

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ – FAG
GUILHERME FRANCISCO BEAL

**ANÁLISE DE TRÊS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE VERGAS E
CONTRAVERGAS A PARTIR DE MODELO UTILIZADO EM CONJUNTOS
HABITACIONAIS NA CIDADE DE CASCAVEL - PR**

CASCAVEL – PR
2016

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ – FAG
GUILHERME FRANCISCO BEAL

**ANÁLISE DE TRÊS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE VERGAS E
CONTRAVERGAS A PARTIR DE MODELO UTILIZADO EM CONJUNTOS
HABITACIONAIS NA CIDADE DE CASCAVEL - PR**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário Assis Gurgacz - FAG, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientadora: Engenheira Civil Professora
Dra. Ligia Eleodora Francovig Rachid**

CASCAVEL – PR
2016

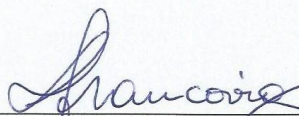
CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG

GUILHERME FRANCISCO BEAL

**ANÁLISE DE TRÊS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE VERGAS E
CONTRAVERGAS A PARTIR DE MODELO UTILIZADO EM CONJUNTOS
HABITACIONAIS NA CIDADE DE CASCAVEL - PR**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Civil, do Centro Universitário FAG,
como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob
orientação do Professor (a) Engenheira Civil Professora Dra. Ligia Eleodora Francovig
Rachid

BANCA EXAMINADORA



Orientadora Prof^ª. Engenheira Civil Dra. LIGIA ELEODORA FRANCOVIG RACHID
Centro Universitário FAG
Engenheira Civil



Professor Engenheiro Especialista JEFFERSON TEIXEIRA OLEA HOMRICH
Centro Universitário FAG
Engenheiro Civil



Professor Engenheiro Mestre JULIO TOZO NETO
Centro Universitário FAG
Engenheiro Civil

Cascavel, 26 de outubro de 2016.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Verga, contraverga e coxins	11
Figura 2 – Diagrama de tensões vão de janela	12
Figura 3 – Verga e contraverga contínua em repetitivas aberturas.....	12
Figura 4 – Transferência de cargas entre diversos componentes de uma casa.....	13
Figura 5 – Distribuição de cargas ao longo da parede.....	13
Figura 6 – Distribuição da carga ao longo da verga	14
Figura 7 – Distribuição da carga nos apoios da verga	14
Figura 8 – Área de influência de cargas na verga	15
Figura 9 – Método 1 em estudo	16
Figura 10 – Método 2 em estudo	17
Figura 11 – Método 3 em estudo.....	17
Figura 12 – Fôrma em madeira para realização de verga e contraverga.....	17
Figura 13 – Inserção de armadura, detalhe para o espaçamento da armadura	18
Figura 14 – Fôrma em madeira para alinhamento dos tijolos canaleta	18
Figura 15 – Inserção de armadura método Construtora X	19
Figura 16 – Regularização superfície corpo de prova	20
Figura 17 – Ensaio compressão corpo de prova.....	20
Figura 18 – Aplicação da carga nas amostras.....	21
Figura 19 – Célula de carga	21
Figura 20 – Fissuras nas amostras.....	22
Figura 21 – Fissuras em vão de janela de unidade habitacional	23
Figura 22 – Fissura na parte superior do vão.....	23
Figura 23 – Fissura em toda extensão da abertura	24
Figura 24 – Tabela cobrimento da armadura.....	26
Figura 25 – Seção disponível para preenchimento de concreto	27

Figura 26 – Gráfico ensaio resistência a flexão em 4 pontos	27
Figura 27 – Fissuração típica de ruptura por cisalhamento – Método 1	28
Figura 28 – Rompimento da contraverga devido flexão – Método 3.....	28

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
1.1	OBJETIVOS	6
1.1.1	Objetivo Geral	6
1.1.2	Objetivos Específicos	6
1.2	JUSTIFICATIVA	6
1.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	7
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	7
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	ALVENARIA	8
2.2	BLOCO DE CONCRETO	9
2.3	TIJOLO CERÂMICO FURADO (BAIANO)	9
2.4	ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO	10
2.5	VERGAS E CONTRAVERGAS	10
2.6	LINTEIS	12
2.7	INFLUENCIA DAS ABERTURAS NAS PAREDES	12
3	METODOLOGIA	16
3.1	TIPO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
	APÊNDICE A – CORPO DE PROVA 1 – CONCRETO	33
	APÊNDICE B – CORPO DE PROVA 2 – CONCRETO	34
	APÊNDICE C – CORPO DE PROVA 3 – CONCRETO	35

1 INTRODUÇÃO

A partir do crescimento e desenvolvimento da construção no Brasil, iniciou-se a busca por novos métodos executivos para reduzir custos e aumentar a produtividade no setor. A aceleração econômica e a alta demanda por moradia fez com que várias empresas apostassem no setor da construção civil. A Construtora, que foi objeto deste estudo, está localizada na cidade de Cascavel, oeste do Paraná, apostou em nova técnica de execução de vergas e contravergas, visando a redução de custos e o aumento da produtividade.

A norma de desempenho NBR 15575/2013 faz com que o mercado da construção civil se torne cada vez mais rigoroso em relação a qualidade dos serviços, fazendo com que as empresas prezem cada vez mais a qualidade nas edificações, buscando evitar ou minimizar possíveis manifestações patológicas.

A Construtora X adotou um método de realização de vergas e contravergas com tijolos 6 furos, devido ao aparecimento de patologias nas edificações; este estudo vem comparar a resistência a flexão de três métodos executivos de vergas e contravergas, sendo: convencional em concreto, em tijolos canaleta e com tijolos 6 furos. Foram comparadas e verificadas as resistências do sistema utilizado pela Construtora X em comparação com os demais.

Para distribuir esforços nas paredes onde se situam as esquadrias, utilizam-se nas aberturas dos vãos, as vergas e contravergas. Segundo Thomaz (1988), 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. Ripper (1984, p. 36), diz ainda 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 40cm para cada lado [...]”. Sendo assim, a utilização do método é de extrema importância para que se obtenha resistência nos pontos de aplicação de cargas, evitando o aparecimento de patologias. Portanto, o método de execução, bem como a resistência dos materiais empregados é fundamental para que se possa reduzir ou evitar o aparecimento de manifestações patológicas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar a resistência à flexão do método construtivo de verga e contraverga utilizado por uma construtora na cidade de Cascavel-PR.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar a resistência à flexão das vergas e contraverga executadas com três sistemas construtivos;
- Verificar qual a influência do método executivo nas patologias encontradas nas esquadrias da edificação.

1.2 JUSTIFICATIVA

O crescimento da construção civil tornou o mercado competitivo, desafiando as construtoras a reduzir custos e aumentar a produtividade. A partir deste momento iniciou-se a busca por novos métodos construtivos que possam poupar tempo, e por consequência dinheiro.

A Construtora X tem como foco a construção de edificações na cidade de Cascavel-PR, e buscando o ganho de tempo utilizou em suas edificações um novo método executivo de verga e contraverga. Porém, após a entrega das edificações ocorreu a incidência de manifestações patológicas, principalmente em janelas. Questiona-se, portanto, a eficácia do método construtivo das vergas e contravergas, pois sua resistência comparada ao método convencional em concreto é desconhecida, e até que ponto a aplicação deste método contribuiu para as manifestações patológicas.

Dentre elas estão a abertura de fissuras no entrono das janelas, as quais possibilitam a entrada de água ocasionando o descolamento da tinta, desintegração do reboco, além do aparecimento de bolor; patologias estas que podem trazer danos físicos (doenças) e financeiros aos proprietários.

Com a realização deste trabalho, busca-se identificar a resistência deste método inovador a partir de tijolos 6 furos comparado com o método convencional em concreto, e se a aplicação do mesmo pode ter contribuído para o desenvolvimento da patologia, afim de se obter parâmetros para a utilização ou não desta técnica em outras edificações.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Qual a resistência a flexão do método executivo de verga e contraverga empregado pela Construtora X?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi limitada à análise de três métodos construtivos de vergas e contravergas os quais são, o maciço em concreto, com a utilização de tijolos canaletas e com a utilização de tijolos 6 furos como forma. O método com a utilização de tijolos, o qual será comparado com os outros métodos já utilizados comercialmente, foi empregado em conjuntos residenciais na cidade de Cascavel-PR, os quais totalizam 202 unidades habitacionais em uma área aproximada de 15.000 m².

Limita-se a pesquisa com a determinação da resistência dos métodos construtivos de verga e contraverga com a realização de ensaio em laboratório, obtendo-se parâmetros para a utilização ou não deste método em novas edificações. Restringe-se à pesquisa, a análise destes três métodos e se a utilização do método com tijolos 6 furos, utilizado pela Construtora X em suas obras, pode ter contribuído com a incidência das patologias encontradas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALVENARIA

Entende-se por alvenaria, um conjunto tijolos ou blocos unidos entre si por argamassa. A alvenaria pode ser considerada como elemento de vedação, onde a mesma não possui resistência a esforços estruturais, suporta apenas seu peso próprio, protege o interior da edificação contra intempéries e também é utilizada como elemento para divisão de ambientes internos. A alvenaria não estrutural traz conforto e proteção aos usuários da edificação.

Já a alvenaria estrutural atua na recepção e distribuição de cargas, sendo estas de peso próprio, de lajes, cobertura e até mesmo de pavimentos superiores. A alvenaria com aspecto estrutural é utilizada com maior cautela e deve ser previamente dimensionada a fim de evitar manifestações patológicas na estrutura. (THOMAZ E HELENE, 2000)

Segundo Thomaz (1988), as alvenarias apresentam bom comportamento às solicitações de compressão, o mesmo não ocorrendo em relação às solicitações de tração, flexão e cisalhamento.

As edificações sofrem com o tempo movimentações, as quais podem trazer danos como fissuras, entrada de umidade, entre outros problemas patológicos. Na alvenaria, as juntas são responsáveis por receber e atenuar algumas destas movimentações. Thomaz (1988) diz que a capacidade das alvenarias absorverem deformações impostas é regida pelas juntas. Sendo assim, quanto maior a dimensão do bloco, menor o número de juntas e, portanto, menor o poder de absorção de movimentações.

A alvenaria representa na edificação, a segurança e a solidez da obra, seja por atuar como estrutura ou apenas como elemento de vedação, pois traz ao usuário conforto e segurança, principais itens esperados em uma edificação. Na alvenaria de vedação como também na alvenaria estrutural, deve-se considerar mais do que o próprio desempenho mecânico, aspectos da estanqueidade à água, isolamento térmica e isolamento acústica.

A alvenaria executada com juntas e amarração entre as paredes trabalham juntamente com as lajes e apresentam razoável poder de redistribuição de cargas. Sendo assim, as paredes mais carregadas transmitem cargas às paredes menos carregadas. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), esta redistribuição de cargas, ao longo dos pavimentos, faz com que as paredes térreas recebam as cargas de forma homogênea, em alguns casos.

A redistribuição de cargas é praticamente interrompida nas regiões de aberturas na edificação, sendo estas as portas e janelas, pontos estes que recebem então acentuada concentração de cargas. Está aí a grande importância de elementos para a distribuição das cargas que tendem a se concentrar nos vãos. Dentre estes elementos estão as vergas e contravergas, elementos estes que devem possuir o correto dimensionamento para que recebam e distribuam os esforços de forma eficaz, evitando danos à edificação.

Tubi (1986) recomenda que, no caso de aberturas muito próximas, deve-se adotar o uso de pilares intermediários, além de se adotar vergas e contravergas contínuas.

2.2 BLOCO DE CONCRETO

Dentre os materiais para a alvenaria, o bloco de concreto é bastante utilizado principalmente para a execução da alvenaria estrutural. Os fabricantes oferecem os blocos com várias dimensões, sendo a mais utilizada 14x19x39cm (altura x largura x comprimento).

Cada bloco varia em relação a resistência, a fim de atender as determinadas obras, a qual o mesmo será empregado. As diversas resistências são encontradas a partir da variação do traço do concreto durante a fabricação do bloco. (RAMALHO e CORRÊA, 2003)

Para o uso do bloco como vedação externa, o mesmo deve atender os parâmetros máximos de absorção de umidade, onde o bloco não pode apresentar um teor de umidade maior que 40% de absorção total, conforme o item 5 da normativa NBR 6136/2014.

Segundo a Norma Brasileira NBR 6136/2014, a resistência mínima do bloco à compressão média deve ser de 2,5 MPa, e a mínima individual deve ser de 2,0 MPa.

2.3 TIJOLO CERÂMICO FURADO

O tijolo cerâmico furado é o mais utilizado pelas construtoras e incorporadoras na região do Oeste do Paraná, o mesmo é fabricado a partir da argila, a qual passa pelo processo de extrusão (prensagem) e após é queimado a fim de obter o ganho de resistência. O processo de aquecimento da peça é de grande importância e deve seguir o controle de temperatura, para garantir ao final do processo um material resistente e durável.

O tijolo apresenta a forma de paralelepípedo, podendo possuir furos prismáticos ou cilíndricos. As dimensões mais utilizadas são as 09x19x19 cm e 09x19x29 cm (largura x altura x comprimento). A resistência do mesmo é definida pela Norma Brasileira NBR 15270/2005, sendo a resistência mínima à compressão média de 2,5 MPa, e a mínima individual de 2,0 MPa.

2.4 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO

A argamassa compreende a mistura de três elementos muito utilizados em obra: a areia, a cal hidratada e o cimento. A argamassa é o elemento de ligação entre blocos ou tijolos. Sua principal característica é a capacidade de transferir tensões de maneira uniforme entre os blocos ou tijolos, absorvendo imperfeições. Atua como elemento de ligação (RAMALHO e CORRÊA, 2003).

Existem diversos traços de argamassas disponíveis no mercado, todos contendo como matéria-prima a areia, a cal e o cimento; portanto, o diferencial está nos aditivos que podem ser adicionados, que atuam de diversas formas dependendo da necessidade (ISAIA, 2011).

A argamassa pode ser fabricada em obra, com traço a ser definido pelo responsável. Pode ser adquirida de forma usinada, sendo entregue com o caminhão betoneira, industrializada ou servida através de silos; onde a argamassa é vendida a granel e ocorre apenas a mistura com água no local da utilização.

2.5 VERGAS E CONTRAVERGAS

Vergas e contravergas são elementos encontrados em aberturas de alvenarias e possuem a função de receber as cargas presentes nas aberturas e redistribuí-las nos apoios ou na própria alvenaria (THOMAZ, 1988).

Segundo Thomaz (1988), as vergas e contravergas têm como finalidade absorver tensões que se concentram no contorno dos vãos, evitando a deformação e fissuração das aberturas. Afirma ainda que as mesmas devem possuir transpasse mínimo de 40 cm para cada lado do vão. Há quem recomenda que as mesmas devem seguir até o encontro da estrutura

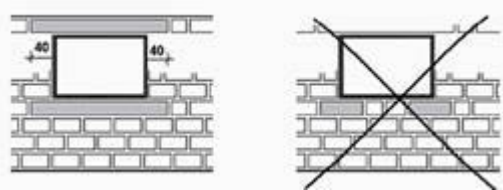
para a distribuição da carga. Esta decisão, portanto, fica a critério do projetista sendo analisado caso a caso.

Thomaz (1988) diz que no caso de vãos sucessivos, as mesmas devem ser contínuas, e no caso de vãos especiais como janelas e portas de grande dimensão, as mesmas devem ser dimensionadas como vigas.

Recomenda-se que as vergas e contravergas sejam armadas com pelo menos duas barras de ferro 6mm, podendo ser constituída de concreto normal ou microconcreto no caso de preenchimento de canaletas. As mesmas devem ser previamente dimensionadas de acordo com as cargas atuantes e a extensão do vão, sendo compatibilizadas conforme a necessidade da obra (THOMAZ, 1988).

Thomaz (1988) recomenda que a prática de adotar coxins laterais (Figura 1) de distribuição deve ser evitada, pois tais elementos não redistribuem as tensões provocadas pelas movimentações térmicas, retrações ou distorções da alvenaria.

Figura 1 – Verga, contraverga e coxins.

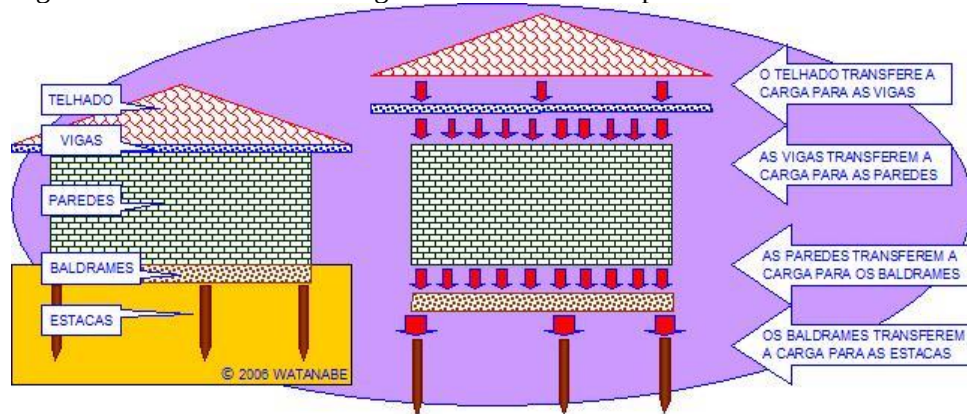


Fonte: Thomaz (2001).

Alguns estudiosos defendem a tese de que as aberturas na alvenaria funcionam da mesma forma que a abertura de um alçapão em laje, por exemplo. Para que os vãos não fiquem frágeis e com um acúmulo de carga, recomendam fazer pilaretes nos dois lados do vão, tendo a verga e a contraverga amarradas neles, de forma a distribuir os esforços diretamente na estrutura da edificação.

Segundo Thomaz (1988), a existência de aberturas (janelas e portas) nas paredes são locais propícios ao aparecimento de fissuras, pois seus vértices são regiões de elevada concentração de tensões.

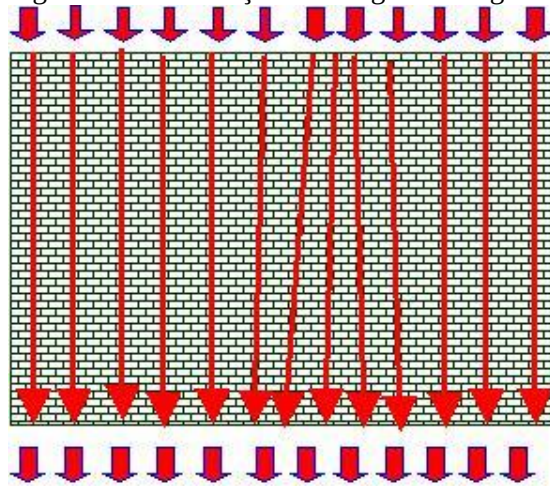
Figura 4 - Transferência de cargas entre diversos componentes de uma casa.



Fonte: Watanabe, 2011.

Ao se analisar as cargas em uma parede percebe-se o fluxo de cima para baixo o que teoricamente ocorreria de maneira uniforme, porém não é bem assim que ocorre. Na prática aplica-se materiais não homogêneos, executados por mão de obra também não homogêneas o que não nos permite ter uma distribuição uniforme por toda estrutura. De maneira geral a distribuição das cargas ocorre conforme o ilustrado na Figura 5.

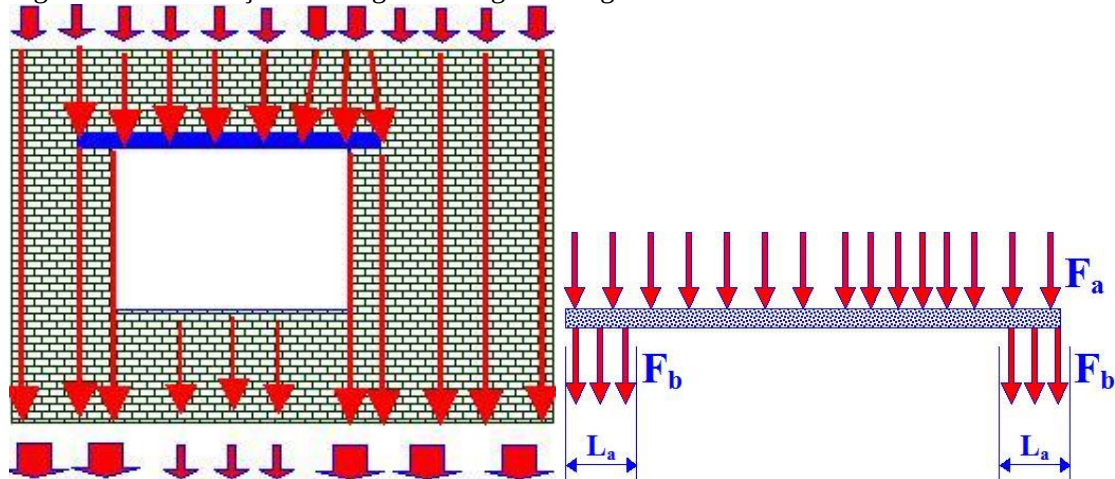
Figura 5 – Distribuição das cargas ao longo da parede.



Fonte: Watanabe, 2011.

As aberturas que são realizadas nas alvenarias acabam causando certo enfraquecimento da estrutura da parede, resultando em partes da parede com pouca carga e outras áreas mais carregadas. A fim de reforçar este vão utiliza-se uma viga a ser colocada na verga do vão, ou seja, parte superior da abertura. A distribuição das cargas nesta verga pode ser observada na Figura 6.

Figura 6 – Distribuição das cargas ao longo da verga.

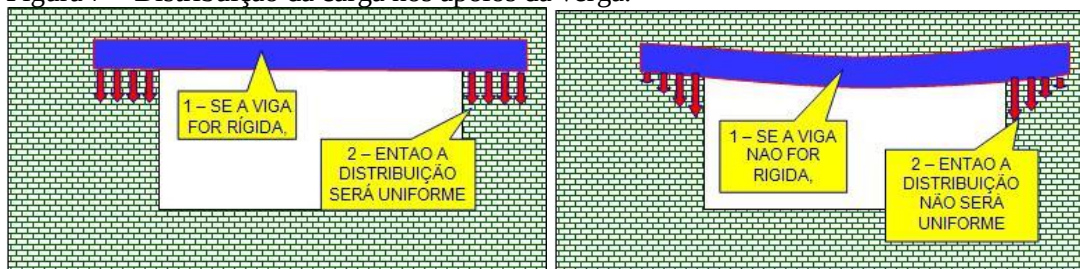


Fonte: Watanabe, 2011.

Na parte superior da viga atuam as cargas da parede, como na parte de baixo encontra-se o vão a carga resultante é distribuída nas duas extremidades da parede, ilustradas na Figura 6 como L_a . Estaticamente é necessário garantir o equilíbrio que se define pela equação: $F_a = F_b + F_b$, onde F_a é a carga atuante sobre o vão e F_b a somatória da carga distribuída nos apoios. O ponto crítico das vergas são os apoios, pois ocorre uma grande concentração de cargas, sendo comum encontrar patologias nos cantos das aberturas. Para garantir a distribuição correta das cargas é preciso que a carga resultante no apoio seja distribuída em um comprimento suficiente para que não se ultrapasse o limite admissível da alvenaria.

Cuidados especiais devem ser tomados em relação a rigidez da verga, pois uma verga rígida distribui as cargas de maneira uniforme, já uma verga flexível faz com que as cargas sejam distribuídas em parcelas diferentes ao longo do comprimento de apoio conforme ilustrado na Figura 7.

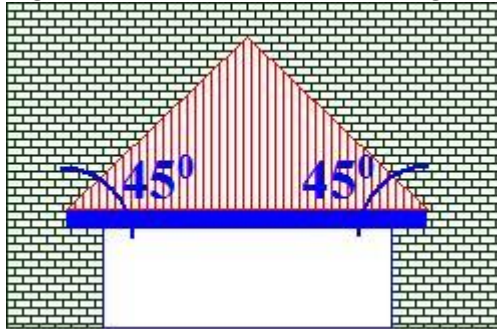
Figura 7 – Distribuição da carga nos apoios da verga.



Fonte: Watanabe, 2011.

A norma brasileira NBR 6136/2014 recomenda que para o cálculo da carga sobre a verga considera-se o peso da parede mais as cargas atuantes nela dentro de uma faixa triangular traçada a partir das extremidades da verga, conforme Figura 8.

Figura 8 – Área de influência de cargas na verga.



Fonte: Watanabe, 2011.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE ESTUDO E LOCAL DA PESQUISA

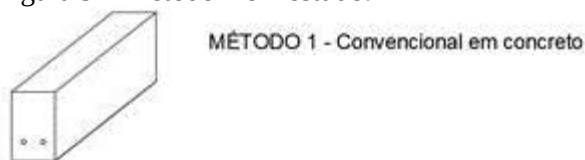
Este trabalho trata da análise do método construtivo de vergas e contravergas utilizados pela Construtora X em unidades habitacionais, as quais totalizam aproximadamente 202 unidades em uma gleba de 15.000m².

Para a realização do estudo comparativo dos três métodos de vergas e contravergas, foram escolhidos dois já utilizados pelas construtoras da região, para que estes fossem comparados com o método de tijolos 6 furos empregado pela Construtora X. A dimensão das amostras foi fixada em 1,30 metros de comprimento e seção transversal de (14x19) centímetros, estas dimensões são dos blocos canaleta encontrados na região.

O comprimento das amostras foi fixado em 1,30 metros para facilitar a locomoção das amostras, inclusive no transporte que foi manual para a realização do ensaio. Foram realizadas 3(três amostras), totalizando 9 (nove) amostras. A viga era apoiada em cada uma das extremidades e em dois pontos de inserção pré-determinados das cargas que foram aplicadas para o ensaio de resistência, para avaliar e comparar os resultados obtidos.

O método 1 trata das amostras realizadas em concreto, o molde da peça foi feito com fôrma em madeira para que a peça final ficasse com as dimensões predeterminadas com seção de 14x19 cm. Este modo de execução encontra-se nas literaturas, onde se pode executar no sistema pré-moldado e realizar o assentamento da peça sob o vão ou ser realizado *in loco*, onde se fecha a caixaria lateral e usa-se o tijolo como fundo no caso das contravergas; já no caso de vergas é necessária a execução do fundo na medida do vão. Para a realização do estudo da peça é necessário então realizar a peça de forma pré-moldada, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Método 1 em estudo.



Fonte: Autor (2016).

O método 2 são amostras realizadas com tijolos canaletas na dimensão (14x19x19) cm. Este tijolo é bastante empregado na execução da alvenaria estrutural, por ser vazado em seu interior serve como caixaria para a realização de cintas de amarração da estrutura. Pode

também ser empregado como verga e contraverga devido a praticidade da execução, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Método 2 em estudo.



Fonte: Autor (2016).

O método 3 é o utilizado pela Construtora X em suas obras. Trata-se da contraverga feita com a junção de tijolos 6 furos, como ilustrado na Figura 11. Este pode ser pré-moldado, pois para a realização da concretagem dos furos dos tijolos é necessário posicioná-los na vertical. Neste estudo, para garantir a mesma dimensão das demais amostras, foi utilizado o tijolo 9 furos com dimensão de (14x19x19) cm.

Figura 11 – Método 3 em estudo.



Fonte: Autor (2016).

Os tijolos 9 furos, como também os tijolos canaleta, foram fornecidos por uma olaria, que está localizada na região oeste do Paraná e está cerca de 80 km de Cascavel.

Para a realização do método 1, como era em concreto, foi necessária a montagem da fôrma em madeira, conforme mostra a Figura 12.

Figura 12 – Fôrma em madeira para realização de verga e contraverga.



Fonte: Autor (2016).

O processo de concretagem se desenvolveu realizando a inserção de concreto para garantir o cobrimento da armadura, conforme o especificado na NBR 6118/2014 “Projetos de estruturas em concreto”. Na amostra foram empregadas duas barras de ferro CA 50, com diâmetro de 6,3mm, conforme ilustrado na Figura 13. A dimensão da armadura foi definida a partir da literatura onde Thomaz (2001) recomenda a utilização de no mínimo duas barras de 6,3mm. Já para aberturas de grande dimensão, as vergas devem ser calculadas como vigas. Como o vão em estudo é pequeno, adotou-se a utilização da armadura mínima.

Figura 13 – Inserção de armadura, detalhe para o espaçamento da armadura.



Fonte: Autor (2016).

O método 2 é a execução da contraverga com tijolos canaletas para garantir o alinhamento e o encaixe correto foi utilizado uma fôrma de madeira. Iniciou-se a concretagem, de modo que o cobrimento fosse de 2,5 cm, conforme a norma NBR 6118/2014 “Projetos de estruturas em concreto”. Foram inseridas duas barras de aço CA 50, com diâmetro de 6,3 mm, conforme detalhe da Figura 14.

Figura 14 – Fôrma em madeira para alinhamento dos tijolos canaleta.



Fonte: Autor (2016).

O método 3 foi realizado com tijolos 9 furos para garantir a mesma seção para os três métodos. Utilizou-se fôrma em madeira para garantir o alinhamento dos tijolos, os furos dos tijolos foram preenchidos. Desta forma, a fôrma foi posicionada na vertical para permitir o lançamento do concreto. Foram utilizadas 4 barras de aço CA 50, com diâmetro de 6,3 mm, o

dobro do recomendado pela literatura; porém, o utilizado na execução das vergas e contravergas da Construtora X em estudo, sendo esta armadura posicionada no interior dos furos dos tijolos nos 4 furos das extremidades, como ilustrado na Figura 15.

Figura 15 – Inserção de armadura método Construtora X.



Fonte: Autor (2016).

Durante o processo de concretagem, realizou-se a centralização da armadura no furo para garantir o envolvimento do concreto de forma mais uniforme no entorno das barras. Como o diâmetro do furo do tijolo não foi projetado para receber armadura, o mesmo não segue a normativa NBR 6118/2004 em relação ao cobrimento mínimo da armadura.

O concreto para a realização das 9 (nove) amostras foi realizado *in loco* com traço do concreto 1:4:5 (cimento, areia, brita) para a resistência de 25 MPa. Foi realizado o molde de 3 (três) corpos de prova cilíndricos (10x20) cm, os quais foram ensaiadas com as contravergas, para a determinação da resistência do concreto.

Todas as etapas executivas foram realizadas no canteiro de obras da Construtora X e a realização dos ensaios foi realizada no Laboratório de Construção Civil da FAG.

Utilizou-se a prensa para o rompimento dos corpos de prova, a superfície do corpo de prova foi regularizada, conforme se observa na Figura 16. Este procedimento é necessário para garantir a distribuição da carga sobre a área total da superfície.

Figura 16 – Regularização superfície corpo de prova.



Fonte: Autor (2016).

O ensaio seguiu todos os procedimentos descritos na norma NBR 5739/2007. Durante o processo de ensaio a amostra foi envolta em um pedaço de tubo de PVC, que serviu para evitar o arremesso de partículas de concreto durante o ensaio, ilustrado na Figura 17.

Figura 17 – Ensaio compressão corpo de prova.



Fonte: Autor (2016).

Foi obtida a resistência à compressão do concreto e o gráfico tensão/deformação. Com a determinação da resistência do concreto, iniciou-se a preparação para a aplicação de carga nas 9 amostras das vergas e contravergas. O processo foi realizado conforme esquema mostrado na Figura 18.

Figura 18 – Aplicação da carga nas amostras.



Fonte: Autor (2016).

A amostra foi apoiada nas duas extremidades, o vão foi dividido em três partes iguais para alocar os roletes metálicos, que são os responsáveis pela distribuição da carga. Como fica difícil fazer a simulação da forma exata com que a verga e contra-verga é solicitada, optou-se pela realização do teste de flexão a 4 pontos a fim de se obter um valor comparativo de resistência para as amostras. Para garantir a uniformidade do local, foi utilizado um pedaço rígido de borracha no local que seria deslizado o rolete metálico. Sobre os roletes metálicos, foi colocada uma viga I para receber a carga da prensa, distribuir e reaplicar a mesma sobre os roletes metálicos, os quais transmitiram a carga para as amostras para obtenção dos dados.

Para todas as amostras foi realizado o mesmo procedimento. Os dados de aplicação de carga foram captados por uma célula de carga de 1000 KN, a qual foi inserida no ponto de aplicação de carga da prensa para a viga I, conforme o indicado na Figura 19.

Figura 19 – Célula de carga.



Fonte: Autor (2016).

Uma carga constante foi aplicada até o momento em que a peça passava do modo elástico para o plástico. Na Figura 20 podem ser percebidas as fissuras nas amostras.

Figura 20 – Fissuras nas amostras.



Fonte: Autor (2016).

A análise para verificar se o método de execução das vergas e contra vergas possui relação com as manifestações patológicas, será feita a partir da comparação dos resultados obtidos com relação à resistência do método 1 em concreto, o qual é indicado pela literatura (THOMAZ, 2001); e o método 3, o qual foi empregado pela Construtora X em suas edificações.

O ensaio pode, portanto, condenar o método 3 devido sua baixa resistência a absorção de cargas, ou poderá mostrar que o método possui resistência e que os problemas manifestados pela edificação possuem ligação com algum outro fator que não está diretamente ligado com a resistência do método 3.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após inúmeras visitas nas unidades habitacionais executadas pela Construtora X, pôde-se observar a ocorrência e a recorrência de fissuras nas janelas, conforme a Figura 21.

Figura 21 – Fissuras em vão de janela de unidade habitacional.



Fonte: Autor (2016).

Observa-se que as fissuras ocorrem de forma horizontal no vão, sendo encontradas tanto na parte superior quanto na inferior do mesmo, onde durante o processo executivo foram utilizadas vergas e contravergas conforme o método 3 ilustrado neste trabalho. Tais fissuras se transpassam na alvenaria, ficando expostas as intempéries, trazendo consigo umidade, mofo, bolor, desintegração do reboco, bolhas e deslocamento da pintura; entre outros problemas patológicos, conforme ilustrados nas Figuras 22 e 23.

Figura 22 – Fissura na parte superior do vão.



Fonte: Autor (2016).

Figura 23 – Fissura em toda extensão da abertura.



Fonte: Autor (2016).

Para a realização da análise do método construtivo das vergas e contravergas utilizadas pela Construtora X nestas edificações, foram analisadas 9 amostras de vergas e contravergas, as quais foram submetidas a testes de resistência a flexão. Realizou-se o controle tecnológico do concreto, devido o mesmo ter sido produzido *in loco*. Para se obter as características mecânicas, foi realizado o ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos conforme a normativa NBR 5739/2007.

Os valores obtidos nestes ensaios estão apresentados na Tabela 1, assim como os gráficos obtidos durante o processo de compressão no Anexo 1 deste trabalho.

Tabela 1 – Resultados do ensaio de compressão dos corpos de prova.

ENSAIO COMPRESSÃO DE CORPOS DE PROVA CILÍNDRICOS - RESULTADOS	
--	--

NBR 5939/2007	
Amostra	Tensão Máxima (Mpa)
Amostra 1	31,4
Amostra 2	29,3
Amostra 3	27,6
Média	29,43

Fonte: Autor (2016).

As contravergas foram divididas em grupos de acordo com o método utilizado. Cada grupo possui três amostras, as quais foram submetidas ao ensaio de flexão em quatro pontos. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2. Realizou-se o cálculo da área de aço e da área de concreto presente em cada um dos métodos, resultado este também apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de flexão.

ENSAIO FLEXÃO A QUATRO PONTOS - RESULTADOS

Método 1 – CONCRETO	
Amostra	Resistência (KN)
Amostra 1	47,86
Amostra 2	35,3
Amostra 3	45,11
Média	42,75

Área de aço	0,62cm ²
Área de concreto	266cm ²

Método 2 - Tijolo Canaleta	
Amostra	Resistência (KN)
Amostra 1	22,56
Amostra 2	27,95
Amostra 3	26,26
Média	25,59

Área de aço	0,62cm ²
Área de concreto	210cm ²

Método 3 - Tijolo 6 furos	
Amostra	Resistência (KN)
Amostra 1	48,94
Amostra 2	34,52
Amostra 3	36,28
Média	39,91

Área de aço	1,24cm ²
Área de concreto	148,05cm ²

Fonte: Autor (2016).

Observa-se na Tabela 1, que a resistência obtida no concreto através do ensaio de compressão dos corpos de prova, está acima do esperado que era de 25 MPa, as amostras foram consideradas válidas para a realização do ensaio.

Tabela 3 – Comparação dos dados obtidos.

MÉTODO	RESISTÊNCIA (KN)	ÁREA DE AÇO (CM ²)	ÁREA DE CONCRETO (CM ²)	PERCENTUAL (%)
CONCRETO	42,75	0,62	266	Referência
TIJOLO 6 FUROS	39,91	1,24	148,05	6,65
TIJOLO CANALETA	25,59	0,62	210	40,15

Fonte: Autor (2016).

Os dados apresentados no ensaio à flexão das amostras, mostram que o método 1, que são as vergas em concreto, se mostraram mais eficientes que as demais, cerca de 6,65%. O segundo método em tijolos canaletas foi o que obteve a menor resistência, 40,14% menor que a contraverga em concreto.

Verifica-se que a área de aço é a mesma entre o método 1 e o método 2, porém tem uma diferença significativa na seção do concreto, devido as canaletas em tijolos cerâmicos. O terceiro método foi o que se aproximou mais do método 1, com 6,65% de diferença. Isto é relevante, pois ao se analisar a seção do concreto, a mesma é 29,5% menor. O que se difere entre elas é a área de aço que no método 3 é o dobro dos demais, o que favoreceu o método para se obter a resistência apresentada no ensaio.

Quando se analisa o método 3 em tijolos 6 furos, que é utilizado pela Construtora X, percebe-se que o mesmo não cumpre os quesitos básicos da normativa NBR 6118/2007, que considera para ambientes urbanos o cobrimento mínimo da armadura de 25mm, conforme os valores constantes na tabela da Figura 24.

Figura 24 – Tabela cobrimento da armadura.

Tabela 7.2 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal para $\Delta c = 10$ mm

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118/2007.

Devido a execução do método 3 ser realizada a partir de tijolos, a seção disponível para o preenchimento com concreto é de 3,3x5 cm. Sendo assim, a normativa NBR 6118/2007 não é seguida, pois apenas a distância necessária para o cobrimento já ultrapassa a medida do vão, conforme visualizado na Figura 25.

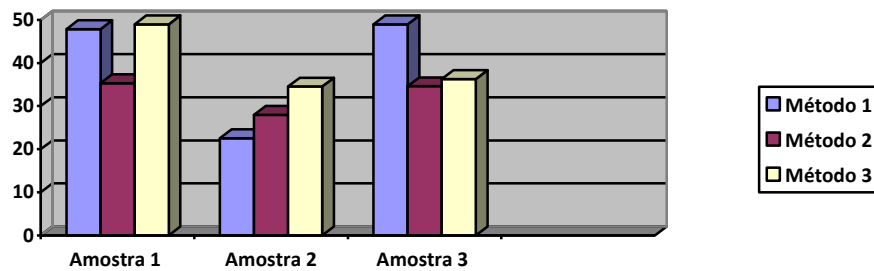
Figura 25 – Seção disponível para preenchimento de concreto.



Fonte: Autor (2016).

Para a comparação dos resultados, o gráfico da Figura 26 apresenta a diferença de resistência entre os três métodos.

Figura 26 – Ensaio resistência a flexão em 4 pontos.



Fonte: Autor (2016).

As peças foram analisadas durante o ensaio e percebeu-se que o mesmo seguiu os caminhos esperados. A fissuração que se notou nas peças de forma paralela a 90°, demonstra uma ruptura por flexão da peça, sendo sinal da solicitação da armadura para o esforço. No método 1 em concreto, ficou mais clara a visualização das fissuras, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27 – Fissuração típica de ruptura por flexão – Método 1.



Fonte: Autor (2016).

No método 2 como o tijolo serviu de fôrma, não foi possível verificar uma fissuração, apenas notou-se o descolamento da peça cerâmica do concreto. Já no método 3 com tijolos 6 furos, acompanhou-se a flexão sofrida pela peça e o deslocamento dos pedaços inferiores dos tijolos instantes antes da ruptura total da peça. Este rompimento ocasionou a quebra do recobrimento e a exposição da armadura, conforme ilustrado na Figura 28.

Figura 28 – Rompimento da contraverga devido flexão – Método 3.



Fonte: Autor (2016).

Apesar de encontradas as fissuras próximas às janelas em várias unidades da edificação e se conjecturar sobre a eficiência do método empregado, nota-se mesmo que a Construtora X tenha utilizado quantidade de armadura maior do que a mínima recomendada pela literatura e a peça resistido ao esforço, muito próximo ao método 1 em concreto; no momento de ruptura a mesma ocorreu de forma brusca, sem o aparecimento de fissuras. Também houve a quebra do tijolo 6 furos que servia de recobrimento da peça, isto decorrente pouca seção do concreto nos vãos, no método 3.

Finalmente, ao se analisar a resistência final da peça, não se pode atribuir a ocorrência das fissuras na edificação à falta de resistência do método, mas estas podem estar ligadas a trabalhabilidade dos materiais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método 3 com tijolos 6 furos utilizados pela Construtora X foi interessante devido a quantidade de carga suportada pelo mesmo, aproximando-se do método 1 em concreto. Ressalta-se que apesar do método ter apresentado resultado final satisfatório em relação à flexão nos 4 pontos, não se pode excluir o fato que a forma de execução das contravergas não respeita o cobrimento mínimo na armadura.

Após o ensaio dos três métodos, não se pode considerar que a fissuração ocorreu pela baixa resistência à flexão destas peças. Pode-se considerar a hipótese de que a dilatação dos materiais ou o método executivo pode ter desencadeado os problemas patológicos encontrados.

Com estas considerações, o método 1 mostra-se mais eficiente e seguro para a utilização, pois o método empregado pela Construtora X trouxe consequências significativas para a executora. Além de danos na estrutura e o retrabalho, problemas como este denigrem temporariamente a imagem da executora.

Acredita-se, portanto, que depois da análise dos três métodos e mesmo o ensaio apresentando valores favoráveis em relação à resistência, o método executivo não segue as recomendações normativas da NBR 6118/2004. Verificou-se que nas obras, nas quais foi utilizado este método, os problemas apareceram. Porém, ficou evidente neste trabalho que não ocorreram pela falta de resistência do método, mas talvez pela trabalhabilidade dos materiais ou problemas executivos durante o processo, os quais só a análise nas patologias poderia responder esta questão.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para a complementação deste trabalho, fica a análise dos problemas patológicos encontrados na edificação para verificar qual a real falha no processo executivo que desencadeou tais manifestações, e também para avaliar se o método de vergas e contravergas utilizados colaboraram para o aparecimento das patologias.

Espera-se que este trabalho tenha contribuído para a comunidade acadêmica e incentive mais o estudo de vergas e contravergas, muitas vezes não são consideradas peças-chaves na execução de obras, mas podem causar recorrências e retrabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

_____. **NBR 5739**: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. São Paulo, 2007.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. São Paulo, 2014.

_____. **NBR 15270**: Componentes cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação. São Paulo, 2005.

_____. **NBR 7222**: Concreto e Argamassa - Determinação a resistência a tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. São Paulo, 2011.

ISAIA, G. – **Concreto: Ciência e Tecnologia**, 2011 – São Paulo.

MATANA, Michel. **Manual de Alvenaria**. São Paulo: CETOP, 2005.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

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

THOMAZ, E.; HELENE, P. **Boletim técnico: Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenaria de vedação em edifícios**. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2000.

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

_____. **Tecnologia, gerenciamento e qualidade na construção civil**. São Paulo: Pini, 2001.

TUBI, N. **La Realizzazione di Murature in Laterizio**. ANDIL - Associazione Nazionale degli Industriali dei Laterizi. Roma, 1986.

WATANABE, R. M. **Aberturas em paredes**. Disponível em: <<http://www.ebanataw.com.br/roberto/janelas/janela3aAberturas.htm>> Acesso em 13 ago 2016.

APÊNDICE A – CORPO DE PROVA 1 – CONCRETO

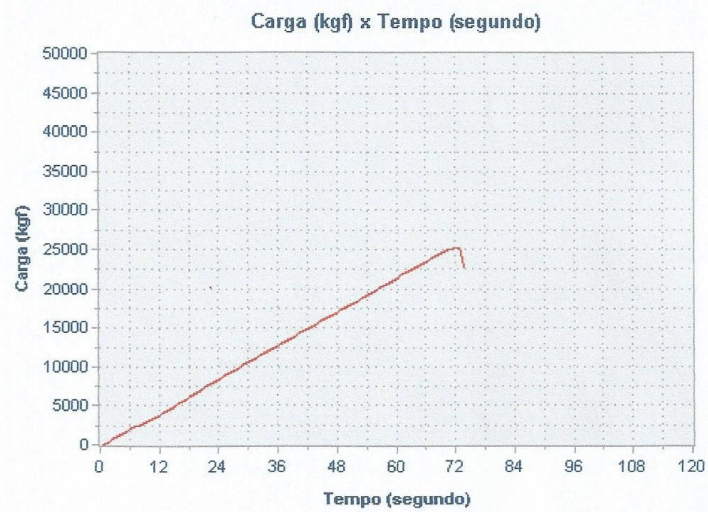
NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP1

Dados Cadastrais

Amostra:	Tcc Guilherme
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Guilherme
Responsável:	Wellington
Data de Moldagem:	18/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	25.160
Tensão máxima (MPa):	31,4
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado

quarta-feira, 14 de setembro de 2016

14:31:10

APENDICE B – CORPO DE PROVA 2 – CONCRETO

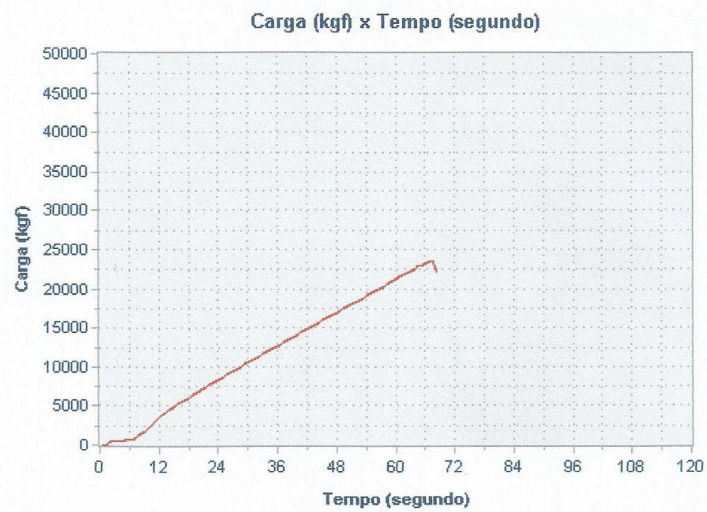
NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP2

Dados Cadastrais

Amostra:	Tcc Guilherme
Tipo de ensaio:	Compressão Axial
Cliente:	Guilherme
Responsável:	Wellington
Data de Moldagem:	18/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf):	23.440
Tensão máxima (MPa):	29,3
Tipo de Ruptura:	

Gráfico do ensaio realizado

quarta-feira, 14 de setembro de 2016

14:34:15

APENDICE C – CORPO DE PROVA 3 – CONCRETO

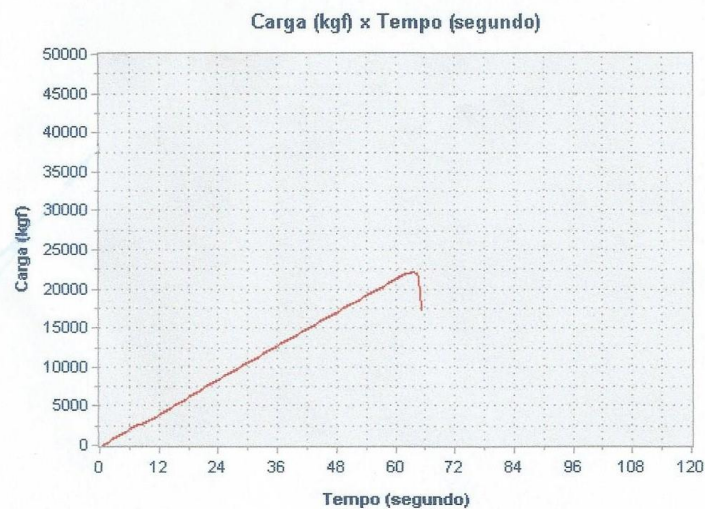
NBR 5739 - Ensaio de compressão de cp cilíndricos - Ensaio finalizado
Corpo de Prova - CP3

Dados Cadastrais

Amostra: Tcc Guilherme
Tipo de ensaio: Compressão Axial
Cliente: Guilherme
Responsável: Wellington
Data de Moldagem: 18/08/2016

Resultado do ensaio

Carga máxima (kgf): 22.130
Tensão máxima (MPa): 27,6
Tipo de Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado

quarta-feira, 14 de setembro de 2016

14:37:06