Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

REFORÇO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO POR MEIO DE CHAPAS DE AÇO COLADAS COM ADESIVO EPOXI E PARAFUSOS

M. MEDEIROS XIMENES
Aluna de graduação
Universidade Estadual Vale do Acaraú
Ceará; Brasil
xm.mariana@gmail.com

M. ARCANJO FEIJÃO FARRAPO
Aluno de graduação
Universidade Estadual Vale do Acaraú
Ceará; Brasil
feijaomiguel@hotmail.com

R. J. CARVALHO SILVA
Engenheiro Civil e Professor
Universidade Estadual Vale do Acaraú
Ceará; Brasil
ricardo.carvalho222@gmail.com

RESUMO

Problemas patológicos em estruturas de concreto armado são muito comuns devido a uma série de fatores relacionados à execução e manuntenção dessas peças. Portanto o reforço de vigas com problemas patológicos através de chapas de aço coladas com adesivo epóxi com ou sem parafusos vem se popularizando no Brasil. Esse tipo de reforço apresenta o processo de execução simples e baixo custo o que justificam sua crescente utilização na construção civil. Logo, essa pesquisa tem como objetivo analisar a eficiência dos reforços, tendo em vista sua resistência mecânica, bem como a aderência entre o reforço e o substrato. Para isso foram ensaiadas experimentalmente, cinco vigas, que receberam denominações de X1, X2, X3, X4 e X5. A viga X1 não recebeu reforço, servindo somente como referência para as demais e as outras quatro receberam reforço. Das quatro vigas com reforço, duas são coladas com adesivo epóxi com parafusos para ajudar na ancoragem das chapas nas vigas, que são a X3 e X5, e duas com chapas somente coladas com adesivo epóxi, que são a X2 e X4. Além disso, as chapas possuem os comprimentos diferentes, mantendo iguais a largura e a espessura. Os resultados dos ensaios mostraram que o reforço é eficiente tanto a resistência, porque todas as vigas reforçadas romperam com carga maior do que a viga de referência, como a aderência. No quesito aderência o uso do parafuso foi eficiente somente para chapa de maior comprimento, pois atuou no campo aonde há cisalhamento, já para chapa de menor comprimento o parafuso gerou um campo de tensões e não foi eficiente.
Palavras-chave: reforço, vigas, chapas.

ABSTRACT

Pathological problems in reinforced concrete structures are very common due to a number of factors related to the execution and maintenance these parts. Thus strengthening beams with pathological problems through steel plates glued with epoxy adhesive with or without screws has become more popular in Brazil. This type of reinforcement has the simple implementation process and low cost which justifies its increasing use in construction. Thus, this research aims to analyze the efficiency of the reinforcements, in view of its mechanical strength, as well as the adhesion between the reinforcement and the substrate. To this were experimentally tested five beams, receiving designations X1, X2, X3, X4 and X5. The X1 beam did not receive reinforcement, serving only as a reference for the other and the other four received reinforcement. The four beams with reinforcement, two are glued with epoxy adhesive with screws to help anchor the plates on the beams, which are the X3 and X5, and two plates with only glued with epoxy adhesive, which are the X2 and X4. Moreover, the plates have different lengths while maintaining the same width and thickness. The test results showed that the reinforcement is efficient both resistance, because all beams reinforced with broken load greater than the reference beam, and adhesion. On the issue of adherence using the screw was efficient only for greater length plate because he worked in the field where there is shear, since for shorter plate screw generated a stress field and was not effective.
Keywords: reinforcement, beams, plates.

1. INTRODUÇÃO

Segundo [1], a necessidade de reforçar elementos estruturais ocorre quando se deseja aumentar a carga atuante devido a modificações em seu regime de utilização, através do aumento de solicitações ou alterações em sua geometria. Portanto o presente trabalho consiste no estudo do reforço estrutural de vigas através da adição de chapas de aço, de diferentes espessuras e tamanhos, coladas com adesivo estrutural de base epóxi e parafusadas, para maior aderência entre a viga e a chapa de aço. Para realização deste estudo foram analisadas experimentalmente cinco vigas, sendo uma referencial, ou seja, uma viga comum sem reforço, duas vigas que foram reforçadas com chapas de aço coladas e outras duas que

foram reforçadas com chapas de aço coladas e aparafusadas. A escolha desse método de reforço se deu por conta do mesmo ser muito utilizado para reforço estrutural de obras tanto de pequeno quanto de grande porte, assim poderíamos verificar sua eficiência, outros fatores importantes para sua escolha foram à disponibilidade de material e mão de obra.

Essa pesquisa tem como objetivo verificar a eficiência dos reforços utilizados em vigas de concreto armado através da adição de chapas de aço coladas com adesivo estrutural de base epóxi e através da adição de chapas de aço coladas com adesivo epóxi e aparafusadas considerando a influência na resistência mecânica da viga e a aderência do reforço ao concreto, analisando as vantagens e desvantagens entre eles.

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

2.1 Materiais

Para a confecção das cinco vigas foi utilizado um concreto com o respectivo traço em massa de 1: 2: 2 (cimento; areia; brita). Essa dosagem tinha o objetivo de chegar a uma resistência característica à compressão do concreto aos 28dias (fck) de 30Mpa (megapascal). Os materiais utilizados foram: cimento CP-II-Z-32 da marca Poty, areia de rio lavada e uma brita com dimensão máxima de 19 mm oriunda de rocha calcária e água potável. Para a armadura usou-se vergalhões de CA-50 para todas as armaduras. Tanto para as armaduras longitudinais como para as transversais utilizaram-se vergalhões de 6.3 mm de diâmetro, para a secundária também foram usados vergalhões com diâmetro de 6.3 mm. Para o reforço as chapas de aço utilizadas vêm de dois lotes distintos e a sua tensão média de escoamento é fy = 371 MPa e sua tensão média de ruptura que é frupt = 523,5 MPa. As chapas foram furadas a fim de receberem os parafusos. Os parafusos usados na aconragem tem diametro de 6,3mm e a figura 1 mostra as chapas de aço e os parafusos utilizados no reforço.



Figura 1 - Chapas de aço e os parafusos utilizados no reforço.

E o adesivo estrutural utilizado foi o Sikadur 31, como mostra a figura 2, pois o mesmo oferece uma consistência ideal para reforço em elementos tanto verticais como horizontais e é especialmente formulado para ancoragens em geral e colagens de concreto velho em concreto novo e chapas metálicas ao concreto.



Figura 2 - Adesivo epóxi utilizado no reforço.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

2.2 Detalhamento das vigas ensaiadas

2.2.1 Geometria e armadura das vigas ensaiadas

Para o desenvolvimento deste trabalho foram ensaiadas pelo método de "Ensaio de Stuttgart" cinco vigas de seções transversais retangulares medindo 10 x 15 cm e com um comprimento de 80cm. No detalhamento das vigas foram utilizados na armadura longitudinal principal (tração) duas barras de aço de diâmetro de 6,3mm, assim como na armadura secundária (compressão) e na armadura transversal, cujo espaçamento é de 6 cm entre os estribos e 2cm das extremidades. A figura 3 mostra o detalhamento das vigas, que são todos iguais.

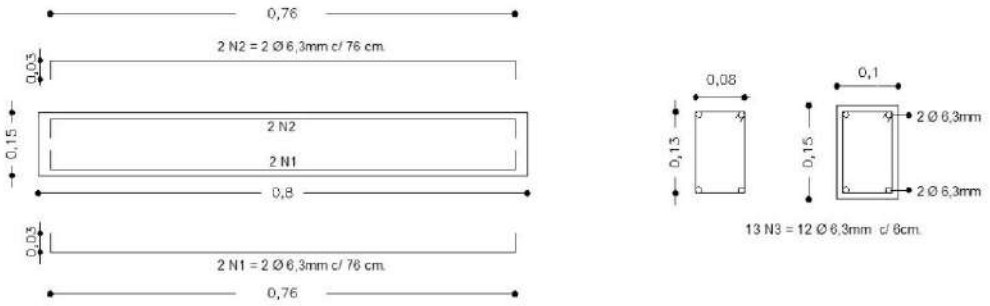

Figura 3 – Detalhamento das vigas ensaiadas.

2.3 Montagem dos ensaios

2.3.1 Ensaio de Stuttgart

Os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais e Estruturas do Departamento de Engenharia da Universidade Estadual Vale do Acaraú. As vigas foram ensaiadas em uma prensa universal com a utilização de adaptadores, que são formas metálicas, padrão, existentes com dois apoios flexíveis distantes entre si 62 cm, e um dispositivo para a distribuição da carga em dois pontos simétricos. A figura 4 mostra a prensa utilizada nos ensaios.



Figura 4 – Prensa utilizada nos ensaios.

Para compreender como funciona a distribuição de tensões em uma viga de concreto armado, na maioria dos ensaios experimentais, é utilizado o método de ensaio de Stuttgart. O método do ensaio tem o objetivo de criar na viga ensaiada, um trecho com flexão pura, sem cisalhamento, através de duas cargas concentradas simétricas em uma viga biapoiada, assim como estabelece trechos solicitados à flexão simples, como é o caso dos trechos depois dos pontos de aplicação das cargas que é assim que funciona o esquema de aplicção das cargas na prensa hidraulica, como mostraa figura 6.

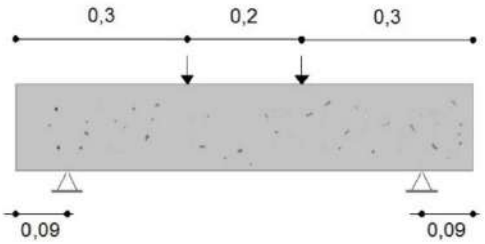

Figura 5 - Esquema de aplicação de cargas.

2.3.2 Ensaio à compressão axial

O ensaio de resistência à compressão axial foi realizado a fim de verificar a resistência das vigas ensaiadas, para isso foram moldados seis corpos de prova (CP) cilíndricos de 10x20cm no momento da concretagem das vigas, de acordo com [2]. Os ensaios foram realizados seguindo os preceitos de [3]. Após a ruptura do corpo de prova, utilizou-se a carga de ruptura que foi dividida pela área de seção axial da amostra ensaiada, para obter a tensão de ruptura em MPa (Mega Pascal), formula indicada por [3].

2.4 Procedimentos de ensaio das vigas

A primeira etapa dos ensaios foi a pré-fissuração, onde as vigas que receberiam o reforço seriam pré-fissuradas para posteriormente, em outra etapa, serem reforçadas. Então, as quatro vigas que seriam reforçadas foram devidamente posicionadas na prensa hidráulica, onde receberam uma carga inicial de 5 kN que foi retirada logo em seguida, esse procedimento foi realizado a fim de acomodar os materiais da viga e garantir a eficácia nos resultados do ensaio. Posteriormente, aplicou-se carga de forma progressiva até atingir o valor 50 kN, uma de cada vez, na seguinte ordem X2, X3, X4 e X5. As fissuras encontradas foram marcadas com pincel na cor azul. As figuras 6, 7, 8 e 9 ilustram as vigas após a pré-fissuração com as marcações das fissuras encontradas.



Figura 6 – Viga X2 pré-fissurada.



Figura 7 – Viga X3 pré-fissurada.

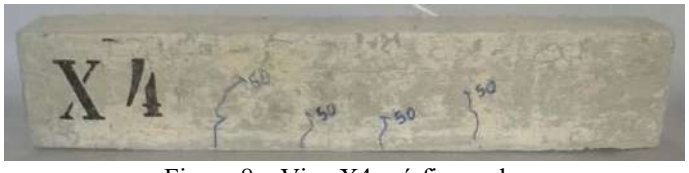

Figura 8 – Viga X4 pré-fissurada.



Figura 9 – Viga X5 pré-fissurada.

Após a pré-fissuração as vigas seriam reabilitadas para então ser reforçadas. Das quatro vigas receberiam o reforço com chapas coladas duas delas receberiam também parafusos para auxiliar na aderência entra a chapa e a viga. As chapas utilizadas no reforço tinham comprimentos diferentes, mantenho iguais a largura e espessura, que era de 3 mm. A viga X2 recebeu reforço com a chapa de aço somente colada com dimensões de 50 cm de comprimento, 10 cm de largura e 3 mm de espessura. A viga X3 recebeu reforço com a chapa de aço colada e parafusada com dimensões também de 50 cm de comprimento, 10 cm de largura, 3 mm de espessura e 4 furos com diâmetro de 6,3 mm. A viga X4 recebeu reforço com a chapa de aço somente colada com dimensões de 30 cm de comprimento, 10 cm de largura e 3mm de espessura. E a viga X5 recebeu reforço com a chapa de aço colada e parafusada com dimensões também de 30 cm de comprimento, 10 cm de largura, 3 mm de espessura e 4 furos com diâmetros de 6,3 mm. Para aplicação do adesivo epóxi seguiu-se as indicações do fabricante e em seguida o adesivo foi aplicado nas chapas, e logo depois, quando a chapa já estava com o adesivo ela foi posta no local marcado nas vigas e levemente pressionada para melhor contato entre a chapa e a viga. Nas vigas furadas foi introduzido adesivo estrutural dentro dos furos e após a colagem das chapas os parafusos foram inseridos no local dos furos, a figura 13 mostra as vigas reforçadas. Sete dias após a realização do reforço, tempo necessário para cura final do adesivo epóxi, as cinco vigas foram ensaiadas até a sua ruptura.

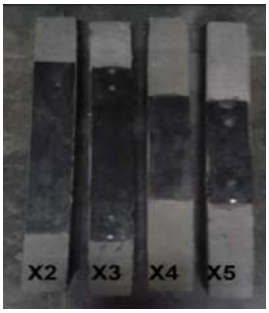

Figura 13 – Vista inferior das vigas reforçadas.

2.5 Análises computacionais das vigas ensaiadas

A análise computacional foi realizada por meio do software Abaqus versão 6.13 que é baseado em elementos finitos.. A análise computacional tem como objetivo analisar as tensões principais de tração e compressão para que possa entender e/ou justificar o modo de ruptura das vigas ensaiadas experimentalmente. Para a estruturação da modelagem foram feitas algumas inclusões de dados para que o programa pudesse trabalhar com a viga de acordo com a realidade, para o concreto adotou-se um fck = 30 MPa e para o aço um patamar de escoamento igual a 500 MPa. Para a interação entre os materiais, foi utilizado um coeficiente de atrito entre o concreto e aço (chapa e armaduras) de 0,7 e a tabela 3 mostra mais características dos materiais, tanto do concreto como do aço, que inclui as armaduras, os parafusos e as chapas de aço.

Tabela 3 – Características dos materiais usados no Abaqus.

CARACTERÍSTICAS	CONCRETO	AÇO
Módulo de elasticidade	26,07159 GPa	200 GPa
Densidade	2400 kg/m³	7800 Kg/m³
Coeficiente de poisson	0,2	0,33
Elementos (tipo)	C3D4	C3D6

Para o concreto, armadura longitudinal e transversal e parafusos foi utilizado o tipo de elemento C3D4, um tetraedro linear com 4 nós, com dimensão de aproximadamente 2 cm, para armadura longitudinal e transversal utilizou-se dimensão de aproximadamente 1 cm e para os parafusos utilizou-se dimensão de aproximadamente 0,3 cm. Já para a chapa de aço, o tipo de elemento utilizado foi o C3D6, um prisma triangular linear com 6 nós, com dimensão utilizada para a chapa de aço foi de aproximadamente 1 cm. As dimensões são aproximadas porque o Abaqus gera a malha de modo que fique o mais próximo possível do valor estipulado. No entanto, ainda há alguns elementos que ficam bastante distorcidos. Para as análises das vigas primeiramente foi informado ao software as características dos elementos para que o programa pudesse trabalhar o mais próximo da realidade, após a informação das características aplicou-se uma carga de 30 kN nos pontos de aplicação, de carga de acordo com o ensaio de stuttgart, que é quando a viga está na iminência de fissurar e observou-se as tensões principais de tração e compressão da vigas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resistência a compressão axial

Através dos resultados obtidos pelo ensaio de resistência à compressão axial de corpos-de-prova cilíndricos verificou-se que as amostras atingiram resistência média de 30,3 MPa, um resultado satisfatório considerando que a resistência mínima pretendida era de 30 MPa. Foram ensaiados cinco corpos de prova à compressão axial, visto que um desapareceu do laboratório, e para o cálculo da resistência média foram retirados os dois que apresentaram maiores desvios nos resultados, portanto a resistência média foi calculada a partir dos três corpos de prova restantes.

3.2 Ensaio de stuttgart realizado

3.2.1 Viga X1 no ensaio de Stuttgart

A viga X1 servirá apenas como referência para as vigas reforçadas, ela não recebeu reforço e nem foi submetida ao ensaio de pré-fissuração. É através dessa referência que será analisado se o reforço é eficiente. Dando inicio ao ensaio, a viga foi devidamente posicionada na prensa hidráulica onde recebeu uma carga de 5 kN que logo foi retirada, essa carga foi aplicada a fim de acomodar os materiais da viga e garantir a eficácia nos resultados do ensaio, a seguir foi aplicado carga de 10 kN em 10 kN, a cada intervalo era analisado o estádio em que se encontrava a mesma. Até atingir o carregamento de 30 kN a viga ainda não apresentava nenhuma fissura visível, ou seja, até este momento a viga encontrava-se no estádio I. Com o acréscimo no carregamento até 40 kN o concreto esgotou sua resistência á tração e sofreu plastificação e apresentou as primeiras fissuras. A viga sofreu a ruptura, entrando no estádio III, com uma carga de 111 kN e passou a apresentar 14 fissuras visíveis. A viga chegou à ruptura por flexão com deformação plástica excessiva do aço como esperado e a figura 14 mostra a viga X1 após a ruptura.



Figura 14 - Viga X1 após a ruptura.

3.2.2 Viga X2 no ensaio de Stuttgart

O ensaio na viga X2 se procedeu da mesma forma que na viga X1, no entanto a viga X2 ja havia sido pré-fissurada. Esta se manteve no estádio I até a aplicação da carga de 30 KN. Com uma carga de 115 kN a viga se rompeu e atingiu o estádio III, com 14 fissuras, como mostra a figura 15. Vale salientar que com a carga de 55 kN o reforço descolou na extremidade esquerda, portanto a carga de ruptura foi suportada apenas pela armadura longitudinal, logo o mecanismo de ruptura da viga X2 foi flexão com deformação plástica excessiva com descolamento da chapa.



Figura 15 – Viga X2 após a ruptura.

O que se pode destacar da viga X2 em comparação com a viga X1 é o fato de não ter surgido fissuras na região de flexão pura devido à adição do reforço. Quanto à carga de ruptura de X2 se mostrou mais resistente, pois se rompeu com uma carga superior a da viga X1.

3.2.3 Viga X3 no ensaio de Stuttgart

O ensaio na viga X3 se procedeu da mesma forma que na viga X1, no entanto a viga X3 também ja havia sido pré-fissurada. Esta se manteve no estádio I até a aplicação da carga de 40 KN e se rompeu com 132 kN quando entrou no estádio III com 18 fissuras como mostra a figura 16. Vale salientar que à medida que ia sendo aplicada a carga o reforço

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

ia se descolando da viga e que os parafusos geraram campos de tensões fazendo a viga se romper por cisalhamento por compressão diagonal (esmagamento da biela), porém a viga se mostrou muito dúctil, até antes do esmagamento da biela, pois suportou uma grande deformação.



Figura 16 - Viga X3 após a ruptura.

O que se pode destacar da viga X3, assim como na viga X2 em comparação com a viga X1 é o fato de não ter surgido fissuras na região de flexão pura devido à adição do reforço. Quanto à carga de ruptura de X3 se mostrou mais resistente do que a viga de referência e também mais eficiente que a viga X2, pois se rompeu com uma carga superior a das vigas X1 e X2. Isso pode ser explicado pelo fato de o parafuso ter auxiliado na ancoragem, porém induziu a viga a se romper por cisalhamento por compressão diagonal (esmagamento da biela), um mecanismo de ruptura que não é muito comum de acontecer.

3.2.4 Viga X4 no ensaio de Stuttgart

O ensaio na viga X4 se procedeu da mesma forma que na viga X1, no entanto a viga X4 também ja havia sido pré-fissurada. Esta se manteve no estádio I até a aplicação da carga de 40 kN. Ao atingir a carga de 135 kN ocorreu a ruptura e a viga entrou no estádio III com 22 fissuras como mostra a figura 18. Vale salientar que surgiram várias fissuras entre os pontos de aplicação de carga, no entanto o reforço não deslocou como mostra a figura 17. À medida que ia sendo aplicada a carga a viga ia deformando e como o reforço não havia descolado, mostrando que teve boa aderência à viga, ele puxou consigo a região em que estava colado. Portanto não se pode dizer que a viga X4 se rompeu por flexão com deformação plástica excessiva do aço, porque como o reforço não descolou da viga, ele ainda estava suportando a carga. Logo o mecanismo de ruptura da viga X4 foi flexão por esmagamento da zona comprimida.



Figura 17 – Viga X4 após a ruptura.

O que se pode destacar da viga X4 em comparação com a viga X1 é o surgimento de muitas fissuras na região de flexão pura, devido à aderência da chapa ao concreto ter sido eficiente e o reforço não ter descolado e sim puxado a região em que ele estava colado, gerando as fissuras. Quanto à carga de ruptura a X4 se mostrou mais resistente do que a X1 e também mais resistente do que as vigas X2 e X3, pois apresentou uma carga superior e o seu reforço não descolou. O fato da viga X4 ter suportado uma carga superior que as demais vigas ensaiadas foi devido a aderência entre a chapa e a viga ter se mostrado muito eficiente.

3.2.5 Viga X5 no ensaio de Stuttgart

O ensaio na viga X5 se procedeu da mesma forma que na viga X1, no entanto a viga X5 também ja havia sido pré-fissurada. Esta se manteve no estádio I até a aplicação da carga de 30 kN. Ao atingir a carga de 125 kN ocorreu a ruptura e a viga entrou no estádio III com ainda 18 fissuras como mostra a figura 19. Vale salientar que o reforço não descolou da viga, mas os parafusos geraram campos de tensões induzindo a formação de fissuras na região onde eles estavam, fazendo a viga se romper por flexo-cisalhamento.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 19 - Viga X5 após a ruptura.

O que se pode destacar da viga X5 em comparação com a viga X1 é que não houve formação de fissuras na região de flexão pura devido os parafusos terem induzido o surgimento das fissuras na região onde eles estavam, assim como ocorreu com a viga X3, porém na viga X5 não houve esmagamento da biela. Quanto a carga de ruptura a viga X5 se mostrou mais resistente que a viga de referência, pois se rompeu com uma carga superior, porém se mostrou menos resistente que a viga X4 mostrando que o auxilio da ancoragem com o uso de parafusos para a chapa de aço de menor comprimento não foi eficiente.

3.3 Análises das tensões das vigas através do software abaqus

3.3.1 Viga X1 na análise do software

Através da análise computacional feita na viga X1 é possível observar que os campos de tração surgiram na região da armadura longitudinal e campos de compressão na região entre os pontos de aplicação da carga, porém como a viga está dimensionada no domínio 2 a resistência a tração é menor do que a resistência a compressão e devido a isso a viga se rompeu por flexão com deformação plástica excessiva, como pode ser visto na figura 34.

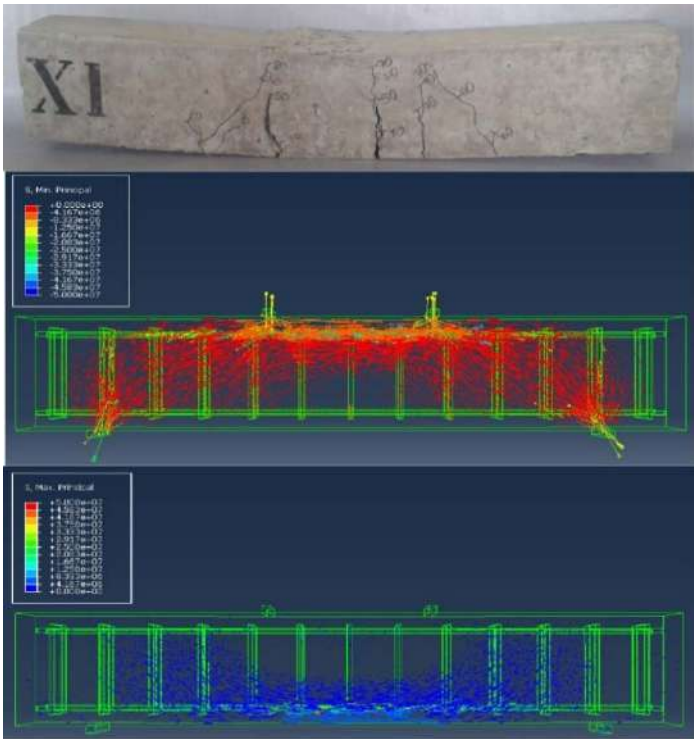

Figura 34 - Viga X1 rompida e com as tensões principais de compressão e de tração.

3.3.2 Viga X2 na análise do software

Na análise computacional da viga X2 apareceram campos de tensões de compressão e de tração assim como na viga X1, só que na viga X2 devido a colagem da chapa de aço surgiram campos de tensão de tração e compressão também entre a chapa e a viga. Logo com a formação desses campos de tensões entre a viga e a chapa, o reforço não resistiu e descolou e então a viga se rompeu por flexão por deformação plástica excessiva com descolamento da chapa, como pode ser visto na figura 35.

ISSN 2448-1459

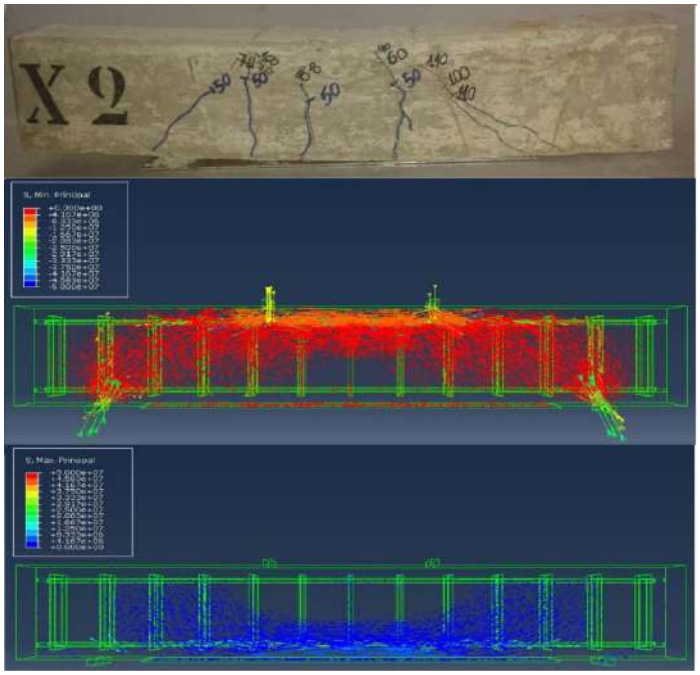

Figura 35 - Viga X2 rompida e com as tensões principais de compressão e de tração.

3.3.3 Viga X3 na análise do software

Na análise computacional da viga X3 é possível observar a formação dos campos de tensão de tração e compressão. Inclusive, na região em que o parafuso está ancorado ao reforço é possível observar que há o surgimento de uma biela que se sobrepõe com a biela principal causando a ruptura por compressão diagonal, visto que essa região já sofre com a ação do cisalhamento, como mostra a figura 36.

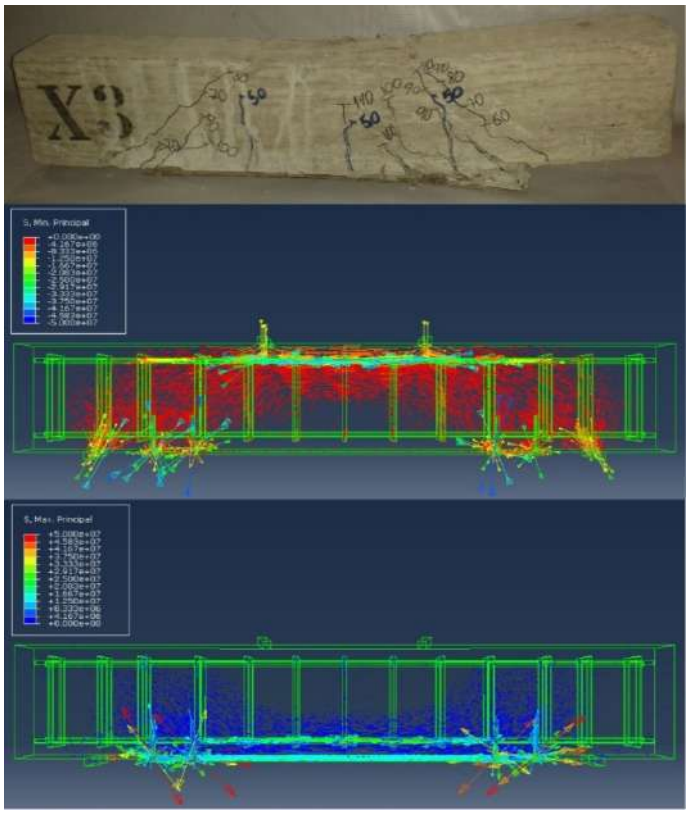

Figura 36 - Viga X3 rompida e com as tensões principais de compressão e de tração.

3.3.4 Viga X4 na análise do software

Na análise computacional da viga X4 assim como na viga X1 é possível observar que os campos tensão de tração surgiram na região da armadura longitudinal e os campos de tensão de compressão na região entre os pontos de aplicação da carga e da mesma forma que na viga X2 surgiram campos de tensão de tração e compressão também entre a chapa e a viga, porém na viga X4 não houve descolamento da chapa e então a viga veio a se romper por flexão por esmagamento da zona comprimida, pois o reforço resistiu as tensões geradas de acordo com o aumento da carga, como mostrado na figura 37.

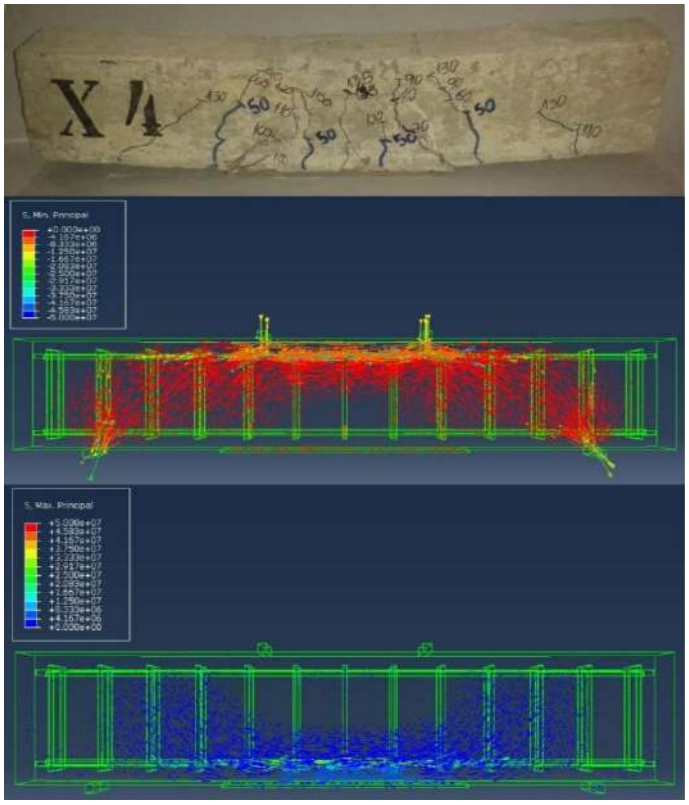

Figura 37 - Viga X4 rompida e com as tensões principais de compressão e de tração.

3.3.5 Viga X5 na análise do software

Na análise computacional da viga X5 assim como nas demais vigas é possível observar a formação de campos de tensão de tração e compressão e na região onde o parafuso está ancorado ao reforço é observar que há o surgimento de uma biela que se uni com a biela principal, no entanto como a chapa de aço colada na viga X5 tem comprimento menor que a da X3 e por essa região não ter ação do cisalhamento isso teria gerado um campo de tensão que induziu a viga a se romper por flexo-cisalhamento, como mostrado na figura 38.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

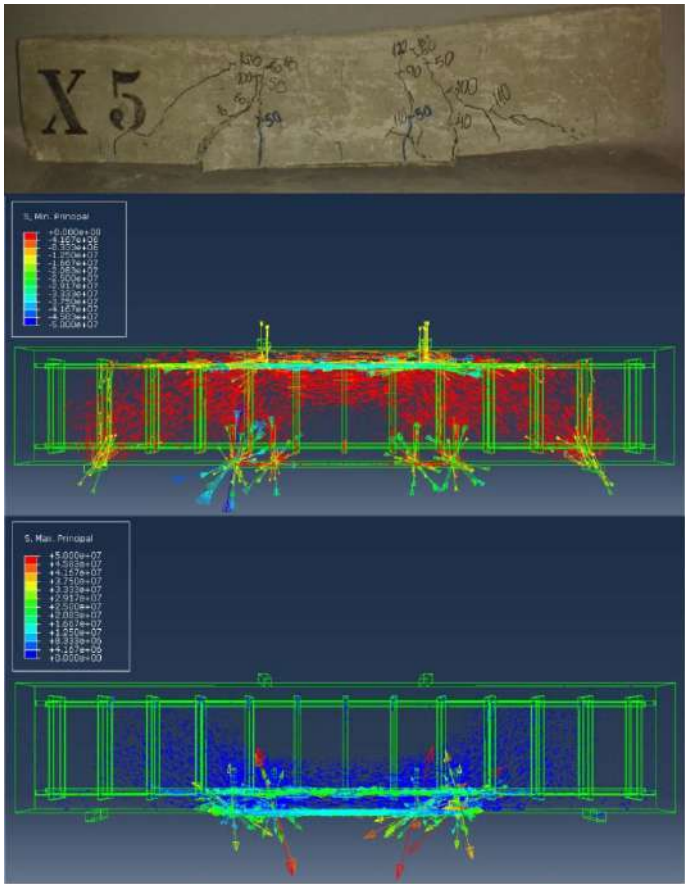

Figura 38 - Viga X5 rompida e com as tensões principais de compressão e de tração.

4. CONCLUSÕES

O principal objetivo desta pesquisa é verificar a eficiência dos reforços utilizados em vigas de concreto armado através da adição de chapas de aço coladas com adesivo estrutural de base epóxi e através da adição de chapas de aço coladas com adesivo epóxi e parafusadas considerando a influência na resistência mecânica da viga e a aderência do reforço ao concreto, analisando as vantagens e desvantagens entre eles. Através dos resultados obtidos nos ensaios pode-se concluir que esse objetivo foi cumprido, pois o reforço se mostrou eficiente visto que todas as vigas se romperam com uma carga superior a da viga de referência. Quando comparados os resultados das vigas é possível perceber que a viga X4, que foi reforçada com uma chapa de comprimento menor e somente colada, se mostrou a mais eficiente quanto à resistência e quanto à aderência, pois suportou uma carga superior que a carga da viga de referência, carga cerca de 22% maior, e demais vigas, além de que seu reforço não descolou mostrando que a aderência também foi eficiente. Com relação aos furos através dos resultados foi possível concluir que é uma boa forma de ancoragem para esse tipo de reforço só que a posição na qual ele for colocado tem que ser levada em consideração, pois ele gera uma sobreposição de tensões. Portanto o reforço de vigas de concreto armado por meio de chapas de aço coladas além de ter se mostrado eficiente tem as vantagens de que não há necessidade de se cortar a viga preservando suas armaduras longitudinal e transversal, não há mudança geométrica da viga, a aplicação do reforço é rápida e não necessita de mão de obra especializada como em outros métodos, também têm a vantagem de não apresentar vibrações ou ruídos durante sua aplicação, o que não acontece com o reforço por meio de chapas de aço com a utilização de parafusos para auxiliar na ancoragem, pois é preciso furar as vigas e isso gera muita vibração além do desgaste físico de quem está furando

5. AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos vão primeiramente para o Professor Ricardo Carvalho pela excelente orientação no desenvolvimento deste trabalho, à Construtora CALTECH pelo fornecimento do aço usado na armadura das vigas e pela confecção das mesmas, à Construtora CAMERON pelo fornecimento das fôrmas e do concreto para confecção das minhas vigas.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

6. REFERÊNCIAS

[1] CARNEIRO, M. D. Estudo téorico-experimental do reforço de vigas através da adição de barras de aço e adesivo epóxi. Projeto de Graduação - Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral, 2013.

[2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5738: Concreto - Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

[3] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.