

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA – UNIPAMPA  
CENTRO DE TECNOLOGIA DE ALEGRETE – CTA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**POLIANA BELLEI**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE EDIFÍCIO DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL E DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL EM  
CONSTRUÇÃO NA CIDADE DE ALEGRETE - RS**

**Alegrete  
2013**

**POLIANA BELLEI**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE EDIFÍCIO DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL E DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL EM  
CONSTRUÇÃO NA CIDADE DE ALEGRETE - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M. Sc. Eng. Jaelson Budny

**Alegrete  
2013**

**POLIANA BELLEI**

**ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE EDIFÍCIO DE ALVENARIA  
ESTRUTURAL E DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL EM  
CONSTRUÇÃO NA CIDADE DE ALEGRETE - RS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 24 de setembro de 2013.

Banca Examinadora:

---

Prof. Me. Eng. Jaelson Budny  
Orientador  
Engenharia Civil - UNIPAMPA

---

Prof. Me. Eng. André Lübeck  
Engenharia Civil - UNIPAMPA

---

Prof. Me. Eng. Magnos Baroni  
Engenharia Civil - UNIPAMPA

Dedico este trabalho a Deus, pelo dom da vida e sabedoria. Aos amigos e familiares, em especial meus pais Elsi e Noeli, e meu irmão Fabiano por toda confiança depositada e pelo incentivo nas horas mais difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela oportunidade de acordar todos os dias e abençoar meus planos.

Aos meus pais, por acreditarem em mim até mesmo nas horas em que nem eu mesma não acreditava mais, com certeza sem vocês, este trabalho não teria chegado ao final.

Ao meu irmão Fabiano, pelo apoio e companheirismo.

Ao meu orientador, Jaelson Budny, pela dedicação, paciência, incentivo, atenção e disponibilidade dedicados no término do trabalho.

Ao professor, André Lubéck, por toda ajuda e atenção dedicados no dimensionamento da estrutura.

Ao professor, Mario Cezar Macedo Munró, pela atenção e disponibilidade dedicados na realização dos orçamentos.

Aos colegas Emanuel Dellatorre e Gabriel Gavião Mendes, pelo companheirismo e ajuda admirável prestados para a realização deste trabalho e no decorrer do curso.

Aos demais professores, pela forma de conduzirem as etapas de toda graduação.

As amizades construídas em todos esses anos que serão lembradas eternamente.

Aos amigos e familiares que muito me apoiaram ao longo da vida e que torceram muito para a conclusão deste curso de graduação.

"Tudo que é seu, encontrará uma maneira de chegar até você".

Chico Xavier

## RESUMO

Este trabalho consiste em apresentar um estudo comparativo entre o sistema construtivo em alvenaria estrutural e o sistema estrutural de concreto armado convencional, para execução de projetos na cidade de Alegrete - RS. A indústria da construção civil, impulsionada pelo interesse da população muitas vezes de baixa renda, e a facilidade na hora da compra, buscam redução no preço final para viabilizar o financiamento do imóvel para seus clientes. Atrelado ao déficit habitacional, os novos métodos, além de serem eficientes, necessitam possuir menores custo. O presente estudo, compara os dois sistemas construtivos largamente utilizados na atualidade, alvenaria estrutural de blocos cerâmicos com laje pré-moldada e estrutura de concreto armado convencional composta por pilares, vigas, lajes e com alvenaria de vedação, levando em consideração o mesmo edifício, analisando seus custos de execução. Adotando-se o mesmo projeto, para a realização do comparativo, será mostrado através das planilhas de quantitativos, os preços aplicados na cidade, bem como gráficos indicando a diferença de cada sistema. Verificou-se que, para as condições consideradas, a alvenaria estrutural apresentou redução significativa nos custos de construção, sendo uma alternativa atraente para ser implantada, gerando maiores lucros no imóvel.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Estrutura de concreto armado convencional. Menores custos.

## **ABSTRACT**

This work is to present a comparative study of the structural system in structural masonry and structural system of conventional reinforced concrete, for execution of projects in the city of Alegrete - RS. The construction industry, driven by the interest of the population often low-income, and the facility at the time of purchase, seek a reduction in the final price to facilitate financing of the property for their clients. Coupled to the housing deficit, new methods, besides being efficient, they need to have lower cost. This study compares the two building systems widely used today, masonry block with ceramic slab and precast concrete structure composed of conventional columns, beams, slabs and masonry fence, taking into consideration the same building, analyzing their implementation costs. Adopting the same project, to carry out the comparison will be shown by the quantitative spreadsheets, prices applied in the city, as well as graphs showing the difference of each system. It was found that for the conditions considered, the masonry showed a significant reduction in construction costs, being an attractive alternative to be implemented, generating higher profits in the property.

**Keywords:** Structural masonry. Conventional reinforced concrete structure. Lower costs.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Edifício Monadnock em Chicago .....	21
Figura 2 - Teatro Municipal em São Paulo.....	22
Figura 3 - Empreendimentos construídos em alvenaria estrutural .....	23
Figura 4 - Modelo de estrutura em alvenaria estrutural.....	26
Figura 5 - Sequência de execução da alvenaria estrutural.....	26
Figura 6 - Tipos de blocos cerâmicos.....	28
Figura 7 - Argamassa de assentamento na alvenaria estrutural não armada .....	29
Figura 8 - Armadura utilizada na alvenaria estrutural preenchida por grout .....	30
Figura 9 - Detalhe do grout no bloco canaleta .....	31
Figura 10 - Ingall Building .....	35
Figura 11 - Edifício A Noite no Rio de Janeiro.....	36
Figura 12 - Ponte Baumgart em Santa Catarina .....	37
Figura 13 - Elementos básicos da estrutura de concreto armado .....	38
Figura 14 - Diagrama de produção de concreto armado convencional .....	40
Figura 15 - Etapa da montagem das fôrmas de madeira.....	41
Figura 16 - Modelo da estrutura de concreto armado convencional .....	41
Figura 17 - Fachada do edifício-padrão.....	54
Figura 18 - Planta baixa pavimento tipo.....	55
Figura 19 - Primeira fiada de blocos cerâmicos.....	57
Figura 20 - Representação da planta de elevação das paredes.....	58
Figura 21 - Representação dos blocos.....	59
Figura 22 - Modelo da estrutura em concreto armado.....	63
Figura 23 - Dimensionamento da estrutura em concreto armado.....	64

## LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Comparativo das composições consideradas.....	68
Gráfico 2 - Custo global da estrutura de alvenaria estrutural e concreto armado.....	69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Armadura para concreto armado com as respectivas áreas de aço e massa específica .....	37
--	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os tipos de paredes em alvenaria estrutural .....	25
Quadro 2 - Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural .....	32
Quadro 3 - Elementos básicos das estruturas de concreto armado.....	39
Quadro 4 - Vantagens e desvantagens do concreto armado convencional.....	47
Quadro 5 - Custos de materiais e mão de obra de construção para a planilha orçamentária do sistema de alvenaria estrutural - junho/2013 .....	60
Quadro 6 - Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Alvenaria Estrutural- junho/2013.....	61
Quadro 7 - Custos de materiais e mão de obra de construção para a planilha orçamentária do sistema de Concreto Armado - junho/2013.....	65
Quadro 8 - Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Concreto Armado- junho/2013.....	66
Quadro 9 - Comparativo de custo entre as estruturas.....	67

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

BDI - Benefício de Despesas Indiretas

fck - Resistência Característica do Concreto à Compressão

LTDA - Limitada

MPa - Mega Pascal

PSQ - Programa Setorial da Qualidade

SINAPI - Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização do tema, do problema e da questão de pesquisa .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.1</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>17</b>
<b>1.4</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>17</b>
<b>1.5</b>	<b>Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>Alvenaria estrutural e estruturas de concreto armado : características básicas dos sistemas construtivos.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Técnica, método, processo e sistema construtivo.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2</b>	<b>História do sistema construtivo em alvenaria estrutural.....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2.1</b>	<b>Apresentação do sistema construtivo.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2.1.1</b>	<b>Tipos de Alvenaria.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.2.1.2</b>	<b>Tipos de paredes em alvenaria estrutural .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Elementos que compõem a alvenaria estrutural .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.3.1</b>	<b>Unidade.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.3.2</b>	<b>Argamassa .....</b>	<b>28</b>
<b>2.1.3.3</b>	<b>Armadura .....</b>	<b>30</b>
<b>2.1.3.4</b>	<b>Grout.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Pontos positivos e pontos negativos da alvenaria estrutural .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1.5</b>	<b>História do sistema construtivo em concreto armado convencional.....</b>	<b>33</b>
<b>2.1.6</b>	<b>Apresentação do sistema construtivo.....</b>	<b>37</b>
<b>2.1.7</b>	<b>Principais constituintes do concreto armado .....</b>	<b>42</b>
<b>2.1.7.1</b>	<b>Cimento .....</b>	<b>43</b>
<b>2.1.7.2</b>	<b>Agregados .....</b>	<b>43</b>
<b>2.1.7.3</b>	<b>Água .....</b>	<b>44</b>
<b>2.1.7.4</b>	<b>Aditivos .....</b>	<b>44</b>
<b>2.1.7.5</b>	<b>Armadura .....</b>	<b>45</b>
<b>2.1.8</b>	<b>Elementos estruturais do concreto armado.....</b>	<b>46</b>
<b>2.1.9</b>	<b>Pontos positivos e pontos negativos do concreto armado .....</b>	<b>47</b>
<b>2.1.10</b>	<b>Sinapi.....</b>	<b>49</b>

<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>51</b>
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>53</b>
<b>4.1</b>	<b>Apresentação do edifício-padrão .....</b>	<b>53</b>
<b>4.2</b>	<b>Levantamento de custos entre os dois sistemas estruturais.....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Sistema construtivo em alvenaria estrutural .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Sistema construtivo em concreto armado .....</b>	<b>62</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>67</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
<b>6.1</b>	<b>Sugestões para pesquisas futuras.....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Contextualização do tema, do problema e da questão de pesquisa

Contemporaneamente, devido ao elevado déficit habitacional decorrente de uma explosão demográfica, o setor da construção civil vem sendo reformulado para atingir esta demanda, com a aplicação de novas técnicas de projetos e execução da obra (CARDOSO et al., 2005). Atrelado a este déficit, existe uma nova sociedade exigente e competitiva, assim, os novos métodos, além de serem eficientes, necessitam possuir menores custos. Deste modo, a indústria da construção civil, que era conhecida pelos seus elevados custos, atualmente, está sendo renovada com a aplicação de novas técnicas, métodos e sistemas construtivos.

Na construção civil, as empresas vêm buscando a redução dos gastos na hora de construir, embora necessitem manter a qualidade para atrair seus clientes. Com isso, observa-se a busca por novas técnicas que facilitem o serviço e, conseqüentemente, diminuam as etapas necessárias para a conclusão do serviço, além de proporcionar a redução de materiais e mão de obra especializada (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

A população está cada vez mais investindo em seu próprio imóvel e com isso surge a necessidade de construções que atendam as camadas de renda mais baixa (MELLO, 2004). Nesse contexto, devido ao crescimento da concorrência, no setor da construção civil, uma das prioridades das empresas do ramo da construção é a economia na execução de um empreendimento. Construir deixou de ser simplesmente uma materialização de fôrmas e volumes e passa a ser, cada vez mais, uma questão de minimização de custos e controle. Isso não poderia ser diferente na construção de obras prediais, pois as empresas precisam economizar para viabilizar preços acessíveis para seus clientes (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

Segundo Mello (2004), as construções requerem rapidez, baixo custo e qualidade. Com isso, o orçamento de uma obra deve envolver sistemas construtivos que aperfeiçoem a realidade. Dentro dos novos sistemas construtivos, que se adéquam a esta nova demanda, encontra-se a alvenaria estrutural, que passou a ser um sistema construtivo bastante utilizado na substituição das antigas construções convencionais em concreto armado.

É possível observar que a construção civil se modificou por influência de vários fatores. No entanto, muitos construtores ainda não utilizam a alvenaria estrutural, por desconhecerem suas vantagens para as construções, entre elas, a economia. A utilização desse método construtivo é bastante viável, segundo Fernandes e Silva Filho (2010), não só para

obras habitacionais de baixa renda, mas também para a classe média e alta, gerando redução do custo final para seus consumidores.

Observa-se que, nas últimas décadas, no Brasil, a alvenaria estrutural vem ganhando espaço, devido ao baixo custo e rapidez de execução, em relação às estruturas convencionais de concreto armado. Segundo seus defensores, o sistema reduz consideravelmente o consumo e o desperdício de materiais (ALEXANDRE, 2008). A cada dia, em escala cada vez maior, a alvenaria estrutural tem se mostrado uma solução construtiva com características de durabilidade, com pouco desperdício, com economia e de acordo com os princípios de sustentabilidade que a sociedade procura para suas construções (TAUIL; NESE, 2010).

Existem alguns custos que não podem deixar de ser citados em construções de alvenaria estrutural, tais como a diminuição de entulhos gerados na obra, o desenvolvimento dos projetos de forma interdisciplinar, a redução no tempo de construção e a melhor racionalização que gera para o canteiro de obra (KAGEYAMA; KISHI; MEIRELLES, 2009).

De acordo com Manzione (2003), o sistema de alvenaria estrutural só é economicamente viável para edificações de até 15 pavimentos. Para o autor, a partir disso, torna-se necessária a realização de comparativos com a estrutura de concreto armado convencional, para verificar qual o sistema que é mais econômico.

Em virtude do exposto, esta pesquisa aborda como tema a comparação de custos entre um edifício construído em alvenaria estrutural e um edifício com tipologia similar, porém, executado em concreto armado convencional, na cidade de Alegrete – RS.

Desde 2006, com a chegada da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA, a cidade de Alegrete, que não possuía muitas construções, teve que se adaptar ao desenvolvimento urbano. Vários empreendimentos estão sendo construídos na cidade, com a finalidade de atender a demanda populacional. Dados obtidos com uma empresa da cidade mostram que desde 2006, quando houve a instalação da universidade, até agora, o número de construções aumentou cerca de 30% a 40 %, em relação ao mesmo período de tempo no passado da cidade.

Estudos realizados na área, com o mesmo enfoque, tais como na cidade de São Paulo, Porto Alegre, Salvador, entre outras cidades, abordaram a realidade de cidades que apresentam grande número de edifícios em alvenaria estrutural, com mais de 10 anos de existência. Ao contrário disso, na cidade de Alegrete, conforme já citado, verificou-se que existem poucas obras construídas de alvenaria estrutural, com no máximo 5 anos de existência.

## **1.2 Objetivos**

O objetivo geral deste trabalho é verificar, na cidade de Alegrete, entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado convencional, qual deles é construído com o menor custo de execução.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

Como objetivos específicos pretende-se:

- ✓ caracterizar os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado convencional em termos de custo de execução;
- ✓ identificar os custos dos materiais empregados e da mão de obra para a execução de ambas as obras em estudo, na cidade de Alegrete/RS;
- ✓ comparar os custos orçados para as obras analisadas em alvenaria estrutural e concreto armado convencional.

## **1.3 Justificativa**

Por meio de estudos realizados sobre o sistema construtivo em alvenaria estrutural, verificou-se que, apesar de ser um sistema inovador, nos empreendimentos da cidade de Alegrete não é muito utilizado mas, esse sistema pode ser uma solução para o crescimento socioeconômico da região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul.

O método construtivo em alvenaria estrutural é muito utilizado em várias regiões do país devido à racionalização, baixo custo da obra e menor geração de resíduos, mas ainda é motivo de crítica, principalmente pela falta de conhecimento, não só dos profissionais, mas também da maioria da população.

Apesar das construções convencionais de concreto armado possuírem maior aceitação e mão de obra apta e disponível, nem sempre será a melhor escolha quando procura-se lucros em menor tempo. Por estes motivos, percebe-se a grande necessidade do desenvolvimento desta pesquisa, pois, há falta de informações sobre o assunto, entre os profissionais e a população.

De posse dessas informações, será possível contribuir com resultados que sirvam de balizadores para a realização de novas pesquisas, bem como contribuir para a tomada de decisões pelos gerentes de empresas construtoras.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está estruturado da seguinte maneira:

**a)** No Capítulo I apresenta-se a introdução, com breves considerações sobre os sistemas construtivos, o tema da pesquisa, a contextualização do problema e da questão de pesquisa, os objetivos gerais e específicos, e os elementos que demonstram a importância da realização deste trabalho;

**b)** No Capítulo II consta a revisão bibliográfica, contendo a explicação dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e em concreto armado convencional, com as características básicas de cada um, bem como suas vantagens e limitações de uso;

**c)** No Capítulo III encontra-se a metodologia adotada para desenvolvimento e realização desta presente pesquisa;

**d)** No Capítulo IV demonstra-se a apresentação da pesquisa, com a abordagem do que foi realizado bem como os métodos utilizados para atingir os objetivos deste trabalho;

**e)** No Capítulo V é concretizada a análise dos resultados através dos gráficos de comparação entre os custos dois sistemas construtivos;

**f)** No Capítulo VI estão apresentadas as conclusões alcançadas para esta pesquisa, juntamente com sugestões para trabalhos posteriores.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A engenharia é o uso racional de conhecimentos científicos e tecnológicos necessários para a realização de materiais e equipamentos utilizados ao constante aprimoramento das condições de vida do homem (FERNANDES; SILVA FILHO, 2010).

Desde modo, para atender as necessidades do homem, a engenharia está em constante mudança, buscando adaptar os processos construtivos tradicionais para melhor atender as exigências da sociedade.

### 2.1 Alvenaria estrutural e estruturas de concreto armado: características básicas dos sistemas construtivos

Neste capítulo está apresentada a definição dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e em concreto armado convencional, explicando-se seus métodos, aplicações, as vantagens e limitações de cada sistema.

#### 2.1.1 Técnica, método, processo e sistema construtivo

Com o propósito de explicar o significado de cada termo, sendo estes, fundamentais para o entendimento deste trabalho, Sabbatini (1989) apresenta uma definição de forma simples e objetiva de como se referir e entender o significado de cada um, como segue:

- a) **Técnica construtiva:** é um conjunto de procedimentos utilizados na produção de uma construção. Por exemplo, pode-se levantar uma parede de alvenaria, produzir uma forma de madeira para adequar-se a uma viga de concreto, assentar uma esquadria de janela. Tudo isso é entendido como técnica construtiva de um edifício.
- b) **Método construtivo:** é um conjunto de técnicas construtivas ligadas e regularmente organizadas, empregados na construção de uma parte da edificação. Por exemplo, para se fazer uma estrutura reticulada de concreto armado requer-se um conjunto ordenado de técnicas específicas para sua construção, as quais devem interagir entre si e possuir uma sequência correta e bem determinada.
- c) **Processo construtivo:** um dado processo construtivo corresponde a apenas uma e específica maneira de construir um edifício, de forma organizada e bem definida. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu próprio

conjunto de métodos utilizado na construção. Por exemplo, quando se cita um processo construtivo em alvenaria estrutural aplicado em blocos cerâmicos se está referindo ao modo de construir a estrutura e as vedações de um edifício.

d) **Sistema construtivo:** é um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de sistematização, constituído por um conjunto de elementos e componentes integrados pelo processo. Um sistema construtivo é um processo muito bem estabelecido e tecnologicamente mais avançado.

Desta forma, conforme Sabattini (1989), um sistema deve ser visto como um conjunto de partes ordenadas que adotam relações correspondentes determinadas, enquanto que, um processo deve ser entendido como um conjunto de métodos inter-relacionados.

Já sabendo que a indústria da construção civil está em constante aprimoramento e que existem diversos tipos de propostas e sistemas construtivos, o foco deste trabalho são os sistemas construtivos em alvenaria estrutural e em concreto armado, por se tratarem, o primeiro, de um sistema racional que atende as necessidades de redução de custo e tempo e, o segundo, por ser um sistema construtivo convencional e largamente utilizado no Brasil.

### **2.1.2 História do sistema construtivo em alvenaria estrutural**

A alvenaria é um material de construção tradicional que tem sido usado há milhares de anos. Segundo Hendry (2002), por volta do século XVII, foi onde ela passou a ser tratada como tecnologia de construção. Apesar de terem sido realizados testes de resistência dos elementos de alvenaria estrutural, em vários países, as limitações eram grandes, pois os métodos de cálculo eram muito empíricos.

Entre os Séculos 19 e 20, vários edifícios em alvenaria estrutural foram construídos com espessuras excessivas de paredes (HENDRY, 2002). Um exemplo clássico que pode ser citado é o Edifício Monadnock, em Chicago, ilustrado na Figura 1, construído entre 1889 a 1891. Com 16 pavimentos e 65 metros de altura, o edifício possui as paredes com base de 1,80 m de espessura, resultado do dimensionamento por métodos empíricos daquela época e, apesar de suas paredes, o edifício tornou-se símbolo da moderna alvenaria estrutural (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 1 – Edifício Monadnock em Chicago



Fonte: Quemelli (2007)

Contemporaneamente, se este mesmo edifício fosse dimensionado, com os materiais contendo as mesmas características daquela época e os procedimentos de cálculos utilizados nesta época, a espessuras das paredes seriam inferiores a 30 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Por tais motivos, envolvendo baixa velocidade de construção e perda de espaço, a alvenaria estrutural não teve muita aceitação para edifícios altos. Após vários experimentos, na Europa, na década de 50, a alvenaria estimulou novamente o interesse como uma opção para a construção de empreendimentos (ACETTI, 1998).

No Brasil, a alvenaria tardou a encontrar seu espaço como um processo construtivo econômico e racional (RAMALHO, CORRÊA, 2003). No ano de 1966, em São Paulo, surgiam os primeiros edifícios com blocos vazados de concreto. A Figura 2 mostra uma das construções mais relevantes em alvenaria estrutural.

Figura 2 – Teatro Municipal em São Paulo



Fonte: Silva, W. (2003, p. 8)

O Teatro Municipal, em São Paulo, é o exemplo que mais se destaca na realização deste tipo de sistema construtivo, ou seja, construído em alvenaria estrutural, sendo sua construção realizada entre os anos de 1903 a 1911.

#### **2.1.2.1 Apresentação do sistema construtivo**

Segundo Penteadó (2003), a alvenaria estrutural é um tipo de estrutura em que as paredes são elementos resistentes, compostas por blocos, que estão unidos por juntas de argamassa, sendo assim, capazes de resistirem ao seu peso próprio e de outras cargas. Ramalho e Corrêa (2003) afirmam que o principal conceito estrutural está vinculado a prática da aplicação da alvenaria estrutural, que, ao longo de sua estrutura, transmite as ações de tensões de compressão.

Para influenciar na resistência a compressão da alvenaria, alguns fatores, segundo Hendry (2002), são importantes, tais como:

- resistência dos blocos;
- resistência da argamassa;
- espessura da junta de argamassa;
- absorção inicial de água;
- condições de cura;
- qualidade da mão de obra.

Na alvenaria estrutural, as paredes são os elementos estruturais, devendo, assim, sustentar às cargas como resistiriam os pilares e as vigas, utilizados em obras de concreto armado, madeira ou aço. De forma geral, o projeto conceitua a distribuição das paredes de forma que cada uma atue como parte estabilizadora da outra (SABATTINI et al., 1998).

Não só pelo seu comportamento, mas a modulação e a racionalização do projeto são essenciais para uma obra construída em alvenaria estrutural. A integração entre os projetos arquitetônico, estrutural, elétrico e hidráulico das edificações são fundamentais e podem gerar uma economia significativa no custo total da obra (FERREIRA; POMPEU JUNIOR, 2010). Na Figura 3 é possível a visualização de alguns empreendimentos construídos em alvenaria estrutural.

Figura 3 – Empreendimentos construídos em alvenaria estrutural



Fonte: Pauluzzi (2012)

Para Ramalho e Corrêa (2003) a arquitetura deste sistema construtivo é considerada limitada.

#### 2.1.2.1.1 Tipos de Alvenaria

Segundo Santos (1998) e Lisboa (2008) as alvenarias classificam-se em:

- **Alvenaria não armada:** construída com blocos estruturais, maciços ou vazados, assentados com argamassa, onde os reforços com aço ocorrem apenas por finalidade construtiva de amarração; neste tipo de alvenaria não são absorvidos os esforços calculados.
- **Alvenaria armada:** construída com blocos estruturais vazados, assentados com argamassa. Alguns desses blocos vazados são reforçados, ou seja, preenchidos com grout, contendo armadura coberta o suficiente para atender às

exigências estruturais, além daquelas com finalidade construtiva ou de amarração.

- **Alvenaria protendida:** é reforçada por armadura ativa (pré-tensionada), que submete a alvenaria a tensões de compressão.
- **Alvenaria resistente:** são alvenarias edificadas para sustentar a cargas além de seu peso.
- **Alvenaria estrutural:** é toda a estrutura em alvenaria, dimensionada com procedimentos racionais de cálculo para suportar cargas além do seu peso próprio.

#### **2.1.2.1.2 Tipos de paredes em alvenaria estrutural**

Com base em Santos (1998) e em Camacho (2006), no Quadro 1 apresenta-se os tipos de alvenaria estrutural.

Quadro 1 – Os tipos de paredes em alvenaria estrutural

<b>TIPO DE ALVENARIA ESTRUTURAL</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
<b>Paredes de vedação</b>	A parede de alvenaria é denominada parede de vedação quando suporta apenas seu peso próprio, não admitindo outras cargas. Ela têm a função de separar ambientes internos e externos e, também, pode embutir tubulações hidrossanitárias.
<b>Paredes estruturais</b>	A parede estrutural é dimensionada para resistir a todas as cargas verticais do peso próprio e acidentais aplicadas sobre ela.
<b>Paredes de contraventamento</b>	São paredes estruturais que, além de resistir as cargas verticais, são projetadas para resistir, também, as cargas horizontais, segundo seu plano, seja da ação do vento, de desaprumo da estrutura ou sísmicas, conferindo rigidez necessária à estrutura.
<b>Paredes enrijecedoras</b>	Têm a função de fortalecer as paredes estruturais contra a flambagem.

Fonte: Elaboração do autor

A Figura 4 apresenta modelo de estrutura de parede em alvenaria estrutural.

Figura 4 - Modelo de estrutura em alvenaria estrutural

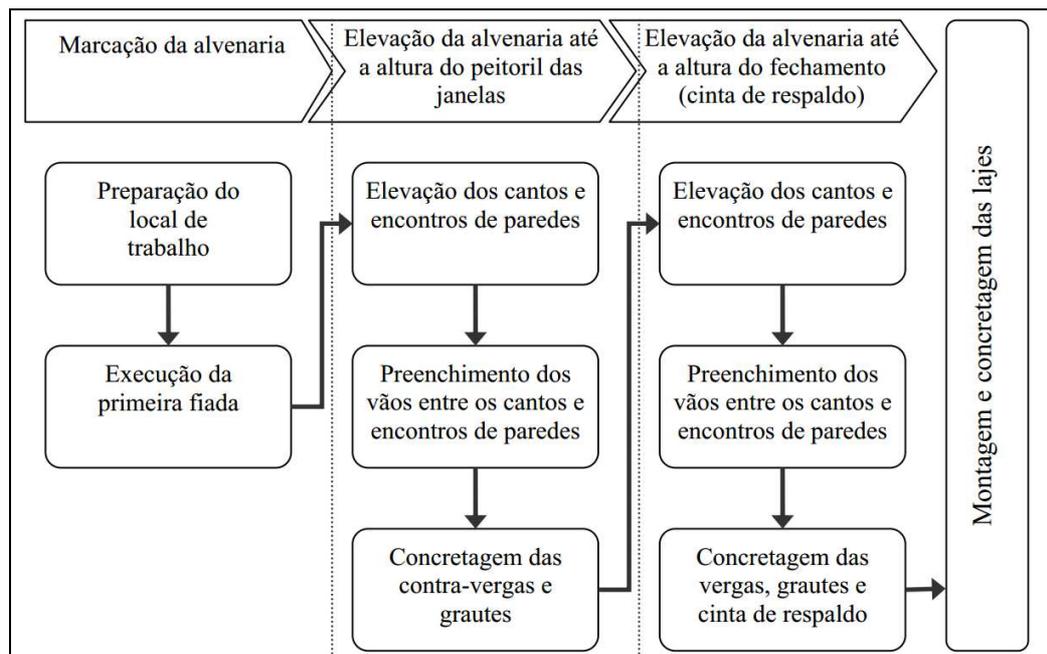


Fonte: Elaboração do autor

### 2.1.3 Elementos que compõem a alvenaria estrutural

Conforme Richter (2007), na Figura 5, observa-se um esquema da sequência a ser seguida para a execução do sistema construtivo em alvenaria estrutural.

Figura 5 – Sequência de execução da alvenaria estrutural



Fonte: Richter (2007, p. 46)

Na Figura 5, está identificado cada etapa da construção da alvenaria estrutural. Ela começa pela locação da alvenaria, e posteriormente sua elevação até o peitoril para a concretagem das vergas e contra-vergas, por último ocorre o fechamento da alvenaria para a concretagem das lajes. No caso de empreendimentos com elevado número de unidades, as construtoras selecionam certa equipe para a marcação da primeira fiada, com a finalidade de aumentar a produtividade.

### **2.1.3.1 Unidade**

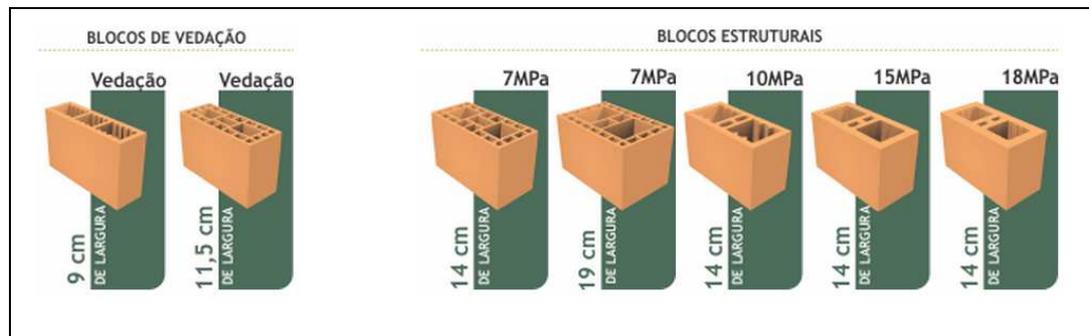
As unidades são um componente básico da alvenaria estrutural que, segundo Ramalho e Corrêa (2003), são as responsáveis pelas características de resistência da estrutura. Podem ser de cerâmica, de concreto e de sílico-calcáreas. Ademais, ainda podem ser de forma maciça (tijolos) ou de forma vazada (blocos).

Quanto à aplicação das unidades, elas podem ser classificadas em estruturais e de vedação. Portanto, é necessário analisar o que está sugerido nas normas técnicas brasileiras, no que diz respeito às resistências mínimas que cada unidade deve apresentar (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Por exemplo, a NBR 15270 – Bloco Cerâmico para Alvenaria – (ABNT, 2005) especifica que a resistência mínima característica do bloco a compressão deve ser de 4 MPa, para blocos de concreto. Já a NBR 6136 – Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – (ABNT, 2007) define que o mínimo de resistência a compressão para blocos usados em paredes externas sem revestimento seja de 6 MPa e para paredes internas, ou externas, o revestimento deve ser de 4,5 MPa.

Na Figura 6 pode-se observar o formato dos blocos fabricados pela empresa Pauluzzi Blocos Cerâmicos Ltda, do estado do Rio Grande do Sul, com resistência característica a compressão específica de cada um.

Figura 6 – Tipos de blocos cerâmicos



Fonte: Pauluzzi (2012)

Atualmente, a Pauluzzi é a maior indústria de blocos cerâmicos do Brasil (PAULUZZI, 2012). Essa indústria, fundada em 1928, foi a primeira empresa de cerâmica do país a conquistar a certificação do Programa Setorial da Qualidade (PSQ), sendo uma referência na fabricação de blocos cerâmicos para alvenaria racionalizada e estrutural.

### 2.1.3.2 Argamassa

A argamassa de assentamento possui em sua composição, areia, cimento, cal e água. Suas principais funções são de ligar as unidades, transformando-as em uma única estrutura; transferir e igualar as tensões entre as unidades de alvenaria; absorver pequenas deformações; e, evitar a entrada da água e de vento nas edificações (RAMALHO; CORRÊA, 2003). Para Oliveira Junior (1992), a argamassa promove a união dos elementos, onde ocorre a necessidade de armaduras nas juntas ou o uso de telas especiais, conforme observa-se na Figura 7.

Figura 7 - Argamassa de assentamento em alvenaria não armada



Fonte: Elaboração do autor

Outra característica é corrigir as imperfeições de blocos aparentes, melhorando a estética e ajudando na modulação dos vãos.

Todavia, com a intenção de ampliar a produção e minimizar as perdas, várias construtoras optam por argamassa industrializada, a qual pode ser misturada no local de aplicação e guardada em sacos, evitando a necessidade de centrais de produção e favorecendo o transporte dentro da obra (ARCARI, 2010).

Conforme entendem Oliveira Junior (1992) e Lisboa (2008), a argamassa deve possuir as seguintes características no estado fresco:

- **Trabalhabilidade:** uma argamassa com boa trabalhabilidade significa que ela deve se aderir nas superfícies verticais do bloco e se esparramar facilmente sobre ele. A trabalhabilidade depende de vários elementos, tais como: a consistência, a qualidade do agregado, a capacidade de retenção da água da argamassa, o tempo decorrido da preparação, a quantidade de água, a fluidez, a adesão e a massa.
- **Retenção de água:** a retentividade é a viabilidade da argamassa conter a água de assentamento. Problemas de durabilidade e estanqueidade na parede podem acontecer, caso, essa retenção de água não seja adequada.
- **Tempo de endurecimento:** é a reação química entre o cimento e a água; no endurecimento ocorre a hidratação da argamassa.

De acordo com Carasek (2007), para a argamassa no estado endurecido, ela necessita ter as seguintes características:

- **Aderência:** a argamassa, juntamente com o bloco, deve possuir adequada aderência, para absorver as tensões de cisalhamento e normais, as quais estão submetidas, sem romper.
- **Resistência a compressão:** a resistência da argamassa não deve ser superior a dos blocos da parede, mas ela deve ter resistência suficiente para suprir os esforços aos quais a parede será submetida.

### 2.1.3.3 Armadura

Para Manzione (2003), a função das armaduras é contestar as forças de tração. Ademais, o supracitado autor destaca que esta tensão provocada pelos esforços de tração deve ser compatível com a alvenaria.

Destaca-se que as armaduras utilizadas nas construções de alvenaria estrutural e as utilizadas nas construções de concreto armado são as mesmas. As armaduras na alvenaria estrutural são sempre envolvidas por grout, para garantir o trabalho em conjunto com o restante dos componentes da alvenaria (RAMALHO; CORRÊA, 2003), conforme é possível observar na Figura 8.

Figura 8 – Armadura utilizada na alvenaria estrutural com preenchimento de grout



Fonte: Elaboração do autor

É interessante destacar que a armadura colocada nas juntas das argamassas de assentamento, não deve exceder a metade da espessura da junta, sendo diâmetro mínimo igual a 3,8 mm (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

#### 2.1.3.4 Grout

O grout tem a função de favorecer o aumento da área da seção transversal das unidades ou provocar a consolidação dos blocos com auxílio das poucas armaduras situadas nos seus vazios. Desta maneira, as armaduras colocadas sustentam as tensões de tração que a alvenaria por si só não resistiria ou ainda, o grout é utilizado para o preenchimento de vazios dos blocos e canaletas, conforme se percebe na Figura 9, podendo aumentar a capacidade portante da alvenaria à compressão, sem aumentar a resistência do bloco (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Figura 9 – Detalhe do grout no bloco canaleta



Fonte: Elaboração do autor

Para formar um conjunto único, o grout deve envolver completamente a armadura e aderir tanto a ela como ao bloco, sendo assim, forma-se uma estrutura monolítica, semelhante ao que acontece no concreto armado (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

### 2.1.4 Pontos positivos e pontos negativos da alvenaria estrutural

Em meio ao cenário mundial da construção, a alvenaria estrutural vem ganhando espaço devido a várias características que beneficiam seu uso em relação aos processos construtivos tradicionais. A economia, a velocidade e flexibilidade na construção são destaques para esse sistema. No Quadro 2, apresenta-se as vantagens e desvantagens do sistema construtivos de alvenaria estrutural, segundo os autores Manzione (2003), Lisboa (2008), Figueiró (2009).

Quadro 2 – Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Os pilares, lajes, vigas e alvenaria de vedação são os principais elementos da alvenaria convencional e, na alvenaria estrutural, as paredes cumprem a função de integrar a vedação e a estrutura. Por cumprir esta dupla função (a de estrutura e de vedação), há uma redução significativa nas etapas e no tempo de execução da alvenaria estrutural, já que toda a estrutura convencional é eliminada.	O tamanho dos vãos deve ser controlado, pois, quanto maiores os vãos, mais cargas vão ser geradas nas paredes, necessitando de blocos com resistências maiores.
Economia na utilização do aço, e de fôrmas, pela ausência de pilares e vigas para sustentação da estrutura. A quantidade de revestimento pode ser reduzida com a alta definição dimensional das unidades e da mão de obra de qualidade.	Se o índice de esbeltez do edifício for elevado, vai requerer muita armadura para aguentar os esforços de flexão, com isso, a aplicação do sistema se torna antieconômico.
Em construções convencionais são comuns as improvisações; já na alvenaria estrutural, isso não é possível, não comprometendo o custo e o encarecimento da obra.	Na permite a otimização de paredes, ou seja, é impossível a remoção de paredes, somente se for prevista em projeto.
Restrição do número de etapas, restrição da diversidade de materiais e mão de obra,	Durante a execução da alvenaria estrutural é necessário o emprego de instrumentos

<p>facilidade dos procedimentos de execução, o que possibilita maior controle do processo e treinamento de mão de obra. Redução do tempo na execução pode chegar a 50% nas etapas da alvenaria estrutural, acelerando o cronograma e economizando os encargos financeiros.</p>	<p>adequados, por isso, é de grande importância uma mão de obra qualificada. Para evitar problemas durante, e depois da ocupação da edificação, é necessário selecionar e capacitar a mão de obra.</p>
<p>Benefícios acústicos, alojamento de dutos hidráulicos e elétricos, não permitindo, posteriormente, rasgos e aberturas nas paredes para colocação de instalações elétricas e hidráulicas. Reduz, assim, 67% o material não aproveitável a ser retirado.</p>	<p>O sistema de alvenaria estrutural só é economicamente viável para edificações de até 15 pavimentos; a partir disso é necessário fazer comparativos com a estrutura de concreto armado convencional.</p>
<p>Em algumas situações é isento o uso de chapisco e emboço. Como as paredes da alvenaria estrutural não possuem relevância de pilares e vigas ocorre um desperdício menor em cortes de cerâmica que, assim como o gesso, podem ser coladas diretamente sobre os blocos.</p>	

Fonte: Elaboração do autor

Em termos gerais, percebe-se, que a alvenaria estrutural é um sistema construtivo, no qual, sua principal vantagem é a racionalização.

### 2.1.5 História do sistema construtivo em concreto armado convencional

Independentemente do concreto simples, como material estrutural, ter sido aplicado há milhares de anos atrás, contemporaneamente, o concreto armado com quase 2000 anos, ainda é muito novo e pode ser considerado um dos últimos grandes materiais estruturais que a humanidade descobriu para suas construções (HELENE, [20--]).

Em 1824, o concreto armado, considerado moderno para aquela época, foi patenteado por James Parker e Joseph Aspdin, com o título de Cimento Portland (GRAZIANO, 2005). Nem mesmo a França e a Inglaterra, que eram as populações mais desenvolvidas daquela

época, tinham emprego significativo do material. Pode-se destacar o registro dos franceses Lambot, em 1855, na construção de barcos e Monier, em 1877, na construção de vasos, os dois registros foram executados em argamassa armada. Neste contexto, surge o aço, tornando-se o material estrutural da construção civil, um produto industrializado e confiável (HELENE, [20--]).

A utilização do concreto armado era empírico, até que laboratórios de estudos foram montados para realizar as experiências, as primeiras conclusões racionais e os princípios das modernas teorias surgiram sobre comportamento do material. O concreto armado nasceu da procura por um material estrutural com resistência satisfatória a tração, conhecido como armadura. Por meio da associação do concreto simples, com uma armadura passiva, alcança-se um material estrutural que resiste aos esforços a que a peça estiver submetida (CLÍMACO, 2008).

Um construtor francês, chamado François Hennebique, projetou e construiu o primeiro edifício totalmente em concreto armado, com lajes, vigas e pilares, e com 7 andares, sendo inaugurado em 1901, em Paris (HELENE, [20--]).

O primeiro arranha-céu, em concreto armado, foi construído nos Estados Unidos e recebeu o nome de Ingalls Building, com 16 andares, conforme ilustra a Figura 10.

Figura 10 – Ingalls Building



Fonte: Kaefer (1998, p. 34)

No início do século XX, o Brasil cresceu depressa na utilização do concreto armado. Com a difusão deste material estrutural, dois recordes na metade do século foram apresentados: o edifício A Noite, no Rio de Janeiro, Figura 11, na época, o mais alto do mundo em estruturas de concreto armado (CLÍMACO, 2008).

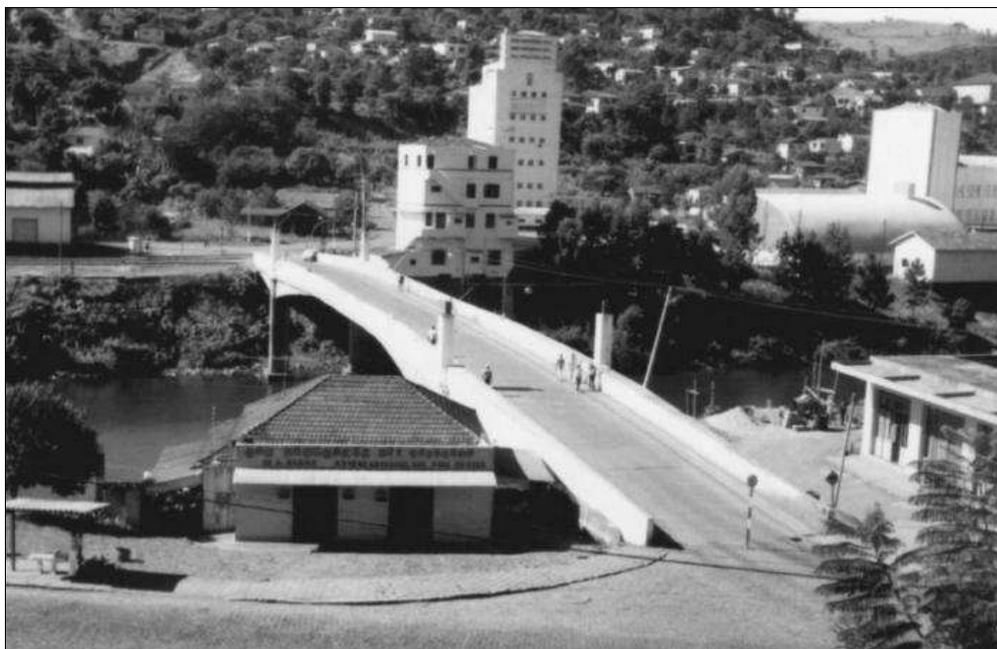
Figura 11 – Edifício A Noite no Rio de Janeiro



Fonte: O RIO... (2008)

Já a ponte Baumgart, construída pelo engenheiro Emilio Baumgart, em Santa Catarina, evidenciada na Figura 12, é a primeira ponte em concreto armado e com o maior vão livre conhecido na época (CLÍMACO, 2008).

Figura 12 – Ponte Baumgart em Santa Catarina



Fonte: Luiz (2011)

No Brasil, assim como a maioria dos países europeus, utiliza-se as estruturas em concreto armado convencionais para suas edificações. As estruturas são projetadas para satisfazer a segurança e as exigências de estabilidade a que seriam solicitadas. Pode-se destacar também que o avanço tecnológico do concreto e os métodos de cálculo possibilitaram a execução de estruturas cada vez mais esbeltas e com dimensões reduzidas (FONSECA, 2007).

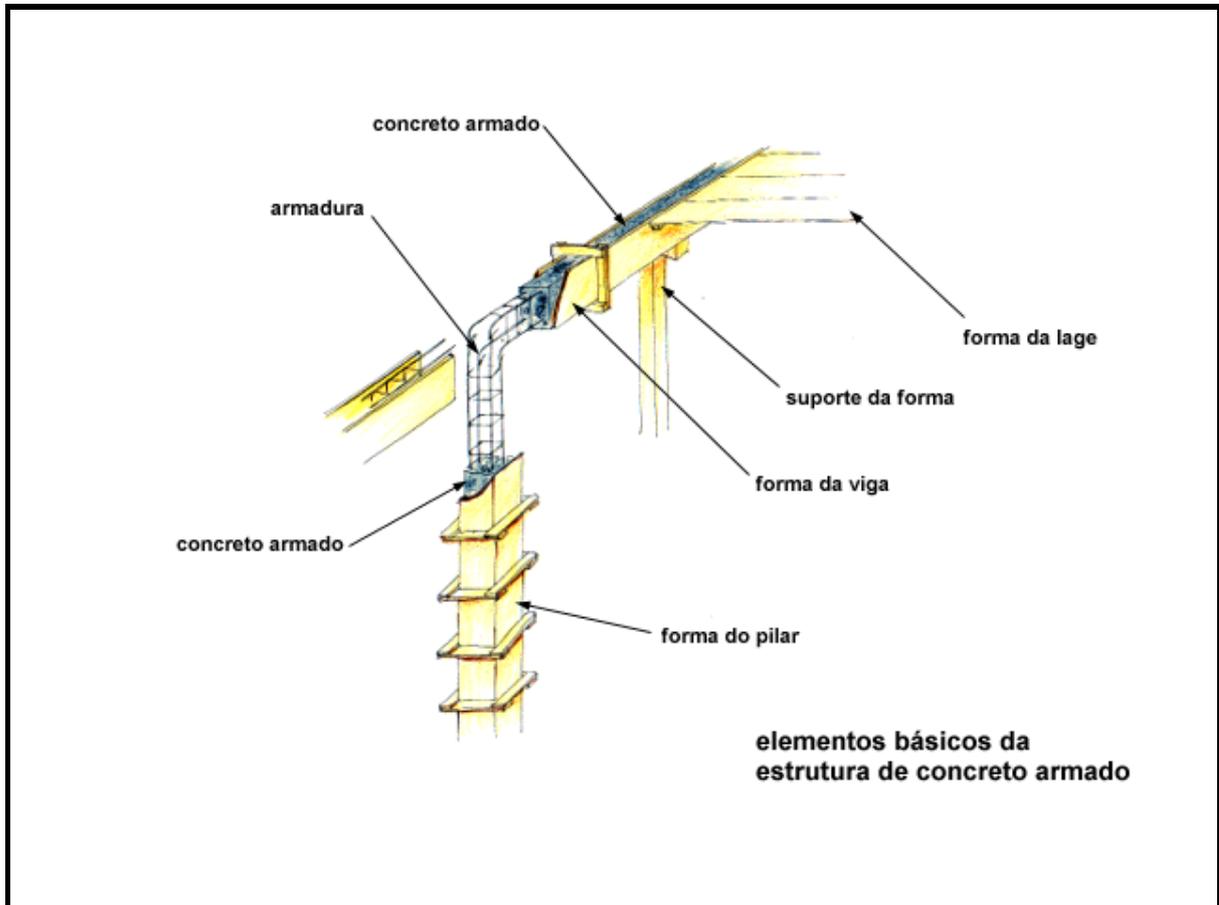
### **2.1.6 Apresentação do sistema construtivo**

O concreto armado é uma pasta feita com a combinação de agregado graúdo, agregado miúdo, cimento, areia e água e com armadura de aço. Por esta união é possível vencer grandes vãos e atingir grandes alturas, pois o aço resiste aos esforços de tração e o concreto aos esforços de compressão. Outra característica do concreto é que ele é um material plástico, moldável, no qual pode ser empregado de diversas maneiras (SOUZA JUNIOR, [200-]). A aderência é fundamental para um desempenho conjunto desses materiais.

De maneira geral, assim como a alvenaria estrutural possui seus componentes e procedimentos de execução, as estruturas de concreto armado convencional também possuem

as suas. Na Figura 13, observa-se os elementos necessários da estrutura de concreto: vigas, pilares e lajes, formas e armaduras, as alvenarias possuem basicamente a função de vedação.

Figura 13 – Elementos básicos da estrutura de concreto armado



Fone: Lisboa (2008, p. 40)

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2007) e Graziano (2005), no Quadro 3, estão apresentadas as definições para os elementos básicos das estruturas de concreto armado.

Quadro 3: Elementos básicos das estruturas de concreto armado

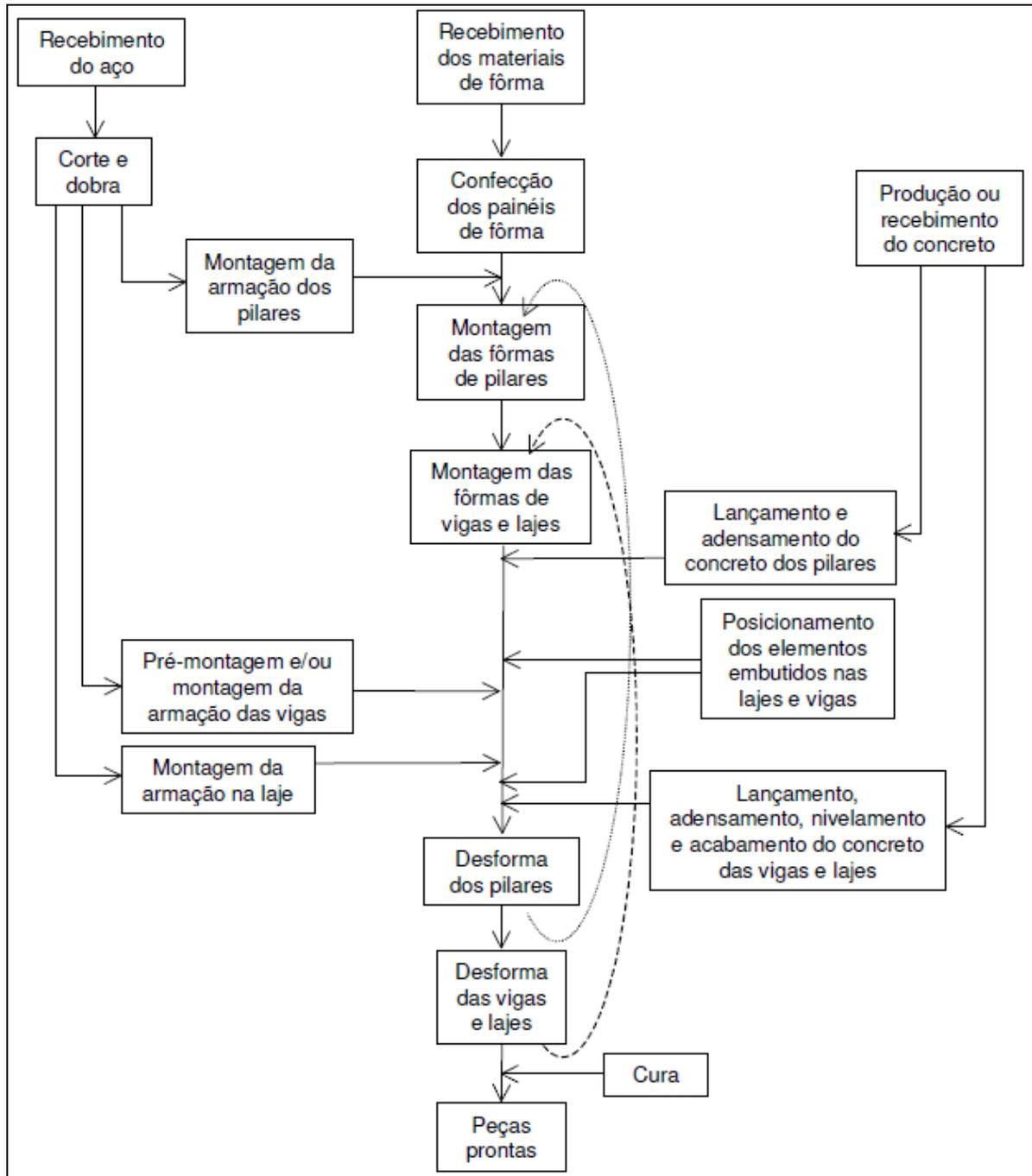
TIPO DE ELEMENTO ESTRUTURAL	DEFINIÇÃO
<b>Pilares</b>	São elementos lineares de eixo reto, dispostos na vertical, em que os principais esforços normais que sofrem são os de compressão. Tem a responsabilidade de apoiar às vigas e lajes e transmitir as cargas atuantes até as fundações. Os pilares são os elementos estruturais de maior importância nas estruturas, tanto do ponto de vista da capacidade resistente dos edifícios quanto no aspecto de segurança.
<b>Vigas</b>	São elementos lineares basicamente dispostos na horizontal, onde o esforço predominante é o de flexão. A função das vigas é basicamente vencer vãos e transmitir as ações nelas atuantes para os apoios, geralmente os pilares.
<b>Lajes:</b>	Também chamadas de placas de concreto, estão sujeitas principalmente a ações normais a seu plano. De maneira geral, as lajes podem ser apoiadas nas vigas ou nas paredes de suas extremidades, em outras circunstâncias, ela pode ser apoiada diretamente sobre pilares. Alguns dos tipos mais comuns de lajes são: maciça apoiada nas bordas, nervurada, lisa e cogumelo.

Fonte: Elaboração do autor

Entre as alternativas de execução da estrutura em concreto armado, além do sistema convencional moldado *in loco*, pode-se mencionar: peças de concreto armado pré-moldado, usando protensão e também as lajes nervuradas.

Em relação à execução das construções em concreto armado convencional, a Figura 14 mostra os procedimentos necessários para tal atividade.

Figura 14 – Diagrama de produção de concreto armado convencional



Fonte: Araújo; Freire (2004, p. 5)

Pelo esquema estrutural, apresentado na Figura 14, percebe-se um número enorme de etapas, em que algumas, inclusive, precisam ser executadas em paralelo. Um exemplo é a

montagem de fôrmas e armaduras, que necessitam de mais de uma equipe de operários. Em meio a esse cenário, na Figura 15, tem-se a ideia de como fica a montagem das fôrmas de madeira de uma construção de concreto armado convencional.

Figura 15 – Etapa da montagem das fôrmas de madeira



Fonte: Elaboração do autor

Neste contexto, na Figura 16, também se destacam a aparência final da estrutura, com alguns painéis de alvenaria de vedação já executadas.

Figura 16 – Modelo da estrutura de concreto armado convencional



Fonte: Elaboração do autor

É relevante destacar que, na qualidade e no acabamento final da estrutura, as fôrmas desempenham papel fundamental. Apesar do seu alto custo, é necessário utilizar o material de maneira correta, sem extrapolar sua capacidade, pois isso pode implicar em desníveis e desaprumos onde geram elevados custos para a correção, podendo, no futuro, ocorrer manifestações patológicas.

Outro elemento é a alvenaria de vedação, que é executada, muitas vezes, por métodos ultrapassados, gerando desperdício e baixa produtividade. Algumas deficiências também aparecem em termos de fiscalização dos serviços, organização e padronização do processo de produção (SANTOS, 1998). Segundo M. Silva (2003), aproximar, cada vez mais, as atividades, dos profissionais de projeto, com os de execução, por meio de um aperfeiçoamento dos projetos para a produção de alvenarias de vedação, contribui para esta evolução tecnológica. Para o supracitado autor, sem dúvida, o concreto armado é o sistema mais utilizado no Brasil para a construção de prédios residenciais com alvenaria de vedação.

Enfim, utilizando cimentos, aditivos, adições e fôrmas de aplicação, a engenharia possui vários campos e diversos tipos de ambientes para a aplicação do concreto. Talvez, nos dias atuais, a maior preocupação seja com a durabilidade e a recuperação das estruturas.

### **2.1.7 Principais constituintes do concreto armado**

É importante, nas obras de concreto armado, analisar a qualidade dos materiais empregados e o ambiente no qual serão expostos, pois, grande parte dos defeitos que aparecem nas estruturas deve-se à falta de cuidado com estes requisitos. O surgimento de patologias pode estar relacionado com deficiências em seus componentes, dosagem ou execuções erradas, cura insuficiente, entre outros fatores. Levando em consideração os defeitos no concreto, acarretará alterações em suas propriedades como: resistência mecânica, estabilidade dimensional e, especialmente, em sua durabilidade (VILASBOAS, 2004).

Segundo Bastos (2006, p. 1), algumas propriedades e materiais são fundamentais para o concreto armado. Neste sentido, o autor destaca:

Para um material de construção ser considerado bom, ele deve apresentar duas características básicas: resistência e durabilidade. O concreto armado pode ter surgido da necessidade de se aliar as qualidades da pedra (resistência à compressão e durabilidade) com as do aço (resistências mecânicas), com as vantagens de poder assumir qualquer forma, com rapidez e facilidade, e proporcionar a necessária proteção do aço contra a corrosão. O concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita), e ar. Pode também conter adições (cinza volante, pozolanas, sílica ativa, etc.) e aditivos

químicos com a finalidade de melhorar ou modificar suas propriedades básicas. (BASTOS, 2006, p. 1).

Para este trabalho, a abordagem dos componentes será superficial, objetivando apenas destacar os conceitos básicos necessários ao conhecimento do concreto. Nesse sentido, na sequência apresenta-se uma breve descrição dos principais elementos constituintes do concreto armado, que são: cimentos, agregados, água, aditivos e armadura.

#### **2.1.7.1 Cimento**

O cimento é o principal elemento do concreto, responsável pela transformação da mistura de materiais que compõem o concreto no produto final. O Cimento Portland é um aglomerante, obtido da moagem do clínquer, sendo empregado no processo de fabricação do cimento, as seguintes matérias-primas: calcário, argila e gesso. Sua fabricação requer instalações industriais bastante complexas, e os materiais devem ser analisados, várias vezes, para alcançar a composição desejada.

A fabricação do cimento é um processo seguido de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Sua composição pode variar, contendo, no mercado, diversos tipos de cimento.

Observa-se que a NBR 6118 (ABNT, 2007) exige que o cimento deve ser armazenado sobre estrados de madeira, com pilhas de no máximo 10 sacos, mantendo essas pilhas de cimento afastadas das paredes e do piso. O local de estocagem não deve ter umidade excessiva e ser protegido das intempéries, entre outros fatores que possam prejudicar a qualidade deste material. Um cuidado especial deve se ter com o prazo de validade e de contaminação, com outros agregados e materiais, por questões técnicas de resistência.

O tempo de início de pega permite avaliar o tempo em que se iniciam as reações que provocam o endurecimento do concreto, devido ao cimento empregado. Operações como transporte, colocação nas formas e adensamento não devem ser feitas na fase de pega. O fim da pega é quando se inicia o endurecimento e a aquisição da resistência da mistura.

#### **2.1.7.2 Agregados**

O conhecimento de algumas características dos agregados são importantes para a dosagem dos concretos, são elas: massa específica, composição granulométrica e teor de

umidade. Essas propriedades são decorrentes da microestrutura do material, das condições prévias de exposição e do processo de fabricação. Os agregados devem estar isentos de substâncias prejudiciais, tais como argila, matéria orgânica, entre outros fatores que diminuam sua aderência à pasta de cimento ou que afetem as reações de pega e endurecimento do concreto (VILASBOAS, 2004).

Os agregados são os materiais de menor custo dos concretos, podendo ser de origem natural ou artificial. Os agregados naturais são aqueles encontrados na natureza, como areias de rios e pedregulhos, cascalho ou seixo rolado. Os agregados artificiais são aqueles que passaram por algum processo, como a pedra britada adquirida pela britagem mecânica de certas rochas duras. Na classificação quanto às dimensões dos tamanhos das pedras os agregados são chamados de miúdo, como as areias, e graúdo, como as pedras ou britas. Algumas peneiras são estabelecidas por norma para a classificação; nesse sentido, o agregado miúdo tem diâmetro máximo igual ou inferior a 4,8 mm e o agregado graúdo tem diâmetro máximo superior a 4,8 mm (BASTOS, 2006).

### **2.1.7.3 Água**

Assim como a água para o consumo humano deve ser limpa e de boa qualidade, a água utilizada para o preparo do concreto também devem ter as mesmas características. Ela deve ser livre de impurezas, para não interferir na pega do cimento, para não comprometer a resistência do concreto, como também, para não haver corrosão de armaduras. O emprego de águas não potáveis, e não recomendadas, no amassamento do concreto, pode criar problemas a curto e longo prazo. É fundamental que a água de cura esteja isenta de substâncias que ataquem o concreto endurecido (VILASBOAS, 2004).

A reação química do cimento com a água é chamada de reações de hidratação, fundamentais para dar ao concreto as propriedades mais importantes: resistência, durabilidade, trabalhabilidade, impermeabilidade, entre outras. Ela exerce, também, a função de lubrificação das demais partículas para efetuar o manuseio (BASTOS, 2006).

### **2.1.7.4 Aditivos**

Aditivos são substâncias adicionadas ao concreto, com a finalidade de reforçar, ou melhorar, certas características, inclusive facilitando seu preparo e utilização. A seguir relaciona-se alguns casos de utilização de aditivos, que são:

- acréscimo de resistência;
- aumento da durabilidade;
- melhora na impermeabilidade;
- melhora na trabalhabilidade;
- possibilidade de retirada de formas em curto prazo;
- diminuição do calor de hidratação - retardamento ou aceleração da pega;
- diminuição da retração;
- aditivos plastificantes e superplastificantes;
- aditivos incorporadores de ar.

Diante da variedade de produtos vendidos como aditivos para concreto, cabe ao engenheiro civil escolher e ter conhecimento aprofundado do potencial de cada tipo, para decidir sobre a aplicação mais adequada, e com a qualidade desejada (SOUZA JUNIOR, [200-]).

#### **2.1.7.5 Armadura**

A armadura é composta de barras de aço, também chamadas de ferro de construção ou vergalhões. Tais barras têm a propriedade de se integrar ao concreto e de apresentar elevada resistência à tração. Na armadura, os aços que a compõem são amarrados uns aos outros com arame recozido. Outro detalhe é que a maioria dos aços possuem saliências na superfície (LISBOA, 2008).

As Normas Técnicas Brasileiras classificam os aços para concreto de acordo com a sua resistência e padronizam as bitolas. Existem três categorias no mercado: aço CA 25, aço CA 50 e aço CA 60. Os números 25, 50 e 60 referem-se à resistência do aço: quanto maior o número, mais resistente será o aço (GERDAU, 2012).

Na Tabela 1 estão especificados os diâmetros e as seções transversais nominais que os aços devem ter para serem utilizados, conforme NBR 7480 (ABNT, 2007).

Tabela 1 – Armaduras para concreto armado com as respectivas áreas de aço e massa Linear

Diâmetro Nominal (DN) (mm)	Área (cm <sup>2</sup> )	Massa Nominal (Kg/m)
5.0	0.20	0.16
6.3	0.315	0.25
8.0	0.50	0.40
10.0	0.80	0.63
12.5	1.25	1.00
16.0	2.00	1.60
20.0	3.15	2.50
25.0	5.00	4.00

Fonte: Adaptado de NBR 7480 (2007)

Grande parte dos defeitos que aparecem na obra, provido de uma deficiente execução, deve-se à armação das peças e as falhas devido ao próprio concreto. É por causa de erros de execução, da fissuração, da corrosão da armadura e da destruição do concreto, que, na maioria das vezes, ocorre um efeito indesejável sobre as condições resistentes dos elementos estruturais (VILASBOAS, 2004).

Segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), o cobrimento especificado para a armadura no projeto deve ser mantido por dispositivos adequados ou espaçadores. Cuidados especiais devem ser adotados no posicionamento das armaduras negativas, com o emprego de suportes rígidos e suficientemente espaçados, garantindo o seu posicionamento. Nos trechos em que existem aços de pequenas dimensões é necessário ter atenção no cobrimento da armadura.

### 2.1.8 Elementos estruturais do concreto armado

Segundo a NBR 6118 (2007), os conceitos para os itens que fazem parte da estrutura de concreto armado são:

- **Concreto estrutural:** termo que se refere ao especto completo das aplicações do concreto como material estrutural.
- **Elementos de concreto armado:** aqueles cujo comportamento depende da aderência entre concreto e armadura, e os quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.
- **Elementos estruturais:** as estruturas podem ser idealizadas como a composição de elementos estruturais básicos, classificados e definidos de acordo com a sua forma geométrica e a sua função estrutural.
- **Elementos lineares:** são aqueles em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal, sendo

também denominado de barras. De acordo com a sua função estrutural, recebem o nome de vigas, pilares, tirantes e arcos.

Também cabe observar, nas construções de concreto armado, que podem ser de pequeno ou grande porte, que três elementos estruturais são bastante comuns: as lajes, as vigas e os pilares. Esses elementos estruturais são os mais importantes, mas existem outros que podem não ocorrer em todas as construções, tais como: blocos e sapatas de fundação, estacas, tubulões, consolos, vigas-parede, tirantes, entre outros (BASTOS, 2006).

### 2.1.9 Pontos positivos e pontos negativos do concreto armado

Segundo Clímaco (2008), Carvalho e Figueiredo Filho (2007), Fernandes e Silva Filho (2010), as vantagens e desvantagens do sistema convencional, em concreto armado são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Vantagens e desvantagens do concreto armado convencional

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Economia nas construções pela possibilidade de obtenção de materiais nas proximidades da obra.	A armadura é essencial às estruturas de concreto armado e a existência de armaduras trabalhadas em grande quantidade acarreta um peso próprio muito grande, limitando seu uso, em determinadas situações, ou elevando bastante seu custo.
Possibilita a utilização de peças pré-moldadas, proporcionando maior rapidez e facilidade de execução, e de tecnologias avançadas para execução de fôrmas e escoramentos.	Fissuração inerente à baixa resistência à tração. A tendência à fissuração se inicia na moldagem das peças, pela retração do concreto, característica intrínseca à sua composição e persiste durante toda a vida útil da estrutura, pelas condições ambientais e de utilização, movimentação térmica, entre outros fatores.
É resistentes a choques e vibrações, a efeitos térmicos como o fogo e como os atmosféricos, assim como a desgastes mecânicos.	O concreto não é um material inerte com o ambiente. As condições de agressividade ambiental vão determinar, em cada caso, a espessura da camada de concreto de cobrimento e proteção das armaduras.
A resistência à compressão do concreto aumenta com a idade, apresentando boa resistência à maioria das solicitações.	O uso de agentes aditivos para concreto, com diversas finalidades, deve ter acompanhamento técnico adequado.
Tem boa trabalhabilidade e, por isso, adapta-se as várias formas, podendo, assim, ser	Consumo elevado de fôrmas e a utilização de escoramento, com execução lenta, quando

<p>escolhida a mais conveniente do ponto de vista estrutural, dando maior liberdade a concepção arquitetônica.</p>	<p>utilizados processos convencionais de montagem de fôrmas e concretagem. As normas técnicas determinam prazos mínimos para a retirada de fôrmas e respectivos escoramentos, para as diferentes peças estruturais alcançarem resistência adequada.</p>
<p>Nesse tipo de concreto não há problemas de execução de vãos, arcos, balanços, marquises, que podem ser executadas com vigas e lajes engastadas nas vigas.</p>	<p>No concreto armado, por causa da execução da estrutura e do fechamento com alvenaria de vedação, existem irregularidades nos encontros, o que exige uma regularização da parede interna por meio do chapisco e emboço, que muitas vezes são de grande espessura, encarecendo a obra, para depois ser feito o revestimento final com massa fina, massa corrida ou gesso.</p>
<p>Permite obter estruturas monolíticas, pois, existe aderência entre o concreto já endurecido e o que é lançado posteriormente, facilitando a transmissão de esforços.</p>	<p>Peso próprio elevado, massa específica 2.500kgf/m<sup>3</sup>. Podem ser obtidos concretos leves, com a substituição da brita comum, por agregados leves, como, a argila expandida. A redução da massa específica pode ser significativa, chegando para o concreto estrutural ao valor de até 1.600kg/m<sup>3</sup>, sendo estruturalmente viável. No entanto, esses agregados resultam em aumento de custos, para o emprego em obras convencionais, além de ser necessário avaliar melhor os aspectos da durabilidade, pois esses concretos tendem a ser, também, mais porosos.</p>
<p>As técnicas de execução são razoavelmente dominadas em todo o país, tendo disponibilidade de mão-de-obra.</p>	<p>As estruturas de concreto armado exigem mão-de-obra muito especializada, sendo elas: pedreiro, carpinteiro, electricista, encanador, armador, apontador, além de serventes e ajudantes.</p>
<p>Os custos de manutenção das estruturas de concreto são baixos.</p>	<p>É bom condutor de calor e som, exigindo, em casos específicos, associação com outros materiais para sanar esses problemas.</p>
<p>No concreto armado há condições de executar os ambientes sem se preocupar com as dimensões. Há maior facilidade na personalização dos projetos arquitetônicos, pois não é necessária a modulação em função dos blocos estruturais.</p>	<p>Nos prédio de concreto armado as paredes desenvolvem apenas a função de vedação, carregando, assim, a estrutura reticulada com seu peso próprio.</p>
	<p>Dificuldade em adaptações posteriores. Alterações significativas na edificação exigem revisão de projeto estrutural, o que implica, muitas vezes, na necessidade de reforço da estrutura.</p>

Além das informações apresentadas no Quadro 4, observa-se que a madeira utilizada nas formas das estruturas convencionais de concreto armado e que a execução da parede de vedação com tijolos ou blocos de dimensões pouco precisas e de baixa resistência geram uma quantidade de entulho e, conseqüentemente, desperdícios de material para a obra.

Para a execução das instalações elétricas e hidráulicas é necessário fazer “rasgos” nas paredes para embutir as tubulações, a parede de bloco cerâmico ainda exige maior mão-de-obra, pois precisa de acabamentos como reboco para que, depois, possa ser executado o acabamento.

### **2.1.10 Sinapi**

O Engenheiro de Avaliações, através das limitações da avaliação de um bem e as restrições condicionantes do mercado, tem disponíveis várias técnicas avaliatórias para determinação dos custos de um bem. Neste trabalho, o estudo se centralizará no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), um dos principais sistemas disponíveis aos Engenheiros de Avaliações, fornecido pela Caixa Econômica Federal (MENDONÇA, 2012).

O Orçamento de uma determinada obra é a quantificação dos materiais, da mão de obra, dos equipamentos necessários à sua execução, bem como os respectivos custos. As obras e os serviços somente poderão ser licitados quando existir orçamento detalhado em planilhas que expressem a composição de todos os seus custos unitários. (CARBONERO, 2010).

O SINAPI possibilita custos de serviços para obras de engenharia para todos os Estados brasileiros, a partir da coleta de preços efetuada nacionalmente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o extenso banco de insumos da construção civil do sistema de materiais, mão de obra e equipamentos (PINHEIRO JUNIOR; NEVES, 2002).

Segundo Silva Filho, O., Lima e Maciel (2010, p. 2), o SINAPI possui a seguinte definição:

Esse sistema apresenta as composições unitárias de custo para os principais serviços que compõem as obras. As composições unitárias definem o consumo de material, a produtividade da mão de obra e a demanda de equipamentos para a realização de uma unidade do serviço. Conhecendo-se as quantidades necessárias de cada serviço e os custos dos insumos, divulgados para o mês de referência e local escolhidos, é possível calcular o custo total da obra.

O SINAPI foi o sistema oficial escolhido para análise em virtude da abrangência nacional e temporal de suas cotações e porque sua variedade de insumos abrange os mais diversos tipos de obra, o que permite a generalização das conclusões. Além disso, seus custos unitários foram definidos como teto para a contratação de obras públicas". (SILVA FILHO, O.; LIMA; MACIEL, 2010, p. 2).

O SINAPI está bastante ampliado quanto à quantidade e à qualidade de informações sobre os custos da construção de projetos de residências unifamiliares, e multifamiliares, abrangendo casas de diversos padrões inclusive obras habitacionais de baixa renda. O SINAPI foi adotado pela CAIXA, a partir de 1986, como ferramenta corporativa para acompanhamento do mercado da construção civil e subsídio técnico para as análises de empreendimentos habitacionais propostos para financiamento (PINHEIRO JUNIOR, NEVES; 2002).

No final, os custos unitários dos projetos padrões dos dois sistemas construtivos são confrontados e são analisados utilizando os custos unitários do sistema.

### 3 METODOLOGIA

Apresenta-se a seguir a proposta metodológica para a elaboração do presente trabalho.

Através do aumento do número de obras percebido na cidade de Alegrete - RS, região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul, pode-se notar que o desenvolvimento da cidade está crescendo á cada dia. A partir disso, torna-se interessante a avaliação de qual sistema construtivo seria mais apropriado para a cidade para um edifício de quatro pavimentos. A elaboração da comparação do sistema construtivo de alvenaria estrutural com o sistema construtivo de concreto armado convencional é possível, uma vez que, outros autores como Arcary (2010), Lisboa (2008), Oliveira (2009), entre outros, já realizaram esta comparação e conseguiram apresentar resultados satisfatórios para suas cidades, em relação aos custos de um prédio. Baseado nisso, este trabalho pode servir como referência na hora de optar por construir obras em alvenaria estrutural ou em concreto armado convencional.

O trabalho será realizado através da comparação de custos entre uma mesma obra projetada e construída na cidade de Alegrete - RS em alvenaria estrutural, e a mesma obra projetada pelo sistema de concreto armado convencional. Para isso, com base em um jogo completo de projetos existentes para a execução da obra em alvenaria estrutural, será calculado o mesmo prédio, com ajuda do software Eberick, programa usado para cálculo de projetos estruturais prediais, que proporcionará a simulação da edificação em concreto armado.

O AltoQiEberick é um sistema computacional utilizado para cálculo de estruturas em concreto armado e a sua utilização vêm se tornando significativo diante de um mercado cada vez mais concorrente (MODLER, 2003).

O cálculo de estruturas em concreto armado, compreende as etapas de lançamento e análise da estrutura, dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais através de um pórtico espacial, de acordo com os critérios de projeto definidos pela NBR 6118 (ABNT, 2003).

Desta forma, serão comparados custos de materiais e mão de obra para a execução do edifício, conforme as especificações das tabelas do SINAPI, que tem por objetivo efetuar o orçamento e acompanhar os preços na área de construção civil referente a cada Estado do Brasil. As planilhas adotadas foram com base no município de Porto Alegre, que serve de embasamento para todo o Estado do Rio Grande do Sul. O preço final das composições não possuem custos acrescido de Benefícios e Despesas Indiretas (BDI), que seriam valores

agregados ao custo direto dos materiais. As etapas da pesquisa serão estruturadas da seguinte forma:

#### Etapa 1: Análise do projeto referência

O projeto utilizado como referência para o estudo foi executado por uma construtora da cidade do município de Alegrete - RS, através do sistema construtivo de alvenaria estrutural. Assim, nesta etapa será executada uma análise desta edificação popular por meio de seus projetos, sendo a mesma composta por 4 pavimentos, cada um com 4 apartamentos por andar. Serão avaliados os projetos básicos e complementares, lembrando que, os projetos de fundação, elétrico e hidrossanitário não serão orçados devido a pouca influência no custo final da obra, comparando o sistema de alvenaria estrutural com o de concreto armado convencional.

#### Etapa 2: Construção de planilhas orçamentárias do projeto em alvenaria estrutural

Através da análise dos projetos básicos do edifício em alvenaria estrutural, serão construídas as planilhas de quantitativos de materiais e mão de obra, e, respectivamente o orçamento referente a esse sistema construtivo, fazendo-se uso das planilhas de composições e insumos do SINAPI - RS, juntamente com seus índices e preços sugeridos.

#### Etapa 3: Adequação do projeto para concreto armado convencional

Por meio do software Eberick, será executado o cálculo do projeto estrutural predial para o sistema construtivo de concreto armado, sendo assim, os projetos elaborados para a alvenaria estrutural serão adaptados e convertidos ao concreto armado para fins de comparação.

Etapa 4: Construção de planilhas orçamentárias do projeto em concreto armado convencional

A partir do projeto adaptado ao sistema construtivo em concreto armado convencional, serão elaboradas as planilhas de quantitativos e custos estimados, baseado nos índices recomendados pelo SINAPI - RS.

#### Etapa 6: Comparação entre os sistemas construtivos

A partir do estudo e determinação das planilhas quantitativas dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado convencional, será possível realizar-se a comparação entre os dois sistemas construtivos estudados em relação ao custo de uma obra na hora de construir.

## **4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA**

Neste capítulo, apresenta-se o edifício executado em alvenaria estrutural juntamente com o levantamento dos quantitativos e custos das composições e mão de obra correspondentes a este sistema construtivo, e ainda, a apresentação do mesmo prédio calculado em concreto armado convencional e seus respectivos quantitativos e custos para posterior comparação.

### **4.1 Apresentação do edifício-padrão**

A obra utilizada como base para este estudo comparativo faz parte de um condomínio popular. Trata-se de um edifício composto por quatro pavimentos, sem elevador, sendo o primeiro apoiado diretamente nas fundações e os demais apoiados nas lajes pré-moldadas que se apoiam sobre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos. Cada pavimento tipo apresenta área igual a 220,60m<sup>2</sup>, com quatro apartamentos por andar que possuem uma área de 51,40m<sup>2</sup>, sendo compostos por dois dormitórios, circulação, banheiro, sala, cozinha, área de serviço e sacada. Na Figura 17, está representada a perspectiva da fachada da edificação e a Figura 18 a planta baixa do pavimento tipo.

Figura 17 - Fachada do edifício-padrão

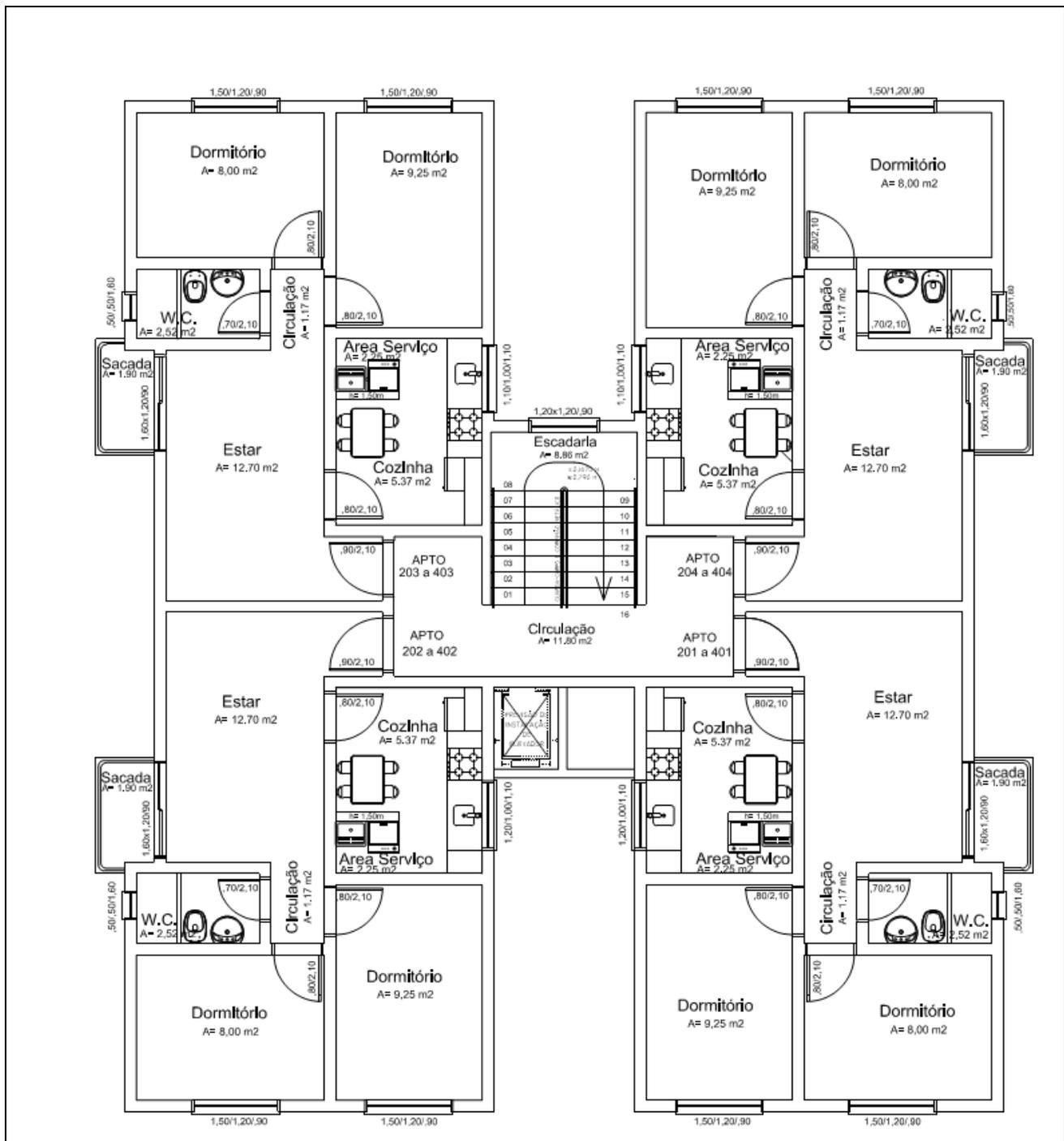


Fonte: Construtora<sup>1</sup> (2012)

---

<sup>1</sup> Sem identificação para garantir o anonimato da empresa

Figura 18 - Planta Baixa pavimento tipo

Fonte: Construtora<sup>2</sup> (2012)

<sup>2</sup> Sem identificação para garantir o anonimato da empresa

## **4.2 Levantamento de custos entre os dois sistemas estruturais**

Nos itens a seguir, serão apresentados os resultados dos levantamentos dos quantitativos das composições necessários para a execução do edifício através dos sistemas construtivos estudados, juntamente com os referentes preços. Para levantamento dos custos da obra entre os dois sistemas estruturais, não sendo levados em consideração todos os itens que não possuem grande variação entre as duas estruturas, os quais são: fundação, movimento de terras e baldrame, lajes, reboco, revestimentos em geral, instalações elétricas, hidráulicas, esquadrias e coberturas, pois foram considerados equivalentes para os dois sistemas estruturais, não influenciando no orçamento final da obra.

Com isso, referente ao sistema de alvenaria estrutural, trata-se do levantamento dos custos dos itens: alvenaria com bloco cerâmico estrutural sendo armada com ferragens longitudinais nos locais de vergas, contra-vergas e cinta de amarração das paredes internas e externas. Foram utilizadas também, ferragens verticais nos pontos laterais das janelas e encontros de paredes, amarrando a estrutura como um todo. Estão presentes no orçamento também os pontos de groutamento utilizados na estrutura.

Já no sistema de concreto armado convencional foram levados em conta os pilares, vigas e a alvenaria de tijolo cerâmicos.

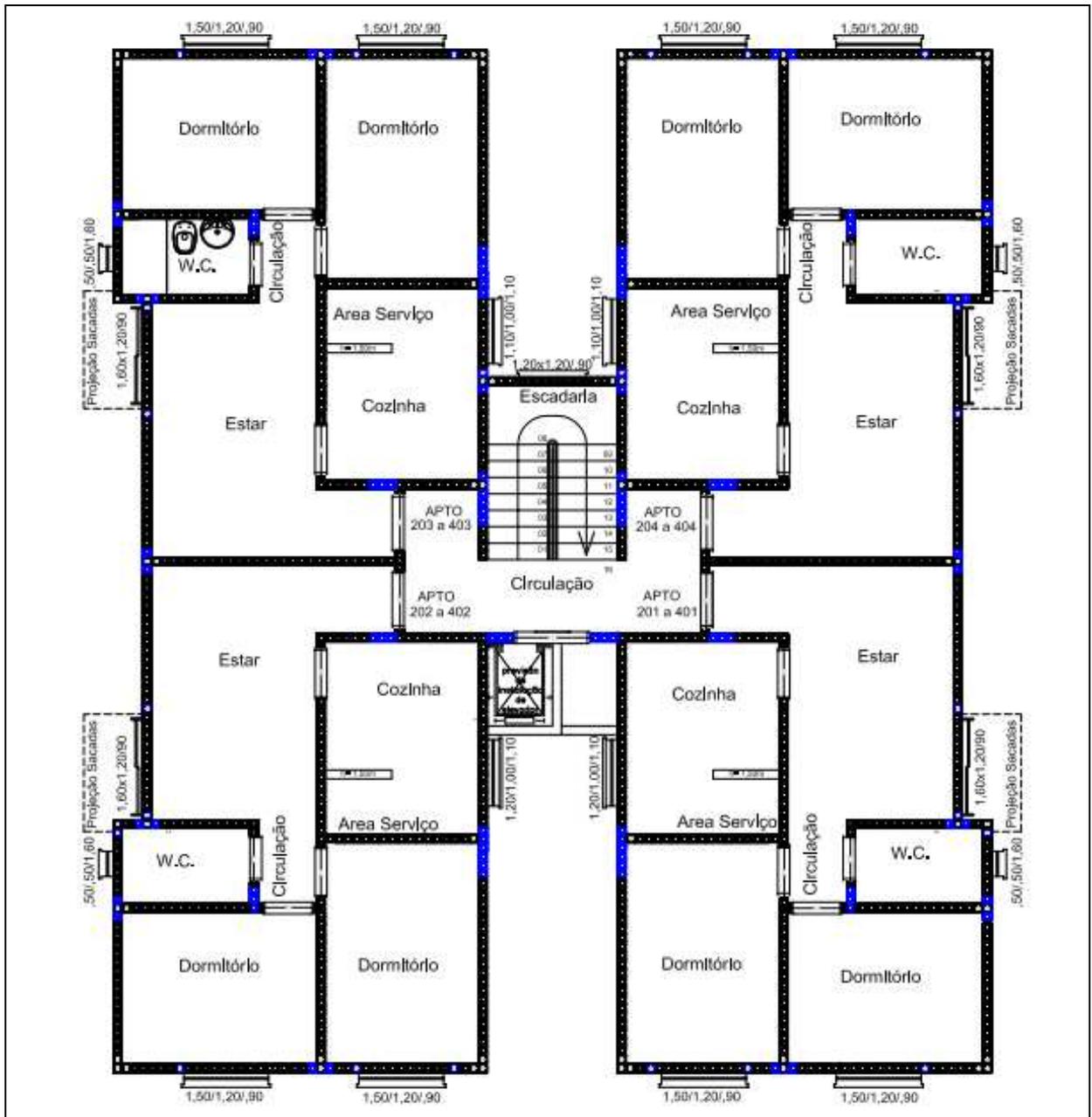
Desta forma, a seguir estão apresentados os quantitativos e os custos para a execução de cada sistema construtivo.

### **4.2.1 Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural**

O edifício utilizado para a realização do estudo, foi executado pelo sistema construtivo de alvenaria estrutural, através disso, foram levantados os quantitativos com base nos projetos específicos.

Para realização dos custos do edifício de alvenaria estrutural, foram analisados os quantitativos e custos referentes a planta baixa do pavimento tipo do empreendimento. A Figura 19 apresenta a primeira fiada de blocos cerâmicos do projeto estrutural e a Figura 20 representa a elevação das paredes.

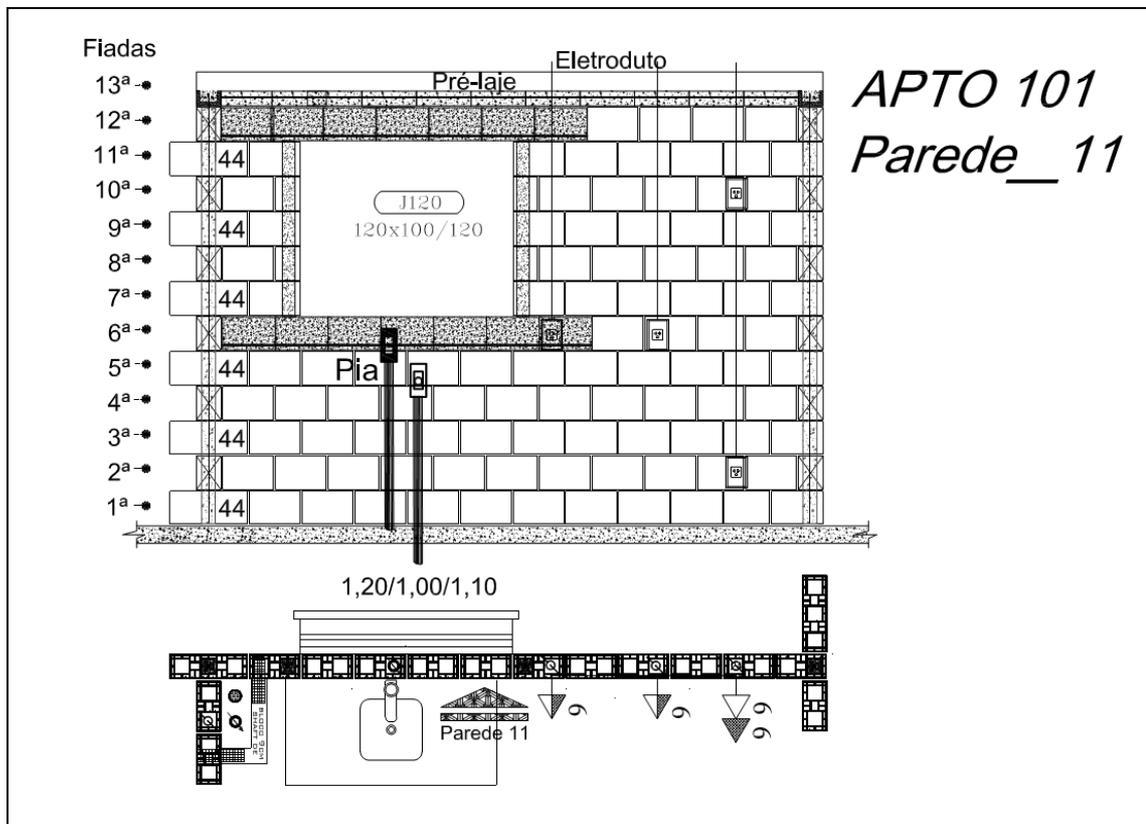
Figura 19 - Primeira fiada de blocos cerâmicos



Fonte: Construtora<sup>3</sup> (2012)

<sup>3</sup> Sem identificação para garantir o anonimato da empresa

Figura 20 - Representação da planta de elevação das paredes

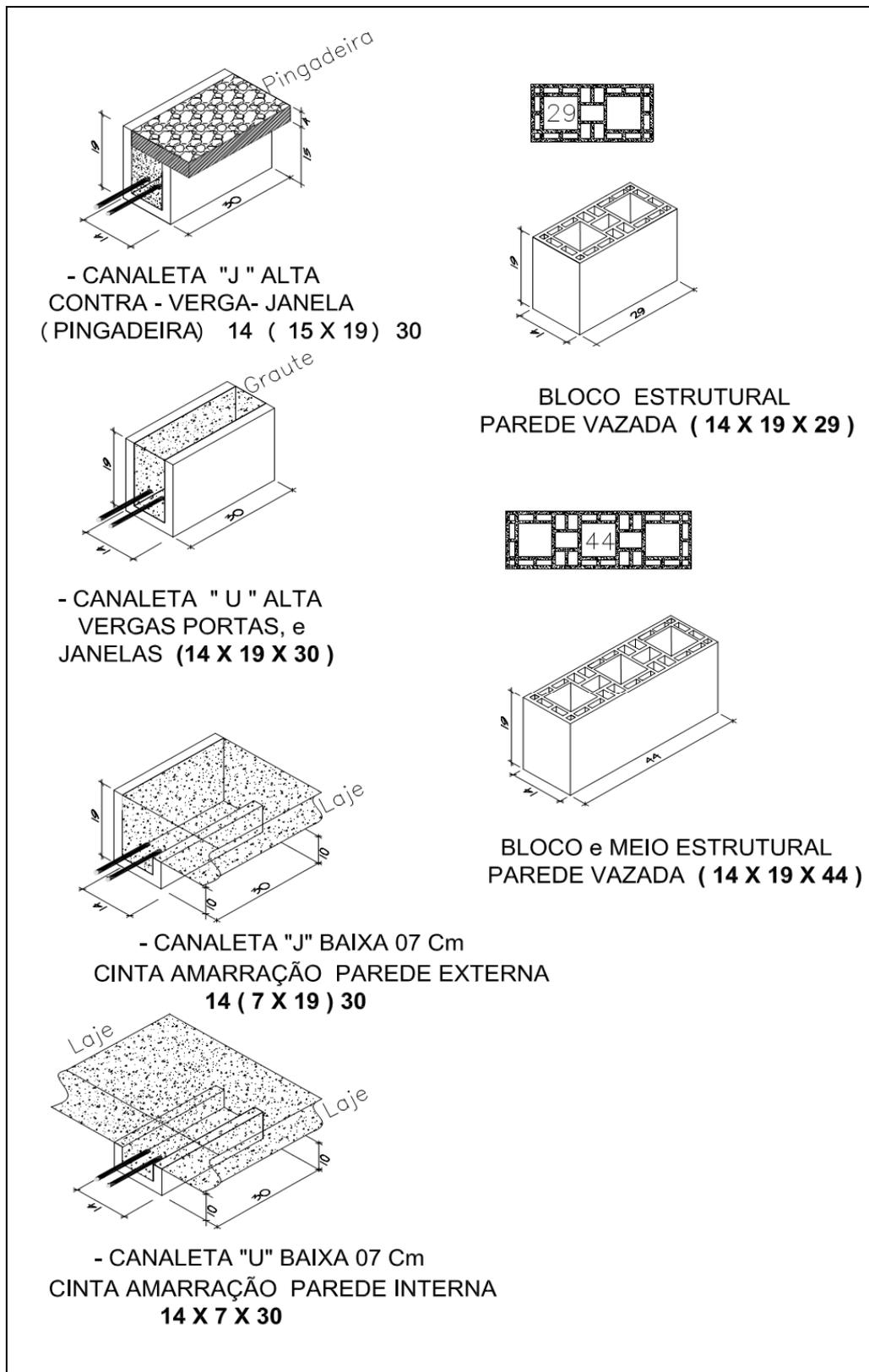


Fonte: Construtora<sup>4</sup> (2012)

Com base nos projetos do edifício de alvenaria estrutural, foi possível a realização dos custos dos quantitativos para a superestrutura desse sistema. Para começar, obteve-se uma quantidade de 1558,00 m<sup>2</sup> de parede, sendo composta por blocos cerâmicos estruturais de dimensão 14x19x29 cm, blocos cerâmicos estruturais de dimensões 14x19x44 cm para fazer as amarrações das paredes. Foram orçados também os blocos canaleta "J" Alta com dimensões 14(15x19)30cm necessário para a contra-verga das janelas, bloco canaleta "U" Alta de dimensão 14x19x30cm utilizado para a verga de portas e janelas. Para a realização da cinta de amarração das paredes, foi preciso bloco canaleta "J" Baixo de dimensão 14(7x19)30cm para paredes externas e por fim para parede interna o bloco canaleta "U" baixa com dimensão 14x7x30cm. Quanto a argamassa de assentamento dos blocos, já está incluso no item do orçamento na quantidade de metros quadrados total de parede, vale lembrar que descontou-se os vãos de janelas e portas.

<sup>4</sup> Sem identificação para garantir o anonimato da empresa

Figura 21- Representação dos Blocos

Fonte: Construtora<sup>5</sup> (2012)<sup>5</sup> Sem identificação para garantir o anonimato da empresa

Para o groutamento dos blocos, a quantidade de concreto resultou em 3,4m<sup>3</sup> para a última fiada de blocos das paredes, 5,6m<sup>3</sup> para os pontos verticais de encontros de paredes e laterais das janelas, e 6,4m<sup>3</sup> para vergas e contra-vergas de portas e janelas, totalizando 15,4m<sup>3</sup> de grout de 10,0 MPa. O diâmetro do aço utilizado no grout foi de 10mm para os cantos das paredes, duas barras de 8mm para verga e contra-verga de portas e janelas, e uma barra de 8mm para pontos laterais das janelas, obtendo a quantidade total de 1594,45kg de aço.

As lajes foram desconsideradas para as duas estruturas, e são compostas por vigotas e tabelas totalizando uma laje de 12 cm de altura, sendo 5cm de concreto de capeamento com uma malha de ferro de 4,2 mm.

Os preços para os blocos complementares estruturais, ou seja, os blocos canaletas de dimensões variadas, como não constam nas tabelas das composições do SINAPI - RS, foram obtidos da Cerâmica Palotti (2013), localizada na cidade de Santa Maria - RS, sendo a empresa mais próxima da região a fornecer este tipo de material. No Quadro 5, constam os valores unitários obtidos para o sistema de alvenaria estrutural.

Quadro 5 - Custos de materiais e mão de obra de construção para a planilha orçamentária do sistema de Alvenaria Estrutural - junho/2013.

<b>Preços Unitário para Orçamento da Obra em Alvenaria Estrutural (material / mão de obra)</b>					
<b>SINAPI</b>	<b>Código</b>	<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unid.</b>	<b>Preço Unitário</b>
	79335/001	1	Bloco Cerâmico Estrutural (14x19x29)/Argamassa de Assentamento	m <sup>2</sup>	R\$ 42,13
	79335/25	2	Bloco Cerâmico Estrutural (14x19x44)/Argamassa de Assentamento	m <sup>2</sup>	R\$ 52,71
	79335/426	3	Canaleta "J" Alta (14(15x19)30)/Argamassa de Assentamento	m <sup>2</sup>	R\$ 53,61
	79335/326	4	Canaleta "U" Alta (14x19x30)/Argamassa de Assentamento	m <sup>2</sup>	R\$ 53,61
	79335/456	5	Canaleta "J" Baixa (14(7x19)30)/Argamassa de Assentamento	m <sup>2</sup>	R\$ 53,61
	79335/363	6	Canaleta "U" Baixa (14x7x30)/Argamassa de Assentamento	m <sup>2</sup>	R\$ 47,31
	74004/003	8	Grout	m <sup>3</sup>	R\$ 351,50
	74254/002	9	Aço CA - 50 (diâm. 6,3 (1/4) À 12,5mm(1/2))	kg	R\$ 6,06

Fonte: Elaboração do autor

A partir do levantamento dos quantitativos e custos obtidos de cada serviço que constam no Quadro 5, foi possível concretizar o custo total para a superestrutura e paredes do sistema de alvenaria estrutural que encontram-se no Quadro 6.

Quadro 6 - Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Alvenaria Estrutural - junho/2013.

Item	Descrição da Composição	Unid.	Quant.	Custo	
				Material/ Mão de obra	Total
<b>1</b>	<b>Superestrutura</b>				
<b>1.1</b>	<b>Paredes</b>				
1.1.1	Alvenaria em bloco cerâmico estrutural 14x19x29cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal, areia média)	m <sup>2</sup>	1150,3	42,13	48462,14
1.1.2	Alvenaria em bloco cerâmico estrutural 14x19x44cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal, areia média)	m <sup>2</sup>	164,12	52,71	8650,77
1.1.3	Alvenaria de bloco cerâmico tipo canaleta "J" Alta (14(15x19)30)cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média)	m <sup>2</sup>	16,32	53,61	874,92
1.1.4	Alvenaria em bloco cerâmico tipo canaleta "U" alta (14x19x30)cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média)	m <sup>2</sup>	77,76	53,61	4168,71
1.1.5	Alvenaria em bloco cerâmico tipo canaleta "J" baixa (14(7x19)30)cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média)	m <sup>2</sup>	73,68	53,61	3949,98
1.1.6	Alvenaria em bloco cerâmico tipo canaleta "U" baixa (14x7x30)cm, assentado com argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média)	m <sup>2</sup>	75,84	47,31	3587,99
<b>1.2</b>	<b>Concreto</b>				
1.2.1	Concreto grout, preparado no local, lançado e adensado	m <sup>3</sup>	15,40	351,5	5413,10
<b>1.3</b>	<b>Armaduras</b>				
1.3.1	Armação AÇO CA-50, diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2)- Fornecimento/ Corte(perda de 10%) / Dobra / Colocação	kg	1594,45	6,06	9662,37
<b>TOTAL (R\$)</b>					<b>84769,98</b>

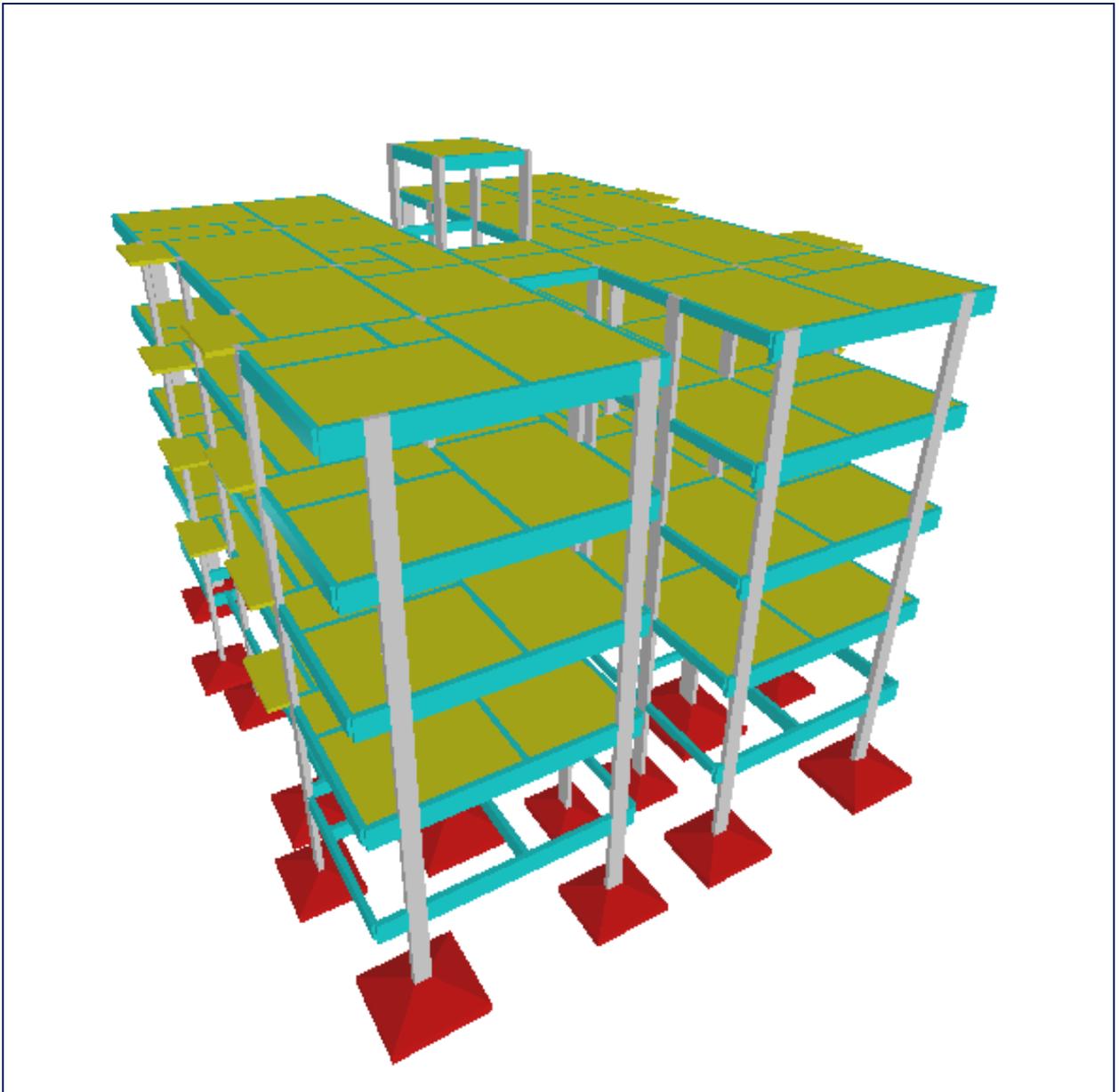
Fonte: Elaboração do autor

#### **4.2.2 Sistema Construtivo em Concreto Armado Convencional**

Para o comparativo ser possível entre as duas estruturas, através do edifício executado pelo sistema de alvenaria estrutural, foi elaborado o mesmo projeto pelo sistema construtivo em concreto armado convencional. O programa utilizado para tal atividade foi o software Eberick, juntamente com as orientações da NBR 6118 (ABNT, 2003) com a finalidade de conseguir dados adequados e precisos.

Ao iniciar o dimensionamento foram estimadas as cargas que atuam na estrutura, como, carga das lajes, vigas e paredes, carga do reservatório, escada, sacadas e ainda a consideração das cargas acidentais da estrutura, com base na NBR 6120 (ABNT, 1980), e por último inseridas as ações do vento na estruturas, calculas pela NBR 6123 (ABNT, 1988). A seguir, está representado o modelo estrutural na Figura 22 da estrutura em concreto armado.

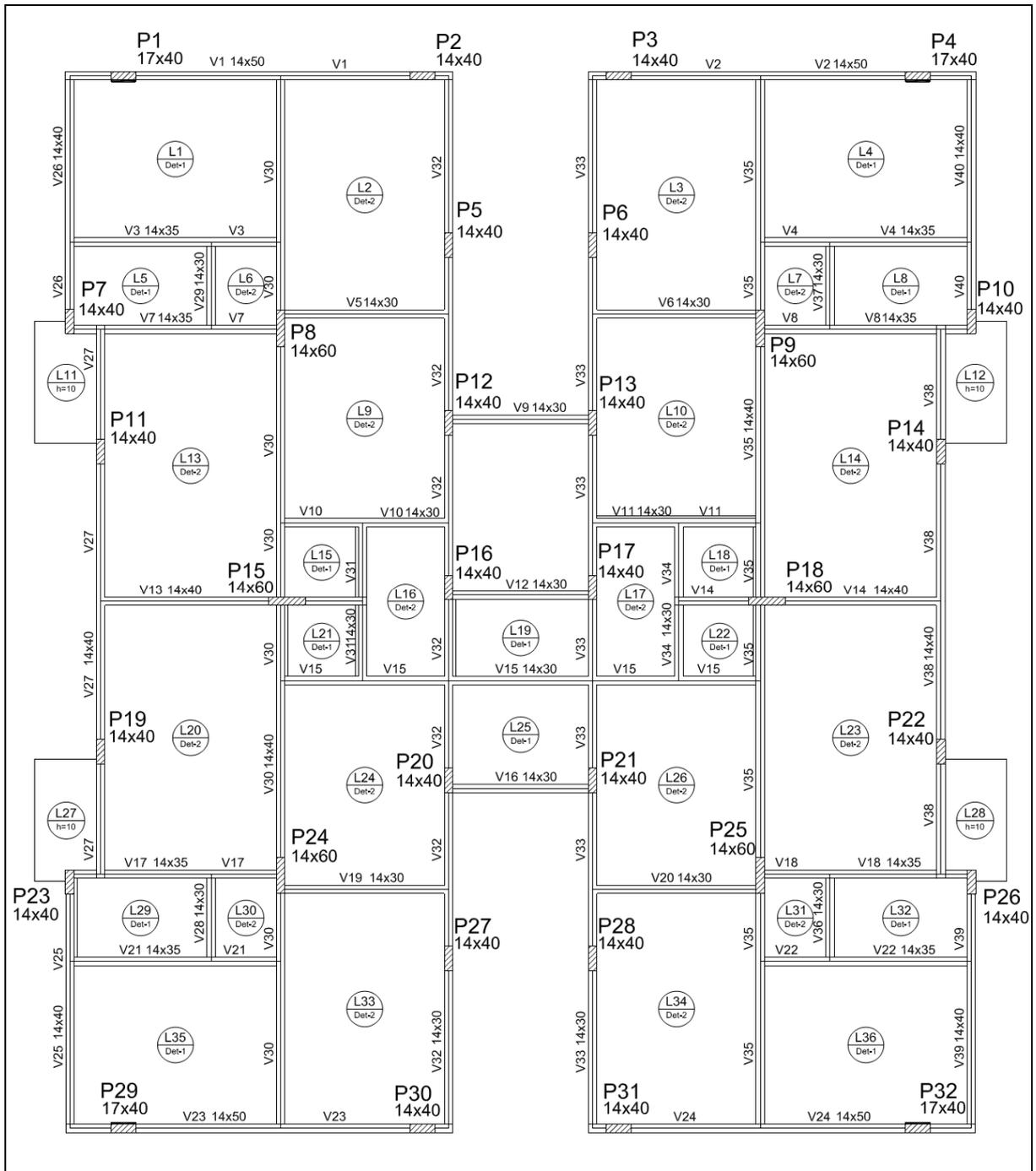
Figura 22 - Modelo da estrutura em concreto armado



Fonte: Eberick (2013)

Em relação a estrutura, foi adotado para o concreto um  $f_{ck}$  de 25 MPa. Para os pilares ficarem encaixados dentro da alvenaria, adotou-se uma largura de 14 cm, sendo que alguns possuem largura de 17cm pelo fato de não terem atendido as ações das quais estão sendo solicitados com dimensão de 14 cm. Levando em consideração que a NBR 6118 (ABNT, 2003) recomenda largura mínima de 19 cm, mas, por questões arquitetônicas, os pilares possuem dimensões menores. O resultado do lançamento dos pilares originou 32 elementos e 40 elementos de viga com largura padrão de 14 cm. As dimensões e posições dos elementos estruturais podem ser visualizadas a seguir na Figura 23.

Figura 23 - Dimensionamento da estrutura em Concreto Armado



Fonte: Eberick (2013)

Na sequência, estão apresentados os quantitativos e custos das composições da estrutura para o sistema construtivo de concreto armado. Ao término do lançamento da estrutura, foi possível adquirir os valores de volume de concreto, categoria e peso do aço, e área de formas total necessários para este sistema.

Com isso, a quantidade de paredes resultou em 1476,05m<sup>2</sup> descontando os vãos de janelas e portas, utilizando blocos de 9x14x19cm, manteve-se as paredes com espessura igual as do bloco estrutural, no orçamento, a argamassa de assentamento já está inclusa na quantidade total de metros quadrados. Para as vigas e pilares foram utilizados 68,8m<sup>3</sup> de concreto, e uma quantidade de aço de 7461,4kg, correspondente a 92,66kg/m<sup>3</sup> de concreto, sendo utilizados para os pilares ferros com diâmetros de 5; 10; 12,5 e 16 mm, e para as vigas diâmetros de 5; 6,3; 8; 10; 12,5 mm.

A partir do volume total de fôrmas para cada pavimento, o mesmo foi multiplicado por duas vezes, pois, o item da composição considera três aproveitamentos sendo que o prédio possui quatro pavimentos. Os valores da mão de obra para cada serviço estão inclusos dentro de cada item.

No Quadro 7, a seguir, tem-se os custos dos materiais e mão de obra para a execução da obra em concreto armado, sendo que os mesmos foram orçados pelo SINAPI/RS para o mês de junho de 2013.

Quadro 7 - Custos de materiais e mão de obra de construção para a planilha orçamentária do sistema de Concreto Armado - junho/2013

<b>Preços Unitário para Orçamento da Obra em Concreto Armado (material/mão de obra)</b>				
<b>SINAPI</b>				
<b>Código</b>	<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unid.</b>	<b>Preço Unitário</b>
73935/003	1	Alvenaria Tijolo Cerâmico (9x14x19) / Argamassa de Assentamento	m <sup>2</sup>	R\$ 39,17
74137/004	2	Concreto - fck 25MPa	m <sup>3</sup>	R\$ 460,14
73942/002	3	Aço CA - 60 (diâm. 3,4 a 6,0mm.)	kg	R\$ 6,48
74254/002	4	Aço CA - 50 (diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2))	kg	R\$ 6,06
74254/001	5	Aço CA - 50 (diâm.16,0 (5/8) à 25,0mm (1))	kg	R\$ 5,33
84215	7	Fôrma de Madeira	m <sup>2</sup>	R\$ 25,29

Fonte: Elaboração do autor

Com o levantamento dos quantitativos e custos obtidos de cada composição que constam no Quadro 7, foi possível concretizar o custo total para a superestrutura do sistema de concreto armado convencional, exposto no Quadro 8.

Quadro 8 - Custo da superestrutura e paredes para o sistema de Concreto Armado - junho/2013.

Item	Descrição da Composição	Unid.	Quant.	Custo	
				Material/Mão de obra	Total
<b>1</b>	<b>Superestrutura</b>				
<b>1.1</b>	<b>Paredes</b>				
1.1.1	Alvenaria em tijolo cerâmico furado 9x14x19cm, assentado em argamassa traço 1:4 (cimento e areia média não peneirada)	m <sup>2</sup>	1476,05	39,17	57816,88
<b>1.2</b>	<b>Pilares</b>				
1.2.1	Armação de aço CA-60 diâm. 3,4 a 6,0mm.- Fornecimento / Corte (c/perda de 10%) / Dobra / Colocação	kg	826,9	6,48	5358,31
1.2.2	Armação aço CA-50, diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2) - Fornecimento/ Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	kg	2612,6	6,06	15832,36
1.2.3	Armação aço CA -50 diâm.16,0 (5/8) à 25,0mm (1) - Fornecimento / Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	kg	161,7	5,33	861,86
1.2.4	Fôrmas para estruturas de concreto (pilar, viga e laje) em chapa de madeira compensada resinada, de 1,10x1,20, espessura de 12mm, 3 utilizações (Fabricação, Montagem e Desmontagem)	m <sup>2</sup>	233,6	25,29	5907,74
1.2.5	Concreto usinado fck=25MPa, inclusive Lançamento e Adensamento	m <sup>3</sup>	24,7	460,14	11365,46
<b>1.3</b>	<b>Vigas</b>				
1.3.1	Armação de aço CA-60 diâm. 3,4 a 6,0mm.- Fornecimento / Corte (c/perda de 10%) / Dobra / Colocação	kg	687	6,48	4451,76
1.3.2	Armação aço CA-50, diâm. 6,3 (1/4) à 12,5mm(1/2) - Fornecimento/ Corte (perda de 10%) / Dobra / Colocação.	kg	3173,2	6,06	19229,59
1.3.3	Fôrmas para estruturas de concreto (pilar, viga e laje) em chapa de madeira compensada resinada, de 1,10x1,20, espessura de 12mm, 3 utilizações (Fabricação, Montagem e Desmontagem)	m <sup>2</sup>	379,3	25,29	9592,50
1.3.4	Concreto usinado fck=25mpa, inclusive Lançamento e Adensamento	m <sup>3</sup>	44,1	460,14	20292,17
<b>TOTAL (R\$)</b>					<b>150708,63</b>

Fonte: Elaboração do autor

Por fim, estas foram as tabelas das composições da superestrutura dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional.

## 5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo, através dos sistemas estudados, serão avaliados os efeitos dos custos do levantamento de quantitativos das composições de estrutura e paredes do edifício.

O custo dos materiais e mão de obra inseridos em cada item, foram obtidos pelas tabelas do SINAPI - RS para o mês de junho de 2013, sem o acréscimo da porcentagem de BDI. Com isso, obteve-se os valores globais para a estrutura em alvenaria estrutural e para a estrutura em concreto armado convencional, conforme Quadro 9.

Quadro 9 - Comparativo de custo entre as estruturas

Comparativo de Custos entre as Estruturas		
Composição (material / mão de obra)	Alvenaria Estrutural (R\$)	Concreto Armado Convencional (R\$)
Bloco Cerâmico / Argamassa de Assentamento	69694,51	57816,88
Aço	9662,37	45733,88
Fôrmas	-	15500,24
Grout / Concreto	5413,10	31657,63
Total	84769,98	150708,63

Fonte: Elaboração do autor

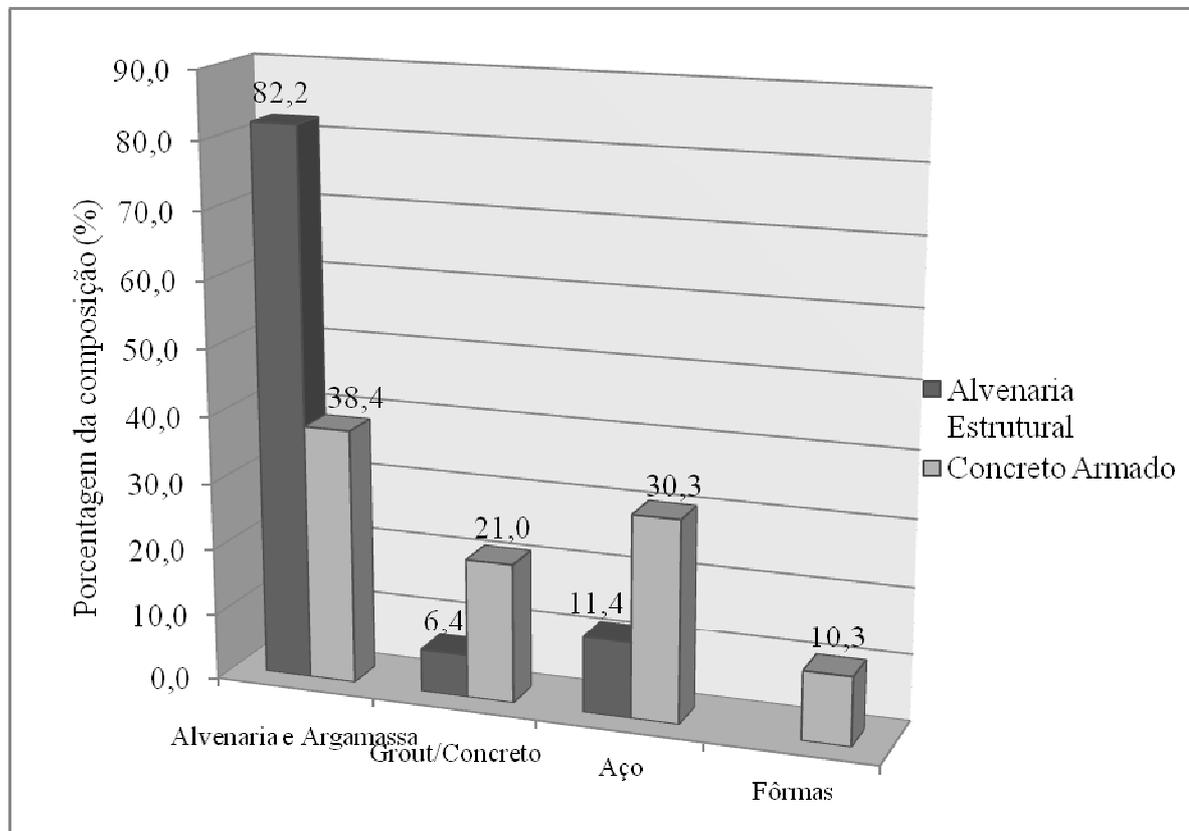
Considerando que a superestrutura é o item que mais influencia no orçamento final da obra, a partir da Quadro 7 pode-se observar os custos dos dois sistemas.

- Para a alvenaria estrutural, o custo global da execução resultou em R\$84.769,98, sendo que a maior participação desse valor encontra-se nos blocos cerâmicos, correspondendo a 82,2% deste total, sendo o componente principal da estrutura.
- Pode-se notar ainda, um consumo de aço de 11,4% e volume de grout correspondente a 6,4%, representando pouca influencia quando utiliza-se este sistema.
- Já no concreto armado o valor global total da estrutura foi de R\$150.708,63, correspondente a 38,4% de alvenaria de tijolo cerâmico com argamassa de

assentamento, o concreto com 21% e o aço com uma porcentagem de 30,3%, sendo este, a maior composição para esse sistema caso fosse desconsiderado a argamassa de assentamento para o tijolo cerâmico. Para os dois casos, a laje não está sendo considerada, pois ambas são iguais em formato pré-moldada, envolvendo a mesma quantidade de materiais.

No Gráfico 1, a seguir, está apresentada a comparação para cada composição, referente aos dois sistemas estudados.

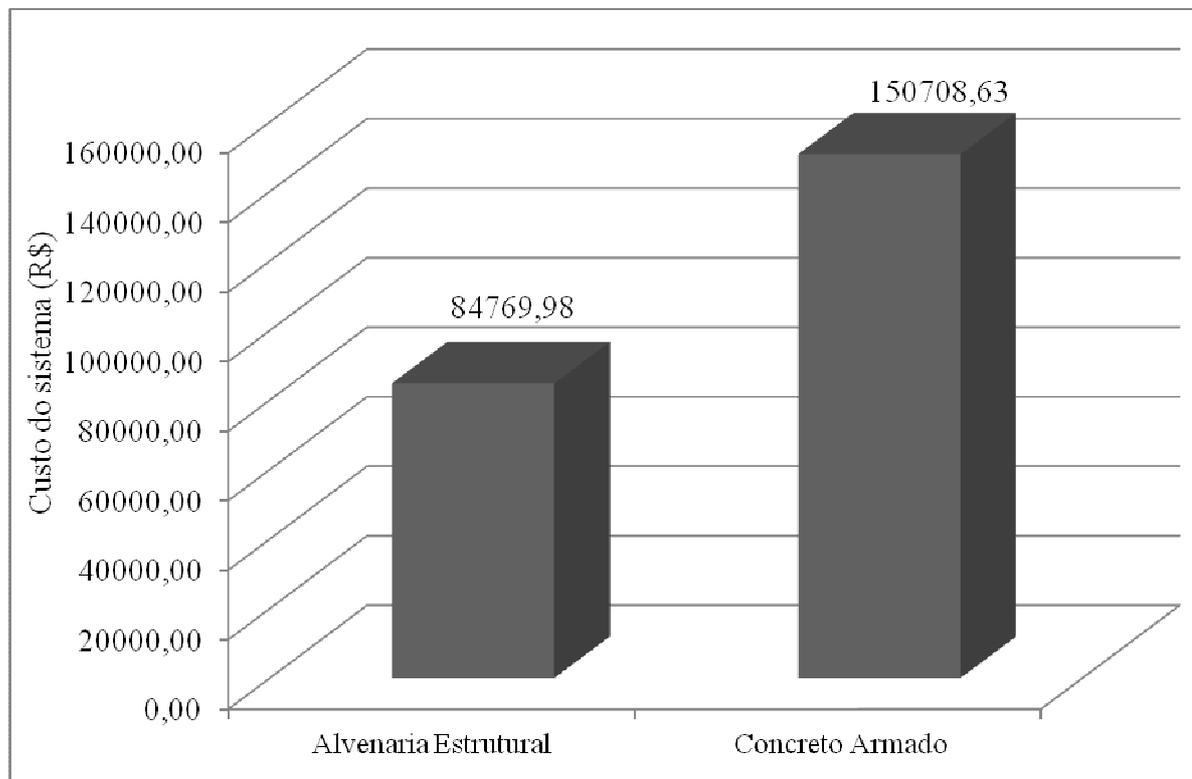
Gráfico 1 - Comparativo das composições consideradas



Fonte: Elaboração do autor

Através do gráfico, pode-se perceber que apesar do bloco de alvenaria estrutural ser bem mais caro que o bloco de vedação, a estrutura do concreto armado composta pelo item viga e pilar aumentam consideravelmente o valor final da estrutura, sendo a alvenaria estrutural mais viável em termos de custo. A seguir, o Gráfico 2, ilustra o custo global para cada sistema estrutural.

Gráfico 2 - Custo global da estrutura de Alvenaria Estrutural e Concreto Armado



Fonte: Elaboração do autor

Como é possível observar, a diferença de valores encontrada entre um sistema e outro é de R\$65.938,65, está de acordo com a pesquisa realizada por Kageyama; Kishi; Meirelles (2009) o qual considerou itens como fundações e projeto arquitetônico, apontando que é possível no final do orçamento global obter uma vantagem de 10% a 30% do sistema de alvenaria estrutural em relação ao concreto armado convencional.

Com esses resultados, é possível confirmar a teoria de Ramalho e Correa (2003) de substituir pilares e vigas por paredes estruturais, tendo uma economia com o uso da alvenaria estrutural.

Em regiões mais desenvolvidas dos estados, onde a procura por moradia é muito maior, são executados condomínios com um valor alto de habitações. Esta diferença encontrada entre um sistema e outro é equivalente a diversos itens importantes da obra, conseguindo, deste modo, um maior rendimento com a aplicação do sistema de alvenaria estrutural.

Outro item a ser levado em consideração é o valor dos materiais, sendo que o mesmo tem aumentado nos últimos tempos pelo aumento da procura, principalmente itens como a armadura que têm bastante influencia no custo da estrutura.

É notável que para a aplicação do sistema de alvenaria estrutural é necessário um controle maior na hora da execução, pelo fato do seu bloco ser mais caro, sua produção também terá um maior valor por se tratar de uma sistema que necessita de mais atenção em relação a alvenaria construída de tijolo cerâmico. Já, quando é analisado ao concreto armado os custos da alvenaria estrutural diminuem, por se tratar de um sistema que elimina a utilização de vigas e pilares, sobrecarregando o custo final de uma obra.

Sobre as instalações elétricas e hidráulicas, elas são executadas por dentro dos blocos, evitando os rasgos nas paredes, o que acarreta menos geração de resíduos na obra. Outra característica é uma menor espessura de revestimento das paredes internas e externas, pelo fato das mesmas serem executadas com maior controle e o bloco possuir uma superfície mais uniforme, ocasionando menores custos com revestimentos na hora da execução (ARCARI, 2010).

Vale salientar que os autores relacionados ao sistema de alvenaria estrutural destacam em suas vantagens a simplificada técnica executiva, menor número de materiais e mão de obra, possibilitando controle e integração de cada etapa a ser executada, gerando redução de custos e prazos de finalização da obra. Como desvantagem desse sistema bastante comum de acontecer, é a eliminação, mudanças ou improvisações de paredes, sendo possíveis apenas em projeto, e ainda, a remoção de algumas paredes só pode ser feitas se elas não possuem função estrutural.

Desta forma, devido as suas vantagens, o sistema de alvenaria estrutural tornou-se muito utilizado no mundo inteiro. Possibilitar a execução de uma obra de forma racionalizada, com produtividade e qualidade, aderindo de tecnologias que proporcionam menores custos e prazos é uma enorme vantagem da alvenaria estrutural quando idealizada de maneira correta.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da finalização desse estudo buscou-se comparar os dois sistemas construtivos mais empregados até o dia de hoje e constatar qual oferece o menor custo final. Com o levantamento de quantitativos das composições e os preços obtidos através das empresas que fornecem os materiais para a cidade de Alegrete-RS e pelo SINAPI/RS, o qual é muito utilizado nos orçamentos das construtoras daqui, foi possível montar as planilhas e obter-se o comparativo dos dois sistemas.

Pode-se demonstrar que o edifício de até quatro pavimentos com a arquitetura característica, apresenta diferenças significativas quando construídas pelo sistema de alvenaria estrutural, obtendo um ganho no custo global da estrutura, em relação, a edificação construída pelo sistema de concreto armado convencional.

Logo, o consumo de formas, aço e concreto somam muito mais no custo final de um edifício. Analisando condições estudadas, concluiu-se, que os resultados comprovam a eficácia do sistema construtivo em alvenaria estrutural em relação ao sistema de concreto armado nos aspectos de custo, desperdício de materiais, racionalização e velocidade na execução. Com isso, é viável a construção de habitações de interesse social a partir desse sistema, tornando a edificação mais acessível as pessoas que possuem uma renda mais baixa.

Fatores como estes, são muito bem aceitos no mercado imobiliário que está cada vez mais concorrente. Hoje em dia, o preço de venda de um imóvel está muito mais influenciado pela capacidade financeira dos compradores, do que pela porcentagem sobre o custo da obra, portanto, a construção precisa ser o mais econômica possível.

É possível através da alvenaria estrutural, manter a construção com um nível de planejamento muito mais alto do que as construções em concreto, afinal, os projetos são associados entre si proporcionando integridade na hora de construir.

Entretanto, é importante lembrar que nem sempre a alvenaria estrutural será a melhor opção a se escolher na hora de construir, como citado na revisão bibliográfica o sistema está limitado ao número de pavimentos por questões econômicas que não satisfazem mais quando comparadas com as de concreto armado. Deste modo, a estrutura de concreto armado convencional além de possuir uma demanda de mão de obra muito maior, atende as limitações do número de pavimentos que o sistema de alvenaria estrutural não preenche.

Com a falta de conhecimento dos profissionais da construção civil e diante das vantagens obtidas, percebe-se a necessidade de buscar meios de divulgação e treinamento deste método construtivo, a fim de obter maior conhecimento sobre o sistema. Com um maior

entendimento e mão de obra especializada, é possível diminuir os custos finais e eventuais patologias futuras que possam surgir pelo fato de pouca experiência na execução. Melhorar a qualidade de produção desses sistemas construtivos é fundamental para favorecer tanto construtores como consumidores desses serviços.

Logo, que cada vez mais acadêmicos e profissionais da área de construção civil se interessem por estudos nesta área, verificando a viabilidade da aplicação em edifícios maiores e com outros modelos de arquitetura visando especificamente o custo final da estrutura.

### **6.1 Sugestões para pesquisas futuras**

Com a intenção de complementar a pesquisa exposta neste trabalho, sugere-se:

Realizar comparações de prédios com arquiteturas diferentes da apresentada nesta pesquisa;

Realizar comparações com mais de um edifício para verificar qual é o ganho para mais de prédio;

Realizar comparações entre obras habitacionais, como casas populares, as quais demandam grande quantidade de material e necessita-se do menor custo possível para as empresas;

Verificar até quantos pavimentos esse ganho é percebido;

Fazer um estudo adotando blocos de concreto ao invés de cerâmicos para verificar os custos dentre os dois tipos de blocos;

Verificar se para outros estados brasileiros qual sistema construtivo é melhor em termos de custo.

## REFERÊNCIAS

ACCETTI, K. M. **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria estrutural**. 1998. 247 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1998. Disponível em: <[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME\\_KristianeMattarAccetti.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1998ME_KristianeMattarAccetti.pdf)>. Acesso em: 22 jan. 2013.

ALEXANDRE, I. F. **Manifestações patológicas em empreendimentos habitacionais de baixa renda executados em alvenaria estrutural: uma análise da relação de causa e feito**. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17357/000714642.pdf?sequence=1>>. Acesso em 13 fev. 2013.

ARAÚJO, L. O. C.; FREIRE, T. M. **Tecnologia e gestão de sistemas construtivos de edifícios**. São Carlos, 2004. 86 p. Apostila. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/129392025/Apostila-Curso-Estrutura-Luis>>. Acesso em: 21 jan. 2013.

ARCARI, A. **Alvenaria estrutural e estruturas aporricadas de concreto armado: estudo comparativo de custos para execução de empreendimento habitacional de interesse social**. 2010. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28550/000769494.pdf>>. Acesso em 19 dez. 2012.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 6120**: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações: procedimentos. Rio de Janeiro, 1980.

\_\_\_\_\_. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações: procedimentos. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. **NBR 6136**: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

\_\_\_\_\_. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação: terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru, 2006. 92 p. Apostila. Faculdade de Engenharia. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

CAMACHO, J. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo, 2006, 48 p. Apostila. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. Universidade Estadual Paulista. Disponível em: <<http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Projeto%20de%20edificios%20de%20alvenaria%20estrutural.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

CARBONERO, G. **Orçamento de obras públicas: parâmetros de composições do bônus e despesas indiretas - BDI, incidentes sobre as despesas diretas e dos encargos sociais e trabalhistas, incidentes sobre a mão de obra, referentes às obras da secretaria de estado de obras públicas do Paraná - SEOP PR**. 2010, 88 p. Monografia (Especialização em Gestão de Obras Públicas) -Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/27691/CARBONERO,%20GEORGINA.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 25 de set. 2013.

CARASEK, Helena. Argamassas. In: ISAIAS (Ed.). **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. p. 863-904.

CARDOSO, L. R. A. et al. Prospecção de futuro e método Delphi: uma aplicação a cadeia produtiva da construção habitacional. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 63-78, jul./set. 2005.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO FILHO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**: segundo a norma NBR 6118:2003. 3. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2007.

CERÂMICA PALOTTI. **Alvenaria estrutural**. Disponível em: <<http://www.ceramicapalotti.com.br/?ss=produtos&pg=estruturais>>. Acesso em: 19 jun. 2013.

CLIMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado**: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 2. ed. rev. Brasília: Editora UnB, Finatec, 2008.

EBERICK V6. Software para projeto estrutural em concreto armado. Disponível em: Laboratórios do Campus Alegrete da Universidade Federal do Pampa. Acesso em: 2013.

FERNANDES, M. J. G., SILVA FILHO, A. F. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com bloco de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. Salvador: Ucsal, 2010. 18 p. Disponível em: <[http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3\\_0075.pdf](http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3_0075.pdf)>. Acesso em 22 nov. 2012.

FERREIRA, B. L. O.; POMPEU JUNIOR, L. G. C. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto – método executivo, vantagens e desvantagens de seu uso**. 2010. 85 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal da Amazônia, Belém, 2010. Disponível em: <<http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/128/ALVENARIA-ESTRUTURAL-BLOCO-CONCRETO.pdf>>. Acesso em: 04 dez. 2012.

FIGUEIRÓ, W. O. **Racionalização do processo construtivo de edifícios em alvenaria estrutural**. 2009. 88 f. Monografia (Especialização em Construção Civil) -Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.cecc.eng.ufmg.br/trabalhos/pg1/Monografia%20Wendell%20Oliveira%20Figueir%F3%20-%20Vers%E3o%20final%20-%2030.01..pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2012.

FONSECA, R. P. **A estrutura do Instituto Central de Ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção**. 2007. 213 f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <[http://btdt.bce.unb.br/tesesimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=2328](http://btdt.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=2328)>. Acesso em 30 jan. 2013.

GERDAU. **Aço para construção civil**. 2012. 8 p. Disponível em: <[http://www.comercialgerdau.com.br/produtos/download/catalogos/catalogo\\_aco\\_para\\_constru%C3%A7ao\\_civil.pdf](http://www.comercialgerdau.com.br/produtos/download/catalogos/catalogo_aco_para_constru%C3%A7ao_civil.pdf)>. Acesso em: 08 fev. 2013.

GRAZIANO, F. P. **Projeto e execução de estruturas de concreto armado**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2005.

HELENE, P. **Vida útil de 106 anos! Muito bem vividos**. São Paulo: IBRACON, [20--]. Disponível em: <[http://www.ibracons.org.br/news/index\\_vida.htm](http://www.ibracons.org.br/news/index_vida.htm)>. Acesso em: 07 jan. 2013.

HENDRY, A.W. Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe. **Prog. Struct. Eng. Mater**, University of Edinburgh, Scotland, v. 4, n. 3, p.291–300. jul./set. 2003. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pse.118/pdf>>. Acesso em: 06 fev. 2013.

KAEFER, L. F. **A evolução do concreto armado**. São Paulo, 1998. 43 p. PEF 5707 – Concepção, projeto e realização das estruturas: aspectos históricos – 1998.3. Disponível em: <<http://www.lem.ep.usp.br/pef605/HistoriadoConcreto.pdf>>. Acesso em 20 jan. 2013.

KAGEYAMA, T.; KISHI, S.; MEIRELLES, C. R. M. As interferências do processo construtivo da alvenaria estrutural na redução dos custos na construção arquitetônica. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v.6, n. 6-10, p. 44-64, 2009. Disponível em: <<http://editorarevistas.mackenzie.br/index.php/rmec/article/view/3326/2778>>. Acesso em: 15 dez 2012.

LISBOA, R. Q. **Análise comparativa entre prédios com estrutura convencional em concreto armado e alvenaria estrutural**. 2008. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade da Amazônia, Belém, 2008. Disponível em: <[http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/125/analise\\_predios\\_convencional\\_alvenaria\\_estrutural.pdf](http://www.unama.br/novoportal/ensino/graduacao/cursos/engenhariacivil/attachments/article/125/analise_predios_convencional_alvenaria_estrutural.pdf)>. Acesso em: 22 dez 2012.

LUIZ, E. **História**: Ponte Emílio Baumgart desperta interesse de acadêmicos e engenheiro. 2011. Disponível em: <[http://www.ederluiz.com/arquivos\\_internos/index.php?abrir=noticias&acao=conteudo&cat=13&id=374](http://www.ederluiz.com/arquivos_internos/index.php?abrir=noticias&acao=conteudo&cat=13&id=374)>. Acesso em 15 de jan. 2013.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2003.

MELLO, C. W. **Avaliação de sistemas construtivos para habitações de interesse social**. 2004. 171 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4788/000460093.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 29 out. 2012.

MENDONÇA, E. C. G. Emprego dos custos unitários de projetos padrões na avaliação de imóveis: comparativo entre o CUB e o SINAPI. **Revista Especialize**. Goiás, 22 p., 2012. Disponível em : <<http://www.ipog.edu.br/uploads/arquivos/80a64ebaceabc116dbae11f767391066.pdf>>. Acesso em: 25 de set. 2013.

MODLER, L. E. A. **Características, possibilidades e limitações de um software como ferramenta de apoio para o ensino das disciplinas do curso de engenharia civil da Unijuí**. Ijuí, 2003. 11 p. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2003/artigos/EIT615.pdf>>. Acesso em : 26 de set. 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, V. **Recomendações para projetos de edifícios em alvenaria estrutural**. 1992. 266 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1992. Disponível em: <[http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1992ME\\_ValdirOliveiraJunior.pdf](http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/1992ME_ValdirOliveiraJunior.pdf)> . Acesso em: 24 nov. 2012.

O RIO de Janeiro de Peter von Fuss. **Revista Internética João do Rio**, v. 6, n. 33, out./nov. 2008. Disponível em: <[http://www.joaodorio.com/site/index.php?option=com\\_content&task=view&id=211&Itemid=117](http://www.joaodorio.com/site/index.php?option=com_content&task=view&id=211&Itemid=117)>. Acesso em 15 jan. 2013.

PAULUZZI BLOCOS CERÂMICOS LTDA. **Alvenaria Estrutural**. 2012. Disponível em: <<http://www.pauluzzi.com.br/alvenaria.php>>. Acesso em: 07 jan.2013.

PENTEADO, A. F. **Gestão da produção do sistema construtivo em alvenaria estrutural**. 2003. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000313536&fd=y>>. Acesso em: 18 dez. 2013.

PINHEIRO JUNIOR, L. F.;NEVES, I. D. O sistema de acompanhamento de obras com fotos digitalizadas - SIURB. In: VII SIMPÓSIO NACIONAL DE AUDITORIA DE OBRAS PÚBLICAS, 2002, Brasília. **Anais...**Brasília: TCU, 2002.

QUEMELLI, B. **A história dos primeiros arranha-céus**. 2007. Disponível em: <<http://bethaniaquemelli.blogspot.com.br/2007/07/histria-dos-primeiros-arranha-cus.html>>. Acesso em: 07 jan. 2013.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R.S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

RICHTER, R. **Alvenaria estrutural: processo construtivo racionalizado**. São Leopoldo, 2007. 69 p. Curso de Extensão - Área de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. Disponível em: <<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/richter2007.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2012.

SABATTINI, F. H. **Desenvolvimentos de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. 207 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. Disponível em: <[http://www.pec.poli.br/conteudo/bibliografia/\\_TeseSabbatini%202007-v5%20%283%29.pdf](http://www.pec.poli.br/conteudo/bibliografia/_TeseSabbatini%202007-v5%20%283%29.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2012.

\_\_\_\_\_. A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998.

SANTOS, M. D. F. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural:** contribuição e uso. 1998. 130, xix f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998. Disponível em: <<http://www.ceramicapalmadeouro.com.br/downloads/santos1998.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2012.

SILVA FILHO, L. O.; LIMA, M. C.; MACIEL, R. G. **Efeito barganha e cotação:** fenômenos que permitem a ocorrência de superfaturamento com preços inferiores às referências oficiais. Porto Alegre, 2010. 12p. Disponível em: <[http://5ccr.pgr.mpf.mp.br/publicacoes/eventos/audiencia-publica/efeito\\_barganha\\_e\\_cotacao.pdf](http://5ccr.pgr.mpf.mp.br/publicacoes/eventos/audiencia-publica/efeito_barganha_e_cotacao.pdf)>. Acesso em: 26 de set. 2013.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para projeto de alvenarias de vedação.** 2003. 167 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-01032004-150128/pt-br.php>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

SILVA, W. J. **Estudo experimental de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de bloco cerâmico sujeitas a ações verticais.** 2003. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2003. Disponível em: <[http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bis/33004099084P5/2003/silva\\_wj\\_me\\_ilha\\_prot.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bis/33004099084P5/2003/silva_wj_me_ilha_prot.pdf)>. Acesso em: 9 dez. 2012.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <[http://downloads.caixa.gov.br/\\_arquivos/sinapi/servicos\\_comdes\\_jun\\_2013/Servicos\\_RS\\_JUN\\_2013\\_SEM\\_DESONERA%C7%C3O.pdf](http://downloads.caixa.gov.br/_arquivos/sinapi/servicos_comdes_jun_2013/Servicos_RS_JUN_2013_SEM_DESONERA%C7%C3O.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2013.

SOUZA JUNIOR, T. F. **Estruturas de concreto armado.** Lavras, [200-]. 23p. Notas de aulas. Universidade Federal de Lavras. Disponível em: <[http://www.tooluizrego.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/27/2790/30/arquivos/File/Disciplinas%20Conteudos/Quimica%20Subsequente/Quimica%20Inorganica/Carlos\\_3Sem\\_Concreto.pdf](http://www.tooluizrego.seed.pr.gov.br/redeescola/escolas/27/2790/30/arquivos/File/Disciplinas%20Conteudos/Quimica%20Subsequente/Quimica%20Inorganica/Carlos_3Sem_Concreto.pdf)>. Acesso em: 27 jan. 2013.

TAUIL, C. A.; NESE, F. J. M. **Alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2010.

VILASBOAS, J. M. L.V. **Durabilidade das edificações de concreto armado em Salvador:** uma contribuição para a implantação da NBR 6118:2003. 2004. 229 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambiental no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. Disponível em: <[http://www.teclim.ufba.br/site/material\\_online/dissertacoes/dis\\_jose\\_m\\_l\\_vilasboas.pdf](http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_jose_m_l_vilasboas.pdf)>. Acesso em: 25 jan. 2013.