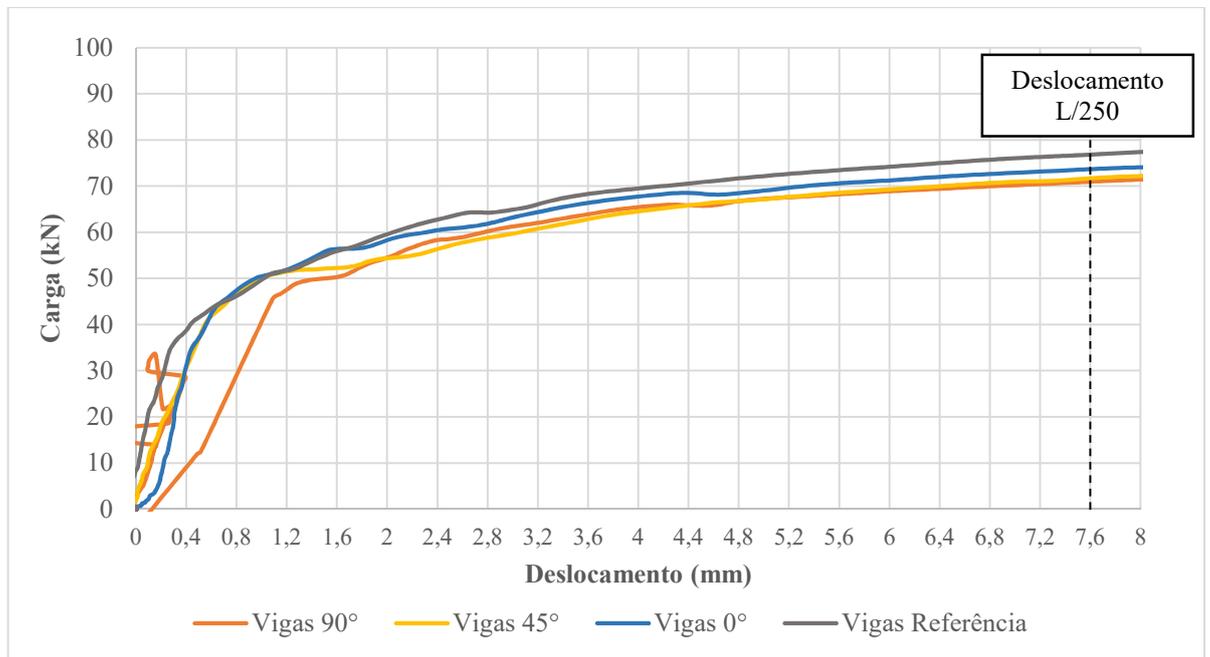


Figura 8. Gráfico das cargas aplicadas vs. deslocamento máximo

A análise estatística dos resultados obtidos no ensaio, com 95% de significância, através da utilização da ANOVA, mostrou que não existe diferença significativa entre os valores ($p=0,1930$), indicando que, em estado de serviço, as vigas com juntas de concretagem tiveram desempenho equivalente às vigas de referência para todos os ângulos estudados.

Todas as vigas foram submetidas à esforços que as levaram à ruptura. A Tabela 7 apresenta os valores de carga máxima no instante da ruptura das vigas.

Tabela 7. Carga máxima de ruptura de todas as vigas

	Vigas referência	Vigas 0°	Vigas 45°	Vigas 90°
	Carga (KN)	Carga (KN)	Carga (KN)	Carga (KN)
Viga 1	107,00	86,243	85,511	76,979
Viga 2	90,874	82,06	84,095	78,813
Viga 3	90,098	85,88	85,68	84,024
Média	95,991	84,728	85,095	79,939
Desvio Padrão	4,50	1,09	0,41	1,72

Os resultados compilados na Tabela 7 mostram que todas as vigas que possuem juntas de concretagem apresentaram menores capacidades portantes em relação as vigas de referência

que não possuem ligações interfaciais. Um fator de destaque nos resultados, é a média das cargas máximas obtidas pelas vigas formadas por juntas com ângulo de 90°, que apresentaram resultados inferiores em relação aos demais ângulos estudados, sendo sua resistência média, aproximadamente 20,08% inferior a viga de referência.

Graficamente, os resultados expostos na tabela 7, podem ser observados na Figura 9 onde são apresentados os valores médios dos resultados.

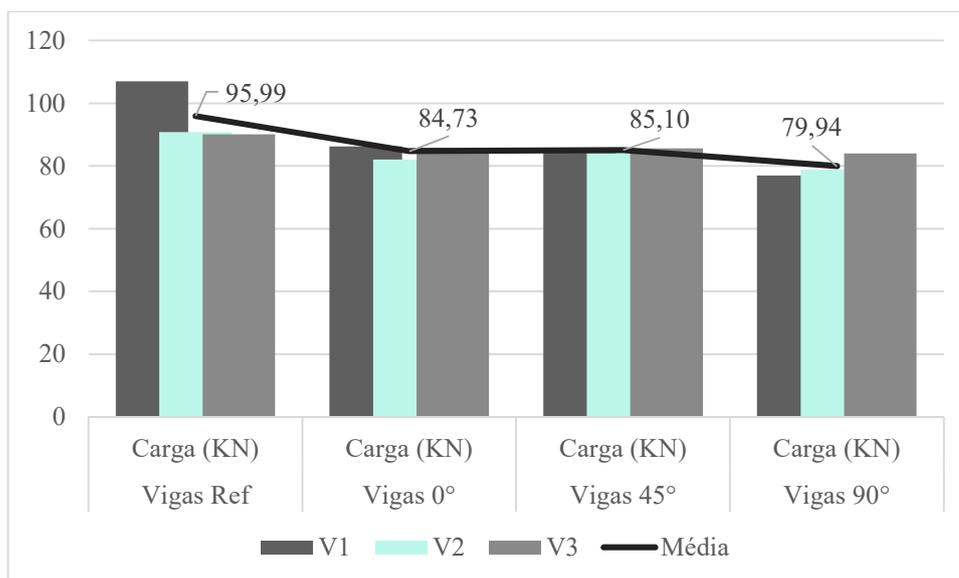


Figura 9. Análise gráfica das cargas máximas de ruptura

A análise estatística dos resultados de cargas na ruptura, mostrou que existe pelo menos uma diferença significativa entre as médias ($p=0,031$) segundo a ANOVA. O teste de Tukey confirma a diferença estatisticamente significativa entre a média da viga referência e a viga com junta de concretagem no ângulo de 90° ($p=0,024$).

Uma consideração que deve ser realizada se aplica a localização das juntas, as mesmas foram definidas nos pontos de máximo momento fletor das vigas, contrapondo com as recomendações da ABNT NBR 14931:2004, indicando que os pontos de maiores exigências dos elementos devem ser evitados na realização das juntas de concretagens.

Observando o estudo realizado por Natal (2017), que analisou o apicoamento juntamente com a aplicação de resina epóxi na interface das juntas, como sendo um tratamento com resultados melhores que ligações realizadas somente com apicoamento, esse estudo confirma essa tese, pois todos os resultados obtidos ficaram abaixo daqueles das vigas de

referência, embora com valores estatisticamente não significativos. Vale citar que não foi utilizado resina nesse estudo. As pesquisas de Fagury (2002), indicam que as estruturas formadas somente com ligações interfaciais de concretos pode ser considerado um método eficiente, o que difere, em tese, dos resultados obtidos nesse trabalho. No entanto a eficiência está diretamente relacionada, dentre outros fatores, na posição das juntas que não devem estar localizadas nos pontos de maiores esforços, recomendação essa, propositalmente não adotada nessa pesquisa.

Com relação a fragilidade na zona de contato que Natal (2017) também apresentou em seus estudos, esse trabalho não considera ser um fator convergente. A Figura 10 (a), (b) e (c) apresenta o comportamento das fissuras nas vigas.

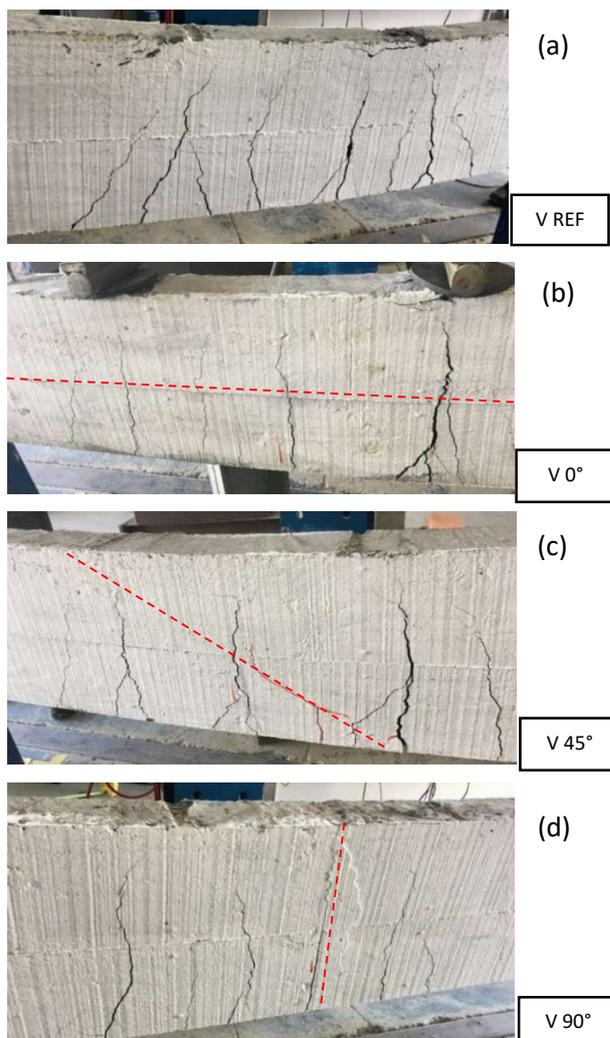


Figura 10. Fissuras apresentadas pelas vigas: (a) viga de referência, (b) viga 0°, (c) viga 45°, (d) viga 90°

Através do mapeamento apresentado pelas fissuras, pode ser constatado que em nenhum dos casos o rompimento ocasionou na região de ligação entre os concretos. Analisando as vigas do grupo 0°, como pode ser verificado na Figura 8, é possível afirmar que as mesmas apresentam fissuras com menores ramificações que a viga de referência. As vigas romperam de forma típica aos esforços e flexão, ou seja, aberturas de trincas maiores na parte inferior, propagando-se verticalmente.

Conclusões

É conclusivo afirmar que embora as junções das concretagens de diferentes períodos tenham sido realizadas nos locais de maiores esforços atuantes nas vigas, os resultados apontaram valores de carga no momento da flecha limite estabelecida pela NBR 6118:2014, estatisticamente iguais, o que comprova a efetividade de todas as situações estudadas.

No momento da ruptura das vigas, a ligação à 90°, ocorreu uma redução de aproximadamente 20,08% na capacidade portante da viga em relação à viga de referência, valor esse que se mostrou estatisticamente significativo. Para as demais vigas estudadas os valores mostram-se significativamente iguais.

As vigas que possuíam ligações interfaciais entre concretos não sofreram rupturas nas interfaces das camadas, pois o mapeamento de suas fissuras foi similar às referenciais.

Conclui-se então, que as ligações interfaciais devem ser realizadas com esmero, além de serem utilizadas nos pontos de menores esforços nos elementos para maior efetividade e segurança.

Sugestões para trabalhos futuros:

- ✓ Modificar o local onde será realizada as juntas
- ✓ Avaliar a utilização de resina, associada ao apicoamento
- ✓ Analisar as ligações interfaciais com diferentes tempos de concretagem
- ✓ Realizar o estudo com diferentes elementos estruturais
- ✓ Estudar a utilização vigas de diferentes alturas
- ✓ Avaliar a utilização de pó composto com CPV ARI RS e sílica ativa (Fe-Si)

Referências

- ANDRADE, P. B. **Estimativa da profundidade de fendas do concreto através da utilização do ultra-som e do eco-impacto**. 2007. 194 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro: Abnt, 2003. 6 p.
- _____. **NBR 5738**: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: Abnt, 2015. 9 p.
- _____. **NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.
- _____. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2014. 238 p.
- _____. **NBR 7222**: Concreto e argamassa – Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.
- _____. **NBR 8522**: Concreto - Determinação do módulo estático de elasticidade à compressão. Rio de Janeiro: Abnt, 2008.
- _____. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro: Abnt, 2004.
- _____. **ASTM C78/C78M - 18**: Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading). Pensilvânia: Astm, 2018. 5 p.
- CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: segundo a NBR 6118:2014**. 4. ed. São Carlos: Edufscar, 2014. 415 p.
- BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. 4. ed. São Paulo, 2010.
- FAGURY, S. C. **Concretos e pastas de elevado desempenho: contribuição aos estudos de reparos estruturais e ligações entre concretos novo e velho, com tratamento da zona de interface**. 2002. 187 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos.
- GIBERGUES, A. C. et al. **New-to-old concrete bonding influence of sulfates type of new concrete on interface microstructure**. 1993. Cement and concrete research, v.23, p. 431-441.
- HELENE, P. R. L. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. 2. ed. – São Paulo: PINI, 1992. 213p.
- HELENE, P. R. P.; PEREIRA, F. Introduccion. In: **Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto**. Bogotá, Colombia, SIKA, 2007. Cap. Introdução, p. 17 – 32.
- MEDEIROS, A. **Aplicação do ultra-som na estimativa da profundidade de fendas superficiais e na avaliação da eficácia de infecções em elementos de concreto armado**. 2007. 200 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MONTEIRO, P. J. M.; PAULON V. A. **Estudo da microestrutura da zona de transição entre a pasta do cimento e o agregado**. 1991. 34 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

NATAL, C. R. F. **Estudo da aderência entre concretos com diferentes idades utilizados para recuperação e reforço de estruturas de concreto armado**. 2017. 26 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2017.

TRIGO, A. P. M.; CONCEIÇÃO, R. V.; LIBORIO, J. B. L. A técnica de dopagem no tratamento da zona de interface: ligação entre concreto novo e velho. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, jan/mar. 2010. Submissão de artigos. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/8597>>. Acesso em 20 abr. 2019.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: PINI, 2009. 257 p.

SAMPAIO, Icaro de Almeida. **Avaliação De Materiais Na Ligação Entre Concreto Novo/Concreto Velho**. 2010. 64 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MEHTA, Povindar Kumar; MONTEIRO, Paulo J. M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 2000. 573 p

MAREK FILHO, C. A. M.; VANDERLEI, R. D. **Estudo das ligações entre concretos de diferentes propriedades solicitados à flexão pura** – I Seminário de Engenharia Urbana da Universidade Estadual de Maringá – Maringá: SEVEN, 2007.