

Análise experimental da influência de estribos alternados na inclinação, na capacidade portante de vigas de concreto armado, submetidas à flexão.

Talita Cristiane da Silva (1), Alexandre Vargas (2),

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) talita_silva1206@hotmail.com, (2) avargas@unesc.net

Resumo: O presente trabalho objetiva avaliar, por meio de ensaio o comportamento de vigas de concreto armado, quanto a sua capacidade portante quando submetidas à flexão, atribuindo a essas vigas a alternância na inclinação dos estribos, com intuito de enrijecer a estrutura. Foram moldadas 6 vigas de concreto armado com dimensões de 12 x 40 cm e 210 cm de comprimento, sendo 3 vigas de referência com todos estribos na vertical e 3 delas com alteração na sua inclinação, adotando a alternância com um estribo reto a 90° e o estribo seguinte inclinado a 45°, isso continuamente em toda a seção. Para as 6 vigas foram mantidos o mesmo espaçamento entre estribos, mesma armadura longitudinal de combate a flexão, a única distinção entre elas, se dá na armadura transversal (estribos). Todas as amostras foram submetidas ao ensaio de flexão a quatro pontos. As vigas com a alternância apresentaram como resultado, uma menor capacidade de carga da ordem de 2,76% no momento de flecha limite de 1/250, quando comparadas ao grupo de vigas de referencia. Já no momento de ruptura apresentaram uma melhor capacidade portante, atingindo valores da ordem de 5,6% para maior.

Palavras-chave: estribos; flexão; deslocamento; ruptura.

Experimental analysis of the influence of alternating stirrups on the bearing capacity of concrete beams submitted to flexion.

Abstract: The objective of this study is to evaluate by means of testing the behavior of reinforced concrete beams their carrying capacity when submitted to bending assigning to these beams an alternative in the slope of the stirrups, in order to fortify the structure. Six reinforced concrete beams with dimensions of 12 x 40cm and 2,10m in length were molded, with 3 reference beams with all stirrups vertically and 3 of them with change in their slope, adopting the alternation with a straight stirrup at 90° and the following stirrup inclined at 45 °, this continuously throughout the section. For the 6 beams, the same spacing between stirrups, even longitudinal flexural reinforcement was maintained, the only distinction between them is the transverse reinforcement (stirrups). All samples were submitted to the four point flexural test. The beams with an alternation as a result, a single load capacity of the order of 2.76% at the moment of arrow limit of 1/250, when compared to the group of reference beams, at the moment of rupture they presented a better bearing capacity, reaching values of the order of 5.6% for greater.

Key-words: stirrups; flexion; displacement; break.

Introdução

A NBR 6118: 2014 admite modelos de cálculo para os esforços de cisalhamento em vigas, sendo que eles não consideram a influência dos estribos na capacidade portante das vigas quando sujeitas a esforços de flexão.

As armaduras transversais (estribos) nas vigas de concreto armado podem ser dispostas de duas maneiras principais: 90° e 45° em relação ao eixo longitudinal das vigas.

No dimensionamento à flexão das armaduras longitudinais são analisadas as seções mais solicitadas pelo momento fletor, sem interferência da força cortante, no caso flexão sem cortante. Já, no dimensionamento ao cisalhamento, não ocorre força cortante sem flexão. Dessa forma, na flexão não pura, atuam simultaneamente as tensões tangenciais e normais de flexão formando um estado biaxial, ou duplo de tensões, com tensões principais de tração e compressão, em geral, inclinadas em relação ao eixo da viga. O estudo dessas variáveis para um único dimensionamento é um problema de solução complexa.

Para Aziz (2013), que analisou os estribos dispostos na forma horizontal, vertical e inclinados, e fez as comparações devidas, não houve mudanças significativas, tanto no cisalhamento quanto na flexão. Já, Djameluddin (2014) realizou um estudo onde comparou vigas com a remoção do concreto na seção tracionada e distribuiu os estribos de forma inclinada, com intuito de suprir a falta do concreto retirado, o mesmo concluiu que: O sistema de treliça foi necessário para as vigas sem concreto na zona de tração (atuaram como reforço externo). Através do estudo experimental o mesmo ainda concluiu que o efeito das barras na diagonal em forma de treliça (estribos inclinados), aumentaram significativamente a capacidade de resistência à flexão das vigas, com um comportamento semelhante às vigas convencionais. Já a capacidade de flexão da viga não treliçada e sem concreto na região tracionada, resultou em uma menor capacidade portante, comparadas às vigas convencionais.

No estudo de Sooryaprabha (2016), foi avaliado o comportamento de vigas sujeitas a flexão, com o emprego de estribos verticais, horizontais e inclinados e como resultados pode concluir que com as alterações na disposição dos estribos afetaram a flexão e o cisalhamento consideravelmente.

Yas V, Najla et. al. (2017) realizou uma pesquisa onde avaliou várias composições com diferentes inclinações dos estribos. Em algumas dessas composições, aplicou-se placas de aço como base, de forma a representar uma treliça pré-fabricada. O estudo objetivou adotar um sistema de reforço, para melhorar a segurança e economia de vigas de concreto armado,

tentando diminuir os efeitos gerados pelos esforços de cargas. Em suas análises e considerações, obteve como resultado o aumento da capacidade de carga na situação de inclinação quando comparadas as convencionais.

Com base nas contextualizações e pesquisas já realizadas, Oliveira (2018), realizou um estudo onde adotou a alternância na inclinação dos estribos para uma seção transversal pré-determinada de 12 x 30 cm, o qual obteve pequena influência, porém significativa. Com isso o presente estudo objetiva dar sequência a esse estudo adotando diferente altura para a seção, essa mudança é motivada a possibilitar maior capacidade de carga para a seção através da nova disposição. Sendo assim realizou-se a mesma montagem das vigas de concreto armado, dimensionadas com duas disposições de armaduras transversais (estribos), sendo um grupo de vigas com estribos verticais a 90° , e outro de estribos alternados na inclinação de 45° e 90° . Adotou-se seção de 12 x 40 cm, objetivando analisar se os resultados são convergentes com o estudo de Oliveira (2018), e obter mais dados amostrais para melhor avaliar se há ou não a interferência da inclinação dos estribos na capacidade portante das vigas quando submetidas à flexão.

Materiais e métodos

Para executar as análises experimentais desse estudo foram moldadas 6 vigas de concreto armado, com a alternância em sua armadura transversal, de 90° e 45° , divididas em dois grupos, sendo o grupo das vigas de referências e grupo da vigas treliçadas. As amostras foram moldadas no Parque Científico e Tecnológico (IParque) da UNESC, localizado no bairro Sangão na cidade de Criciúma. Optou-se pelo uso de concreto usinado, tipo C25 em função do volume a ser utilizado, e ainda por ser o mesmo concreto utilizado no estudo anterior.

As dimensões das vigas consideradas no estudo foram de 12 x 40 cm com comprimento total de 210 cm, sendo considerado como vão efetivo 200 cm, em função dos apoios do ensaio de flexão a 4 pontos preconizado pela NBR 12142:2010. Utilizou-se a mesma armadura longitudinal para todas as amostras, porém na armadura transversal, os estribos foram alternados na sua inclinação, sendo esta a variável desse estudo. As vigas, do grupo de referência possuem estribos somente na vertical 90° em relação ao eixo longitudinal, chamadas de vigas de referência (VR), e as demais do grupo de vigas treliçadas, possuem a alternância entre verticais e inclinados (90° e 45°) referentes ao eixo longitudinal, chamadas

de vigas com inclinação (VI). O resumo da nomenclatura adotada e seus quantitativos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Nomenclatura das vigas

Sigla	Descrição
VR1	Vigas Referência
VR2	
VR3	
VI1	Vigas com Inclinação
VI2	
VI3	

A armadura longitudinal de combate à flexão para as vigas foi definida por duas barras de 10 mm, em função apenas da disponibilidade e melhor manuseio das armaduras. Com a definição da área de aço de 1,60 cm², e fazendo uso das equações para dimensionamento de concreto armado, citadas pela NBR 6118:2014 e adotando o estágio III de deformação, foi possível determinar os esforços resistentes pelas vigas (sem os coeficientes de majoração), sendo eles: 28,48 kN.m para o momento fletor (Mk), 42,72 kN para o esforço cortante (Vsk) e considerando o peso próprio da seção, uma capacidade de carga de 83,79 kN, para que ambos os grupos alcancem seu estado limite de deformação máxima (L/250). As armaduras transversais (estribos) foram calculadas de acordo com NBR 6118:2014 e utilizando o Modelo 1 para a verificação dos espaçamentos e ângulo da biela à 45°. Foram montadas nas disposições de 90° como referência e alternadas entre 45° e 90°, como mostrado na Figura 1.

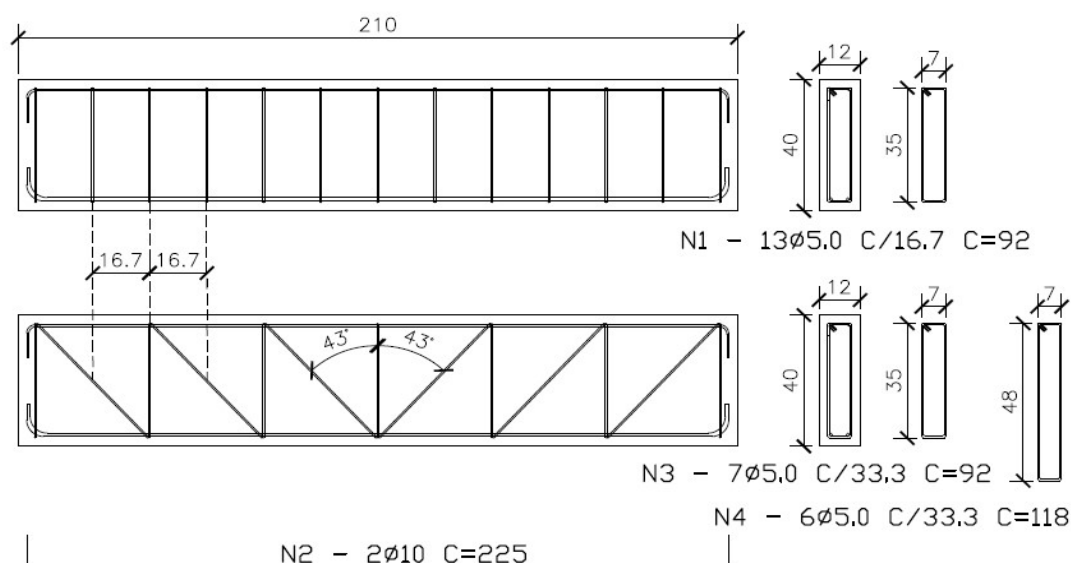


Figura 1. Detalhamento da armadura: (a)Viga Referência, (b)Viga com inclinação.

Todo aço utilizado na montagem das vigas desse estudo foi fornecida pela empresa Arcelor Mittal de Içara- SC. Para os estribos, aço CA-60 com diâmetro de 5.0 mm espaçados a cada 16,7 cm, atendendo a taxa de armadura mínima calculada para a seção, tanto quanto ao espaçamento máximo que se dá em 60% da altura útil da viga. Para o arranjo treliçado foi adotada a mesma concepção, porém alternando a inclinação entre 45° e 90° , sendo que os estribos inclinados acabam agregando maior área de aço de combate ao cisalhamento, em função de possuir maior comprimento, porém como o estudo analisa os esforços a flexão, essa diferença não foi considerada. Ainda na composição das armaduras, na face superior foi adotado duas barras com diâmetro de 5.0 mm atuando como porta estribos, e para a armadura de combate a flexão como já citado, foram de duas barras de CA-50 com diâmetro 10.0 mm. As vigas montadas podem ser visualizadas na Figura 2, sendo (a)Viga Referência, (b)Viga com inclinação.



Figura 2. Arranjo da armadura: (a)Viga Referência, (b)Viga com inclinação.

Para a confecção das vigas foram montadas formas de madeira de Pinus, ilustradas na Figura 3 e aplicadas uma demão de desmoldante, conforme indicado no item 7.2.7 da NBR 14931:20114.



Figura 3. Formas de madeira.

O concreto usinado foi do tipo C-25, com abatimento de 10 +/- 2 cm e foi adquirido através da empresa Metalenge, situada no município de Turvo-SC. Antes de iniciar a concretagem das vigas, foi realizado o ensaio de abatimento tronco de cone o Slump Test. Os procedimentos seguiram as determinações da NBR NM 67:1998. Posteriormente foram moldados 9 corpos de prova cilíndricos de 10 cm de diâmetro e 20 cm de altura, sendo 6 desses submetidos a ensaio de compressão simples, seguindo a metodologia imposta na NBR 5739:2007, e os outros 3 ao ensaio que determina o módulo de elasticidade regido pela NBR 8522:2017, ambos aos 28 dias e foram realizados no LMCC – Laboratório de Materiais de Construção Civil no IParque. Os corpos de provas foram moldados seguindo a norma de procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova NBR 5738:2015. Adotou-se para os corpos de prova cilíndricos, a cura imersa, sendo que após 24 h da concretagem foram desmoldados e inseridos em um tanque onde permaneceram por 28 dias. Já as vigas foram pulverizadas diariamente durante 7 dias e cobertas por uma lona preta para realização da cura. Na Figura 4 observam-se melhor esses procedimentos, onde (a) apresenta o ensaio de abatimento; (b) os corpos de prova imersos e (c) vigas molhadas para o processo de cura.

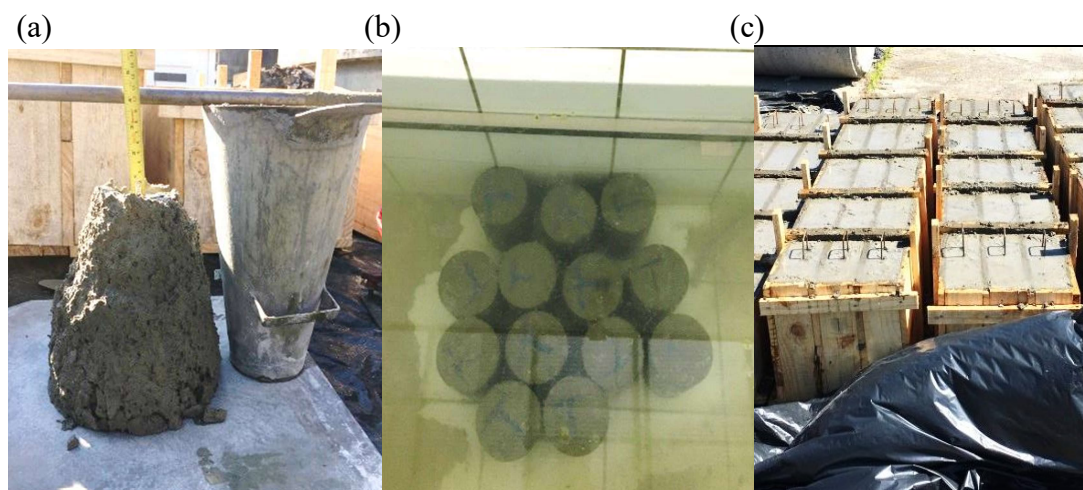


Figura 4. (a) Ensaio de abatimento; (b) Corpos de prova imersos; (c) Vigas molhadas

Aos 21 dias, foi realizada a desforma das vigas, e em seguida a pintura das mesmas, como mostra a Figura 5. Para esse procedimento foi utilizado cal de pintura, objetivando uma melhor visualização da ocorrência de fissuras ao longo do carregamento.



Figura 5. Vigas prontas e pintadas

Após a cura completa aos 28 dias, foram iniciados os ensaios de flexão a 4 pontos, conforme croqui da Figura 6, e NBR 14142:2010, que consiste em colocar a viga sobre dois apoios contendo 10 cm de largura, sendo um deles de primeiro gênero (rolete) e o outro de segundo gênero (apoio fixo). Cada um deles distanciam 5 cm em cada lado a face da viga, resultando num vão efetivo de 2 metros. Na face superior da viga são apoiados dois roletes um em cada 1/3 do vão sendo esses os responsáveis pela transferência da carga para a viga, e logo acima dos roletes uma viga metálica, que em seu centro recebe a carga pontual do cilindro hidráulico. Foram instalados sensores LVDT no centro das vigas, um de cada lado, para monitorar o deslocamento das vigas. A viga metálica e os roletes foram considerados nos cálculos, pois possuem uma carga representativa de 0,3394 kN. Para a leitura de todos esses dados foi utilizado o equipamento Quantum X® que utiliza o software Catman Easy®, para a coleta dos dados, ambos da marca HBM®.

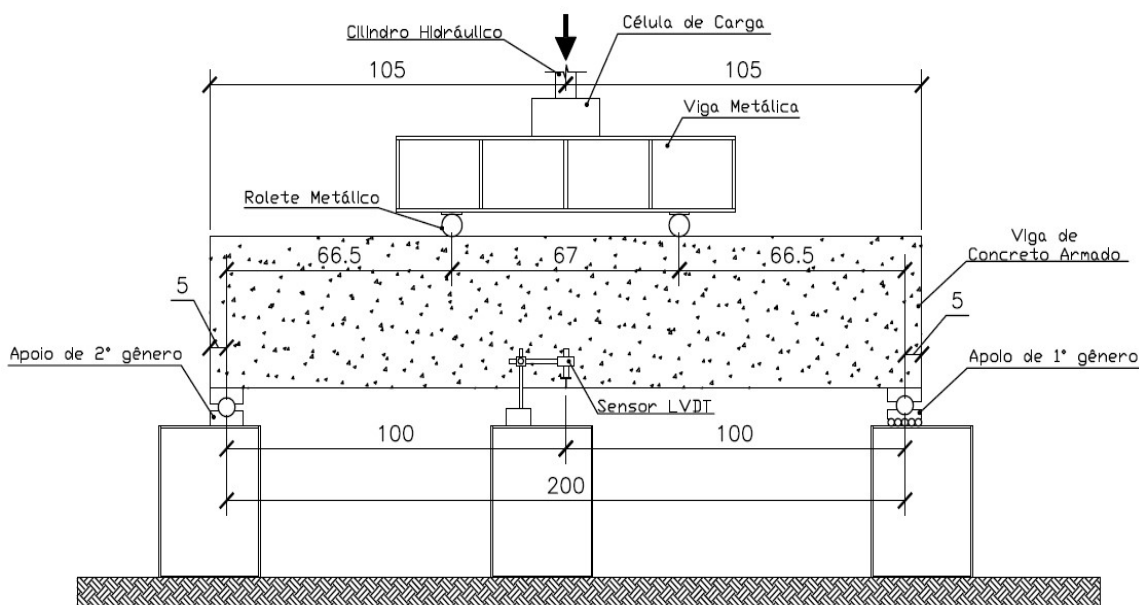


Figura 6. Esquema do ensaio de Flexão à 4 pontos.

Resultados e discussões

Ao vigésimo oitavo dia após a concretagem, com a cura normativa já atingida, foram realizados os ensaios para o controle tecnológico do concreto, iniciando pela compressão simples seguido do módulo de elasticidade, ambos realizados no LMCC do Iparque. Os resultados obtidos estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2: Ensaio de Compressão e Módulo de Elasticidade aos 28 dias.

Amostra	Resistência à compressão (MPa)	Amostra	Módulo de Elasticidade (GPa)
CP1	42,46	CP7	41,03
CP2	45,03	CP8	38,95
CP3	43,56	CP9	43,25
CP4	44,44		
CP5	43,08		
CP6	42,78		
Média	43,56	Média	41,08
Des. Padrão	0,998	Des. Padrão	2,15

Seguido dos ensaios de controle tecnológico do concreto, foi realizado o ensaio de flexão a quatro pontos das vigas. Nesse ensaio aplicam-se as cargas e analisa-se com isso qual é o deslocamento provocado na viga, obtendo-se, então, o gráfico de deslocamento em função da carga de todas as vigas. A Figura 7 apresenta a disposição da viga para o ensaio.



Figura 7. Disposição da viga para o ensaio de Flexão a 4 pontos

Ensaaiadas todas as vigas, foram obtidos os deslocamentos ocorridos durante a aplicação das cargas, tanto no momento de flecha limite de $L/250$ quanto no momento da ruptura. Com os dados foi montado o gráfico de deslocamento em função das cargas como ilustra a Figura 8.

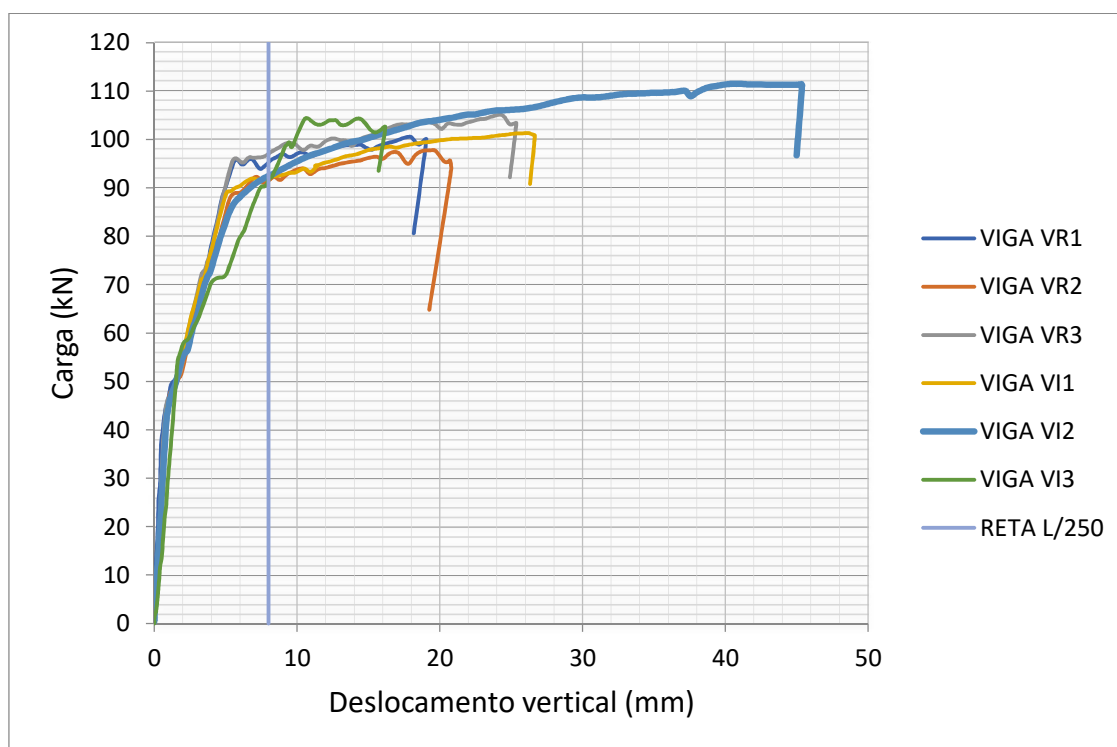


Figura 8: Curva Carga x deslocamento vertical

Foi considerado o item 13.3 da norma NBR 6118:2014 como sendo o deslocamento máximo possível em elementos estruturais de $L/250$. Com esse conceito aplicado ao presente estudo, que possui vão efetivo de 2 m, o deslocamento máximo deve ser de 8 mm. Considerado o peso do suporte de carga que compõem o ensaio, a Tabela 3 descreve os valores obtidos em cada viga.

Tabela 3: Carga aplicada no deslocamento limite máximo de serviço ($L/250$).

Aplicação de carga + suporte metálico ($L/250$)		
Amostra	VR (kN)	VI (kN)
1	95,23	92,05
2	91,48	92,47
3	97,04	91,61
Média	94,58	92,04
Des. Padrão	2,84	0,43

Fazendo análise desses resultados observou uma redução de carga de aproximadamente 2,76% entre VR para VI, sendo a VI a menor. Observou-se também que a capacidade de carga suportada pelas vigas no instante da flecha limite, comparada à estimada inicialmente variou para mais em 12,88% para as VR e 9,85% para as VI. Isso nos demonstra menor capacidade de carga no grupo VI com alternância nos estribos, ao atingir o deslocamento limite de 8 mm.

Na Tabela 4, descreve o carregamento e o deslocamento das vigas no momento da ruptura.

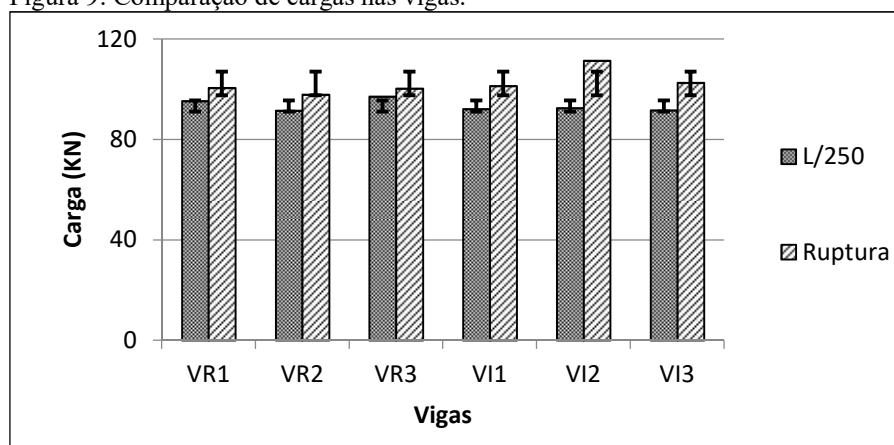
Tabela 4: Carga aplicada na ruptura e seu deslocamento.

Aplicação de carga + suporte metálico (Ruptura)				
Amostra	VR (kN)	Deslocamento (mm)	VI (kN)	Deslocamento (mm)
1	100,51	17,98	101,33	26,09
2	97,82	19,56	111,35	45,25
3	100,19	12,57	102,55	16,18
Média	99,51	16,71	105,08	29,17
Des. Padrão	1,47	3,66	5,47	14,78

Quanto às cargas aplicadas até a ruptura das vigas, o grupo das vigas com inclinação teve maior capacidade média de carga até seu rompimento em torno de 5,6%. Essas vigas alcançaram um deslocamento médio de 74,6% maior quando comparadas às vigas de referência, nesse ponto cabe à observação de que todas as vigas com estribos inclinados quando alcançaram a ruptura, suportaram mais cargas que o grupo referência.

A Figura 9 permite melhor visualização das cargas aplicadas nos dois grupos, tanto na flecha limite quanto na ruptura.

Figura 9: Comparação de cargas nas vigas.



Quanto às fissuras apresentadas nas vigas ao longo do ensaio, foram semelhantes entre os grupos. A Figura 10 mostra as fissuras do Grupo VR e a Figura 11 as fissuras do Grupo VI.

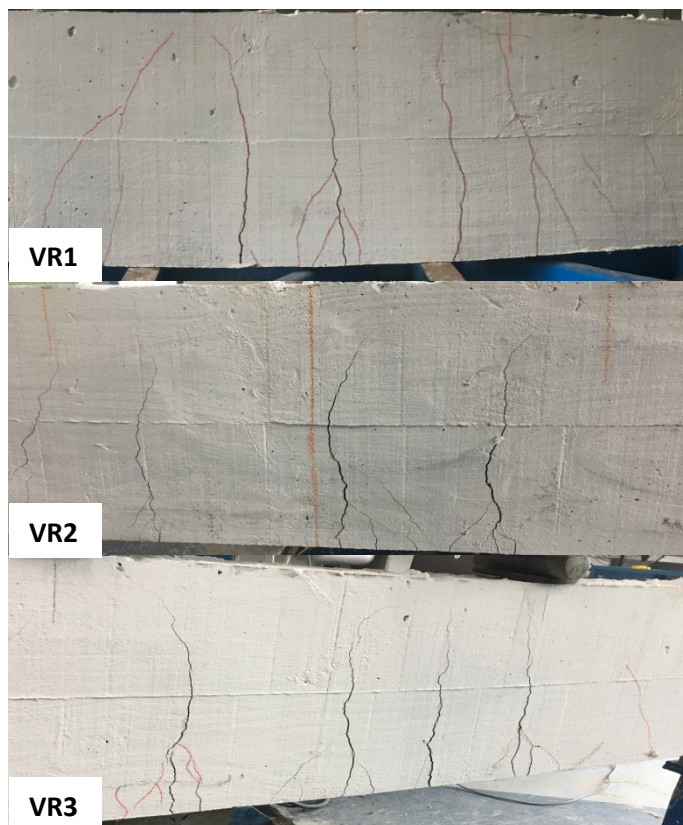


Figura 10: Mapeamento das fissuras nas vigas do grupo VR.

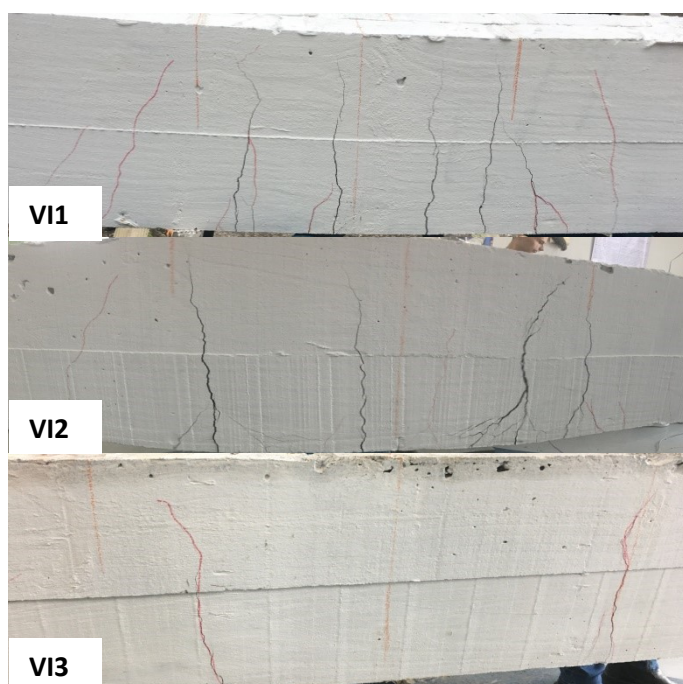


Figura 11: Mapeamento das fissuras nas vigas do grupo VI.

Em ambos os grupos as fissuras geradas foram oriundas de flexão, em sua maioria tiveram comportamento muito semelhantes ao relacionar os dois grupos. Apenas dentro do grupo com inclinação de estribos, a VI3 apresentou menor quantidade de fissuras e de menores aberturas.

Análise estatística dos resultados

Para melhor definir o que foi apresentado nos resultados dos ensaios, e identificar qual a significância de cada item, foi aplicado aos resultados o teste de análise de variância ANOVA, teste esse, realizado com confiabilidade de 95% sendo $\alpha=0,05$, a Tabela 5 descreve o teste.

Tabela 5: Resultado ANOVA.

Amostra	F	F crítico	Significativo
Aplicação de carga + suporte metálico (L/250)	2,35	< 7,71	Não
Aplicação de carga + suporte metálico (Ruptura)	2,90	< 7,71	Não
Deslocamento para 94,58kN	0,28	< 7,71	Não

Mesmo havendo uma perda na capacidade de carga de 2,76% do grupo VR para o VI, ao aplicarmos a análise de variância, concluímos não haver diferença significativa entre os resultados. Diferente do resultado encontrado por Oliveira (2018), que teve uma significância em seus resultados, e um ganho na capacidade de carga.

Foi possível perceber ainda na Tabela 4, que os grupos apresentam uma diferença média de 74,6% em seu deslocamento no momento de ruptura, devida essa diferença, foi aplicada a análise de variância para essa série com a mesma confiabilidade de 95%, e ainda assim o teste nos relata que não houve significância nos dados conforme mostra Tabela 6.

Tabela 6: Resultado ANOVA para flecha na ruptura.

Amostra	F	F crítico	Significativo
Deslocamento (mm) na Ruptura	2,01	< 7,71	Não

Conclusão

Pode-se constatar que para esse estudo, onde se realizou o aumento da seção em relação aos estudos de Oliveira, os resultados foram divergentes ao estudo mencionado. O que ocorreu de fato foi uma perda em torno de 2,76%, na capacidade de carga para o grupo VI

onde a inclinação dos estribos foi realizada. Mesmo estatisticamente não ser considerada significativa essa perda diverge do estudo de Oliveira 2018, o qual obteve aumento de 3% de capacidade portante para esse grupo. Ainda cabe a comparação que no aumentar a seção nesse estudo, as vigas tiveram maior ganho de carga até seu rompimento, e maior deslocamento quando entram em ruptura. Diferente também dos estudos de Oliveira (2018) onde obteve menor carga de ruptura e menor deslocamento para o grupo com inclinação dos estribos.

Dentro dos resultados obtidos não foi possível manter uma linearidade nos resultados como era o previsto inicialmente, e não permitindo assim concluir que houve melhoria com essa prática, tão pouco afirmar que prejudicou a estrutura.

Essa disposição dos estribos com inclinação não agregou maior rigidez a estrutura, que seria o esperado inicialmente para esse trabalho. Observa-se ainda, que é uma maneira mais trabalhosa de se realizar e implantar no dia a dia do canteiro de obras, contudo nos apresenta resultados não satisfatórios, e nem apresentam um melhor custo benefício quanto à aplicabilidade dessa prática.

Em função dos resultados terem se apresentado melhor no momento da ruptura, tanto na capacidade de carga quanto na maior deformação, pode-se analisar de duas formas: uma de maneira negativa, em vista que o que buscamos mesmo é uma melhoria no momento de flecha limite, que é o estado de serviço das vigas. Já em outra perspectiva, positivamente no sentido da pericia e segurança, sendo que de certa maneira a viga demoraria mais para entrar em colapso, e apresentaria maior deslocamento, como indicativo de sobrecarga na estrutura.

Sugestões para trabalhos futuros

- ✓ Aumentar a seção de base da viga caso se repita o estudo, pois com uma base muito pequena pode-se apresentar dificuldades na construção de formas, e talvez não conseguir garantir a exata geometria pretendida quando se aumenta a altura.
- ✓ Realizar a mesma disposição de alternância na armadura transversal e ensaiá-las ao cisalhamento.
- ✓ Aplicar a armadura transversal toda ela inclinada a 45°, em formato de V, sem alternar, avaliando se o comportamento vem a enrijecer e melhorar a estrutura quanto a sua capacidade portante, tanto a flexão quanto ao cisalhamento.
- ✓ Repetir a metodologia aplicando estribos inclinados e contínuos.

Referencial Bibliográfico

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Determinação dos módulos estáticos de elasticidade e de deformação à compressão, NBR 8522**. Rio de Janeiro, ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12142: Concreto – Determinação da resistência à tração na flexão de corpos de prova prismáticos**. Rio de Janeiro, 2010. 5 p.;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738: Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, NBR 6118**. Rio de Janeiro, ABNT, 2014, 238p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2014.

Aziz, Yaseen. “**Effect of type and position of shear reinforcement of high strength reinforced concrete deep beams**”. Al Rafidain Engineering: 2013, 69-79.

BASTOS, Paulo Sérgio Dos Santos. **Flexão normal simples – Vigas**, UNESP -Bauru, São Paulo, fev. 2015.

CAMACHO, Jefferson S. **Estudo Das Vigas: Flexão Normal Simples**. – FEIS/UNESP. São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae>>.

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 Paulo: Edufscar, 2014. 415 p.

COLAJANNI, Piero. **Shear capacity in concrete beams reinforced by stirrups with two different inclination**. Elsevier, Itália, dez. 2014. Seção Engineering Structures. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141029614006166>>. Acesso em: 20 agosto 2018.

DUARTE, Douglas de Souza. **Estudo comparativo entre os dois métodos propostos pela NBR 6118:2007 para o dimensionamento da armadura de cisalhamento em vigas sujeitas a flexão simples**. Tecnologia e ambiente, Criciúma, v.15, p. 74-87, 2009.

LEONHARDT, F. ; MÖNNIG, E. **Construções de concreto – Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado**, v. 1, Rio de Janeiro, Ed. Interciência, 1982, 305p.

OLIVEIRA, Bruno Borges de. **Análise experimental da influência da alternância na inclinação de estribos na capacidade portante em vigas de concreto armado.** Criciúma, 2018.

Rudy Djamaluddin, Yasser Bachtiar, Rita Irmawati, Abd. Madjid Akkas e Rusdi Usman Latief, “**Efeito do Sistema treliça ao comportamento à flexão das vigas de concreto armado externo**”, International Journal of Civil, Ambiental, Estrutural, Construção e Engenharia Arquitetônica, 8 (6), 2014, 691-695

SOORYAPRABHA, M Saju, S Usha. **Estudo sobre resistência à flexão de treliças em vigas de concreto armado.** Revista Internacional de Pesquisas de Engenharia e Tecnologia (IRJET). India, 2016 – ISSN: 2395-0072.

YAS V, Najla, Mohammed Lasin K, Priyanka Dilip P. **Análise de vigas de concreto treliçadas de aço híbrido usando ANSYS.** International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology: India, 2017 - ISSN:2319-8753.