

EFICIÊNCIA DE TRÊS SISTEMAS DE CONTRAVENTAMENTO PARA UMA ESTRUTURA PRÉ-FABRICADA DE CONCRETO DA CIDADE DE FARROUPILHA/RS

Gabriel da Silva¹

Emanuel Antônio Dellatorre; Rafael Biazi; Maico Fernando Wilges Carneiro²

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise da eficiência de três sistemas de contraventamento para uma estrutura pré-fabricada de concreto da cidade de Farroupilha /RS. No qual foram dimensionados três modelos estrutural sendo o primeiro com pilares engastados na fundação e vigas articuladas o segundo pilares e vigas formando pórticos de contraventamento com ligações do tipo semirrígidas ou engastadas e o terceiro Modelo consiste no emprego de núcleo de rigidez na estrutura. A pesquisa foi realizada pelo método indutivo, o nível de pesquisa é de cunho explicativo e com delineamento é do tipo experimental, a coleta de dados foi do tipo testes dos modelos estruturais através da utilização de software Alto Qi Eberick, realizados no período de outubro de 2017. A análise dos resultados empregado é quantitativo através dos dados fornecidos pelo programa. Para a obtenção do resultado da pesquisa foi estabelecido quatro objetivos específicos nos quais o primeiro consistia na identificação das forças atuantes na estrutura no qual para isso foi levantado as cargas permanentes, acidentais, extras e cargas devido ao vento. No segundo objetivo específico foi o de dimensionar os Modelos estruturais propostos no qual o Modelo 1 não atendeu os limites de deslocamento estabelecidos pela ABNT/NBT 6118 (2014), sendo não possível a sua comparação com os demais Modelos 2 e 3 conforme estabelecido no terceiro objetivo específico no qual foi realizado uma análise das cargas de reações junto a fundação, e o quarto objetivo específico era analisar qual Modelo dimensionado é o mais eficiente para a estrutura em estudo, através do levantamento do quantitativo de materiais que compõe cada sistema. Após a análise dos dados o Modelo 2 se apresentou o mais eficiente para a estrutura em estudo comparada com o Modelo 3.

Palavras-chave: Estrutura pré-fabricada de concreto. Contraventamento. Concreto armado.

1 INTRODUÇÃO

Foi o tempo em que sistema construtivo pré-fabricado de concreto se limitava a execução de galpões, e de serem pouco versáteis arquitetonicamente. Evolui na estética e desenvolveu acabamentos nas peças, para interagir com outros sistemas construtivos melhorou os encaixes entre as peças. Porém, o grande desafio do setor é superar o senso comum de comparação dos custos entre o pré-fabricado e sistemas moldados in loco sem levar em consideração as suas virtudes como um melhor controle da produção com pouco ou nenhum

¹ Artigo desenvolvido com base nos dados do TCC do curso Engenharia Civil, (UCEFF, 2017)

² Docentes da Engenharia Civil da UCEFF. E-mail: maico@uceff.edu.br.

desperdício além da diminuição dos prazos da obra, pois possibilita execução simultânea de atividades como fundação e estrutura (PAGOTO; CAMÍCIA, 2013).

Segundo Sayegh (2011) as estruturas pré-fabricadas exigem um projeto arquitetônico que, desde o início, incorpore conceitos como a racionalização, modulação e repetição dos elementos construtivos e um alto grau de detalhamento. Segue ainda que o projeto da estrutura deve nascer totalmente compatibilizado com as propostas de instalações prediais, climatização e automação predial.

Conforme Oliveira (2011) outro limite do sistema pré-fabricado é a altura estando diretamente relacionado aos equipamentos de içamento disponível e também a logística do canteiro da obra (transporte, entrada das peças e montagem). Além da dificuldade de elevar as peças à altura desejadas, a estabilidade global da edificação deve ser considerada, pois conforme a Associação brasileira de normas técnicas, (ABNT) 6118 (2014), todas as estruturas devem ser verificadas a estabilidade global.

Para El Debs (2000) a estabilidade global da estrutura está relacionada a capacidade de transmitir os esforços com segurança para as fundações, incluindo efeitos de segunda ordem, as ações laterais, como vento e desaprumo, e apresentar rigidez suficiente para limitar os deslocamentos devido a estas ações.

O autor acrescenta que para garantir a estabilidade global da estrutura, se faz necessário realizar os arranjos estruturais sendo pilares engastados na fundação com emprego de vigas articuladas, vigas e pilares formando pórticos de contraventamento ou núcleos rígidos de contraventamento.

Melo (2007) salienta que a verificação da estabilidade global de uma estrutura pré-fabricada pode empregar os mesmos procedimentos das estruturas de concreto moldado no local, sendo a diferença entre as duas estruturas está nas ligações empregadas.

As ligações são a parte mais importante no projeto da estrutura pré-fabricada de concreto, sendo fundamental importância tanto para produção (execução de parte dos elementos adjacentes às ligações, montagem da estrutura e execução das ligações propriamente ditas) como para o comportamento da estrutura montada (EL DEBS, 2000). Visto a necessidade e importância de atender a estabilidade da estrutura, e com os diferentes tipos de sistemas de contraventamentos possíveis a ser aplicado, este trabalho busca através da realização da análise global de um edifício com estrutura pré-fabricada de concreto verificar entre três sistemas de

contraventamento distintos saber: **Qual dos sistemas de contraventamento apresenta melhor solução para a estrutura em estudo?**

Como objetivo geral do estudo é analisar entre os sistemas de contraventamento o mais eficiente para a estrutura pré-fabricada de concreto da cidade de Farroupilha /RS.

Para o alcance do objetivo geral foi estabelecido quatro objetivos específicos, sendo o primeiro identificar as forças atuantes na estrutura, o segundo dimensionar três sistemas estruturais de contraventamento pilar engastado na fundação e vigas articuladas, pilar e vigas formando pórticos com ligações semirrígidas e emprego de núcleo rígido de contraventamento sendo o terceiro modelo. O terceiro objetivo específico é verificar a forma como se comporta as cargas atuantes na edificação, observando as reações junto às fundações, o quarto e último objetivo específico avaliar a eficiência de cada sistema dimensionado, comparando o quantitativo dos materiais que compõem os arranjos estruturais.

Através dos resultados alcançados, será possível compreender o comportamento e os principais fatores inerentes de cada modelo estrutural de contraventamento dimensionado, conhecendo as vantagens e limitações de cada sistema. Contribuindo na busca de soluções no setor de estruturas pré-fabricadas de concreto, no que diz respeito a análise global das estruturas.

2 REVISÃO TEÓRICA

2.1 ESTRUTURAS PRÉ FABRICADAS DE CONCRETO

Segundo ABNT/NBR 9062 (2006) define elemento pré-moldado de concreto como aquele executado fora do local de seu uso, com controle de qualidade menos rigoroso dispensando a existência de laboratório, já as estruturas pré-fabricadas de concreto são estruturas de concreto no qual se emprega um autocontrole de qualidade e se faz o uso de laboratórios e instalações congêneres próprias.

Conforme Acker (2002), o sistema construtivo pré-fabricado de concreto apresenta as seguintes vantagens: Produtos feitos na fábrica; Uso otimizado dos materiais; menor tempo de construção; Sistema de controle da qualidade; Material resistente ao fogo; Construção que não agride o meio ambiente.

Segundo El Debs (2000) a análise da estrutura pré-fabricada de concreto é a mesma feita com uma estrutura moldada in loco, sendo que a maior dificuldade nas pré-fabricadas está nas ligações entre os elementos.

2.2 FORÇAS ATUANTES NA EDIFICAÇÃO

Conhecer as forças atuantes nas estruturas é de fundamental importância, pois a estrutura é justamente o caminho das forças até o solo (REBELLO, 2005). Para a ABNT/ NBR 6120 (1980) as cargas permanentes são as cargas constituídas pelo peso próprio da estrutura e de todos os elementos de instalações permanentes junto à estrutura.

Segundo Araújo (2010) as cargas permanentes são aquelas que ocorrem com valores constantes, ou de pequenas variações durante toda a vida útil da edificação considerando também como carga permanente as ações que crescem no tempo tendo um valor limite constantes. O autor classifica a carga permanente duas categorias a ver:

- a) Cargas permanentes diretas: no qual se refere ao peso próprio da estrutura (lajes, vigas e pilares) e os demais elementos permanentes (alvenaria, revestimentos, etc.).
- b) Cargas permanentes indiretas: correspondem aos recalques de apoio, a retração e a fluência do concreto, a protensão e as imperfeições geométricas dos pilares.

As cargas acidentais a ABNT / NBR 6120 (1980) entende como toda aquela que pode atuar sobre a edificação oriunda de seu uso (pessoas, móveis, materiais diversos, veículos entre outros), sendo que a mesma estabelece que conforme ao tipo de uso da edificação uma determinada carga deve ser adotada.

Já, Pravia (2013) acrescenta que forças em uma estrutura são tudo aquilo que provoca tensões deformações nos elementos estruturais. E atualmente os valores das ações são definidos de natureza probabilística, indicando os valores médios mais prováveis de ocorrer. O autor complementa que quando uma estrutura está submetida a mais de uma ação variável, o valor máximo de um determinado esforço ocorre quando uma das ações variáveis atinge o seu máximo valor e as demais permanecem com seus valores normais, sendo este princípio conhecido como Regra de Turkstra de combinações e a norma ABNT/NBR 8800 (2008) aplica esta regra.

As condições para a determinação das forças devidas ao vento são definidas conforme prescrições da norma ABNT/ NBR 6123 (1988) sendo que o processo de cálculo envolve fatores como velocidade básica do vento, rugosidade e topografia do terreno assim como coeficientes de arrasto.

Segundo Pravia (2013) as diferenças de temperatura na atmosfera terrestre deslocam massa de ar, as quais são chamadas de vento. A velocidade utilizada no projeto é obtida através da determinação da velocidade característica do vento (V_k), resultante da multiplicação da velocidade básica (V_0) pelos fatores topográficos (S_1), fatores devido à rugosidade da região onde está situada a edificação (S_2), e também o fator conforme ao uso e ocupação da edificação (S_3).

Definida a velocidade característica do vento (V_k), aplicasse a Equação 1 para a determinação da pressão dinâmica do vento q (ABNT/NBR 6123, 1988).

$$q = 0,613 \times V_k^2 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (1)$$

Conforme ABNT/NBR 6123 (1988) o valor da pressão dinâmica do vento deve multiplicar pelo coeficiente de arrasto (C_A), obtido através dos ábacos de baixa ou alta turbulência, conforme a classificação da estrutura.

2.3 COMBINAÇÃO DE AÇÕES

Conforme ABNT/NBR 6118 (2014) os carregamentos são definidos conforme pela combinação das ações no qual tem a probabilidade não desprezível de atuarem simultaneamente sobre a estrutura. A norma estabelece que as combinações devem ser estabelecidas, considerando situações mais desfavoráveis para a estrutura.

Para Carvalho e Figueiredo Filho (2013) as combinações devem ser feitas com intuito de estabelecer efeitos no qual proporcione um dimensionamento nos seguintes sentidos:

- a) Verificação da segurança em relação aos estados limite último (ELU) é as combinações para dimensionamento que garantem a segurança da estrutura;
- b) Verificação ao estado limite de serviço (ELS) são as combinações no qual é dimensionado a estrutura para garantia do conforto e o uso da estrutura.

A ABNT/NBR 8681 (2003) define que o estado limite ultimo (ELU) quando a sua ocorrência acarreta na paralisação em todo ou em parte do uso da edificação.

As combinações de serviços a ABNT/NBR 8681 (2003) define como sendo “Estados que, por sua ocorrência, repetição ou duração, causam efeitos estruturais que não respeitam as condições especificadas para o uso normal da construção, ou que são indícios de comprometimento da durabilidade da estrutura” (ABNT/NBR 8681, 2003. p 2).

Carvalho e Figueiredo Filho (2013) classifica as combinações de estado limite de serviço (ELS) como combinação quase permanente, combinações frequentes e combinações raras de serviço.

2.4 ARRANJOS ESTRUTURAIS

Segundo Ching (2015), o projeto estrutural se refere ao processo de distribuir, conectar, dimensionar e proporcionar os elementos de um sistema estrutural, de forma a transferir com segurança um determinado conjunto de cargas sem exceder os esforços os esforços permissíveis dos materiais utilizados.

Melo (2007) estabelece que a primeira etapa de um projeto é definir o melhor e o mais conveniente modelo matemático, transformando a edificação a ser construída em um modelo próximo a realidade. Acrescenta ainda que o modelo mais detalhado nem sempre é o mais satisfatório, pois quanto mais simples for o modelo mais fácil sua execução e menores condições de contorno a serem tratados.

O projeto de estruturas pré-fabricadas de concreto diferencia-se do projeto de estruturas moldadas no local quanto à análise estrutural, basicamente pelas seguintes razões (EL DEBS, 2000):

- a) Necessidade de considerar outras situações além da situação final da estrutura:
- b) Considerar as particularidades das ligações entre os elementos pré-fabricados que formão a estrutura.

Para Acker (2002) as estruturas pré-fabricadas de concreto podem ser concebidas em vários tipos de projetos arquitetônicos. Sendo que tipologias de edificações no qual contemplam um grau de repetições e padronização são os mais adequados, mas não se descarta projetos no qual a malha estrutural é irregular podendo ser concebidos de forma segura e econômica.

A ABNT/NBR 9062 (2006) estabelece que para a garantia da estabilidade global da estrutura de concreto pré-fabricadas pode se fazer o uso de sistemas de forma isolada ou em combinações entre si, podendo os sistemas fazer uso das seguintes formas; Estrutura no qual a estabilidade é garantida através de pilares engastados na fundação e empregando vigas articuladas; Estruturas empregando pilares e vigas formando pórticos de contraventamento sendo muito utilizado em edificações verticais; Estruturas no qual o contraventamento é garantido por elementos como paredes, elementos celulares e travamentos diagonais.

El Debs (2000) complementa que estruturas com pilares engastados na fundação com vigas articuladas, os pilares se comportam como vigas em balanço em relação a ações laterais. Sendo empregado em edificações de pequenas alturas, tendo como característica a facilidade na ligação entre pilar e a viga.

Já, para estruturas com pilares e vigas formando pórticos de contraventamento El Debs (2000) explica que existe a transferência dos momentos fletores das vigas para os pilares através de empregos de ligações rígidas ou semirrígidas. O autor salienta ainda que quando empregados elementos de contraventamento como paredes ou núcleos de rigidez este garante a estabilidade global da estrutura, podendo ser moldadas in loco.

A estrutura esqueleto é constituída de pilares, vigas e lajes no qual os dois formam pórticos de contraventamento em estruturas baixas ou medias, já estruturas altas são empregados paredes e elementos como vigas inclinadas nas quais formão o sistema de estabilidade (MELO, 2007). A estrutura em esqueleto pré-fabricado de concreto pode conter ligação solidas entre pilar e viga com traspasse de armadura na capa de concreto sobre a laje (EL DEBS, 2000).

Acker (2002) acrescenta que pelo fato da estrutura em esqueleto ser independente dos demais sistemas complementares da edificação, fica fácil a adaptação a outros usos como a aplicação de sistemas mistos e vários tipos de fechamento.

2.5 ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Para Carvalho e Figueiredo Filho (2013) elementos estruturais são peças que compõem uma estrutura, com uma ou duas dimensões predominantes sobre as demais (vigas lajes, pilares etc.).

A ABNT/NBR 9062 (2006) define ligações como “dispositivos utilizados para compor um conjunto estrutural a partir de seus elementos, com a finalidade de transmitir os esforços solicitantes, em todas as fases de utilização, dentro das condições de projeto”.

El Debs (2000) afirma que concreto pré-fabricado se caracteriza por apresentar facilidade de execução dos elementos, porém as ligações são o principal problema a serem enfrentados no emprego do sistema construtivo.

No projeto de ligações entre os elementos pré-fabricados de concreto ou concreto moldado no local a ABNT/NBR 9062 (2006) afirma que deve ser visto além da estabilidade geral da estrutura pronta, deve ser analisado a estabilidade durante a montagem.

Para Acker (2002) as ligações devem atender a diferentes critérios de projeto e de desempenho, assumindo como função principal é a transferência das forças entre os elementos compondo um sistema estrutural capaz de resistir a todas as forças atuantes, incluindo as ações indiretas.

Para Melo (2007) as ligações semirrígidas são as que apresentam o fator de restrição a rotação menor que 0,85 e maior que 0,15 apresenta uma capacidade limitada de resistir as solicitações de momento fletor. O autor destaca os principais tipos sendo:

- a) Ligação por binário de forças pelos pinos: sendo o emprego de pinos no qual parte do apoio (console) trabalha com forças de tração e outra sob compressão, este tipo de ligação é de baixa eficiência;
- b) Ligação por concretagem vertical: se caracteriza pela utilização de concreto entre viga e pilar. Sendo utilizado o aço na região superior através de traspasse entre pilares e quando haver momento na região inferior se faz uso de insertos metálicos soldados;

Acker (2002) diz que para transmitir o momento fletor pode fazer uso de um binário de força (tração e compressão) onde é empregado a sobreposição de armadura, chumbadores e soldagem. Estas ligações para Melo (2007) se caracteriza pela restrição a rotação abaixo de 0,15 tendo como característica além de transmitir cargas verticais transmite esforços horizontais através do emprego da resistência de Neupreme ao cisalhamento.

Ligações articuladas conforme Acker (2002) são as mais empregadas pelo sistema construtivo pré-fabricado de concreto. O autor destaca como principais os de ação de pino, por aderência e as ligações por atrito.

A ABNT/NBR 9062 (2006) estabelece um coeficiente para restrição da rotação, sendo este fator alfa R (αR) obtido pela Equação 2.

$$\alpha R = 1 \div \left(1 + \frac{3 (E_i)_{sec}}{R_{sec} \times L_{ef}} \right) \quad (2)$$

Onde L_{ef} é o vão efetivo entre os apoios, R_{sec} rigidez secante ao momento fletor da ligação viga-pilar e $(E_i)_{sec}$ é a rigidez secante da viga (ABNT/NBR 9062, 2006).

Para a obtenção a $(E_i)_{sec}$ a ABNT/NBR 6118 (2014), estabelece as seguintes equações do Quadro 1 onde I_c é o valor da inercia da seção bruta do elemento de concreto armado.

As equações que compõe o Quadro 1 o valor de E_{ci} refere-se ao módulo de deformação tangencial inicial do concreto, sendo o valor estabelecido em 30% do valor da resistência à compressão do concreto (ABNT/ NBR 6118, 2014).

Quadro 1 – Equações para obtenção dos valores de $(E_i)_{sec}$

Lajes	$(E_i)_{sec} = 0,3 E_{ci} I_c$
Vigas	$(E_i)_{sec} = 0,4 E_{ci} I_c$ vigas com área de aço inferior diferente da superior $(E_i)_{sec} = 0,3 E_{ci} I_c$ vigas com área de aço inferior igual a superior
Pilares	$(E_i)_{sec} = 0,3 E_{ci} I_c$

Fonte: Adaptado de ABNT/NBR 6118 (2014).

A ABNT/NBR 6118 (2014) faz uma ressalva que quando a estrutura de contraventamento for composta apenas por pilares e vigas e o valor do Gama Z for menor que 1,3 é possível obter o valor de $(E_i)_{sec}$ para os elementos através unicamente pela Equação 3.

$$(E_i)_{sec} = 0,7 \times E_{ci} \times I_c \quad (3)$$

Os valores de $(E_i)_{sec}$ adotados não podem ser utilizados para a análise local de segunda ordem (ABNT/NBR 6118, 2014).

2.6 ANALISE GLOBAL DA ESTRUTURA

El Debs (2000), apresenta alguns aspectos a serem considerados nos projetos de estruturas de concreto pré-fabricado, sendo eles:

- a) Comportamento dos elementos isoladamente; estando diretamente relacionada a situações transitórias dos elementos. Sendo necessário serem dimensionados para atender a estas situações;
- b) Possíveis mudanças do esquema estático; devido à ocorrência de diferentes estágios da construção, sendo que podem ocorrer situações durante a montagem da estrutura no qual as ligações são realizadas por etapa;
- c) Análise do comportamento da estrutura pronta; terminada a montagem da estrutura, aplicasse o mesmo procedimento das estruturas moldadas no local sendo que normalmente são feitas análise considerando o comportamento elástico linear do material. Sendo que a análise da não linearidade física pode ser empregada, mas não sendo muito usual;
- d) Incerteza na transição das forças na ligação; devido a desvios da geometria e do posicionamento dos elementos nos apoios, a variação volumétrica que ocorrem nos elementos, assim como a falta de estudos sobre os comportamentos de certos tipos de ligação, sendo que esta incerteza afeta tanto para dimensionamento dos elementos assim como das ligações.

A norma ABNT/NBR 6118 (2014) limita o deslocamento provocado pela ação do vento conforme a combinação frequente, adotando o valor de ψ_1 igual a 0,30 tanto para a direção X quanto para a direção Y estabelecendo o valor limite de deformação de uma estrutura conforme Equação 4.

$$\Delta Hl = H_{tot} \div 1700 \quad (4)$$

Na equação 4 o ΔHl corresponde ao valor limite de deslocamento da estrutura, e H_{tot} é a altura total da edificação. O deslocamento lateral limite entre dois pavimentos consecutivos submetidos a ações horizontais é calculado conforme Equação 5 (ABNT/ NBR 6118,2014).

$$\Delta Pl = h_1 \div 850 \quad (5)$$

Na Equação 5 o valor de ΔPl corresponde o valor limite de deslocamento entre os pavimentos de uma edificação. Já h_1 corresponde ao desnível entre dois pavimentos.

Uma razão segundo Da Silva (2013) de limitar os deslocamentos horizontais são o aparecimento de patologias devido a distorções excessivas.

O coeficiente Gama Z (γZ), de acordo com Fernandez (2017) tem como principal objetivo classificar a estrutura quanto ao deslocamento dos nós, afim de avaliar a necessidade de considerar os esforços de segunda ordem.

A ABNT/NBR 6118 (2014) permite classificar a estrutura conforme o valor obtido do (γZ), classificados conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação conforme valor do Gama Z

$\gamma Z \leq 1,10$	<ul style="list-style-type: none"> Os efeitos globais de segunda ordem são desconsiderados. A estrutura classificada como de nós fixos.
$1,1 < \gamma Z < 1,30$	<ul style="list-style-type: none"> Deve ser considerado efeitos de segunda ordem. A estrutura é classificada como nós moveis.
$\gamma Z > 1,30$	<ul style="list-style-type: none"> A análise Gama Z não é recomendada.

Fonte: Adaptado ABNT/NBR 6118 (2014)

Para γZ menor igual a 1,10 Fernandez (2017) salienta a necessidade da análise local de segunda ordem, sendo está relacionado aos efeitos provocados pela deformação local de um único elemento no qual gera tenções. O autor define o efeito global de segunda ordem como a deformação do todo da estrutura gerando efeitos sobre a mesma. Fernandez (2017) aplica para a obtenção do coeficiente γZ a Equação 6 sendo:

$$\gamma Z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}}$$

(6)

O autor acrescenta ainda que $M_{1,tot,d}$ é o momento de tombamento, sendo a soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, sendo estabelecido em relação a base da estrutura. Já $\Delta M_{tot,d}$ é a soma do produto de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, sendo aplicado nos cálculos os valores da estrutura deformada conforme análise de primeira ordem (FERNANDEZ, 2017).

3 METODOLOGIA

Metodologia científica é o estudo do método, no qual conduz o pesquisador em sua pesquisa, sendo a busca pelo procedimento que deverá ser utilizado para a realização da pesquisa científica (BARROS, 2007).

Na pesquisa foi utilizado o método indutivo, que segundo Santos (2016), se trata da observação e experimentação dos fenômenos estudados, e obriga o pesquisado a seguir etapas sendo elas: experimentação, criação de hipóteses, repetição, testes das hipóteses, generalização e formulação de leis.

Este método será adotado devido pesquisa partir da observação do projeto arquitetônico da edificação assim como a verificação dos materiais que contempla a parte não estrutural da edificação e especificações e limitações impostas pelas normas vigentes.

A pesquisa é de cunho explicativo, por se tratar de dados analisados através de cálculos realizados com auxílio de programa computacional específico, no qual resultaram Modelos no qual explica os motivos pelo qual o mesmo será determinado. Gil (2002) destaca que a pesquisa explicativa tem por principal preocupação identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos, sendo este tipo o qual mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, o porquê das coisas.

O delineamento da pesquisa foi experimental, no qual se utilizara amostras através de modelagens estruturais com diferentes tipos de contraventamento. No qual submetido através de análise matemática fazendo uso de programa computacional específico para isso.

O instrumento de coleta de dados deste estudo foi do tipo testes. Que para Marconi e Lakatos (2008) testes são instrumentos utilizados com a finalidade de obter dados que permitam medir o rendimento, a competência, a capacidade ou a conduta dos indivíduos, em forma quantitativa. Os testes realizados foram de Modelos estruturais de contraventamento realizados no programa computacional Eberick desenvolvido e comercializado pela empresa Alto Qi, no período do mês de outubro de 2017.

Os testes seguiram três Modelos estruturais, tendo em comum as seguintes características:

- a) Os modelos atendem ao projeto arquitetônico da edificação.

- b) As orientações dos pilares são fixas e prumada constante, assim como as cargas lineares permanentes oriundas dos fechamentos descritos da estrutura e posição e dimensão das aberturas;
- c) Classe do concreto para os pilares é de 40 MPa, já para as vigas e Lajes o concreto utilizado foi de 30 Mpa;
- d) O valor do Gama Z mais desfavorável está entre 1,05 a 1,10 sendo tanto para direção X a 0° quanto para direção Y a 90°;
- e) As solicitações de carregamento acidental, e o tipo de laje conforme a Tabela 1 para os três Modelos;
- f) A ligação da estrutura junto à fundação é engastada;

Os modelos estruturais tem como variáveis os seguintes itens:

- a) Modelo 1: Pilares engastados junto à fundação com vigas articuladas onde os pilares trabalham unicamente no contraventamento da estrutura, com variação da seção transversal de pilares e vigas. As lajes engastadas entre si quando possível à compatibilização dos momentos fletores.
- b) Modelo 2: Pilares e vigas formando pórticos de contraventamento com variação na seção transversal dos mesmos, as ligações podem ser rotuladas ou semirrígidas (com variados índices de redução do engastamento) ou engastadas. As lajes seguem a mesma regra do Modelo 1.
- c) Modelo 3: Emprego de núcleo rígido de contraventamento, fazendo uso de pilares parede com diferentes formas, variando seção transversal de vigas e pilares, as ligações de vigas e pilares variadas conforme Modelo 2 assim como as lajes.

A população da pesquisa será os sistemas de contraventamento sendo as amostras três modelos a ser aplicado em uma estrutura pré-fabricada de concreto de oito pavimento situada na cidade de Farroupilha/RS. A classificação da amostra dessa pesquisa é não probabilística do tipo intencional.

Santos (2016) afirma que a amostra não probabilística do tipo intencional é aquela que ocorre quando são selecionados apenas elementos que estejam disponíveis para compor a amostra. A análise que será empregada na pesquisa é a quantitativa, sendo verificado os apenas os dados fornecidos pelo programa. Segundo Santos (2016) a análise quantitativa se da pela

avaliação de dados matemáticos estatísticos, podendo ser realizado através do emprego de cálculos e testes com os dados dependendo de como foram coletados.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Este estudo busca analisar qual dos três tipos de sistemas de contraventamento é o mais eficiente para uma estrutura pré-fabricada de concreto localizada na cidade de Farroupilha / RS. Levantando o quantitativo de volume de concreto, quantidade de aço e área de forma necessária para cada Modelo testado.

A estrutura em estudo tem uma altura total de 31,50 metros e uma área construída de 4378,19 m². Possui 98 quartos e uma capacidade de hospedar 250 pessoas. A edificação possui um pé direito duplo no térreo com uma altura de 6,30 m indicada no pavimento mezanino como vazio, já nos demais ambientes fica com uma altura de pé direito de 3,15 m.

A estrutura possui uma dimensão frontal é de 20,27 metros por 35,18 metros de fundos, do nível 0,00 m até a cota +6,30 m. Já nas cotas mais elevadas a estrutura passa a medir 18,12 metros de frente por 32,05 metros de fundo.

4.1 FORÇAS IDENTIFICADAS NA ESTRUTURA

Tendo em vista identificar as forças atuantes na estrutura em estudo, verificam-se as cargas que geram as forças sendo as permanentes, acidentais e ações externas horizontais devido à força do vento. Os valores dos pesos específicos para os fechamentos da estrutura são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 – Tipos de fechamento e pesos específicos de paredes.

Tipo de fechamento	Peso específico
Parede de alvenaria vazada revestida com argamassa.	1300 kgf/m ³
Drywall com duas linhas paralelas, estruturadas com perfis de 70 mm, enchimento em lã de rocha. Fechada com placas duplas de gesso de 12,5 mm	42 kgf /m ²
Divisória em vidro temperado de 5 mm de espessura.	13 Kgf/m ²
Drywall impermeabilizado com revestimento cerâmico interno	85 Kgf/m ²

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Nas aberturas (portas e janelas) da estrutura, foram descontadas as dimensões junto às paredes conforme posição indicada nas plantas baixas do Anexo A. As cargas das divisórias de *drywall* e fechamento de vidro temperado no qual não são alinhadas sobre vigas diretamente são consideradas como carga extra distribuída na área total da laje em que se apoiam.

As cargas acidentais atuantes na estrutura em estudo estão descritas na Tabela 1, conforme estabelecido na ABNT/ NBR 6120 (1980), os valores estão aplicados em Kg/m².

Tabela 1 - Tipo de laje e carregamento

Pavimento	Ambiente	Tipo de Laje (cm)	Espessura	Acidental (kgf/m ²)	Revestimento (kgf/m ²)	Extra (kgf/m ²)
Mezanino	Sala de TI	Painel Treliçado Maciço 1	15	200	200	-
Mezanino	Circulação	Painel Treliçado Maciço 1	15	300	200	-
Mezanino	Sala de conferência	Painel Treliçado Maciço 1	15	300	200	-
Mezanino	Sanitários coletivos	Painel Treliçado Maciço 1	15	200	200	-
Mezanino	Hall Mezanino	Painel Treliçado Maciço 1	15	300	200	-
Mezanino	Laje técnica	Maciça	12	100	50	-
Mezanino	Sala do Proprietário	Painel Treliçado Maciço 1	15	300	200	-
Mezanino	Antecâmara	Painel Treliçado Maciço 1	15	300	200	-
Tipo 1 à 7	Laje técnica	Maciça	12	100	50	-
Tipo 1 à 7	Circulação/ Escadas	Painel Treliçado Maciço 1	15	300	200	-
Tipo 1 à 7	Hall Elevador	Painel Treliçado Maciço 1	15	300	200	-
Tipo 1 à 7	Dormitórios/	Painel Treliçado Maciço 1	15	150	200	50
Tipo 1 à 7	Apoio e serviço	Painel Treliçado Maciço 1	15	100	100	-
Tipo 1 à 7	Antecâmara	Painel Treliçado Maciço 1	15	300	200	-
Cobertura	Sala Técnica	Painel Treliçado Maciço 1	15	100	100	-
Cobertura	Apoios de	Painel Treliçado Maciço 1	15	100	100	250
Cobertura	Laje técnica	Maciça	12	100	50	-
Topo	Laje de Forro	Painel Treliçado Maciço 1	15	100	50	-

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Para o cálculo da força devido ao vento identificasse os valores dos coeficientes como velocidade característica, fator topográfico, rugosidade do terreno, dimensões da edificação e fator estatístico. Na Tabela 2 é demonstra o cálculo da velocidade característica (V_k) em cada pavimento da estrutura.

Tabela 2 – Cálculo da velocidade característica

Nível (m)	V0 (m/s)	S1	S2	S3	Vk (m/s)
0,00	45	1	0,00	1	0,00
3,15	45	1	0,4788	1	21,55
6,30	45	1	0,7482	1	33,67
9,45	45	1	0,7923	1	35,65
12,60	45	1	0,8416	1	37,87
15,75	45	1	0,8845	1	39,80

18,90	45	1	0,9034	1	40,65
22,05	45	1	0,92025	1	41,41
25,20	45	1	0,936	1	42,12
28,35	45	1	0,95175	1	42,83
31,50	45	1	0,9645	1	43,40

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

A Tabela 3, apresenta dos resultados da força de arrasto obtidas através da aplicação da Equação 1 em cada nível considerando a área exposta ao vento em cada pavimento, onde são definidos os valores das ações em toneladas força tanto para a direção X quanto para a direção Y. O ábaco empregado é o de baixa turbulência devido a vizinhança da estrutura ser bem densa com edifícios industriais.

Para a obtenção da área equivalente do pavimento (A_e) é a multiplicação do pé direito da estrutura 3,15 m pelo comprimento da fachada perpendicular ao vento. Sendo nos casos do pavimento da cobertura a área é a metade aplicada, pois corresponde apenas a área de influência dos nós de cada pavimento.

Tabela 3 – Cálculo força de arrasto

Nível (m)	V _k	q	C _a		Área (m ²)		Força arrasto (tf)	
			X	Y	X	Y	X	Y
0,00	0,00	0,000	1,23	0,95	55,41	31,93	0,000	0,000
3,15	21,55	0,285	1,23	0,95	110,82	63,85	3,879	1,726
6,30	33,67	0,695	1,23	0,95	110,82	63,85	9,472	4,215
9,45	35,65	0,779	1,23	0,95	100,96	57,08	9,676	4,225
12,60	37,87	0,879	1,23	0,95	100,96	57,08	10,918	4,767
15,75	39,80	0,971	1,23	0,95	100,96	57,08	12,059	5,266
18,90	40,65	1,013	1,23	0,95	100,96	57,08	12,580	5,493
22,05	41,41	1,051	1,23	0,95	100,96	57,08	13,054	5,700
25,20	42,12	1,088	1,23	0,95	100,96	57,08	13,505	5,897
28,35	42,83	1,124	1,23	0,95	50,48	28,54	6,981	3,049
31,50	43,40	1,155	1,23	0,95	6,85	28,54	0,973	3,131

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Na Tabela 4 é demonstrado os valores obtido pelo software Qi Eberick.

Tabela 4 – Dados e forças obtidas no Eberick

Nível (m)	S2	C _a		Força de arrasto (tf)	
		X	Y	X	Y
0,00	0,33	1,23	0,95	0,94	0,42
3,15	0,71	1,23	0,95	0,69	3,87
6,30	0,78	1,23	0,95	10,12	4,46
9,45	0,83	1,23	0,95	10,72	4,68
12,60	0,86	1,23	0,95	11,53	5,04

15,75	0,88	1,23	0,95	12,2	5,33
18,90	0,9	1,23	0,95	12,78	5,58
22,05	0,92	1,23	0,95	13,28	5,80
25,20	0,93	1,23	0,95	13,73	6,00
28,35	0,95	1,23	0,95	8,03	6,18
31,50	0,96	1,23	0,95	0,98	3,15

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

As diferenças encontradas nas forças de arrasto tanto na direção X quanto na Y é devido as diferenças de arredondamentos. Outro ponto está relacionado à área equivalente o programa define valores mais precisos quanto área do pavimento. O valor adotado neste estudo são os valores obtidos pelo software de cálculo estrutural Eberick.

4.2 COMPARATIVO ENTRE OS MODELOS

A comparação entre os Modelos tem por objetivo comparar os sistemas estruturais testados, sendo as cargas de reação à fundação e quantidade de materiais que os compõem. O Modelo 1 não forneceu estabilidade para a estrutura em estudo impossibilitando a sua comparação com os demais Modelos testados.

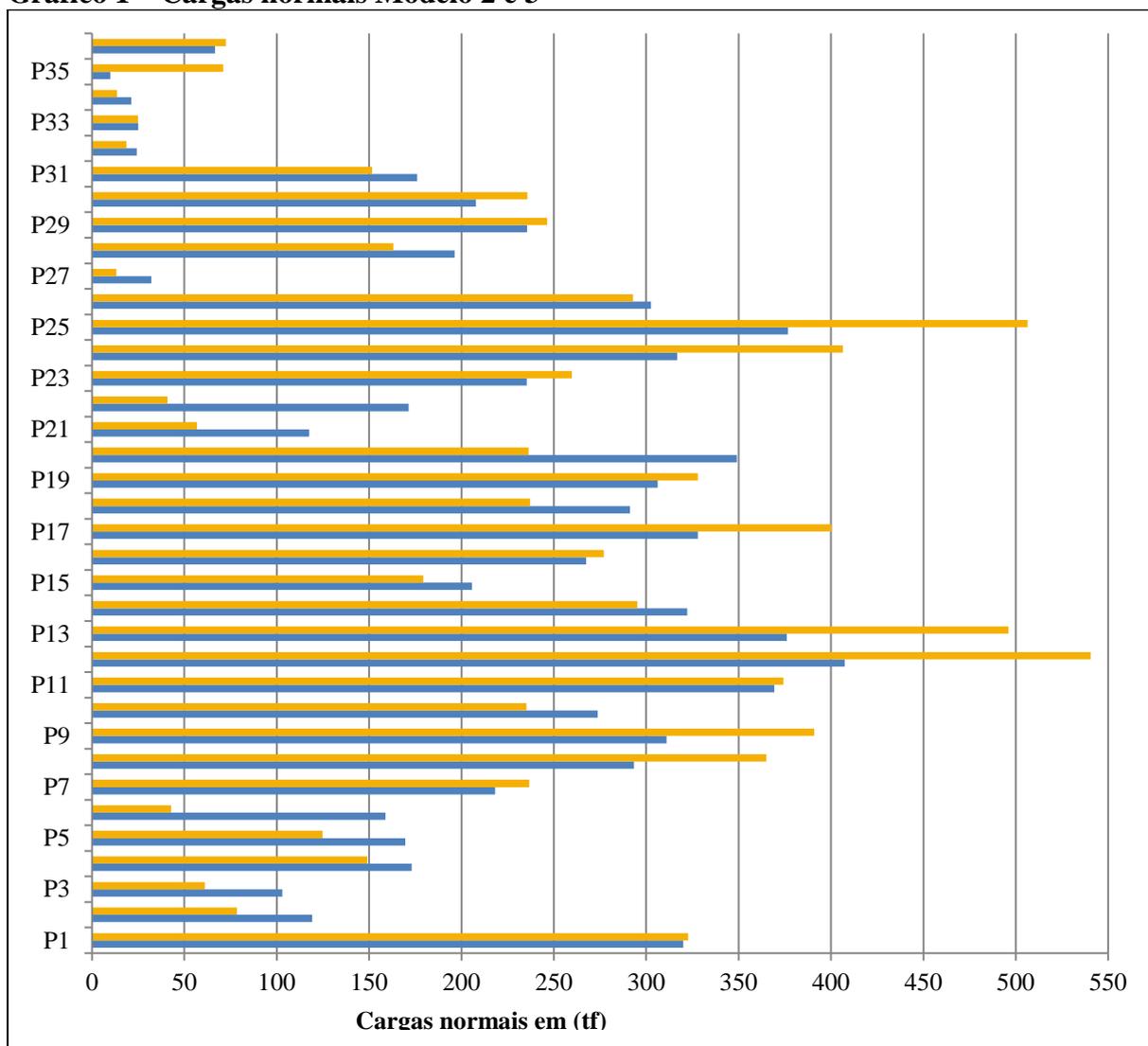
No Gráfico 1 ilustra a comparação entre o Modelo 2 em azul e o Modelo 3 ilustrado na cor amarela sendo que os segundos Modelos impõem picos de cargas maior chegando à 540 toneladas. Estes valores não se justificam quando analisado o peso próprio de cada sistema sendo o Modelo 2 possui peso próprio da estrutura de 2974 toneladas e o Modelo 3 apresentando um peso próprio da estrutura de 2796 toneladas. Uma diferença de 5,98% o Modelo 3 mais leve comparado com o Modelo 2.

Outro dado analisado no Gráfico 1 é a carga normal de reação do pilar P1 sendo no Modelo 2 o somatório das reações dos pilares P4, P5, P38 e P39 obtendo um valor de 320,02 toneladas força, no Modelo 3 a reação vertical é de 322,64 toneladas força sendo valores muito próximos de diferença de apenas 0,81 % entre os dois modelos.

Já, o P12 do Modelo 3 quando comparado com P13 do Modelo 2 no qual se posicionam no mesmo ponto da locação na estrutura, à grandes diferenças na reação junto a fundação sendo no Modelo 3 a força de 540,59 toneladas e no Modelo 2 com 407,44 toneladas. Esta diferença se explica quando observado o índice de restrição de giro da ligação de cada estrutura α_R sendo de 0,80 nas ligações do Modelo 3 e de 0,70 para o Modelo 2 e no sentido Y na viga V23 encontra-se engastada no pilar P17 no Modelo 2 no qual distribui a carga para o mesmo, sendo

que no Modelo 3 a mesma ligação é do tipo semirrígida aumentando a carga do pilar deste modelo.

Gráfico 1 – Cargas normais Modelo 2 e 3



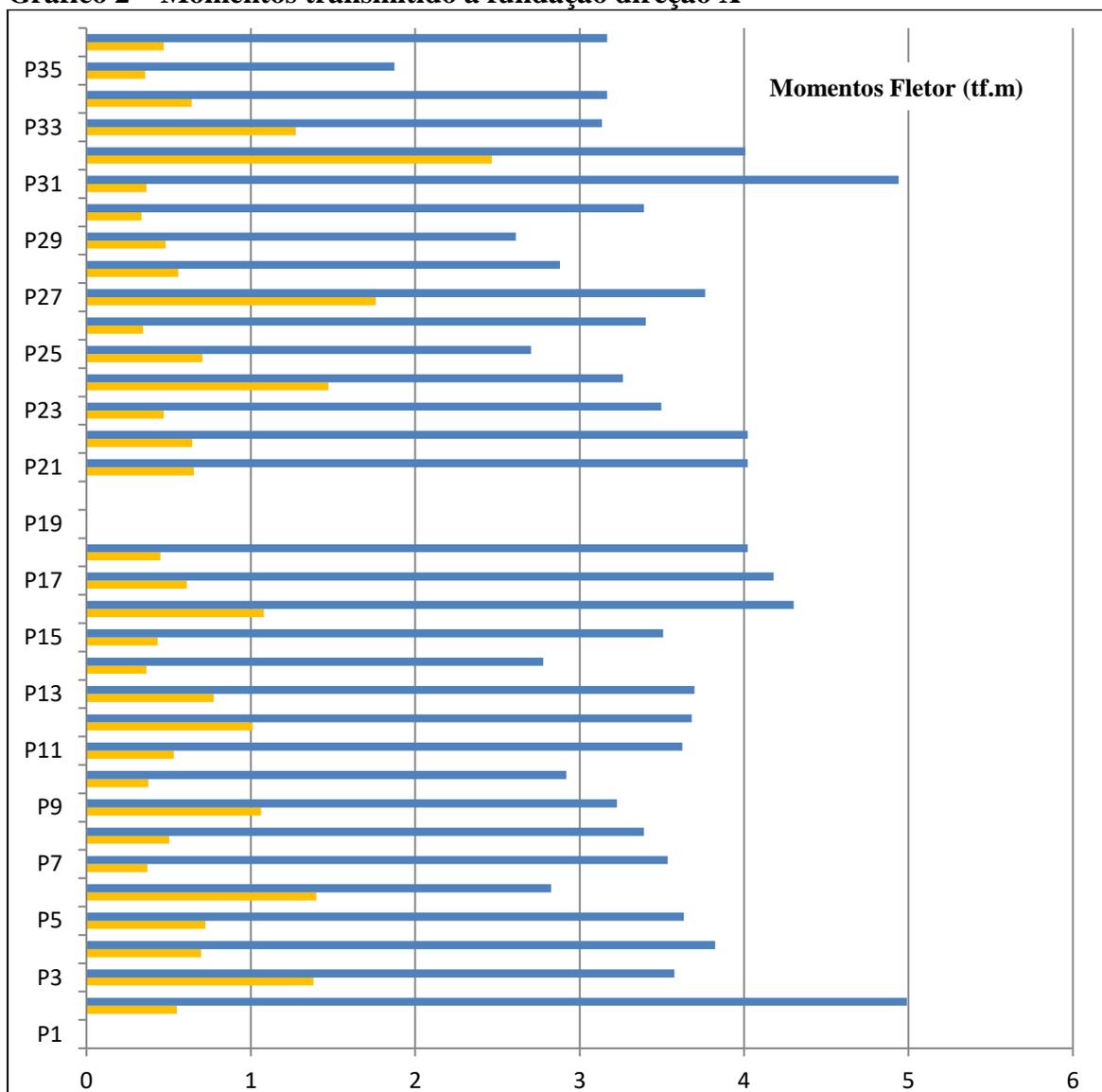
Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Pode-se avaliar que a carga normal junto à fundação comparando os dois Modelos refere-se muito ao tipo de ligação empregado entre os elementos. Visto no Modelo 2 o emprego de ligações engastadas entre pilares e vigas na direção Y da estrutura no qual distribuiu a carga normal da estrutura. Já, no Modelo 3 as ligações utilizadas foram do tipo semirrígidas e engastadas o que originou picos de cargas em pilares no qual foi utilizada a ligação rígida.

Já, as ações de momento transmitida para a fundação é comparada através do Gráfico 1 no qual demonstra os momentos na direção X da estrutura sendo ocultados os valores dos

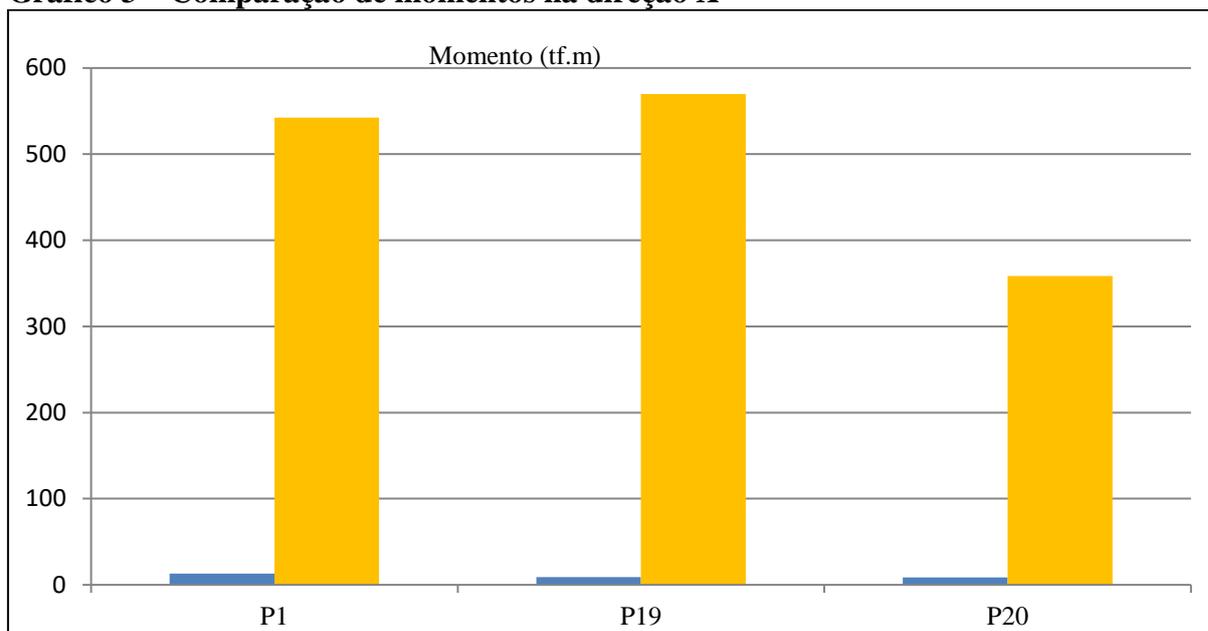
momentos oriundos dos núcleos de rigidez no qual apresentaram valores mais que 40 vezes os especificados no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Momentos transmitido à fundação direção X



Fonte: Dados da pesquisa (2017).

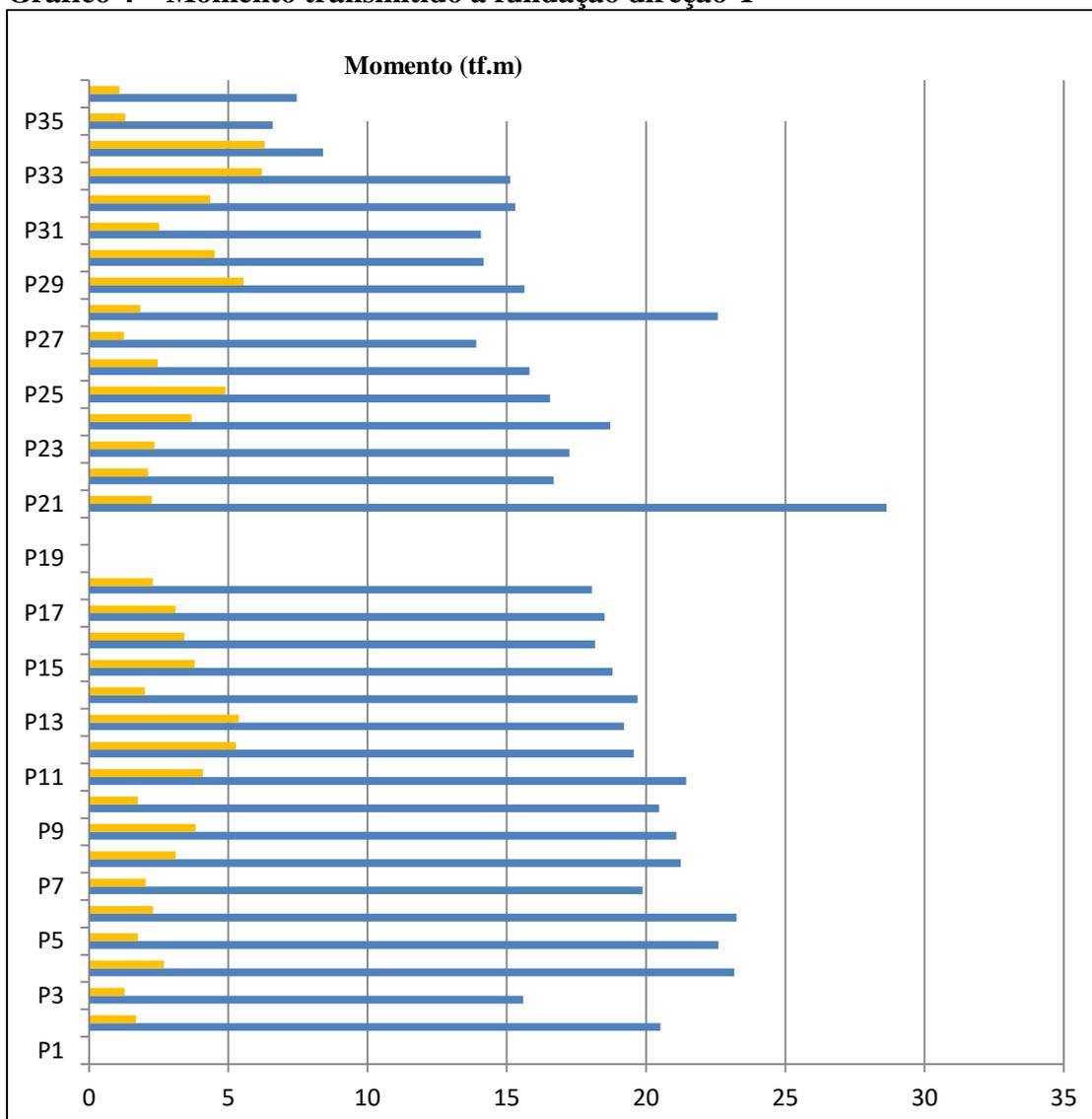
No Gráfico 3 é abordado o valor dos momentos da direção X incluindo apenas os valores de momentos fletores das regiões da estrutura que contém o núcleo rígido no Modelo 3.

Gráfico 3 – Comparação de momentos na direção X

Fonte: Dados pesquisa (2017).

Na direção Y o comportamento dos momentos seguiu o mesmo comportamento sendo que o Modelo 2 apresentou valores maiores do que na direção X. Isso pode ser observado no Gráfico 4 no qual são comparados os momentos dos Modelos na direção X. Em azul os valores correspondentes ao Modelo 2 e em laranja os valores do Modelo 3.

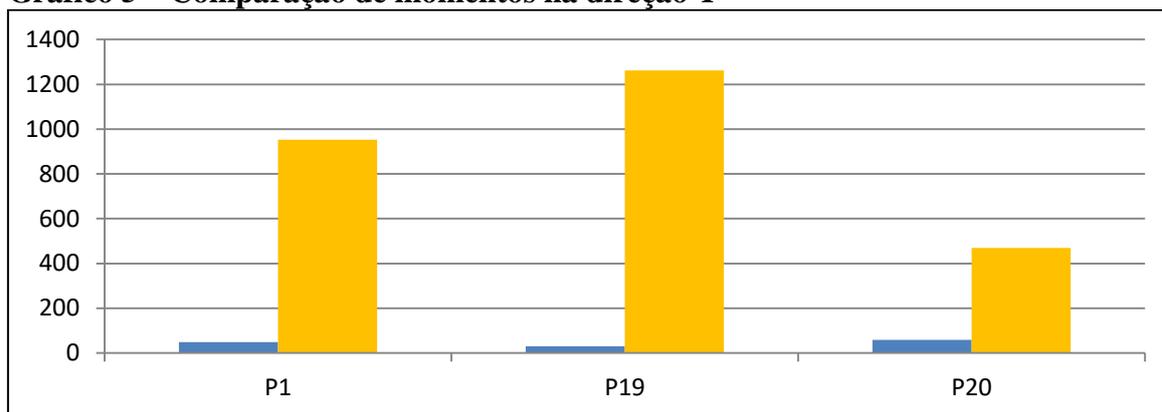
Gráfico 4 – Momento transmitido a fundação direção Y



Fonte: Dados de pesquisa (2017).

Na direção Y o comportamento do Modelo 2 é semelhante ao comportamento na direção X assumindo como um todo a distribuição de momentos sobre a estrutura. E o Modelo 3 novamente apresenta valores menores que 6 toneladas força por metro sendo os núcleos de rigidez absorvem a maior parte dos momentos da estrutura.

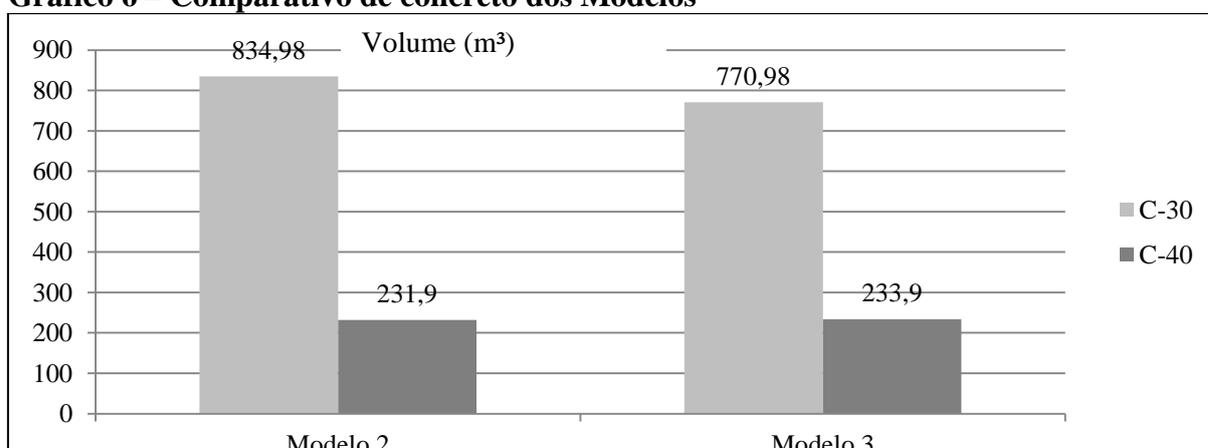
No Gráfico 5 é apresentado os valores dos momentos transmitidos para a fundação na região dos núcleos de rigidez do Modelo 3, sendo em azul os valores referentes ao Modelo 2 e em laranja os do Modelo 3.

Gráfico 5 – Comparação de momentos na direção Y

Fonte: Dados de pesquisa (2017).

Conforme os dados dos Modelos 2 e 3 referente a cargas atuando na fundação o Modelo 2 apresentou valores distribuídos e menores sem grandes variações. Tanto para as cargas gravitacionais assim como os momentos fletores, sendo o Modelo 3 apresenta valores menores de momento fletores nas fundações nos pilares quando não inserido os núcleos de rigidez da estrutura no comparativo. O quantitativo de concreto é disposto no Gráfico 6, no qual são ilustrados o consumo de concreto de 30 MPa (C-30) utilizado para vigas, lajes e escadas. E de 40 MPa (C-40) empregados nos pilares e núcleos de rigidez da estrutura. Demonstra os valores em metro cúbico de concreto de cada Modelo sendo que o Modelo 2 apresenta um valor de 834,98 m³ de concreto de classe de C-30 e o Modelo 3 um volume de 770,98 m³.

Já, na classe C-40 o Modelo 2 com valor de 231,9 metros cúbicos de concreto e o Modelo 3 com um volume muito próximo deste sendo 233,9 metros cúbicos.

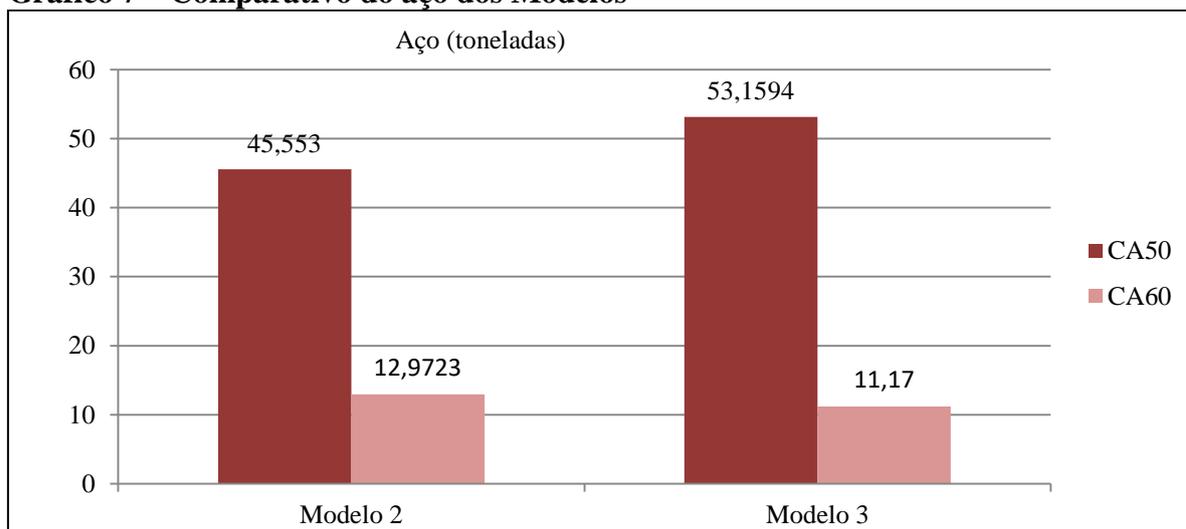
Gráfico 6 – Comparativo de concreto dos Modelos

Fonte: Dados de pesquisa (2017).

O comparativo de concreto entre os Modelos dimensionados o sistema 3 apresentou menor consumo deste material, com uma diferença de 7,66 % na classe C-30 e um valor muito próximo no consumo do C-40.

O Gráfico 7 compara o quantitativo de aço em toneladas de aço do tipo CA50 e CA60.

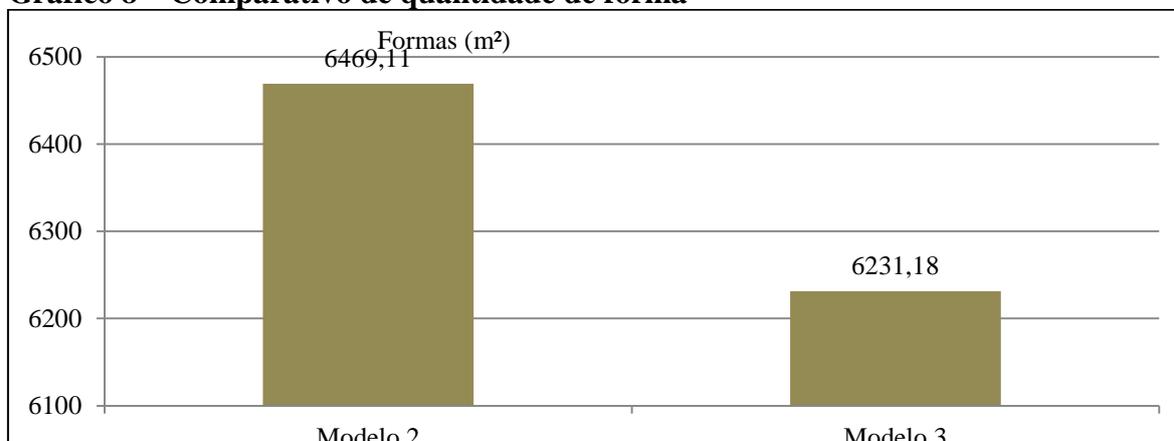
Gráfico 7 – Comparativo do aço dos Modelos



Fonte: Dados de pesquisa (2017).

O Modelo 2 apresentou um quantitativo de aço do tipo CA50 menor que o valor do Modelo 3, sendo em torno de 14,3% menor. E a quantidade do aço CA60 obtendo uma pequena variação no qual o Modelo 3 possui 13,89% porém com uma variação de valores não muito significativa. A comparação da quantidade necessária de metro quadrado de forma é comparada no Gráfico 8, sendo as medidas em metro quadrado.

Gráfico 8 – Comparativo de quantidade de forma



Fonte: Dados de pesquisa (2017).

No quantitativo de metros quadrados de forma o Modelo 3 apresentou a menor quantidade de materiais em sua composição sendo em 3,67% menor a área de forma. Conforme os dados analisados reações de cargas junto a fundação, quantitativo de materiais levantados pelo programa.

O Modelo 2 se apresenta como o sistema com a melhor eficiência, justificado pelas cargas distribuídas junto as fundações de forma homogênea e sem picos de cargas assim como no comparativo de volume de concreto com uma variação menor que 10% comparado com o Modelo 3 e o consumo de aço menor 14,3% e a pouca variação no quantitativo de formas utilizados entre os Modelos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo geral analisar a eficiência entre os sistemas de contraventamento para a estrutura pré-fabricada de concreto da cidade de Farroupilha /RS. Tendo como objetivos específicos para determinar o resultado primeiramente identificar as forças atuantes na estrutura, onde identificou-se as cargas permanentes, acidentais extras e externas como as forças provindas do vento.

Estas cargas dão origem as forças que atuam na edificação e após a sua identificação se deu início ao segundo objetivo específico no qual era dimensionar sistemas de contraventamento no software Alto Qi Eberick, sendo dimensionados três Modelos no qual o primeiro consistia em pilares engastados na fundação e vigas articuladas, o segundo Modelo pilares e vigas formando pórticos de contraventamento através da utilização de ligações variando entre semirrígidas e engastadas, e pilares engastados na fundação e o terceiro Modelo com emprego núcleo rígido de contraventamento, fazendo uso de pilares e vigas com ligação do tipo semirrígidas e engastadas.

Avaliar a forma como se comporta as cargas das estruturas dimensionadas com as reações junto a fundação. Neste objetivo o Modelo 2 apresentou um melhor comportamento das cargas, de forma homogênea e distribuiu os valores sem grandes variações, já o Modelo 1 não apresentou estabilidade requerida pela ABNT/NBR 6118 (2014), no qual impossibilitou a sua comparação com os demais Modelos.

Bem como, avaliar a eficiência de cada sistema dimensionado, através da comparação dos quantitativos de materiais que compõem os arranjos estruturais, nesta avaliação o Modelo

2 apresentou os valores mais satisfatórios no consumo de aço que o Modelo 3, com variação pouca do concreto e uma pequena variação no consumo de forma.

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa concluiu-se que um dos principais fatores determinantes na escolha do tipo de sistema de contraventamento é a quantidade de aço por metro cubico de concreto sendo escolhido o menor valor obtido neste cálculo sendo o Modelo 2 o valor de 54,856 kg de aço por metro cubico de concreto, valor menor do obtido no Modelo 3 de 64,017 kg de aço por metro cubico de concreto.

Para futuras pesquisas sobre o tema sugiro a realização de uma análise econômica na qual possibilitara uma mensuração monetária dos Modelos. Assim também como um estudo envolvendo mais de uma estrutura variando a sua altura, no qual poderá obter resultados diferentes e assim traçar qual Modelo se encaixa para determinados tipos de edificação.

REFERÊNCIAS

- ACKER., A. V. **Manual de sistema pré-fabricado de concreto**. Traduzido por Marcelo de Araújo Ferreira. 2003. ABCIC, 2002.
- ARAUJO. J.M. **Curso de concreto armado**. Vol 1. Ed Dunas. Rio Grande 2º edição. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro-RJ, 1980.
- _____. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro-RJ, 1988.
- _____. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas-procedimento. Rio de Janeiro –RJ, 2003.
- _____. **NBR 9062**: Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado. Rio de Janeiro-RJ, 2006.
- _____. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas de mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro-RJ, 2008.
- _____. **NBR 6118**: Estrutura de concreto -protendido. Rio de Janeiro-RJ, 2014.
- BARROS. A. J. S. **Fundamentos da metodologia científica**. 3 ed. São Paulo: Person pretice Hall, 2007.
- BIAGI. M. C. **Pesquisa científica roteiro prático para desenvolver projetos e teses**. São Paulo: Juruá. 2012.

CARVALHO, R.C e FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo NBR 6118:2003**. 3ª Edição, São Carlos SP, Edufscar, 2013.

CHING, F. D. K. **Sistemas estruturais ilustrados: padrões sistemas e projetos**. 2ª Edição, Porto Alegre /RS. Bookman. 2015.

COVAS, N. **Tecnologia da informação no projeto e modelagem de estrutura de concreto**. In: Revista Concreto e construção. p.10. Ed out-dez 2016.

DA SILVA, F.M. **Como analisar os resultados obtidos no relatório de deslocamentos horizontais**. Artigo site AutoQi. Abr.2013. Disponível em: <http://faq.altoqi.com.br/content/255/626/pt-br/deslocamentos-horizontais.html> acesso em 21/10/17.

EL DEBS, M. K. **Concreto Pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**, São Carlos SP: EESC-USP, 2000.

FERREIRA, R. **Alvenaria de tijolos cerâmicos X Drywall**. In Revista Construção e Mercado. Edição 136. Novembro/ 2012.

FERNANDEZ, P. S. **Considerações sobre o coeficiente Gama Z**. Artigo site AutoQi. Jan. 2017. Disponível em: http://faq.altoqi.com.br/content/-sobre-o-coeficiente-gama_z acesso em: 30/05/17.

GIL, A. C. **Como elaborar projeto de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

KÖCHE, J, C. **Fundamentos da metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2013.

HIBBELER, R.C. **Análise das estruturas**, 8ª Edição, Tradução Jorge Ritter, São Paulo, SP, Person Education do Brasil, 2013.

LUCA, C. R; GONÇALVES, J. L; DUARTE, O.Z.S. **Manual de Projeto de Sistemas Drywall: paredes, forros e revestimentos**. São Paulo: Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall, 2006.

MARCONI, M.; LAKATOS,E.M. **Fundamentos de metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2008.

MELO, C. E. E. **Manual Munte de Projetos em pré-fabricados de concreto**, 2. Ed. São Paulo: Pini, 2007.

MIGLIORE JUNIOR, A. R. **Estratégia para definição da seção resistente de viga pré-fabricada de edifício com pré-tração**. In: Caderno de engenharia de estrutura vol 15, num 64. p 1-16. São Carlos. 2013.

OLIVEIRA, Luciana. **Tecnologia Pré-fabricados**. In: Revista Techne. Edição 99. Junho/2005.

PRAVIA, Z.M.C; FICANHA. R.A; FABEANE.R. **Projeto e cálculo de estruturas de aço edifício industrial detalhado**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

PITTA. J. A. A. **Ações devida ao vento nas edificações**. São Carlos. SP. Ed UFSCar, 2001.

REBELLO. Y. C. P. **Estruturas de aço, concreto e madeira atendimento da expectativa dimensional**. São Paulo: Zigurate Editora, 2005.

SANTOS. I. E. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. 12.ed. Niterói, RJ: Impetus, 2016.

SAYEGH, S. **Estruturas pré-fabricadas exigem alto grau de detalhamento. Modulação, repetição de elementos construtivos e racionalização devem ser adotados desde a fase de concepção**. In: Revista Au. Edição 209. Agosto de 2011.