

COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TIPOS DE CONTRAVERGAS A PARTIR DE ENSAIO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO A QUATRO PONTOS

Maurício Dal-Bó Mazzucco¹, Jakson Fábio Bitencourt Araújo²

¹Estudante de Engenharia Civil da UNESC (mauriciomazzucco@hotmail.com).

²Professor Orientador (jakson@construtorafontana.com.br).

RESUMO

Com os prazos cada vez mais curtos de construção e a mão de obra cada vez mais onerosa, custo e produtividade têm sido as palavras-chaves para as construtoras, eclodindo novos métodos construtivos com premissas de economia e rapidez. Entretanto, a falta de estudos técnicos específicos ocasiona na dúvida da real eficiência dos métodos empregados. Este estudo tem como objetivo avaliar três tipos de contravergas mais utilizadas na região, analisando os resultados proporcionados por ensaios de flexão a quatro pontos. Por meio dos ensaios foi possível realizar uma análise técnica quanto a carga de ruptura das peças, sua fissuração e os deslocamentos verticais atingidos em uma idade pré-estabelecida. Com os resultados obtidos através da relação das cargas de serviço limitadas ao deslocamento permitido por norma, carregamento até a ruptura e a análise visual de fissuras, foi possível verificar o melhor desempenho das contravergas estribadas. As contravergas de tijolo calha apresentaram os piores resultados, devido a brusca redução da área transversal de concreto, as contravergas pré-moldadas obtiveram resultados intermediários, porém significativos em relação as estribadas. Estes resultados demonstram a importância das empresas conhecerem cada sistema construtivo com suas potencialidades e limitações.

Palavras-Chave: Método construtivo. Contraverga. Resistência à flexão. Modo de Ruptura.

1 INTRODUÇÃO

Em razão da grande demanda da construção civil nos últimos anos, as construtoras têm empregado novos métodos construtivos com a finalidade de reduzir custos e aumentar a produtividade, entretanto em muitos destes novos métodos não há nenhum estudo técnico aprofundado, apenas o conhecimento empírico, logo a consequência da falta destes estudos, em muitos casos, são as manifestações patológicas, gerando assim, a necessidade de retrabalho para a correção deste problema. Este estudo consiste em apresentar um comparativo técnico dos ensaios experimentais realizados entre os diferentes tipos de contravergas utilizadas na

região.

A finalidade é disponibilizar as construtoras um estudo embasado nos parâmetros comparativos técnicos da resistência à flexão de cada um dos tipos, bem como os seus descolamentos significativos de acordo com a carga aplicada, servindo como um banco de dados confiável, auxiliando-as na tomada de decisões, entre qual delas utilizar para cada situação entre os diversos tipos de construções, evitando assim o transtorno das manifestações patológicas nas alvenarias e aberturas. Associado a nova norma de desempenho NBR 15575 (2013) e ao crescimento da construção civil, a exigência dos padrões de qualidade por parte dos clientes de imóveis aumentou consideravelmente, resultando assim em uma preocupação ainda maior por parte das construtoras no intuito de evitar ou minimizar as manifestações patológicas dos empreendimentos em geral.

As alvenarias possuem um ponto de fragilidade nos cantos superiores e inferiores das aberturas, devido a descontinuidade da mesma nestes pontos, ocasionando um grande acúmulo de tensões. Sahade (2005), relata que as cargas verticais, atuando em topos de paredes, uniformemente distribuídas podem triplicar ou até quadruplicar as tensões em vértices superiores e a duplicar em vértices inferiores. Este acúmulo de tensões pode ser combatido com a execução de vergas, na parte superior e contravergas na parte inferior, esta técnica é conhecida e usada nas literaturas, um exemplo disso é Vincenzo (2006, p. 59): “as vergas são componentes externos aos vãos, incorporados à alvenaria para a distribuição das tensões que tendem a se concentrar nos vértices das aberturas de janelas e portas [...]”.

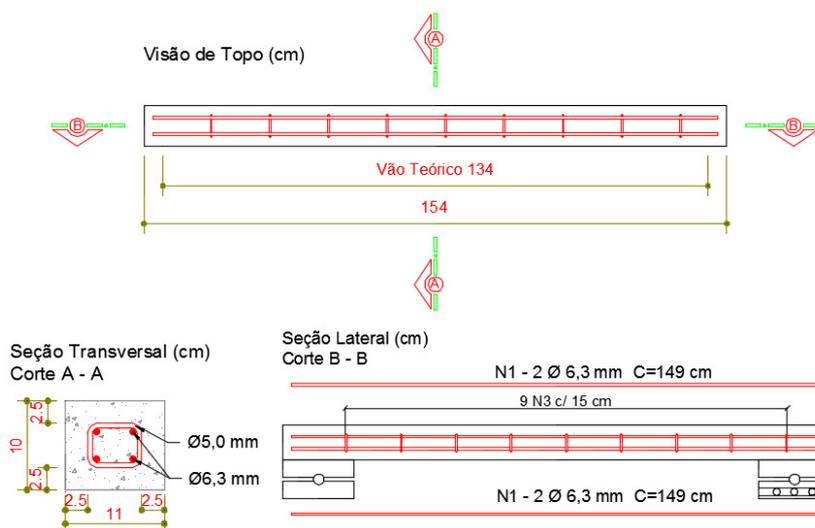
De acordo com Thomaz (1989), as alvenarias resistem bem a solicitação de compressão axial, porém não a tração e ao cisalhamento o que faz remeter ao uso de vergas e contravergas para atender as concentrações de tensões sobre as aberturas. Para atender aos esforços de tração e cisalhamento, Ripper (1984, p. 36), cita que “Além das vergas normais, na parte superior das aberturas sugere-se a execução, também na parte inferior, de uma verga de concreto com uma pequena armadura, ultrapassando o vão 30 cm a 40 cm para cada lado [...]”. Portanto, com a finalidade de distribuir os esforços concentrados nos vértices de aberturas, devido a descontinuidade da alvenaria, são executadas vergas e contravergas, pelo fato de estes pontos possuírem um grande acúmulo de tensões, ocorre uma forte tendência a manifestações patológicas, em forma de trincas e fissuras, caso haja a ausência, má execução e/ou dimensionamento destas peças.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o estudo, foram selecionados e divididas três grupos de contravergas utilizadas por construtoras da região, totalizando nove unidades, sendo três para cada grupo. Cada contraverga possui 154 cm de comprimento, seção transversal de 10x11 cm. Todas foram submetidas a ensaios de resistência à flexão em quatro pontos e avaliadas, com a finalidade de comparar os seus resultados e o desempenho de cada grupo.

Para execução do primeiro grupo, denominado como “E”, por possuir estribos a cada 15 cm, foi utilizado forma de compensado plastificado de 10 mm, sendo o detalhamento das armaduras conforme o modelo indicado na Figura 1.

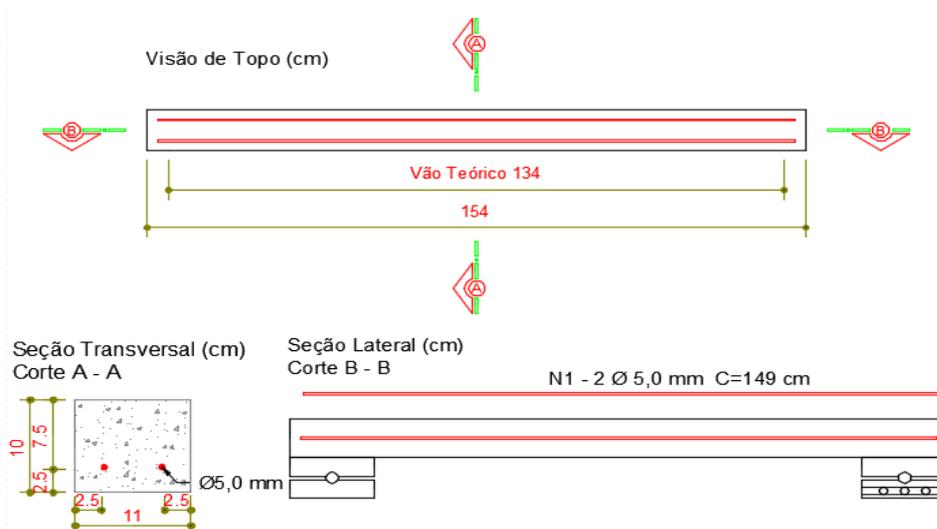
Figura 1 – Detalhamento das contravergas em concreto armado do grupo E.



Fonte: Do Autor, 2014.

De acordo com a Figura 1, foram utilizadas quatro barras de aço (CA-50), diâmetro de 6,3 mm, como armadura principal resistente à flexão na parte superior e inferior. Os estribos foram feitos com aço (CA-60) diâmetro de 5,0 mm e posicionados a 90° com relação ao eixo horizontal da contraverga, sendo sua disposição a cada 15 cm. Para execução do segundo grupo, denominado como “F”, foi utilizado fôrma de compensado plastificado de 10 mm, sendo o detalhamento das armaduras conforme o modelo indicado na Figura 2.

Figura 2 – Detalhamento das contravergas com concreto do grupo F.

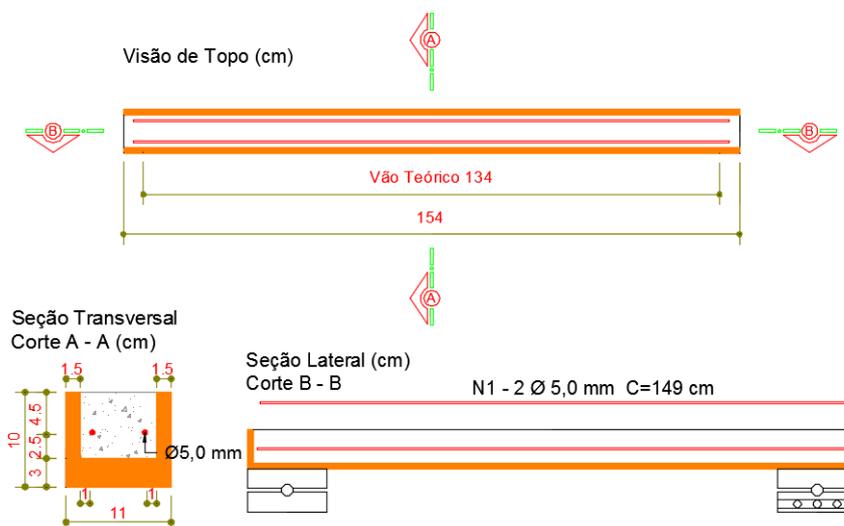


Fonte: Do Autor, 2014.

Conforme apresentado na Figura 2, este grupo de contravergas foi armado com duas barras de aço de (CA-60), diâmetro de 5,0 mm como armadura principal resistente à flexão apenas na parte inferior. Não foram feitos estribos para este modelo.

Para execução do terceiro grupo, denominado como “T”, foram utilizados tijolos calhas com dimensões de 10x11x19 cm, seu assentamento foi feito com argamassa de traço 8:1 com areia industrializada com adição de cal, sendo armada com duas barras de aço de (CA-60) diâmetro de 5,0 mm como armadura principal resistente à flexão na parte inferior. Não foram feitos estribos, sendo este modelo apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Detalhamento das contravergas com concreto e tijolos calha do grupo T.



Fonte: Do Autor, 2014.

A Figura 3 apresenta um cobrimento diferenciado para este tipo de contraverga devido a espessura da canaleta de tijolo cerâmico, logo adotou-se um espaçamento de 1 cm nas laterais e 2,5 cm nos fundos de maneira a evitar com que as armaduras trabalhassem na linha neutra.

Todos os grupos obedeceram um cobrimento mínimo de 2,5 cm, segundo a NBR 6118/07, de acordo com a classe de agressividade ambiental de regiões urbanas (Tipo II). No grupo “E” foi respeitado um cobrimento de 2,5 cm em todas as faces da contraverga (Figura 1). No grupo “F” foi respeitado um cobrimento de 2,5cm na face inferior e nas laterais, a face superior ficou com um cobrimento de 7 cm (Figura 2). No grupo “T” a espessura da alvenaria foi levada em consideração para as medidas do cobrimento, as laterais ficaram com 2,5 cm, a parte inferior com 4 cm e a parte superior cobrimento de 5,5 cm (Figura 3).

O concreto utilizado foi moldado *in-loco*, e seu traço 1:3:3 (cimento, brita e areia, respectivamente). Para este traço unitário, foi utilizado o cimento da marca Supremo CP II-Z-32 e uma relação água/cimento de 0,6.

Todas as etapas de execução dos grupos de contravergas e a moldagem dos corpos de prova foram feitas no pátio de obras de um empreendimento da construtora em estudo.

Com a finalidade de saber o fck do concreto moldado *in loco*, foram moldados cinco (05) corpos de prova cilíndricos de 10x20 cm, conforme apresentado na Figura 5

Figura 5 – (a) Corpos de prova; (b) Ensaio de compressão axial; (c) Ensaio de compressão diametral;

(a)



(b)



(c)



Fonte:

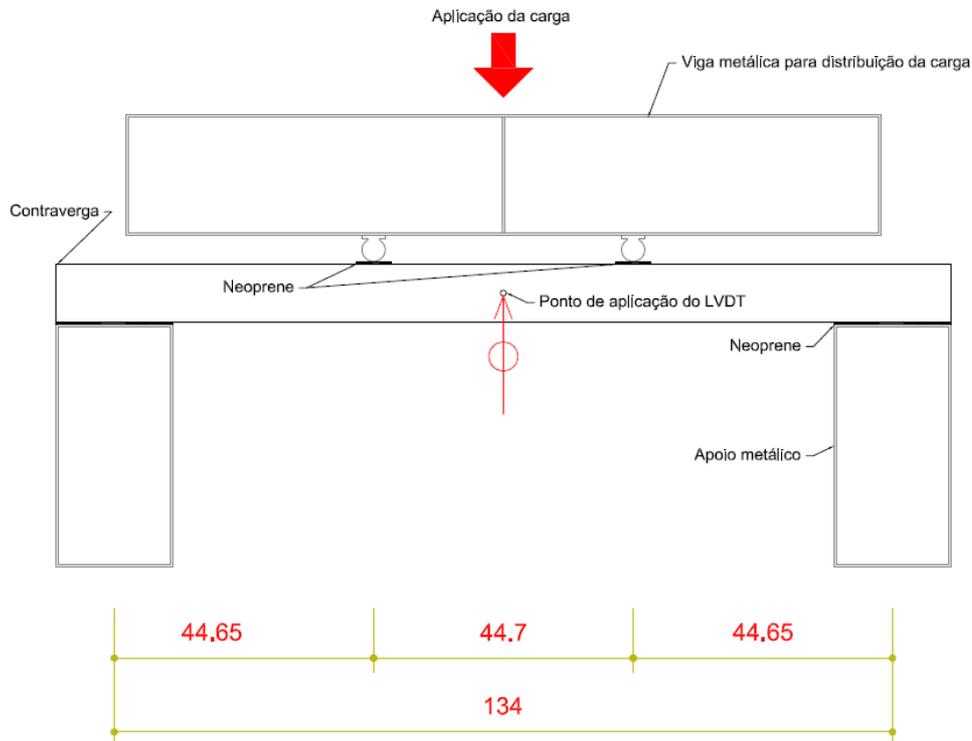
Do Autor, 2014.

Para o ensaio de compressão axial, Figura 5(b), foram destinados três (03) corpos de provas aos 15 dias e 2 (dois) corpos de prova, aos 15 dias, para o ensaio de resistência a tração por compressão diametral, Figura 5(c). Foi escolhido o período de 15 dias para o rompimento do corpo de provas com a finalidade de romper com a mesma idade dos ensaios das contravergas, caracterizando as propriedades mecânicas do concreto no mesmo momento.

Com 15 dias de idade, as contravergas foram submetidas ao ensaio de flexão à quatro pontos com as cargas aplicadas nos terços do vão teórico, conforme a Figura 6. O carregamento foi feito até a ruptura, sem pausas, ou repetições. Após a ruptura das peças, por meio dos resultados expresso pelo sistema de aquisição de dados pôde-se obter a carga de serviço aplicada para um deslocamento máximo permitido pela NBR 6118 (2007), que é calculado dividindo o vão teórico por 250, resultando um deslocamento de 6,16 mm. Todos os ensaios de flexão a quatro pontos foram realizados no Laboratório Experimental de Estruturas (LEE) com o uso de um pórtico metálico e uma célula de carga com capacidade de 500 kN.

Para todas as contravergas repetiu-se o mesmo procedimento, sendo utilizado um transdutor de deslocamento (LVDT) de 100 mm, com precisão de 0,001 mm posicionado no centro da contraverga, proporcionando desta forma a observação do deslocamento máximo no centro, como demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Modelo de ensaio.



Fonte: Do Autor, 2014.

Para a realização do ensaio à flexão a quatro pontos, foram necessários 02 (duas) vigas metálicas de perfil I, 41x18x150 cm, 02 (dois) apoios metálicas de perfil I, 42x20x18 cm, 02 (dois) neoprenes, 03 (três) neoprenes, 02 (dois) roletes metálicos com 4,55 kg cada, 01 (uma) viga metálica de perfil I com 130x10x21 cm pesando 30,36 kg, 02 (duas) chapas metálicas pequenas, 01 (uma) cédula de carga com capacidade de carga de 500 kN, 01 (um) cilindro hidráulico e 01 (um) pórtico metálico, utilizou-se 01 (um) LVDT com precisão de 0,001mm.

Para a realização do ensaio, as contravergas foram marcadas igualmente em três partes, esta marcação serviu para locar os roletes nas distâncias equivalentes, evitando assim a má distribuição da carga aplicada. As distâncias podem ser observadas na Figura 6. Logo após foram locados os perfis metálicos de 41x18x150 cm para servirem como regulagem de altura e de base para os apoios metálicos de perfil I com 42x20x18 cm, após isso foram colocados 02 (dois) neoprenes retangulares entre a superfície metálica dos apoios e das contravergas. Então foram colocados 02 (dois) neoprenes entre as contravergas e os roletes metálicos nos locais marcados para a aplicação da carga nos pontos desejados. Foi posicionado uma viga metálica de perfil I com 130x10x21 cm, com a finalidade de distribuir a

carga nos dois roletes metálicos, e para finalizar colocou-se 02 (duas) chapas metálicas e 01 (um) neoprene para auxiliar na regulagem da altura da cédula de carga. O LVDT foi locado ao lado do sistema de ensaio, após o término da montagem do sistema, aplicou-se a carga sobre o elemento teste, sendo o deslocamento máximo medido por meio do LVDT. Na Figura 7 é possível observar o rompimento de uma contraverga e o ensaio montado.

Figura 7 – Rompimento de contravergas por ensaio de flexão.



Fonte: Do Autor, 2014.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ensaio-se um total de 09 (nove) contravergas em concreto armado, com dimensões expressas nos detalhamentos das Figuras 1, 2 e 3. Para controle do concreto utilizado, pois foi executado *in-loco*, efetuou-se o controle tecnológico e os resultados que determinam as características mecânicas foram obtidos por meio dos ensaios de resistência a compressão axial conforme NBR 5739 (2007). Utilizou-se placas de neoprene para efetuar a regularização da superfície do corpo de prova e o teste de tração por compressão diametral seguindo a NBR 7222 (2010). Os valores destes resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Controle tecnológico do concreto.

ENSAIO	RESISTÊNCIA COMPRESSÃO AXIAL (MPa)	TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL (MPa)
	15 dias	15 Dias
Amostra 1	10,90	2,68
	11,09	2,32
	13,39	-
Média	11,79	2,50
Desvio Padrão	1,39	1,03

Fonte: Do Autor, 2014.

De acordo com o tipo de material e métodos utilizados na execução das contravergas, estas foram divididas em três grupos (E, F e T) e separadas em apenas uma série de ruptura conforme a moldagem das mesmas. Nas Tabelas 2 e 3, estão expressos os valores de cargas até o deslocamento vertical máximo estabelecido na NBR 6118 (2007), L/250, e o carregamento até a ruptura do elemento.

Tabela 2 - Carregamento L/250

Grupos	E	F	T
Cargas (kN)	4,01	3,83	2,22
	4,53	3,10	1,56
	4,31	4,12	1,72
Média	4,31	3,83	1,72
Desvio Padrão	0,26	0,53	0,34

Tabela 3 - Carregamento até a ruptura

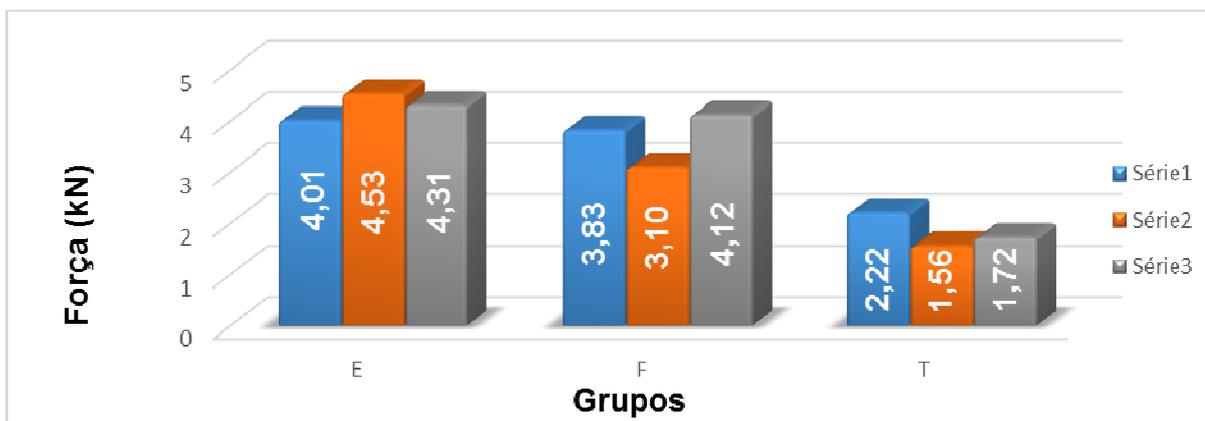
Grupos	E	F	T
Cargas (kN)	11,60	6,96	5,44
	12,07	6,33	3,99
	10,82	7,32	3,70
Média	11,60	6,96	3,99
Desvio Padrão	0,63	0,50	0,93

Fonte: Do Autor, 2014

Com os dados apresentados pelas Tabelas 2 e 3, podemos concluir que a média do grupo “E” é maior que a dos demais grupos no que se refere ao carregamento no L/250 e no carregamento até a ruptura. Fazendo um comparativo com o grupo “F”, o “E” ficou 12,53% acima no deslocamento de norma e 66,67% no carregamento até a ruptura. A comparação das médias do grupo “T” apresentou um aumento considerável em relação ao grupo “E”, ficando 150,58% abaixo para o deslocamento admissível e 190,73% para o carregamento até a ruptura. Entre os grupos “F” e “T”,

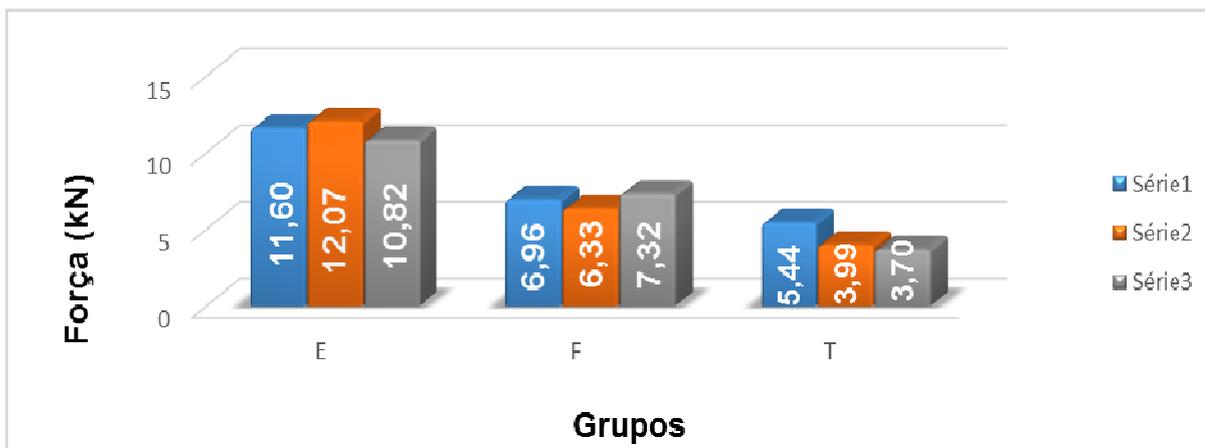
é possível observar que a diferença é significativa, chegando a 122,64% para o carregamento no L/250 e 74,44% para o carregamento de ruptura da peça. Esta diferença de carregamento pode ser observada e analisada nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Carregamento no deslocamento L/250.



Fonte: Do Autor, 2014.

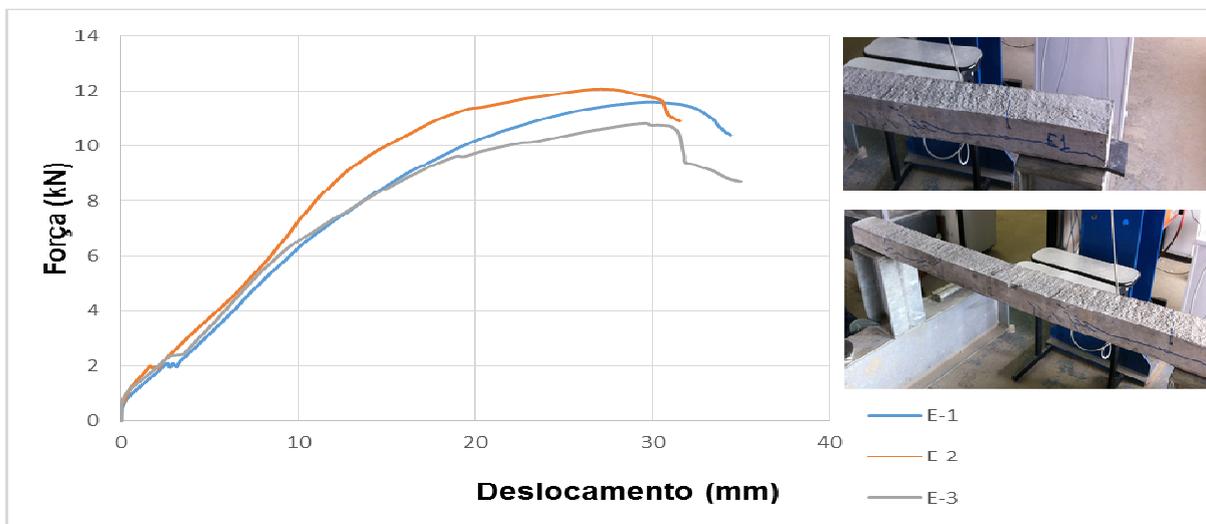
Figura 9 - Carregamento até a ruptura.



Fonte: Do Autor, 2014.

Em seguida, para uma melhor comparação dos resultados obtidos estão expressos os gráficos com o deslocamento central, gerado pelo LVDT, em relação ao carregamento aplicado até a ruptura das peças. Também constam, nestas figuras, as fotos das fissuras geradas na face lateral das contravergas dos respectivos grupos. A Figura 10 demonstra o comportamento do grupo E ao ensaio de resistência à flexão a quatro pontos.

Figura 10 - Curva Força x Deslocamento e Modo de Ruptura grupo E.

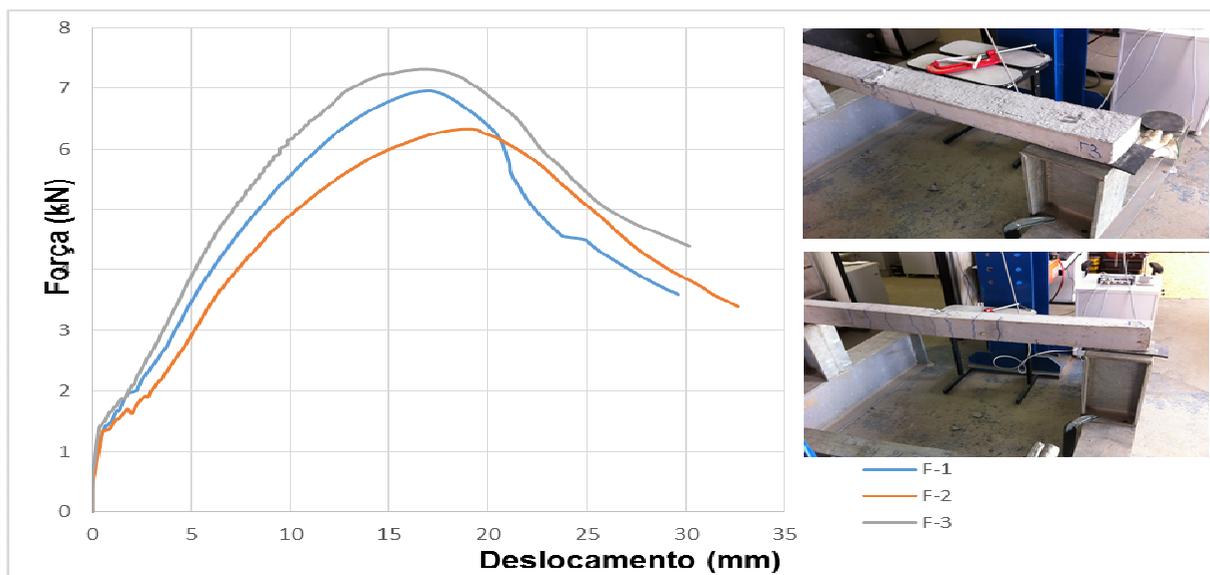


Fonte: Do Autor, 2014.

O ensaio apresentou um comportamento esperado para este tipo de contraverga, após o carregamento do grupo E, surgiram fissuras de aproximadamente 45° à contraverga. As fissuras apresentaram-se paralelas umas às outras, demonstrando uma típica ruptura por cisalhamento.

A Figura 11 demonstra o comportamento do grupo F ao ensaio de resistência à flexão a quatro pontos.

Figura 11 - Curva Força x Deslocamento e Modo de Ruptura grupo F.



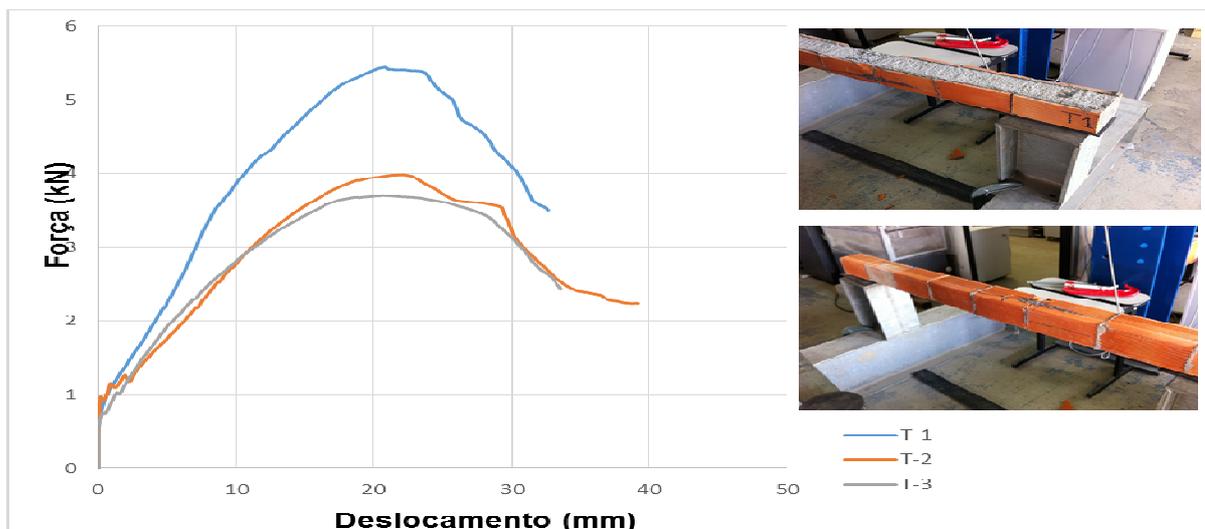
Fonte: Do autor, 2014

No grupo F, as fissuras apresentaram-se perpendiculares à contraverga, a maior

parte delas surgiram próximas ao centro do vão teórico e também ocorreram fissurações bruscas. Todas elas apresentaram-se paralelas umas às outras, indicando que a peça rompeu por flexão, solicitando uma maior área de aço.

A Figura 12 demonstra o comportamento do grupo F ao ensaio de resistência à flexão a quatro pontos.

Figura 12 - Curva Força x Deslocamento e Modo de Ruptura grupo T.



Fonte: Do autor, 2014

O revestimento em tijolos cerâmicos na parte externa da contraverga prejudicou a visualização das fissuras, logo, exigindo a retirada do revestimento em tijolo cerâmico de todas as peças do grupo. A Figura 13 representa a fissura causada no grupo T e a fissuração ocorrida em todos os grupos.

Figura 13 – (a) Fissuração dos grupos de contraverga; (b) Fissura grupo T;

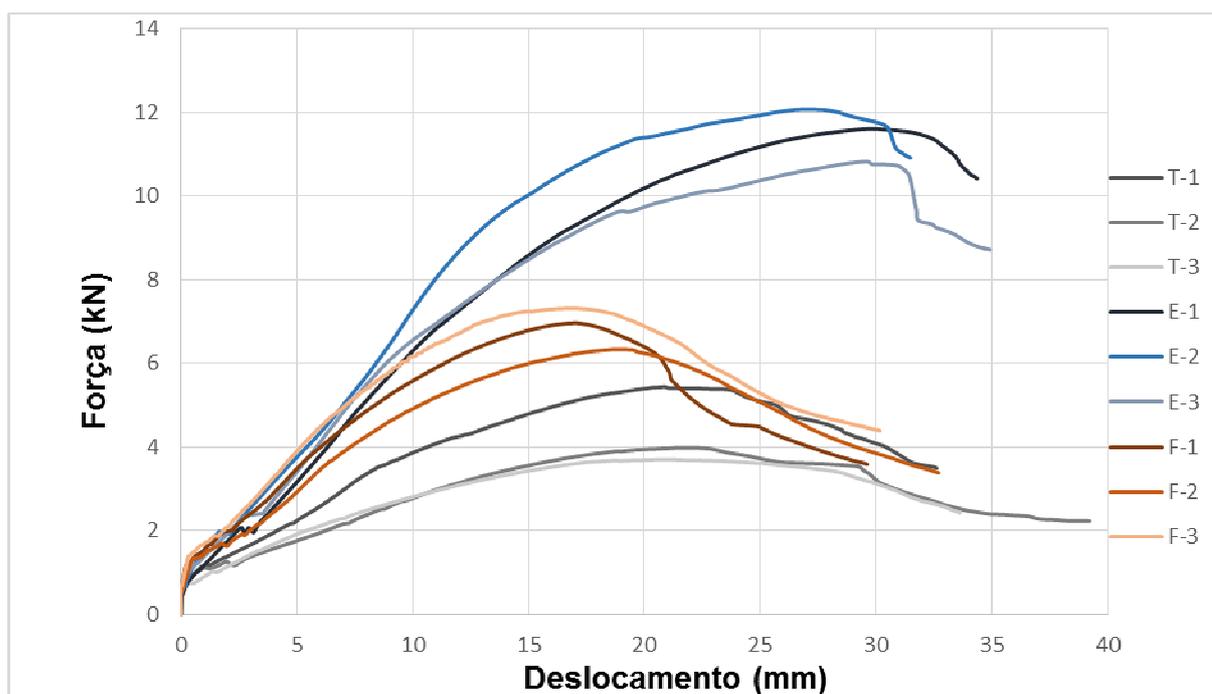


Fonte: Do Autor, 2014.

Nota-se por meio da Figura 13 que o grupo “T” obteve uma ruptura brusca, superior ao do grupo “F”. No caso da contraverga “T3” a ruptura foi total, ficando apenas de sustentação as duas barras de aço de 5mm de diâmetro, o fator relevante para este resultado foi a diminuição considerável da área da seção transversal do concreto, devido a espessura do revestimento cerâmico. Após efetuada as medidas das seções transversais de concreto das contravergas, os grupos “E” e “F” possuíam uma área de 110 cm², enquanto que o grupo “T” possuía uma área de 56 cm², apresentando uma redução de aproximadamente 50,91% da área da seção transversal do concreto.

A Figura 14 apresenta um gráfico com todos os grupos de contravergas, facilitando a comparação entre os diferentes grupos.

Figura 14 – Quadro geral de rupturas.



Fonte: Do Autor, 2014.

Com o gráfico da Figura 14, podemos notar a diferença entre o grupo “E” (contravergas estribadas) dos demais, isso ocorre principalmente devido a maior área de aço proporcionada pelo maior número de barras, juntamente com o estribo, em seguida temos o grupo “F”, com praticamente metade da resistência do grupo anterior. Por último temos o grupo “T” que ficou abaixo dos outros dois grupos citados. A grande diferença entre os grupos “T” e “E” é a diminuição considerável da área da seção transversal do concreto, levando este grupo a resistir cerca de

74,44% a mais na ruptura.

4 CONCLUSÃO

Após a execução dos ensaios propostos, ficou evidente os comportamentos distintos entre os grupos, lembrando que o grupo E representa as contravergas com estribos, o grupo F as contravergas de concreto sem estribo e o grupo T as contravergas feitas com fôrmas de tijolo cerâmico tipo calha sem estribo.

Notou-se que o grupo E foi o que obteve as melhores características do elemento estrutural, alcançando maior resistência no carregamento de ruptura e no deslocamento máximo permitido por norma, necessitando de um carregamento maior para sua deformação.

Devido à ausência de estribos e uma redução de 63,05% da área de aço, em comparação com o grupo anterior, o grupo F demonstrou uma redução significativa na resistência a ruptura, porém, no carregamento de deslocamento máximo permitido por norma, apresentou 12,53% inferior ao grupo E.

O grupo T em comparação com os outros dois grupos, demonstrou características de elemento estrutural inferiores, possuindo as menores cargas de resistência a ruptura e no deslocamento vertical máximo, quando solicitado a carga de serviço, possuindo assim o pior desempenho de resistência de todos os grupos. Estes resultados estão diretamente ligados a diminuição da área de concreto da seção transversal, devido a forma de tijolo cerâmico tipo calha, em conjunto com a menor área de aço em comparação ao grupo E. A carga no instante em que atingiu o deslocamento de norma, $L/250$, chegou a ser metade das cargas dos outros dois grupos, ocorrendo uma ruptura brusca, sendo o único grupo a apresentar uma fissuração total do concreto na sua seção transversal.

Em relação ao método de produção das contravergas, o grupo E possui o maior tempo de concretagem, montagem de armadura e maior quantidade de aço. Os grupos F e T não necessitam da montagem de armaduras e a sua concretagem é realizada rapidamente, devido à ausência de estribos que dificultam a passagem do concreto para a parte interna da contraverga.

Levando-se em consideração que a fissuração nos cantos das aberturas ocorre por causa da deformação ou ruptura das paredes de alvenaria, as deformações verticais causadas nas contravergas por meio da aplicação de carga são essenciais para a

prevenção deste tipo de manifestação patológica.

Portanto as conclusões aqui apresentadas servem como auxílio na tomada de decisões para qual tipo de contraverga utilizar de acordo com a necessidade de cada obra. Com a retroanálise dos resultados expostos neste trabalho, nota-se a necessidade de aliar estudos técnicos com os novos métodos de construção utilizados empiricamente. Desta forma, os métodos construtivos não podem ser norteados apenas pela produtividade e seus custos, devem atender a um critério mínimo de desempenho garantindo qualidade na execução de um empreendimento. Portanto, as construtoras tendo conhecimento pleno de todo o processo saberão tomar decisões precisas, evitando desperdício e manifestações patológicas, tendo como foco o alcance da excelência.

Como sugestão para complementação deste trabalho, sugere-se um artigo voltado para o levantamento dos custos de execução de cada um dos tipos de contravergas utilizadas no presente estudo, bem como, a resistência de carga atuante necessária para resistir aos esforços de cisalhamento e compressão axial devido a descontinuidade da alvenaria, com o intuito de evitar as fissurações.

5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15575**: Edificações habitacionais – desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 5738**: Concreto – Procedimentos para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro, 2003.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7222**: Concreto e argamassa – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2011.

RIPPER, Ernesto. **Como evitar erros na construção**. 2 ed. São Paulo: Pini, 1984. 122 p.

SAHADE, R. F. **Avaliação de sistemas de recuperação de fissuras em alvenaria**

de vedação. 2005.188f. Dissertação (Mestre em Habitação). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo.

SILVA, J. M.. Alvenarias não estruturais patologias e estratégias de reabilitação. In: Seminário sobre paredes de alvenaria. 2002. Porto. **Anais...** Coimbra: Universidade de Coimbra, 2002. p. 187-206.

THOMAZ, Ercio. Trincas em edificações: causas e mecanismos de formação. In: **IPT, Tecnologia de edificações.** São Paulo: Pini, 1988.

VINCENZO, D. S.. **Análise de tensões em alvenaria de vedação.** 2006.110 f. Trabalho (Graduação do Curso de Engenharia Civil). Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.