

EFICÁCIA DE MÉTODOS PARA RECOMPOSIÇÃO DE ESTRIBOS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

Vitória Zandavalli Olsen¹

violsen@hotmail.com

Bárbara Luiza Testoni²

b.l.testoni@hotmail.com

André Matte Sagave³

sagave@univali.br

ÁREA: MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO

Resumo

O concreto armado é um sistema estrutural amplamente empregado nas construções e utilizado em grande diversidade de ambientes com condições de exposição muitas vezes desfavoráveis, deixando-o suscetível a manifestações patológicas. Um dos problemas de maior gravidade é a corrosão de armaduras, que gera diminuição da seção e consequentemente, em casos mais extremos, o seccionamento das mesmas. Os estribos, em função de sempre possuir menor cobrimento e menor seção de aço, são os elementos que sofrem primeiro e com maior incidência. Embora existam especificações normativas para as emendas de armaduras longitudinais, percebe-se a falta dessas quando se trata de armaduras transversais. Visando contribuir para o entendimento do comportamento estrutural de vigas de concreto armado quando submetidas a diferentes procedimentos de recomposição de estribos seccionados, simulando a ruptura por corrosão, foi desenvolvido este trabalho. Para isso, foram produzidas vigas em escala reduzida dimensionadas de forma a induzir a ruptura por cisalhamento e mostrar a mobilização das armaduras transversais. Foram preparadas 32 vigas no total, considerando as vigas de referência e seis diferentes métodos de recomposição de estribos utilizados na prática profissional da região. Para a recuperação, os estribos foram seccionados em uma das faces das vigas e recompostos pelos diferentes métodos propostos, seguido de grauteamento. Após a cura, foram submetidas ao ensaio de flexão a 4 pontos e comparados os resultados estatisticamente. Nas condições de ensaio realizado, conseguiu-se comprovar que todos os métodos de recuperação propostos apresentam comportamento satisfatório em comparação com a viga de referência, sem perda de desempenho estrutural.

Palavras-chave: Corrosão; Recuperação de estrutura; Recomposição de estribos.

¹ Graduada em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Curso de Engenharia Civil.

² Graduada em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Curso de Engenharia Civil.

³ Prof. Eng. M.Eng, Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Curso de Engenharia Civil.



EFICACIA DE MÉTODOS PARA RECOMPOSICIÓN DE ESTRIBOS EN VIGAS DE HORMIGON ARMADO

Vitória Zandavalli Olsen¹

violsen@hotmail.com

Bárbara Luiza Testoni²

b.l.testoni@hotmail.com

André Matte Sagave³

sagave@univali.br

AREA: MANTENIMIENTO Y RESTAURACIÓN

Resumen

El hormigón armado es un sistema estructural ampliamente empleado en las construcciones y utilizado en una gran diversidad de ambientes con condiciones de exposición desfavorables, dejándolo susceptible a manifestaciones patológicas. Uno de los problemas de mayor gravedad es la corrosión de armaduras, que genera disminución de la sección y por consecuencia, el seccionamiento de las mismas. Los estribos, en función de siempre poseer menor cubrimiento y sección de acero, son los elementos que sufren primero y con mayor incidencia. Aunque existan especificaciones normativas para las enmiendas de armaduras longitudinales, se percibe su falta cuando se trata de armaduras transversales. Teniendo por objetivo contribuir para el entendimiento del comportamiento estructural de vigas de hormigón armado cuando sometidas a procedimientos diversos de recomposición de estribos seccionados, simulando la ruptura por corrosión, fue desarrollado ese proyecto. Para eso, fueron producidas vigas en escala reducida dimensionadas de forma a inducir la ruptura por cizallamiento y enseñar la movilización de las armaduras transversales. Fueron preparadas 32 vigas en total, considerando las vigas de referencia y seis métodos diversos de recomposición de estribos utilizados en la práctica profesional de la región. Para la recuperación, los estribos fueron seccionados y recompuestos por los diferentes métodos propuestos, seguido por grauteamiento. Tras la curación, fueron sometidas al ensayo de flexión a 4 puntos y comparados los resultados estadísticamente. En las condiciones de ensayo realizado, fue posible comprobar que todos los métodos de recuperación propuestos presentan comportamiento satisfactorio en comparación con la viga de referencia, sin pérdida de desempeño estructural.

Palabras clave: Corrosión; Recomposición de estribos; Recuperación estructural.

¹ Graduada en Ingeniería Civil, Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas de la Tierra y del Mar, Curso de Ingeniería Civil.

² Graduada en Ingeniería Civil, Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas de la Tierra y del Mar, Curso de Ingeniería Civil.

³ Prof. Eng. M. Eng., Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas de la Tierra y del Mar, Curso de Ingeniería Civil.

Introdução

O concreto surgiu na construção civil com o desejo de se criar uma espécie de “pedra artificial” que fosse moldada de forma necessária à sua utilização, visando sua alta resistência à compressão em comparação a outros materiais existentes. Com o desenvolvimento tecnológico da humanidade e visando uma melhor resistência dos elementos estruturais à tração, foi feita a associação deste material com barras de aço, formando o que chamamos de concreto armado (BASTOS, 2014) (1).

Por ter uma grande durabilidade, baixo custo e boa resistência mecânica, há uma ampla utilização deste sistema estrutural nos dias de hoje em campos muito diversos. Está largamente empregado em uma grande variedade de ambientes, dentre eles sob condições de exposição extremamente desfavoráveis, deixando-o suscetível a diversas manifestações patológicas (ANDRADE, 1997) (2).

As patologias nas estruturas de concreto armado são um problema constante na construção civil. De acordo com Helene (1992) (3), embora o concreto - desde que receba manutenção sistemática - possa ser considerado um material praticamente eterno, há algumas manifestações patológicas com intensidade e incidência significativas que comprometem principalmente sua capacidade resistente, podendo levar a estrutura ao colapso (total ou parcial).

Ainda de acordo com Helene (1992) (3), determinadas manifestações incidem com mais constância, devido à necessidade de cuidados que frequentemente são ignorados. Pode-se dizer que os problemas patológicos de maior gravidade nas estruturas em concreto armado, especialmente pelo seu evidente risco à integridade da estrutura, são a corrosão das armaduras, as fissuras e as flechas excessivas das peças estruturais.

A corrosão de armaduras, resultante de reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, causa deteriorações que levam a um comprometimento da segurança estrutural, tais como fissuras, destacamento do concreto de cobrimento, redução da seção resistente das armaduras com frequente seccionamento de estribos e eventual perda de aderência e seção das armaduras principais (HELENE, 1993) (4).

No concreto armado, a proteção da armadura é feita pelo concreto de cobrimento, que forma uma barreira física contra agentes externos e uma proteção química devido à alta basicidade do material. A perda ou ruptura desta barreira pode desencadear um processo de deterioração do aço de maneira progressiva. A corrosão ocorre principalmente pela ação da carbonatação e efeitos de cloretos no cobrimento de concreto que protege a armadura. A perda da proteção inicial pode ser causada por diversos fatores agindo simultaneamente, como má execução, fissuração e atmosfera agressiva (HELENE, 1993) (4).

A armadura transversal é utilizada para resistir às tensões decorrentes da força cortante no elemento estrutural. Como resultado de uma deficiência dessa armadura na peça, tem-se o cisalhamento, responsável por romper a mesma em duas partes (PINHEIRO; MUZARDO; SANTOS, 2007) (5).

As emendas por transpasse são previstas e citadas na NBR 6118:2014, entretanto não mencionam a armadura transversal explicitamente, apenas a longitudinal. Isto ocorre devido ao fato dos estribos terem comprimentos menores do que o tamanho das barras de aço comercializadas, não sendo convencional a emenda nos mesmos. Porém, quando são danificados pela corrosão, faz-se necessário seu reparo, recomposição ou reposição.

Com a insuficiência de definições para reparo dos estribos, as recuperações dos mesmos são realizadas de diferentes maneiras, sem a certeza da eficácia dos métodos em curto ou longo prazo. Conhecer o comportamento estrutural do método de recuperação da armadura transversal utilizado e sua respectiva eficácia é de suma importância para garantir a durabilidade da estrutura modificada e prevenir possíveis falhas e colapsos.



Devido à falta de especificações, neste trabalho foram propostos e testados diferentes métodos para recomposição de estribos seccionados em vigas de concreto armado simulando danos provocados pela corrosão. Os métodos têm sido utilizados por empresas de recuperação de estrutura em Balneário Camboriú/Santa Catarina e região, e o trabalho busca trazer uma contribuição para o entendimento do comportamento de vigas recuperadas utilizando estes métodos, testando experimentalmente em ambiente de laboratório a eficácia dos mesmos.

Objetivos

Tem-se como objetivo geral analisar o comportamento estrutural de vigas de concreto armado submetidas a diferentes procedimentos de recomposição de estribos seccionados, simulando a ruptura por corrosão.

O objetivo geral se subdivide nos seguintes objetivos específicos:

- a) Propor diferentes métodos de recuperação de estribos em vigas de concreto armado;
- b) Produzir vigas de referência em escala reduzida com base em cálculo estrutural;
- c) Produzir vigas de concreto armado em escala reduzida, produzindo o seccionamento de estribos para simular danos ocasionados por ação da corrosão;
- d) Realizar a recuperação da armadura transversal nas vigas com os métodos de recuperação propostos;
- e) Realizar o rompimento das vigas pelo ensaio de flexão a 4 pontos;
- f) Determinar a eficácia dos diferentes métodos de recuperação estrutural de estribos nas vigas ensaiadas comparando o desempenho dos mesmos com base nas vigas de referência;
- g) Discutir a eficácia dos métodos de recuperação de estribos seccionados de acordo com os resultados obtidos nos ensaios.

Materiais e métodos

A pesquisa consistiu na produção de vigas de concreto armado em escala reduzida para realização de ensaio a flexão a 4 pontos, visando a avaliação do desempenho de diferentes métodos propostos para recomposição de estribos. Ao todo foram produzidas 32 vigas, sendo 8 de referência e 24 de recuperação, com as últimas divididas em 6 métodos distintos.

Os ensaios foram realizados no LATEC - Laboratórios de Pesquisas Tecnológicas em Engenharia da UNIVALI (Universidade do Vale do Itajaí), na cidade de Itajaí, Santa Catarina.

As características físicas das vigas utilizadas nos ensaios e os métodos de recomposição ou recuperação de estribos testados foram definidos com base na NBR 6118:2014.

Adotaram-se vigas em escala reduzida com altura de 25 cm, largura de 8 cm e comprimento de 120 cm. Determinou-se para armadura positiva 2 barras de $\varnothing 12,5\text{mm}$ e 2 barras de $\varnothing 5,0\text{mm}$ como armadura negativa construtiva, todas dimensionadas com os coeficientes de segurança previstos na NBR 6118:2014. Para a armadura transversal estes coeficientes não foram utilizados, induzindo o rompimento da peça por cisalhamento.

Foram definidos 4 modelos de vigas de referência para comparação, sendo 2 modelos (referências 1 e 2) com a utilização de um espaçamento maior entre as armaduras de cisalhamento, tendo como objetivo salientar a importância desta no elemento estrutural. Também foram produzidos 2 modelos (referências 3 e 4), iguais aos modelos de recuperação, nas quais foi considerada a disposição das armaduras transversais que se assemelhasse o mais próximo do recomendado por norma. Nestas foi utilizado o espaçamento entre os estribos de 23 cm e somente um de 22 cm, com a finalidade de manter a viga a mais simétrica possível.

As vigas de referência 1, 2 e 4 tiveram seu volume totalmente concretado e as vigas de referência 3 tiveram, inicialmente, metade de sua seção concretada, sendo a metade restante grauteada, da mesma maneira que as vigas de recuperação.

Para desenvolvimento da pesquisa, foi produzido um concreto com resistência característica inicial de 35 MPa e slump 12 ± 2 cm, com materiais e traço fornecidos por central dosadora da região. Foi utilizado cimento CP V ARI RS, agregado miúdo (areia fina e areia artificial), agregado graúdo (brita 0 e brita 1) e aditivo (plastificante). Para os procedimentos de recuperação da seção de concreto foi utilizado graute à base de cimento Portland, com adição de pedrisco. Todo material foi selecionado e caracterizado conforme normas técnicas. O concreto foi produzido em betoneira de 320 L e o graute misturado com misturador com hélice helicoidal.

Para cada mistura de concreto e graute realizados, moldaram-se dois corpos de prova destinados ao controle e avaliação da resistência, totalizando 8 CP'S de cada material. Todos foram desmoldados em 24 horas e curados submersos em água saturada com hidróxido de cálcio até a idade de ensaio. Já as vigas foram desformadas com 3 dias de idade e sua cura realizada dentro da câmara úmida.

Nas vigas de recuperação (concretadas inicialmente em metade de sua seção, mantendo exposta parte da armadura não concretada, conforme mostrado na Figura 2), foi realizado o seccionamento dos 4 estribos centrais em $1/3$ de uma de suas faces, simulando a ruptura por efeito de corrosão. Após, foi feita a recuperação dos mesmos com os métodos propostos para recomposição. Para a moldagem final das vigas de recuperação utilizou-se do grauteamento utilizando-se o teor máximo de brita recomendada pelo fabricante.

Para a realização dos processos de recuperação dos estribos, foram determinados 6 modelos diferentes e produzidas 4 vigas para cada modelo, as quais posteriormente, com os ensaios de rompimento, foram comparados com as vigas de referência. Para as vigas de referência, foram produzidas apenas duas por modelo (valor escolhido para comparativo), armadas e moldadas conforme já descrito.

O processo de recomposição deu-se por reposição da armadura de estribo com diâmetro de 5,0 mm, posicionada ao lado da barra seccionada, simulando a perda da seção da armadura original. No modelo 1, foi realizado somente o transpasse da armadura, amarrada com arame recozido na armadura de estribo residual; no modelo 2, realizado um procedimento de solda na extensão de 4 cm em cada lateral da barra de recuperação; no modelo 3, foi feito o corte do concreto nas faces laterais da viga e amarração dos estribos com arame recozido e neste caso, a ancoragem final foi feita mediante o grauteamento; no modelo 4, seguiu-se o mesmo procedimento do modelo 3, porém com duas barras em formato L; no modelo 5, foi realizada dobra do estribo de recuperação com perfuração do concreto e realização de ancoragem química com resina epóxi e o modelo 6, semelhante ao modelo 5, porém com duas armaduras transpassadas na face lateral da viga. A Figura 1: Detalhamento dos modelos de recuperação de estribos propostos ilustra o detalhamento dos procedimentos acima descritos.

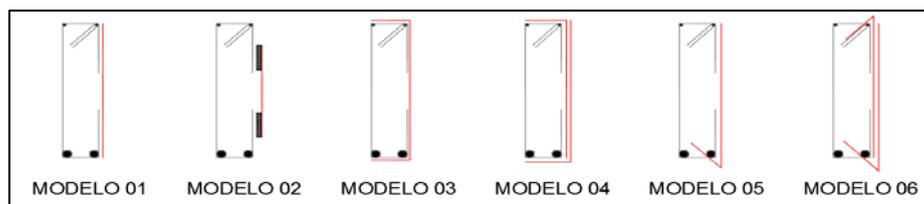


Figura 1: Detalhamento dos modelos de recuperação de estribos propostos. Fonte: Autores, 2017.

Na Figura 2 pode-se observar os procedimentos dos modelos 01, 02 e 03, seguindo o detalhamento descrito.

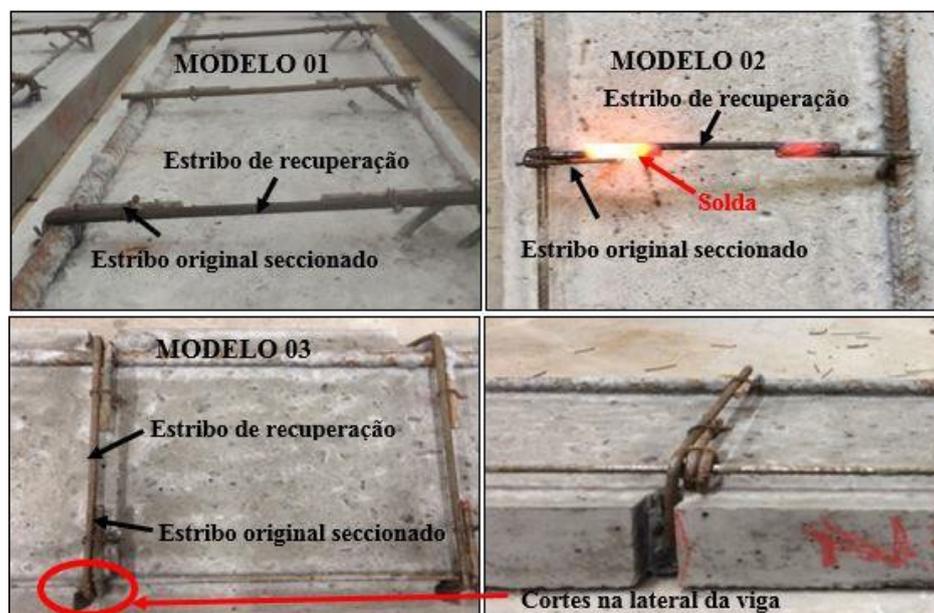


Figura 2: Modelos de recuperação de estribos testados. Fonte: Autores, 2017.

Na Figura 3 pode-se observar os procedimentos dos modelos 04, 05 e 06, seguindo o detalhamento descrito.



Figura 3: Modelos de recuperação de estribos testados. Fonte: Autores, 2017.

No estado endurecido, para os corpos de prova cilíndricos foram realizados os ensaios de resistência à compressão axial nas idades pré-definidas e para as vigas em escala reduzida foi realizada a verificação da carga de ruptura a partir dos ensaios de flexão a quatro pontos, conforme demonstrado na Figura 4.



Figura 4: Ensaio de flexão em quatro apoios. Fonte: Autores, 2017.

Para um refinamento da análise, considerou-se essencial a semelhança de resistência entre os materiais (concreto e graute de recuperação), então, tendo em vista que o graute alcança sua resistência máxima com 28 dias e o grauteamento das vigas recuperadas era realizado 14 dias após a concretagem, a idade para todos os ensaios foi determinada em 42 dias.

Resultados

Todos os ensaios de resistência à compressão axial dos corpos de provas moldados tinham como parâmetro atingir a resistência mínima de 35 MPa para o concreto (definido pelo traço fornecido) e 50 MPa para o graute. Como resultado utilizou-se o maior valor entre o par de corpos de prova.

Verifica-se na Tabela 1 que o graute alcançou valores similares à resistência do concreto, garantindo a uniformidade da resistência final do conjunto (graute-concreto).

Tabela 1: Resistência à compressão axial dos corpos de prova do concreto e graute. Fonte: Autores, 2017.

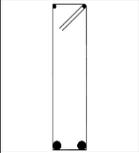
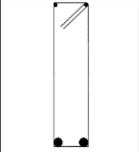
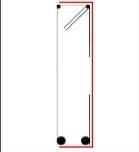
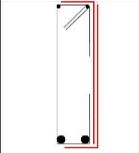
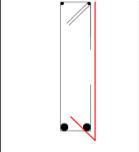
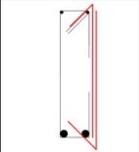
Concretagem/ Grauteamento	Resistência do concreto com 42 dias (MPa)	Resistência do graute com 28 dias (MPa)
01	35,20	45,10
02	49,50	42,50
03	43,80	40,40
04	40,60	43,30

As vigas obtiveram entre si semelhança com relação à forma e local de ruptura, tendo, conforme o esperado, sua ruptura por cisalhamento com fissuras à 45° dos dois lados da peça - tanto no concreto quanto no graute. Estas iniciavam próximas ao apoio e continuavam até a parte central da viga onde a carga estava aplicada. Uma exceção foi observada na viga de recuperação 61, a qual sofreu ruptura por flexo-compressão, sendo o valor desta descartado na análise de dados.

As fissuras conforme iam aparecendo, provocavam uma redistribuição de esforços internos, fazendo com que a armadura transversal e as diagonais comprimidas passassem a se mobilizar de maneira mais efetiva, sendo essa redistribuição dependente principalmente da quantidade e espaçamento da armadura transversal.

Na Tabela 2 é possível observar as cargas de ruptura obtidas nos ensaios de flexão a 4 pontos das vigas.

Tabela 2: Resultados dos ensaios de flexão a 4 pontos. Fonte: Autores, 2017.

Modelo		Viga	Carga aplicada (kN)	Desvio padrão	Média	Coefficiente de variação (%)	Tensão concreto (MPa)	Tensão graute (MPa)
Referências 01 e 02		REF 11	121,732	-	126,049	-	35,200	-
		REF 12	130,366					
		REF 21	124,186	-	123,823	-		
		REF 22	123,459					
Referências 03 e 04		REF 31	129,215	8,216	122,649	6,698	35,200	45,100
		REF 32	113,734					
		REF 41	130,033					
		REF 42	117,612					
Recuperação 01		REC11	115,097	12,487	121,702	10,261	49,500	42,500
		REC12	139,970					
		REC13	119,217					
		REC14	112,522					
Recuperação 02		REC21	143,576	9,193	145,038	6,339	49,500	42,500
		REC22	132,608					
		REC23	152,453					
		REC24	151,513					
Recuperação 03		REC31	127,609	17,233	135,736	12,696	43,800	40,400
		REC32	161,511					
		REC33	125,367					
		REC34	128,458					
Recuperação 04		REC41	114,855	17,923	127,920	14,011	43,800	40,400
		REC42	119,217					
		REC43	154,301					
		REC44	123,307					
Recuperação 05		REC51	132,699	6,617	133,729	4,948	40,600	43,300
		REC52	143,061					
		REC53	131,669					
		REC54	127,488					
Recuperação 06		REC61	174,357	16,742	152,311	10,992	40,600	43,300
		REC62	159,391					
		REC63	134,608					
		REC64	162,935					

Discussão

Apesar das vigas de referência 01 e 02 serem deficientes de armaduras transversais quando comparadas as vigas de referência 03 e 04 e aos modelos de recuperação, pode-se notar que alcançaram cargas de ruptura semelhantes entre si. Isso se dá devido ao fato de que o espaço existente entre o apoio e o banzo comprimido do concreto na viga (aplicação da carga) foi muito curto, fazendo com que a parcela do concreto e da armadura longitudinal existente conseguisse

resistir à tensão. Porém, como são vigas ausentes de armaduras transversais, ocorria a ruptura brusca do concreto.

Nas vigas de referência 03 e 04 e nos modelos de recuperação, somente após ocorrer o início da fissuração inclinada é que o estribo passa a ser efetivo, transferindo a força cortante de um lado para o outro da fissura que o intercepta, como mostra a Figura 5.



Figura 5: Linhas em verticais em vermelho mostra a posição aproximada dos estribos na fissura de ruptura. Fonte: Autores, 2017.

É possível concluir que a existência da armadura transversal na viga faz com que ocorra uma mudança na contribuição relativa de cada um dos diferentes mecanismos resistentes à força cortante. A armadura atua diminuindo o crescimento e a abertura das fissuras existentes, proporcionando uma ruptura mais dúctil às vigas, além de aumentar a resistência da zona comprimida do concreto pelo confinamento que promove.

Para obter uma análise estatística dos dados, realizou-se uma comparação múltipla de médias (método Duncan) desenvolvido utilizando a planilha eletrônica no Microsoft® Excel®. O objetivo da análise da comparação múltipla de médias é de realizar a comparação de todos os valores entre si, de forma a identificar a existência de médias consideradas iguais ou diferentes, segundo critérios estatísticos, com nível de confiabilidade de 95%.

Mediante a análise estatística, todas as comparações chegaram ao mesmo resultado. Notou-se que mesmo a média do método de recuperação 01 sendo menor do que a média da referência (viga sã), na estatística essas médias não diferem significativamente, ou seja, o método atinge o comportamento esperado, mostrando-se eficaz.

Percebe-se o aumento da resistência quando é feita a análise direta entre a média de alguns modelos de recuperação e as vigas de referência, porém quando analisadas pelo método estatístico, estas não têm apresentam diferença.

Conclusões

Salienta-se que o objetivo principal da pesquisa foi analisar o comportamento estrutural de vigas de concreto armado submetidas a diferentes procedimentos de recomposição de estribos utilizados em práticas correntes na recuperação de estruturas de edificações. O presente estudo conseguiu demonstrar que, na condição de ensaio proposta e realizada, limitada ao sistema estrutural reproduzido no laboratório, os diferentes métodos utilizados são eficazes, permitindo a utilização de todos na prática. Entretanto, enfatiza-se que condições de execução diferentes, seja em resistência do concreto ou do material de recuperação, podem gerar resultados distintos daqueles aqui identificados e merecem ser estudados.



Na análise de dados percebeu-se que as cargas de ruptura dos quatro modelos de referência foram similares, não salientando a importância do estribo, pelo contrário, praticamente anulando sua importância. Isso deve ser analisado com extremo cuidado, pois no caso destes ensaios, ocorreu provavelmente devido à proximidade do apoio com a carga concentrada e grande espaçamento entre os estribos, onde a parcela do concreto e armadura longitudinal conseguiu resistir ao esforço cortante sem ajuda da armadura transversal. Entretanto, nos modelos de recuperação (com a seção de armadura transversal elevada), percebeu-se a influência da recomposição nos resultados dos ensaios, onde os estribos atingidos pela biela de compressão inclinada contribuem no aumento da carga de ruptura das vigas, o que valida os resultados obtidos.

Realizou-se também a comparação direta entre as médias das cargas máximas aplicadas nas vigas, onde o modelo de recuperação 01 não atingiu a carga de ruptura do modelo de referência. Para comparação das cargas dos diferentes modelos ensaiados, realizou-se a análise estatística de comparação múltipla de médias pelo método de Duncan, onde constatou-se que nenhuma das médias diferiram significativamente, ou seja, todos os métodos de recuperação são eficazes e com comportamento semelhante. Verificou-se ainda que, numericamente, alguns métodos elevaram a resistência da viga em comparação a referência, porém, estatisticamente esse aumento não foi significativo.

A análise das linhas de ruptura dos ensaios também deve ser levada em consideração. Foi observado que as rupturas passaram por regiões onde não houve o seccionamento dos estribos para as recuperações, o que pode ter levado a um desempenho superior ao que ocorreria se passassem por aquelas regiões, o que leva a um entendimento de necessidade de ampliação dos estudos.

No contexto da pesquisa, guardadas as limitações, com suas eficácias comprovadas, é possível na prática, analisar qual o melhor método a ser empregado dependendo de cada situação encontrada, onde o mais eficiente será aquele que conseguir ter o melhor desempenho, considerando-se facilidade de execução e disponibilidade de recursos e materiais e utilizando menos custos.

Por fim, recomenda-se a continuação dos estudos iniciados neste trabalho. Compreende-se que esse ainda precisa ser ampliado de forma que os esforços de cisalhamento passem de uma maneira mais satisfatória pelos estribos, sobretudo nos pontos de seccionamento. Sugere-se para futuras pesquisas o uso de dispositivos que permitam vigas de maior vão livre e perfis metálicos mais longos, permitindo assim a produção de vigas com maior seção, maior taxa de armadura transversal e menor espaçamento entre os estribos.

Referências

- (1) BASTOS, P. S. dos S. **Estruturas de concreto armado**. Bauru, SP, 2014. Apostila.
- (2) ANDRADE, J. J. de O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado**: Análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. 1997. 139 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Pós-graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.
- (3) HELENE P. R. **Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.
- (4) HELENE, P. R. **Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado**. 1993. 231 f. Tese (Livre Docência Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- (5) PINHEIRO, L. M.; MUZARDO, C.D.; SANTOS, S. P. Cisalhamento em vigas. In: _____. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. São Paulo: USP, 2007. Cap. 13, p. 174-186.