

CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIVATES
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE EDIFICAÇÕES COM
ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA
ESTRUTURAL**

Tiago Augusto Klein

Lajeado, junho de 2015

Tiago Augusto Klein

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE EDIFICAÇÕES COM ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, como parte dos requisitos para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Área de concentração: Construção Civil.

Orientador: Prof. Ms. João Batista Gravina

Lajeado, junho de 2015

Tiago Augusto Klein

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE EDIFICAÇÕES COM ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso - Etapa II, na linha de formação específica em Engenharia Civil, do Centro Universitário UNIVATES, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Prof. Ms. João Batista Gravina - Orientador

Centro Universitário UNIVATES.

Profa. Ms. Renata Maldonado Gheno.

Centro Universitário UNIVATES.

Eng. Esp. Rodrigo Bertoldi.

Engenheiro Civil.

Lajeado, 29 de junho de 2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, irmãos e namorada que por muitas vezes se privaram da minha companhia ao longo do período de curso, pelo apoio incondicional nos momentos difíceis e pelo incentivo para a conclusão do curso de engenharia civil. Aos professores e colegas, que de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo. Aos professores Paulo Fernando Salvador e João Batista Gravina pela dedicação na orientação, ensinamento e incentivo para elaboração do presente trabalho. A empresa Domínio D – Engenharia de Estruturas por permitir a realização dos estudos em seus projetos e programas computacionais necessários para o estudo.

RESUMO

Diante do grande volume de obras em desenvolvimento, existe uma constante procura dos projetistas, construtores e incorporadores, por meios de concepções estruturais mais eficientes e eficazes, que possibilitem redução de prazos e custos, tornando os empreendimentos mais rentáveis. Neste sentido, a tomada de decisão projetual, entre uma concepção em alvenaria estrutural e uma estrutura de concreto armado, aparece como uma das principais dúvidas em situações em que ambas as soluções sejam viáveis tecnicamente. Neste cenário, o presente trabalho propõe-se a avaliar a viabilidade de execução de edificações residenciais, comparando os sistemas construtivos em alvenaria estrutural e estrutura de concreto armado, abordando os custos relativos aos materiais e mão de obra empregados na execução da estrutura e vedação da edificação. Como metodologia, foi adotado o modelo de uma edificação existente na cidade de Passo Fundo/RS, executada em alvenaria estrutural, e foi elaborado um estudo de modo com que se compare o quantitativo de materiais fornecidos através de programas computacionais, utilizando os dois sistemas citados, seguindo a mesma concepção arquitetônica. Foram alterados o número de pavimentos a fim de estabelecer um comparativo entre os dois sistemas. No final da pesquisa, verificou-se que os modelos das edificações em alvenaria estrutural se apresentaram mais econômicos em relação aos modelos em concreto armado.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural; Concreto Armado; Sistemas Estruturais.

ABSTRACT

As a result of large volume of constructions in development, there is a constant search from designers, builders and developers, through structural designs that are more efficient and effective, which results on reduction of deadlines and costs, becoming more profitable ventures. On this way, the project decision making, between a masonry structural design and a reinforced concrete, shows up as a main doubt in situations that both are technically viable. On this scenario, the present work proposes to evaluate the viability of residential buildings execution, comparing the masonry structural building method and a reinforced concrete, approaching the materials relative costs and manpower in the execution to seal the building structure. As methodology, was assumed a model of an existing building in Passo Fundo city/RS, run on structural masonry, and a study was undertaken to compare the amount of materials provided by computer programs, using the two systems mentioned, following the same architectural design. It was changed the number of pavements in order to establish a comparison between the two systems. At the end of the research, it was found that the models of the buildings in structural masonry performed more economical compared to designs in reinforced concrete.

Keywords: Structural Masonry; Reinforced Concrete; Structural Systems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura em concreto armado.....	20
Figura 2 - Sistema de alvenaria estrutural.....	24
Figura 3 - Aderência entre bloco e argamassa com e sem utilização da cal.....	27
Figura 4 - Estado de tensões na argamassa em contato com o bloco.....	28
Figura 5 - Ensaio de prisma, expulsão lateral da argamassa.....	29
Figura 6 - Paginação de parede em alvenaria estrutural.....	31
Figura 7 - Junta a prumo	32
Figura 8 - Travamento entre paredes de alvenaria estrutural.....	33
Figura 9 - Detalhe de amarração indireta	34
Figura 10 - Blocos da família 29.....	35
Figura 11 - Blocos da família 39.....	35
Figura 12 - Efeito da altura na robustez da edificação	39
Figura 13 - Relação nas dimensões do edifício.....	40
Figura 14 - Resistência à torção de acordo com a forma do prédio	40
Figura 15 - Efeito da simetria nas paredes resistentes	41
Figura 16 - Planta baixa do pavimento tipo	42
Figura 17 - Corte da parede em alvenaria estrutural.....	45
Figura 18 - Laje pré-fabricada	46
Figura 19 - Laje pré-fabricada treliçada.....	47
Figura 20 - Corte da parede com tijolos de vedação.....	48
Figura 21 - Corte esquemático	52

LISTA DE GRÁFICOS

Quadro 1 – Resumo dos custos de materiais e mão de obra	54
Gráfico 1 - Comparativo entre as edificações de oito pavimentos.....	56
Gráfico 2 – Custo de material por metro quadrado	57
Gráfico 3 – Custo de mão de obra por metro quadrado	57
Gráfico 4 - Custo por metro quadrado de construção	58
Gráfico 5 - Economia da Alvenaria estrutural em comparação com o Concreto Armado.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo dos custos de materiais e mão de obra	54
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ac	Área da seção transversal do concreto
b	Menor dimensão de um retângulo
cm	Centímetro
ELS	Estados Limite de Serviço
ELU	Estado Limite Último
EPS	<i>Expanded PolyStyrene</i>
EUA	Estados Unidos da América
fadm	Flecha máxima admissível
fbk	Resistência característica do bloco
fck	Resistência característica do concreto à compressão
fpk	Resistência característica do prisma
kg	Quilograma
kN/m ³	Quilo Newton por metro cúbico
l	Comprimento

m^2	Metro Quadrado
m^3	Metro Cúbico
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
TCPO	Tabela de Composição de Preços para Orçamento
γ_z	Gama z - Coeficiente de majoração dos esforços globais de 1ª ordem devidos aos carregamentos horizontais para obtenção dos esforços finais de 2ª ordem
λ	Índice de esbeltez
ρ	Taxa geométrica de armadura longitudinal à tração

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Tema	14
1.2 Problema	14
1.3 Objetivos da pesquisa	14
1.3.1 Objetivo geral	15
1.3.2 Objetivos específicos.....	15
1.4 Justificativa e relevância	15
1.5 Delimitações	16
1.6 Organização do trabalho	16
 2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL	17
2.1 Estrutura de concreto armado	17
2.1.1 Breve histórico	17
2.1.2 Conceito básico.....	18
2.1.3 Vantagens e desvantagens	20
2.2 Alvenaria Estrutural	21
2.2.1 Breve histórico	22
2.2.2 Conceito básico.....	23
2.2.3 Componentes da Alvenaria Estrutural	25
2.2.3.1 Blocos de Alvenaria Estrutural	25
2.2.3.2 Argamassa	26
2.2.3.3 Graute e aço.....	29
2.2.4 Modulação.....	30
2.2.5 Aspectos técnicos e econômicos.....	36
2.2.6 Principais parâmetros a serem considerados na adoção do sistema construtivo.....	37
2.2.7 Estabilidade global.....	38
 3 METODOLOGIA	42
3.1 Critérios para obtenção dos modelos estruturais.....	43
3.1.1 Critérios considerados para Alvenaria Estrutural	44
3.1.2 Critérios considerados para estrutura em Concreto Armado	47
3.2 Levantamento de quantitativos.....	49

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS.....	62
APÊNDICES	67

1 INTRODUÇÃO

Segundo Santos e Jungles (2008), o mundo dos negócios na indústria brasileira da construção civil cresce a cada dia e encontra-se mais competitivo, diversificado e exigente, levando as empresas deste ramo a buscarem por novas técnicas de construção, onde estas tenham uma melhor qualidade e maior ganho de produtividade. Tendo isso, as construtoras acabam por se desfazer da ideia de utilizarem um único sistema construtivo, buscando optar por aquele que melhor se enquadre ao empreendimento proposto.

As construções em alvenaria estrutural vêm tendo grande aceitação em habitações de interesse social, sendo várias delas financiadas pelo programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal. De acordo com Otoni (2014), o programa conta com uma ampliação de 350 mil unidades no período de janeiro a junho de 2015, demonstrando que haverá uma continuidade dos projetos das construtoras.

Muitos estudos são realizados de modo a obter o menor custo e melhor qualidade entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado, pois a economia na construção acarreta em um menor preço final da edificação, tornando o valor dos imóveis mais atrativos ao consumidor final, gerando facilidade na venda dos imóveis (SOARES, 2011).

O concreto armado ainda é o método construtivo mais utilizado no Brasil, por possuir grande aceitação do mercado devido as suas qualidades de vencer grandes vãos e grandes alturas além de se moldar facilmente a diferentes tipos de peças estruturais e facilidade de execução. Apesar do conservadorismo por parte das construtoras, a alvenaria estrutural vem tomando espaço diante a construções

residenciais, por acarretar em redução de tempo de execução, racionalização de materiais e consequentemente de custos, acabando por se tornar um atrativo aos empresários do ramo.

Neste contexto, a pesquisa aborda os custos relativos à mão de obra e aos materiais empregados na execução da estrutura de uma edificação situada na cidade de Passo Fundo / RS, a edificação possui dimensões adequadas ao sistema construtivo em alvenaria estrutural e se destina a habitações de interesse social. Buscou-se um estudo econômico comparativo entre a edificação modelada no sistema de alvenaria estrutural e de concreto armado, ambas atendendo ao mesmo projeto arquitetônico, porém com variação na quantidade de pavimentos, de modo a identificar a melhor eficiência de cada sistema construtivo, através da obtenção de dados e quantitativos adquiridos com auxílio de programas computacionais.

1.1 Tema

O tema deste estudo é o comparativo de custos da estrutura e fechamento de uma edificação em concreto armado e em alvenaria estrutural, variando o número de pavimentos, podendo assim saber até que ponto uma estrutura se torna mais viável que a outra.

1.2 Problema

O foco deste trabalho é obter dados que auxiliem na escolha do sistema construtivo mais viável financeiramente para edificações residenciais.

1.3 Objetivos da pesquisa

Os objetivos da pesquisa estão definidos em geral e específicos e são expostos a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

Comparar os custos de materiais e mão de obra empregados na execução das estruturas e fechamentos para os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado, variando entre diferentes números de pavimentos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Modelar computacionalmente a edificação em alvenaria estrutural;
- Modelar computacionalmente a edificação em estrutura de concreto armado autoportante;
- Obter quantitativos de materiais para diferentes números de pavimentos;
- Comparar custos de materiais e mão de obra empregados para a concepção da estrutura em alvenaria estrutural e concreto armado autoportante;
- Identificar situações de projeto que apresentem melhores resultados;

1.4 Justificativa e relevância

Sendo que ambos os sistemas construtivos, alvenaria estrutural e concreto armado possuem a mesma eficácia quanto à segurança e condições de serviço para uma edificação, busca-se por obter o real rendimento econômico entre as diferentes concepções estruturais.

1.5 Delimitações

O trabalho delimita-se a análise dos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e concreto armado, tomando como base uma edificação com âmbito de interesse social a qual se situa na cidade de Passo Fundo / RS.

1.6 Organização do trabalho

No segundo capítulo são apresentadas as revisões bibliográficas obtidas através de literaturas sobre as características básicas dos sistemas construtivos de concreto armado e alvenaria estrutural. O terceiro capítulo apresenta a metodologia de pesquisa utilizada para a elaboração do trabalho. No capítulo quatro estão expostas os resultados obtidos na pesquisa e por fim as considerações finais para o estudo.

2 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE CONCRETO ARMADO E ALVENARIA ESTRUTURAL

Neste capítulo apresentam-se as características dos sistemas construtivos empregados no estudo da edificação, objeto deste trabalho, buscando informações em literaturas sobre seu uso e prós e contras de cada sistema, objetivando em uma melhor compreensão dos assuntos.

2.1 Estrutura de concreto armado

Inicialmente será apresentado um breve histórico sobre o concreto armado e posteriormente uma exposição de suas características, componentes e principais vantagens e desvantagens do sistema construtivo.

2.1.1 Breve histórico

O surgimento do cimento ocorreu no ano de 1824, quando o francês J. Aspadin inventou o cimento Portland. Em 1855, J. L. Lambot utilizou o cimento para a construção de um barco, e posteriormente, J. Monier em 1861 construiu vasos de flores, ambos utilizando argamassa com reforços de ferro, mas ainda sem a utilização de agregados graúdos. Em 1873, o americano W. E. Ward construiu uma casa em concreto armado, existente até os dias de hoje na cidade de New York. No ano de 1900 Koenen iniciou o desenvolvimento das teorias do concreto armado,

posteriormente, Morsch deu continuidade as suas teorias com base em numerosos ensaios. A partir disto, foram desenvolvidos ao longo de décadas estudos mais aprofundados do concreto armado, sendo que os conceitos fundamentais são validos até os dias atuais (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2004).

O uso do concreto armado no Brasil se desenvolveu no início do século XX. No Rio de Janeiro foi construída uma ponte com 9 metros de comprimento no ano de 1908. O edifício A Noite com seus 22 andares, construído no ano de 1928 obteve por muitos anos o título de prédio mais alto do mundo utilizando concreto armado, este também situado na cidade de Rio de Janeiro. Entre os anos de 1955 e 1960, estruturas extremamente esbeltas e complexas foram construídas na capital do Brasil por autoria dos arquitetos Oscar Niemeyer e Lúcio Costa e do engenheiro Joaquim Cardoso, estas tiveram grande importância para o desenvolvimento mundial do concreto armado (CLÍMACO, 2008)

2.1.2 Conceito básico

A união do concreto e do aço concede a resistência necessária para resistir aos esforços de compressão e tração nos elementos estruturais. O aço tem por característica possuir grande resistência à tração e o concreto a esforços de compressão, ambos atuam de forma conjunta por possuírem coeficientes de dilatação semelhantes, resistindo aos esforços que lhe forem aplicados (CLÍMACO, 2008).

O concreto é um dos produtos mais consumidos no mundo, tornando-o muito importante para a construção. Não sendo tão rijo nem tão resistente quanto o aço, o concreto ainda é mais usado que este na construção civil. Uma das propriedades mais importantes do concreto é a sua resistência à compressão, por sempre estar especificada em projetos estruturais, e por outras qualidades, tais como: módulo de elasticidade, estanqueidade, impermeabilidade e resistência a intempéries (MEHTA; MONTEIRO, 1994).

O Cimento Portland, ao ser misturado com a água, forma uma mistura fluida, que varia com a quantidade de água adicionada. Esta mistura ao entrar em contato com agregados de diferentes tamanhos pode ser moldada em diversos tipos de formas nas suas primeiras horas. Com o passar do tempo a mistura tende a endurecer devido à reação entre a água e o cimento. É possível adicionar fibras, pigmentos e aditivos para obter um melhor desempenho do elemento estrutural. A proporção dos materiais empregados na mistura é obtida pela tecnologia do concreto, com intuito de adquirir propriedades mecânicas, físicas, durabilidade e trabalhabilidade (ISAIA, 2007).

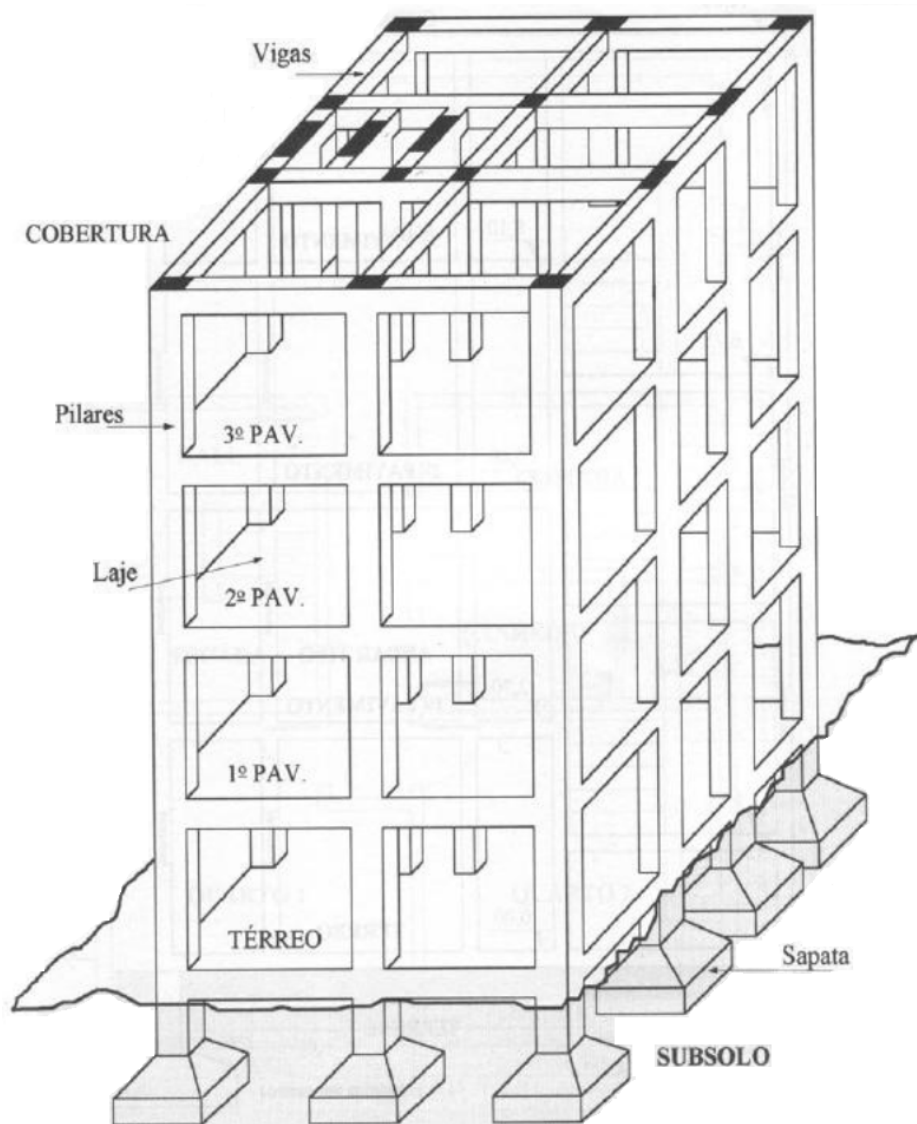
Segundo Botelho e Marchetti (2007), aumentando o volume de água na mistura do concreto se ganha trabalhabilidade, o que facilita o manuseio e adensamento no momento de concretagem, porém a resistência e durabilidade são afetadas. Por este motivo a relação água/cimento deve ser levada em conta no momento da mistura.

De acordo com Carvalho e Figueiredo (2004), elementos estruturais de concreto que sejam submetidos à flexão, podem sofrer com o aparecimento de fissuras nos locais onde o concreto sofra esforços de tração, devido à baixa resistência a tração do concreto, cerca de 10% da sua resistência a compressão. Desta maneira, introduzindo o aço nos locais onde ocorram estes esforços, se obtém um melhor desempenho do elemento estrutural. Isso só se torna possível com a aderência entre o concreto e o aço, pois o elemento tracionado só atuará quando o concreto que o envolve sofrer deformação, fazendo com que o aço seja alongado, caracterizando como armadura passiva. O concreto ao envolver o aço, protege contra a oxidação e ao calor, caso seja submetido a intempéries e ao fogo.

Elementos estruturais são peças que compõem um sistema que atua conjuntamente para resistir a diversas ações e garantir o equilíbrio da edificação, seja ela de pequeno ou grande porte. Três elementos básicos compõem uma estrutura convencional: lajes, vigas e pilares. As lajes recebem principalmente as cargas de revestimentos e as acidentais que lhe forem impostas, como pessoas, móveis e equipamentos, juntamente com seu peso próprio. As vigas recebem principalmente as cargas advindas das reações das lajes, seu peso próprio e paredes que estejam apoiadas sobre elas. Os pilares recebem todas as cargas das

vigas juntamente com seu peso próprio e as transmitem para as fundações (CARVALHO; FIGUEIREDO, 2004). A Figura 1 exemplifica a união dos elementos gerando o sistema estrutural.

Figura 1 - Estrutura em concreto armado.



Fonte: Botelho e Marchetti (2007, p.23).

2.1.3 Vantagens e desvantagens

Usado em grande escala por todo o mundo e em diferentes tipos de construção, o concreto armado como qualquer outro material possui vantagens e

desvantagens quanto ao seu emprego. De acordo com Botelho e Marchetti (2010), as características positivas são:

- Boa resistência à maioria dos esforços;
- Adaptável a vários tipos de formas;
- Obtenção de estruturas monolíticas;
- Possui grande vida útil;
- Possui boa resistência ao fogo;
- Possibilita a obtenção de pré-moldagem de peças estruturais;
- Resistência a choques, vibrações, efeitos térmicos e desgastes mecânicos;

Botelho e Marchetti (2010), ainda citam as características negativas do sistema estrutural.

- Peso específico elevado (25 kN/m^3), limitando seu uso em algumas situações;
- Em alguns casos, reparos e adaptações são de difícil execução;
- Necessário o uso de escoramento das peças, quando não forem pré-fabricadas, até o momento em que o concreto atingir resistência adequada para retirada das escoras;

2.2 Alvenaria Estrutural

Inicialmente será apresentado um breve histórico sobre a alvenaria estrutural e posteriormente uma exposição de seus conceitos, componentes, modulação e principais aspectos técnicos e econômicos sobre o sistema construtivo, bem como vantagens e desvantagens.

2.2.1 Breve histórico

A alvenaria é um material de construção tradicional que tem sido utilizado há milhares de anos para execução de diversos tipos de estruturas. Por sua simplicidade de execução e eficiência, se tornou a principal maneira de construção do mundo antigo. Utilizando blocos de argila e pedras, baseados em métodos empíricos de projeto, foram erguidas grandes construções onde a técnica de execução era o simples empilhamento de blocos, estas resistiram ao tempo e atravessaram milênios, chegando aos dias de hoje como verdadeiros monumentos de grande valor histórico (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Dentre os grandes monumentos construídos ao longo de milênios, as pirâmides de Guizé datam em aproximadamente 2.600 anos antes de Cristo, construídas em blocos de pedra a principal pirâmide tem 147 m de altura e área de base de 52.900 m². Em sua construção foram utilizados 2,3 milhões de blocos, com peso médio de 2.500 kg. Outras construções não possuíram grande importância histórica, mas influenciaram significativamente nos métodos construtivos e de dimensionamento (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Segundo Hendry (2002), a alvenaria estrutural passou a ser considerada como tecnologia de construção civil no século XVII quando os conceitos de estatística foram empregados para a averiguação da estabilidade de arcos e domos. Nos séculos XIX e XX foram elaborados ensaios de resistência dos elementos de alvenaria estrutural em vários países, mas os projetos ainda eram elaborados de acordo com os métodos empíricos, apresentando assim, grandes limitações.

Ao longo dos séculos XIX e XX foram construídos vários edifícios em alvenaria estrutural, dentre eles o edifício Monadnock situado em Chicago – EUA. Com 16 pavimentos e 65 m de altura veio a se tornar um símbolo clássico da alvenaria estrutural. No entanto, por causa dos métodos empíricos utilizados para o dimensionamento, as paredes de base têm 1,8 m de espessura. Acredita-se que se fossem utilizados os métodos atuais de dimensionamento, estas mesmas paredes poderiam ter espessura inferior a 30 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Camacho (2006) cita que no século XX, com a necessidade da busca por novas alternativas de técnicas de construção, diversas pesquisas foram feitas com o intuito de que fossem criadas normas e adotados critérios de cálculo baseados em métodos racionalizados.

No Brasil, a alvenaria é utilizada desde o século XVI. Contudo, a alvenaria com blocos estruturais, encarada como um processo construtivo mais elaborado e voltado para a construção de edificações racionalizadas, somente veio a ocorrer a partir da década de 70, quando a alvenaria estrutural foi tratada como tecnologia de construção civil, através de projetos estruturais baseados em princípios válidos cientificamente e de critério mais bem desenvolvidos na parte de execução (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.2.2 Conceito básico

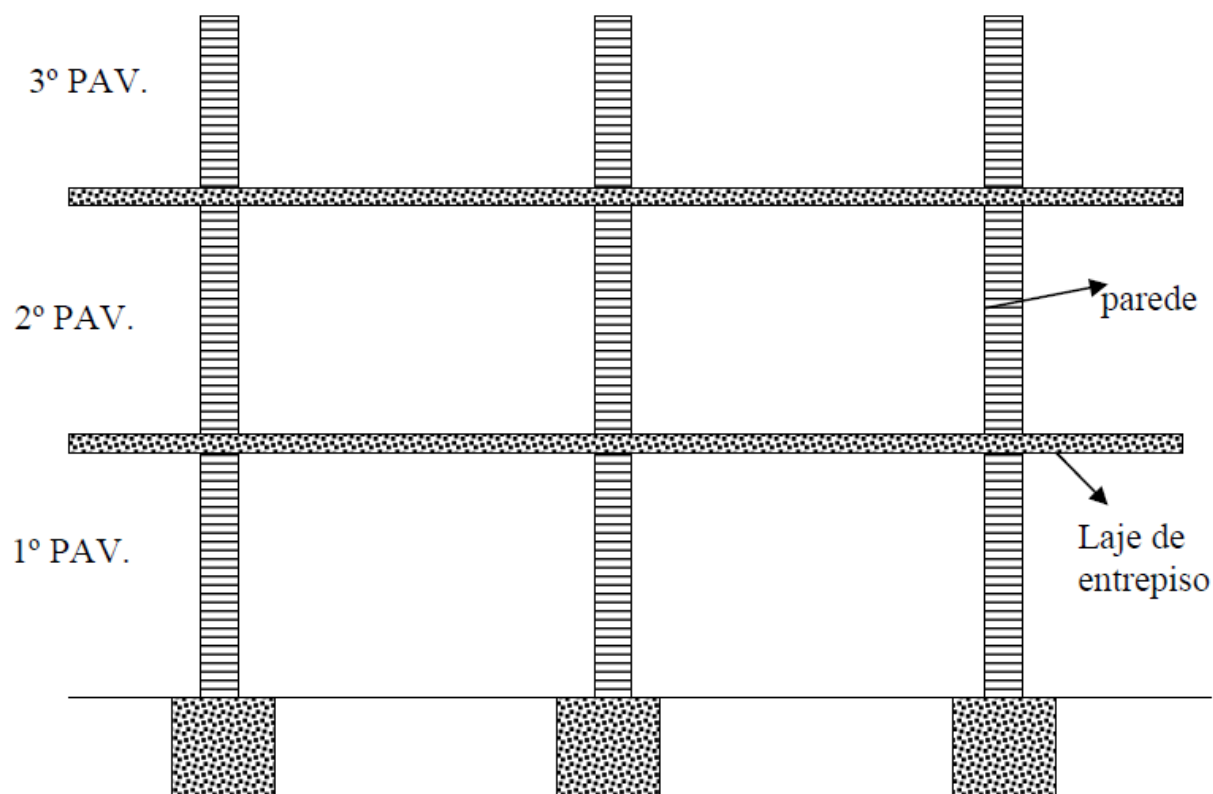
A transmissão de ações através de tensões de compressão é o principal conceito da alvenaria estrutural, sendo este o fator crucial para elaboração de projetos com este sistema construtivo. Esforços de tração podem ser admitidos em determinadas peças, entretanto, essas tensões devem ser em pontos específicos e de pequeno grau. Em caso contrário, se as tensões ocorrerem de forma generalizada, à utilização crescente de pontos de graute e armaduras é inevitável, e o método tende a perder agilidade e economia (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

De acordo com Parsekian e Soares (2010), edifícios em alvenaria estrutural têm como característica possuir elementos que sirvam como estrutura e vedação ao mesmo tempo. Este sistema construtivo é usualmente indicado quando não há previsão de alteração na arquitetura, e torna-se mais viável em edificações residenciais com limitado número de pavimentos e com vão médios entre paredes de 4 a 5 metros.

As paredes são os elementos principais da alvenaria estrutural, devendo resistir às cargas que lhe forem impostas assim como seriam nos pilares e vigas utilizados em construções em concreto armado, aço ou madeira. Portanto, a

distribuição das paredes deve ser feita de modo com que cada uma atue de forma a estabilizar uma a outra (SABBATINI, 1989). A Figura 2 exemplifica a união dos elementos gerando o sistema estrutural.

Figura 2 - Sistema de alvenaria estrutural



Fonte: Kalil (2007, p.4)

Segundo Tauil e Nese (2010), este sistema construtivo pode ser dividido basicamente em duas categorias, a alvenaria armada e a não armada. A alvenaria armada recebe armaduras devido a exigências estruturais. Em pontos pertinentes são introduzidas barras de aço nos vazios dos blocos e posteriormente preenchido com graute. Este serve para dar união e aderência adequada entre a alvenaria e o aço, garantindo uma ação conjunta. Desta forma a alvenaria passa a se comportar semelhantemente com peças de concreto armado. Já na alvenaria não armada, são inseridas apenas armaduras construtivas sem a inclusão de graute, como em vergas, contravergas e cintas de amarração. Tendo estas, a atribuição de evitar patologias como trincas e fissuração provenientes de acomodação da estrutura, dilatação térmica, e pontos de concentração de tensões.

2.2.3 Componentes da Alvenaria Estrutural

Conforme Ramalho e Corrêa (2003), os principais elementos que compõem uma parede em alvenaria estrutural são os blocos, argamassa, graute e armaduras.

2.2.3.1 Blocos de Alvenaria Estrutural

Parsekian e Soares (2010) citam que os blocos são os componentes básicos da alvenaria estrutural, representando de 80% a 95% do volume de alvenaria. Estes são os principais responsáveis pelas características de resistência à compressão, estabilidade, resistência ao fogo e as intempéries e ao bom isolamento térmico e acústico. Podendo ser feitos de concreto, cerâmica ou sílico-calcáreo, os blocos são os responsáveis por dar a modulação correta ao projeto.

A forma dos blocos pode ser maciça ou vazada, variando conforme o índice de vazios. Os blocos maciços são os que apresentam um índice de no máximo 25 % da área total. Ao exceder este limite os blocos são considerados vazados. A definição destas características resulta em dois conceitos de suma importância estrutural: tensão devido à área bruta, não levando em consideração os vazios da unidade, e a tensão em relação à área líquida onde são descontadas as áreas dos vazios das unidades (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

A ABNT NBR 6136 (2007), especifica que as resistências características mínimas à compressão de blocos de concreto seja de 6 MPa para os blocos de paredes externas sem revestimento e 4,5 MPa para blocos em paredes internas ou externas com revestimento. Estas levando em consideração a área bruta dos blocos.

Já a ABNT NBR 7171 (1992), cita que a resistência mínima para blocos portantes cerâmicos seja de 4 MPa.

Parsekian e Soares (2010) citam que a variação das dimensões dos blocos é prejudicial à resistência e a modulação das paredes, pois interfere na espessura da argamassa de assentamento, levando a diminuição da resistência ao cisalhamento e

de compressão. As espessuras da parede do bloco também devem ser controladas, pois uma pequena variação na espessura pode acarretar na redução de área líquida do bloco. A tolerância máxima estipulada pela ABNT NBR 15270-2 (2005), é de 3 mm para as dimensões dos blocos.

2.2.3.2 Argamassa

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a argamassa de assentamento tem a função de unir os blocos, transmitir e uniformizar as tensões entre eles, absorver pequenas deformações e prevenir a entrada de água e vento na edificação. A união do bloco e da argamassa forma o elemento misto conhecido por alvenaria. Neste contexto, Parsekian e Soares (2010) citam que a resistência à compressão da argamassa não pode ser superior à resistência do bloco, pois utilizando uma argamassa muito rígida ela acaba por não ter a capacidade de absorver deformações, entretanto, utilizar uma argamassa muito fraca resulta em uma baixa aderência entre os blocos e pouca resistência a compressão, prejudicando a eficiência da parede portante. A plasticidade que a argamassa obtiver será a responsável por permitir que as tensões sejam transferidas de modo uniforme de um bloco para o outro.

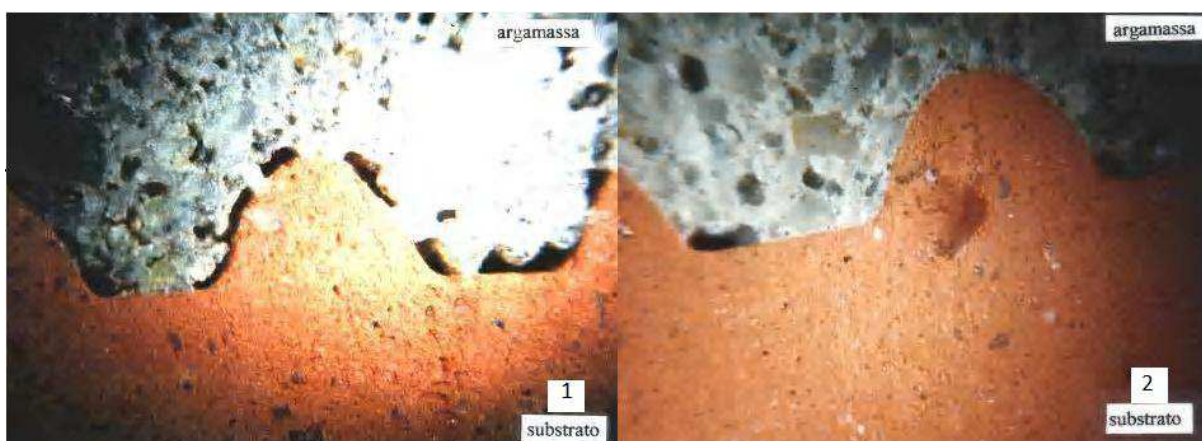
De acordo com Parsekian e Soares (2010), a argamassa é composta de areia, cimento, cal e água, a argamassa em seu estado plástico deve resultar em boa trabalhabilidade, ou seja, deve aderir a superfícies verticais e suportar o peso dos blocos superiores assentados no mesmo dia, e também é preciso que tenha a capacidade de reter a água, Casali (2008), cita que ao entrar em contato com um elemento que tenha grande capacidade de sucção como o bloco, argamassas com baixa capacidade de retenção perdem água em excesso, ocasionando em redução da resistência a compressão e perda de aderência.

Em seu estado endurecido a argamassa deve obter uma boa aderência, esta é responsável por resistir a tensões tangenciais e normais de tração. A água penetra nos poros do bloco e após endurecimento da argamassa forma pequenas entrâncias, as quais resultam na aderência. Ao sofrer variações térmicas,

higroscópicas e pequenos recalques, a alvenaria que tenha boa capacidade de receber deformações, acaba por sofrer com pequenas microfissuras distribuídas nas juntas, sendo melhor do que ocorrer uma única fissura na junta ou bloco, este fato ocorre por causa da resiliência obtida pela argamassa, ou seja, tem a capacidade de absorver deformações sem fissurar (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

A utilização da cal hidratada na argamassa resulta em um aumento da resistência mecânica, melhora a plasticidade e a elasticidade. Na Figura 3 verifica-se: 1- argamassa constituída de cimento, areia e água, 2- argamassa constituída de cimento, areia, cal hidratada e água.

Figura 3 - Aderência entre bloco e argamassa com e sem utilização da cal



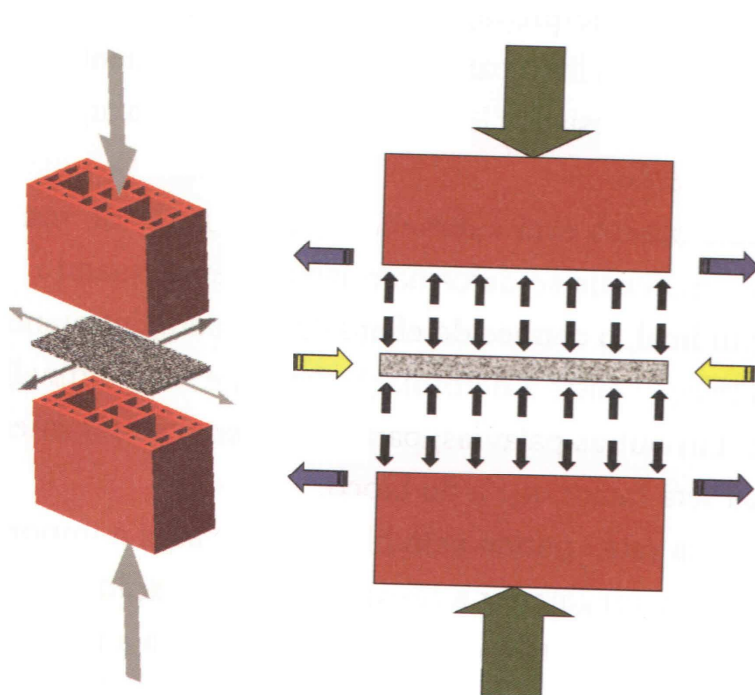
Fonte: Mota (2006, p.26).

Com a utilização da cal hidratada percebe-se um aumento da superfície de aderência entre o bloco e a argamassa, resultado de um baixo índice de vazios da argamassa, aumentando assim a sua resistência as tensões tangenciais e de tração. (MOTA, 2006).

A resistência à compressão da argamassa varia conforme a resistência à compressão do bloco (SABBATINI, 1989). A resistência da argamassa é obtida através de ensaios de corpo-de-prova, porém, é preciso diferenciar essa resistência quando a argamassa está confinada entre os blocos. A argamassa assim como outros materiais tende a se deformar lateralmente quando aplicados carregamentos longitudinais, conhecido como efeito Poisson, acaba que essa deformação é combatida pelo bloco através da aderência entre os elementos. Neste caso, a argamassa acaba por receber três tipos de tensões: a compressão vertical

resultante da carga aplicada, e a duas tensões laterais devido às forças de diminuição das deformações laterais exercidas pela argamassa em contato com o bloco, essa situação pode ser visualizada na Figura 4. Assim, a resistência da argamassa entre dois blocos é superior à resistência obtida através de corpo-de-prova cilíndrico, caso este fosse envolto por um material que impedisse a deformação lateral poderia ser comparado à situação da argamassa da junta (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Figura 4 - Estado de tensões na argamassa em contato com o bloco



Fonte: Parsekian e Soares (2010, p.40).

Parsekian e Soares (2010) concluem que a resistência da parede a compressão não é diretamente proporcional à resistência da argamassa, pelo fato desta estar confinada entre os blocos e que o bloco geralmente rompe por ações de tração devido à reação causada pelo esforço horizontal em função de conter a argamassa, ou seja, mesmo sofrendo com o esforço vertical o bloco rompe por tração lateral como pode ser visualizado na Figura 5.

Figura 5 - Ensaio de prisma, expulsão lateral da argamassa.



Fonte: Parsekian e Soares (2010, p.40).

Segundo Ramalho e Corrêa (2003) a espessura da junta horizontal de argamassa tem grande influência na resistência final da parede, não podendo ser muito estreita, pois blocos acabariam por se tocar, acarretando em uma concentração de tensões que prejudicam a resistência da alvenaria, mas também não deve ser muito espessa, pois a resistência da parede decresce com o aumento de espessura da junta horizontal. Desta forma, de acordo com Sahalin (*apud* CAMACHO, 1995), a cada aumento de 3 mm na espessura da junta horizontal acarreta em redução de 15 % da resistência da parede. A ABNT NBR 10837 (1989), descreve que a espessura de junta horizontal deva ser de 1 cm entre os blocos.

Gomes (*apud* RAMALHO; CORRÊA, 2003), concluiu que a argamassa de assentamento deva possuir de 70% a 100% da resistência do bloco, afirmando que argamassas que contenham até 50% da resistência do bloco dificilmente acarretarão em diminuição significativa da resistência da parede.

2.2.3.3 Graute e aço

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003), o graute se trata de um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, é utilizado para o preenchimento de vazios dos blocos quando se tem a necessidade de aumentar a

capacidade portante da alvenaria à compressão. As armaduras são utilizadas juntamente com o graute, de modo a garantir o trabalho conjunto entre o aço e o concreto, combatendo também os esforços de tração. Em alguns casos é utilizada armadura nas juntas de argamassa, com intuito de realizar um melhor ligamento entre blocos.

2.2.4 Modulação

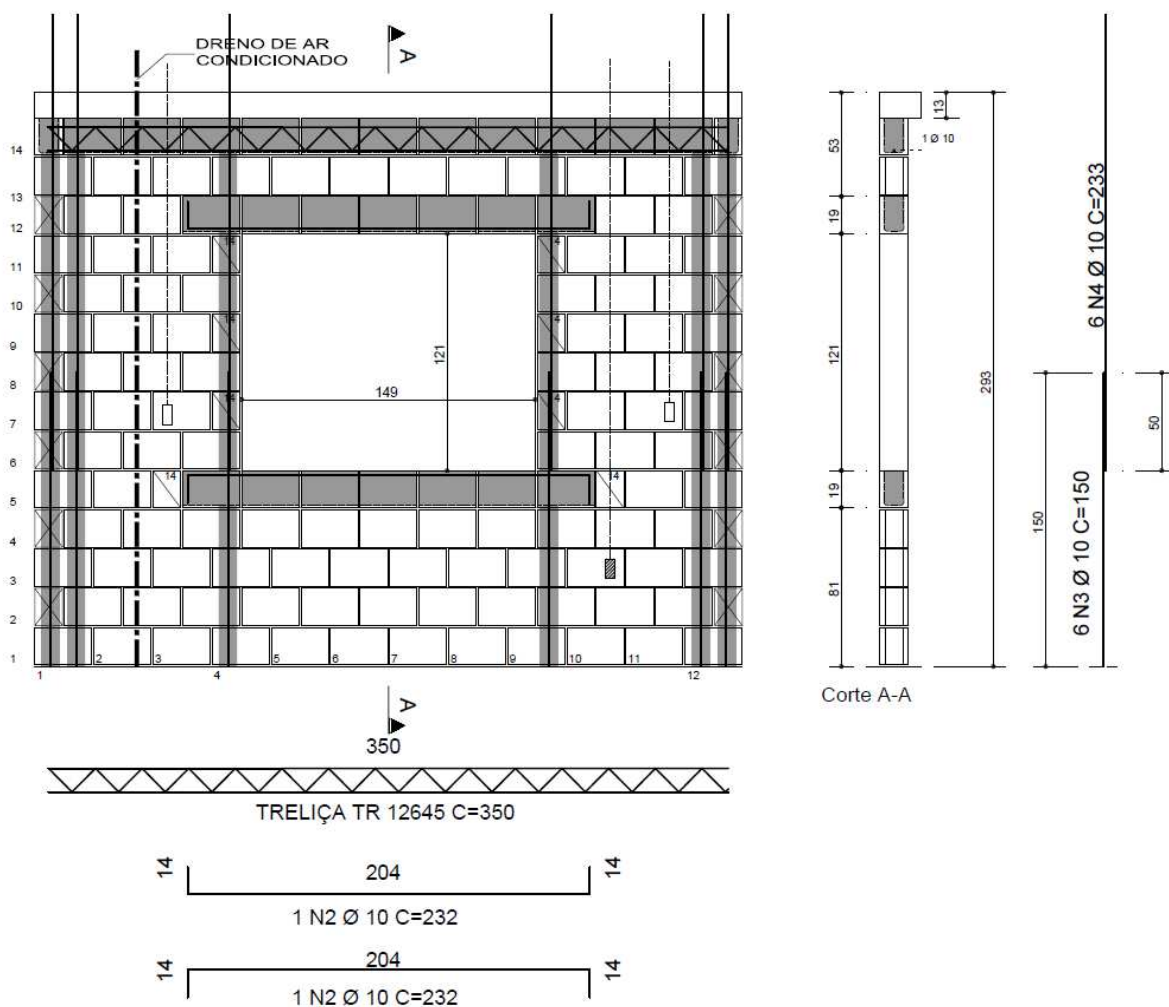
Alguns conceitos necessários em projeto são fundamentais para o comportamento adequado da alvenaria estrutural, sendo a coordenação modular um destes a qual cumpre um significativo papel na qualidade da alvenaria estrutural (RICHTER, 2007).

De acordo com a ABNT NBR 5718 (1982), a modulação é uma alvenaria projetada e executada de acordo com a modulação de referência, conceito fundamental para obras que se utilizem deste processo construtivo. Ainda neste conceito, Ramalho e Corrêa (2003) citam que para a obtenção de economia e racionalização da obra é necessário utilizar a correta modulação de blocos. No caso de as dimensões de uma edificação não serem moduladas, os enchimentos necessários para a complementação dos espaços acarretam em um maior custo e menor racionalização da obra. Desta forma, uma edificação em alvenaria estrutural que se pretenda ter uma racionalização adequada, deve apresentar todas suas dimensões moduladas.

Segundo Parsekian e Soares (2010), na modulação dos blocos estruturais é necessário que haja uma ligação entre os mesmos, de modo que eles se sobreponham fiada a fiada, para isso é necessário que no projeto de alvenaria estrutural contenha o detalhe das fiadas par e impar, além das paginações das paredes (FIGURA 6), nestas estão indicados os blocos a serem utilizados em cada fiada, locais onde hajam aberturas de portas, janelas, pontos elétricos e hidrossanitários, armaduras e pontos de grauteamento necessários para execução de vergas, contra-vergas e reforços estruturais.

Figura 6 - Paginação de parede em alvenaria estrutural

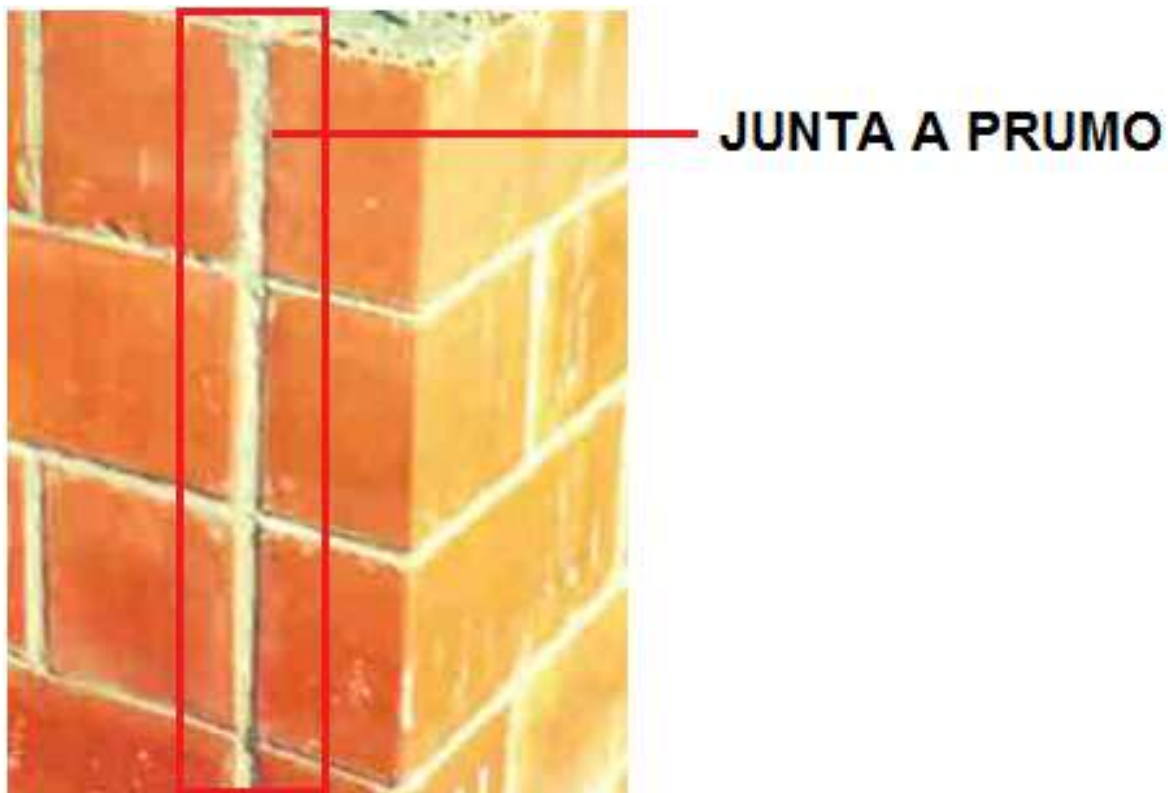
Par01



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

No lançamento das fiadas é preciso ter cuidado e evitar juntas a prumo (FIGURA 7), que seriam os locais onde não existem blocos se cruzando, causando assim possíveis fissuras verticais na parede acabada (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

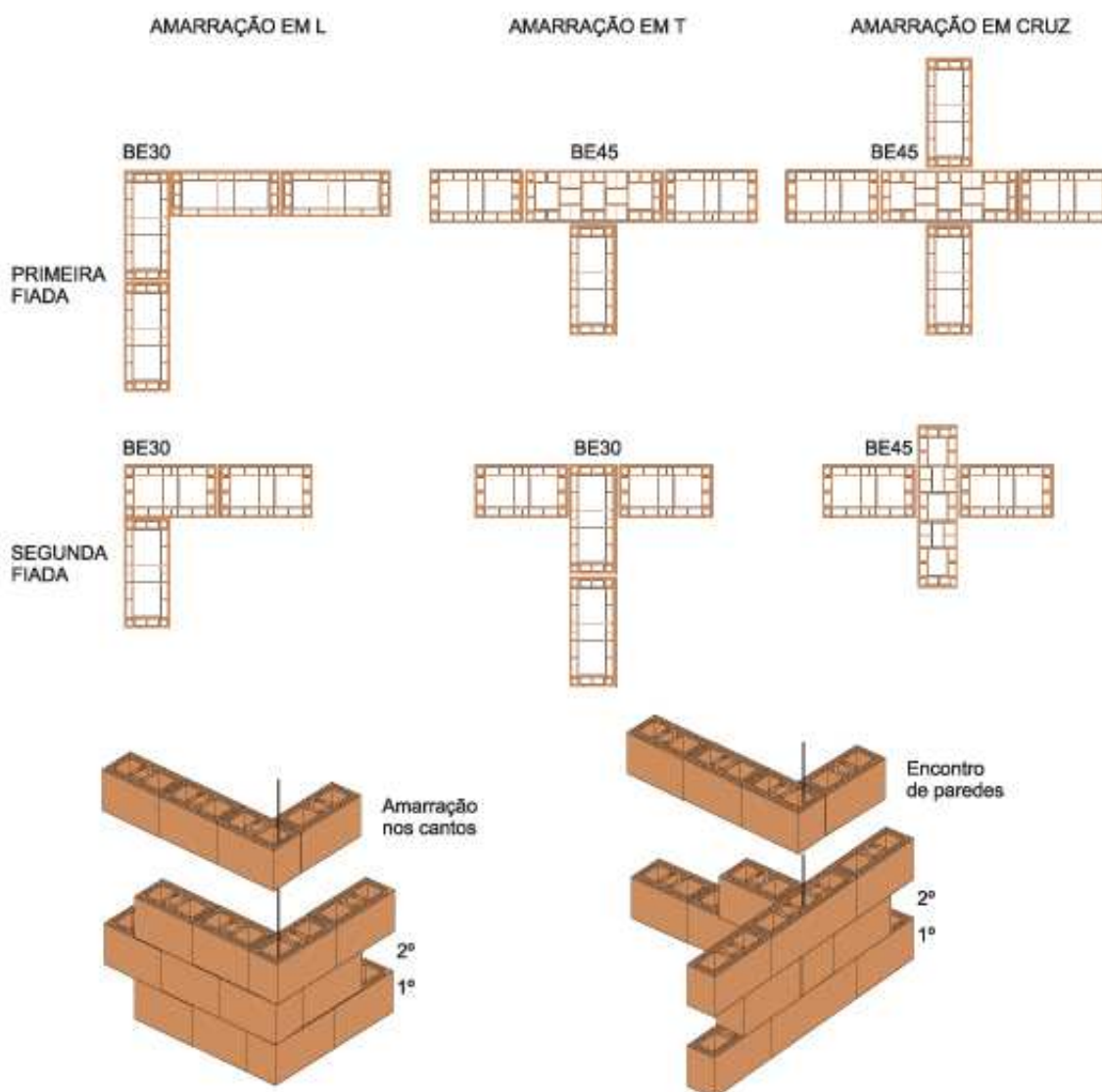
Figura 7 - Junta a prumo



Fonte: Melo Alvenaria (2014, texto digital).

Ainda, Parsekian e Soares (2010) citam que a amarração entre os blocos deve ser direta, garantindo o intertravamento entre os blocos seguindo uma sequência padronizada, de modo a garantir a amarração de 100% dos blocos. Na Figura 8, é possível visualizar as amarrações de cantos, cruzamentos e encontro de paredes. As juntas verticais de argamassa não podem conter continuidade.

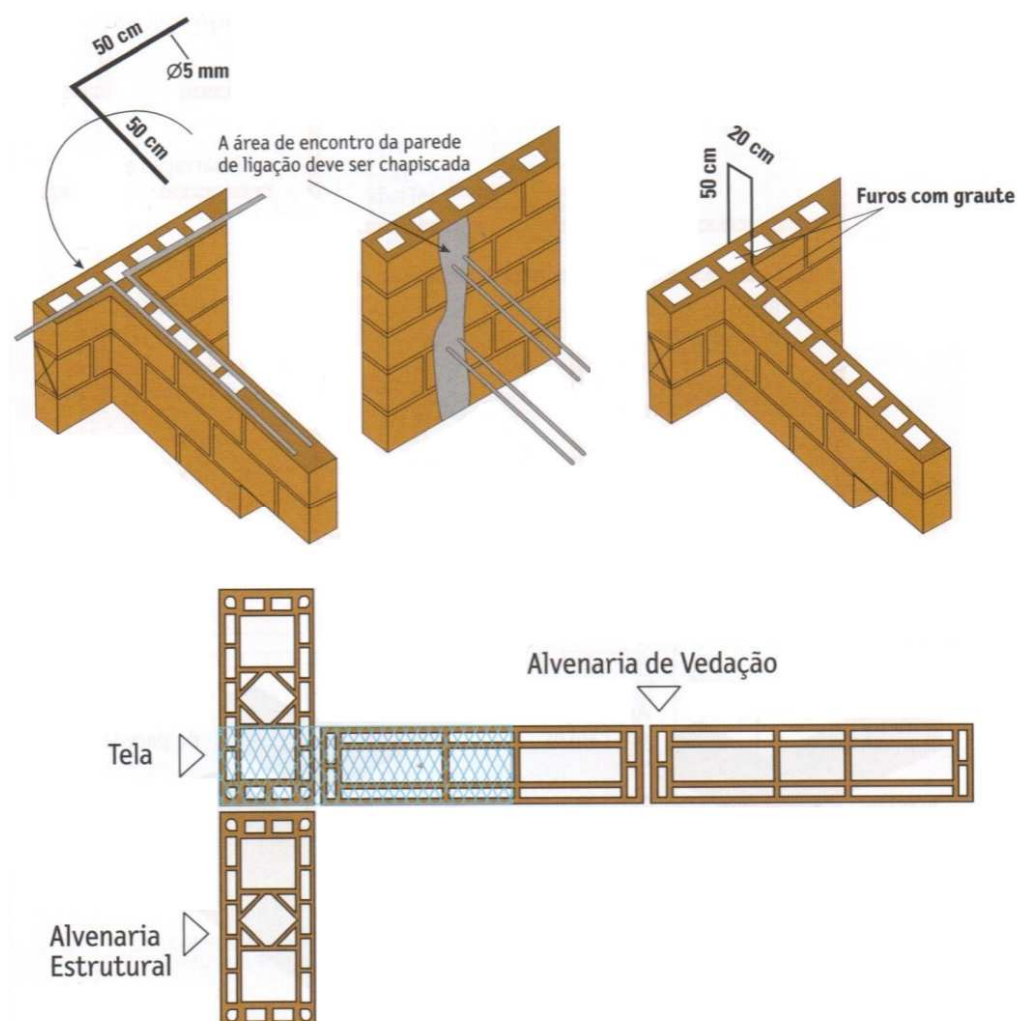
Figura 8 - Travamento entre paredes de alvenaria estrutural



Fonte: Selecta Blocos (2014, texto digital).

Nos casos em que a amarração for indireta, ou seja, os blocos não se sobrepõem e consecutivamente não obterão a união total das paredes, Parsekian e Soares (2010) argumentam que este tipo de amarração se torna inconveniente, pois acarreta em prejuízos ao comportamento estrutural das paredes, pois haverá uma má distribuição das cargas verticais e uma redução da rigidez nos carregamentos laterais. Na Figura 9, é possível visualizar alguns detalhes de ligação indireta, mas os autores sugerem que estas soluções devam ser evitadas, especialmente em edifícios com mais de quatro pavimentos.

Figura 9 - Detalhe de amarração indireta

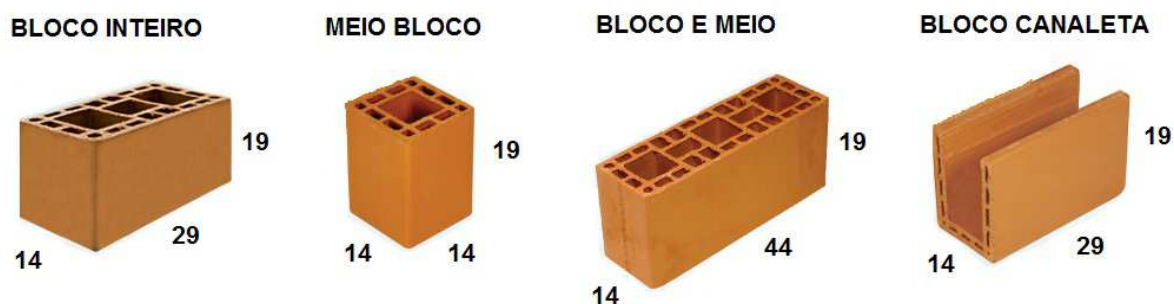


Fonte: Parsekian e Soares (2010, p. 101).

No Brasil são encontrados mais facilmente blocos com comprimentos múltiplos de 15 cm e 20 cm, sendo eles respectivamente das famílias 29 e 39 cm (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Segundo Parsekian e Soares (2010), a família 29 de blocos cerâmicos é formada por três componentes principais: bloco inteiro (14x19x29cm), meio bloco (14x19x14cm) e bloco e meio (14x19x44cm), ilustrados na Figura 10, além destes ainda existem os blocos canaleta (14x19x29cm) e blocos compensadores com diversas dimensões. As dimensões dos blocos devem seguir tamanhos especificados pela norma ABNT NBR15270-2/2005.

Figura 10 - Blocos da família 29



Fonte: Adaptado de Selecta Blocos (2014, texto digital)

A família 39 geralmente é constituída por blocos de concreto, possuindo quatro blocos principais: bloco inteiro (14x19x39), meio bloco (14x19x19), bloco e meio (14x19x54) e bloco especial (14x19x34), como podem ser visualizados na Figura 11, além de blocos canaleta e especiais (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

Figura 11 - Blocos da família 39



Fonte: Adaptado de Selecta Blocos (2014, texto digital).

Os autores Parsekian e Soares (2010) ainda mencionam que uma pequena variação de 1 mm pode significar uma redução na área líquida do bloco e, portanto, na quantidade de material resistente criando excentricidades e assim diminuindo a resistência do bloco. A tolerância estipulada pela ABNT NBR15270-2/2005 é de 3 mm para mais ou para menos na variação de altura, largura e comprimento.

2.2.5 Aspectos técnicos e econômicos

Ramalho e Corrêa (2003) citam as principais características que representam as vantagens na utilização da alvenaria estrutural em relação às estruturas de concreto armado.

- Economia de fôrmas, limitando o seu uso apenas para a concretagem das lajes moldadas na obra;
- Redução significativa nos revestimentos, já que existe uma qualidade controlada na fabricação dos blocos e na execução das alvenarias, diminuindo assim a espessura de revestimentos;
- Redução na perda de material e mão de obra. O fato das paredes não poderem sofrer alterações nem cortes ou rasgos, causa uma eliminação de desperdícios, já que as improvisações são o que encarecem o preço de uma construção;
- Redução do número de profissionais como carpinteiros e armadores;
- Flexibilidade no ritmo de execução. Se as lajes forem pré-fabricadas, não há necessidade de tempo de cura que deve ser respeitado em elementos de concreto armado;

Percebe-se assim que a principal vantagem deste sistema construtivo é a maior racionalização do sistema construtivo, reduzindo o consumo de materiais e desperdícios (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Os autores ainda citam os aspectos negativos do sistema em alvenaria estrutural comparado a estruturas de concreto armado moldadas no local.

- Dificuldade de adaptar a arquitetura a um novo uso. Não existe a possibilidade de alterações ou adaptações no arranjo arquitetônico, já que as paredes têm função estrutural;
- Vãos livres limitados;

- Necessidade de mão de obra especializada. Os operários necessitam de um treinamento prévio antes da execução, pois erros ou falhas de execução podem trazer riscos à segurança da edificação e à racionalização do processo;

2.2.6 Principais parâmetros a serem considerados na adoção do sistema construtivo

Em casos usuais, o custo de produção da alvenaria estrutural pode compensar a economia que se obtém com a eliminação de pilares e vigas de uma edificação. Porém, é necessário tomar cuidado com detalhes importantes da edificação para que a situação não se inverta, ocasionando em um processo mais oneroso de produção da alvenaria estrutural (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Ramalho e Corrêa (2003) citam algumas considerações a serem feitas na escolha do sistema a ser utilizado para a concepção da edificação:

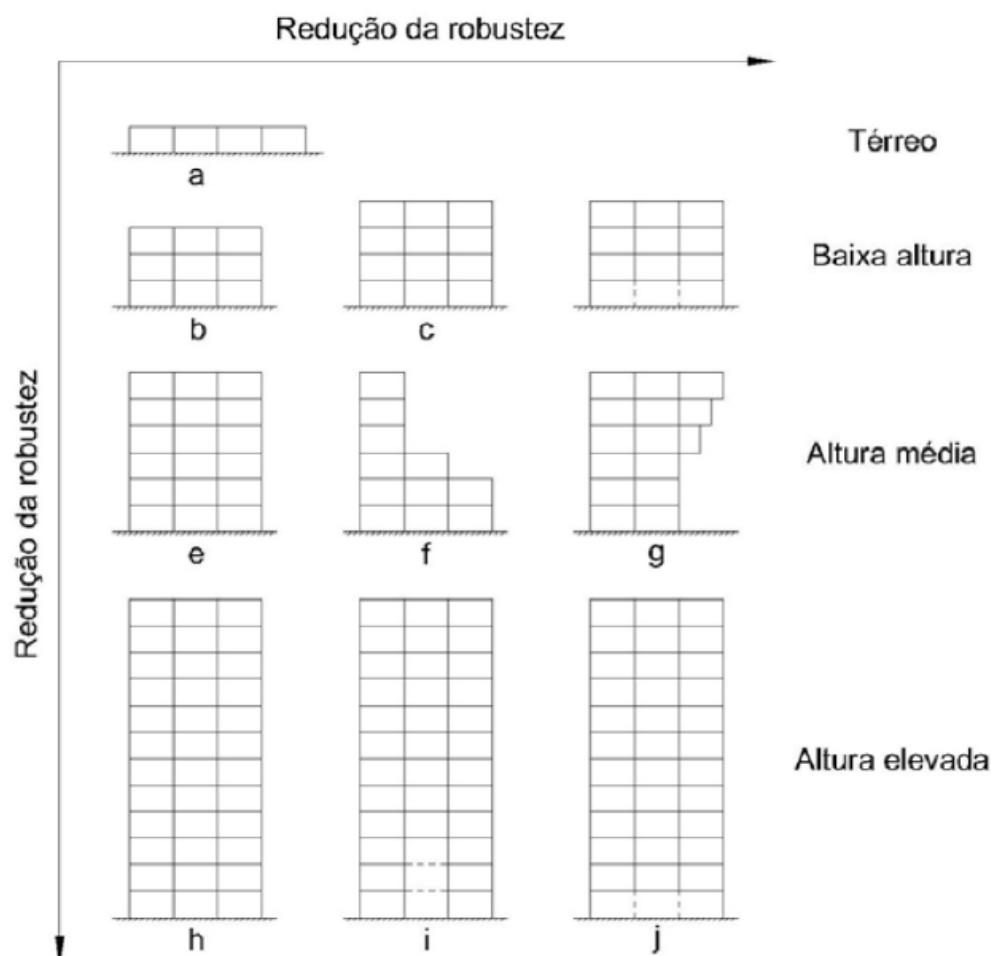
- Altura da edificação: tomando como referência os parâmetros usuais no Brasil, edificações em alvenaria estrutural com mais de 15 ou 16 pavimentos tornam-se inviáveis, pois estruturas com um número de pavimentos superior a esse limite acabam por sofrer grandes esforços de compressão, necessitando de blocos com resistência elevada os quais não se encontram no mercado, resultando assim, em um grauteamento generalizado. Além disso, as ações horizontais advindas de forças de vento causariam tensões de tração significativas, o que acarretaria na utilização de armaduras e graute, ambos prejudicando a economia da obra.
- Arranjo arquitetônico: é necessário considerar a quantidade de paredes estruturais por m² de um pavimento. Um valor indicativo razoável é que se tenha de 0,5 a 0,7 metros de parede por m² de área do pavimento. Fora desses limites, a densidade de paredes não se considera usual, tornando o sistema de alvenaria estrutural desfavorável.

- Tipo de uso: em edifícios comerciais ou residenciais de alto padrão, onde necessitem de grandes vãos, a alvenaria estrutural torna-se inviável. Esta se torna viável em edificações residenciais de médio e baixo padrão, onde os vãos são menores. No caso de edifícios comerciais, é desaconselhada a utilização deste sistema construtivo, já que se torna perigoso, caso hajam futuros rearranjos arquitetônicos.

2.2.7 Estabilidade global

De acordo com Duarte (1999) a distribuição das paredes ao longo de uma edificação influencia diretamente na robustez e capacidade de resistir a esforços horizontais provocados pela ação do vento e do desaprumo. Gallegos (1988) cita que para obter uma edificação estruturalmente otimizada deve-se ter uma uniformização no comprimento das paredes resistentes em ambas às direções (longitudinais e transversais), uma forma de saber qual o comprimento adequado, é multiplicar 4,2 % da área total do pavimento pelo número de pavimentos do edifício, o valor encontrado informará qual a metragem de parede resistente necessária em cada direção, padronizando as cargas horizontais nas paredes. Na Figura 12 verifica-se o efeito da dimensão em relação à robustez de uma edificação, onde “a” é uma edificação baixa e esparsa, sendo assim robusta, e “j” uma edificação esbelta e de elevada altura, tornando-a pouco robusta e mais suscetível a ações horizontais e de desaprumo.

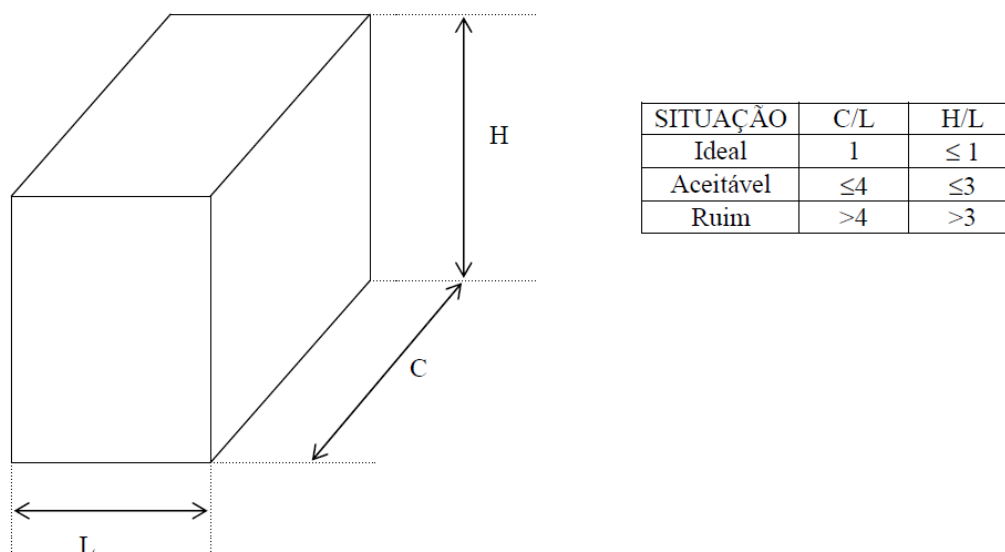
Figura 12 - Efeito da altura na robustez da edificação



Fonte: Duarte (1999, p. 31).

Gallegos (1988), cita que prédios em alvenaria estrutural devem manter proporções de largura, comprimento e altura, ocasionando assim em uma melhor rigidez da edificação. A Figura 13 aponta parâmetros que visam o aumento da robustez da mesma, onde o ideal seria uma edificação com comprimento e largura semelhantes e com altura igual ou menor que o seu comprimento. A pior situação é a que apresenta o comprimento maior que quatro vezes a sua largura e com a altura maior que três vezes a largura do prédio

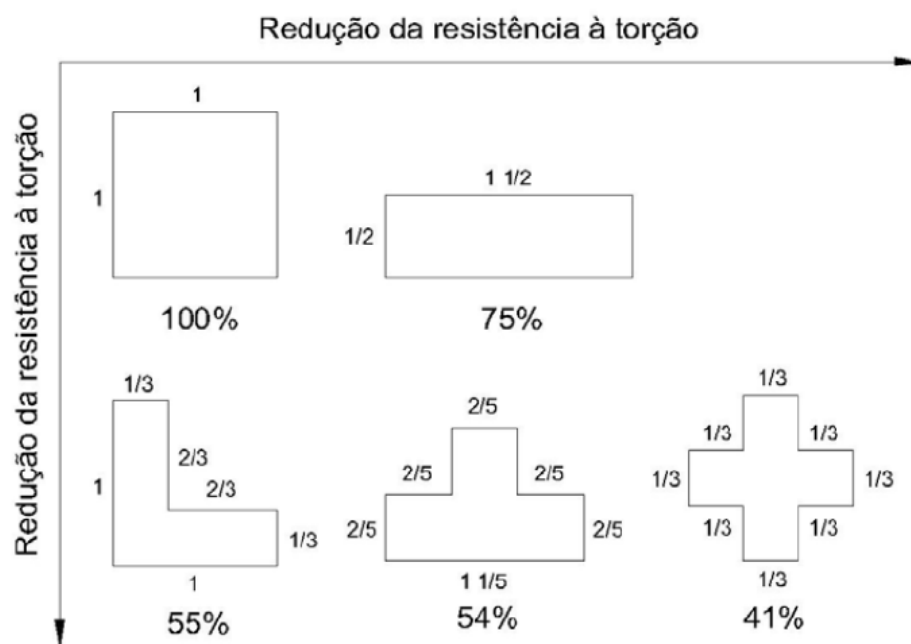
Figura 13 - Relação nas dimensões do edifício



Fonte: Soares (2009, p. 30).

Gallegos (1988), sugere que deve-se evitar edificações em formato de L, U, T e X, como podem ser visualizadas na Figura 14, pois acabam por aumentar o esforço de torção, ocasionado pela atuação de esforços horizontais.

Figura 14 - Resistência à torção de acordo com a forma do prédio

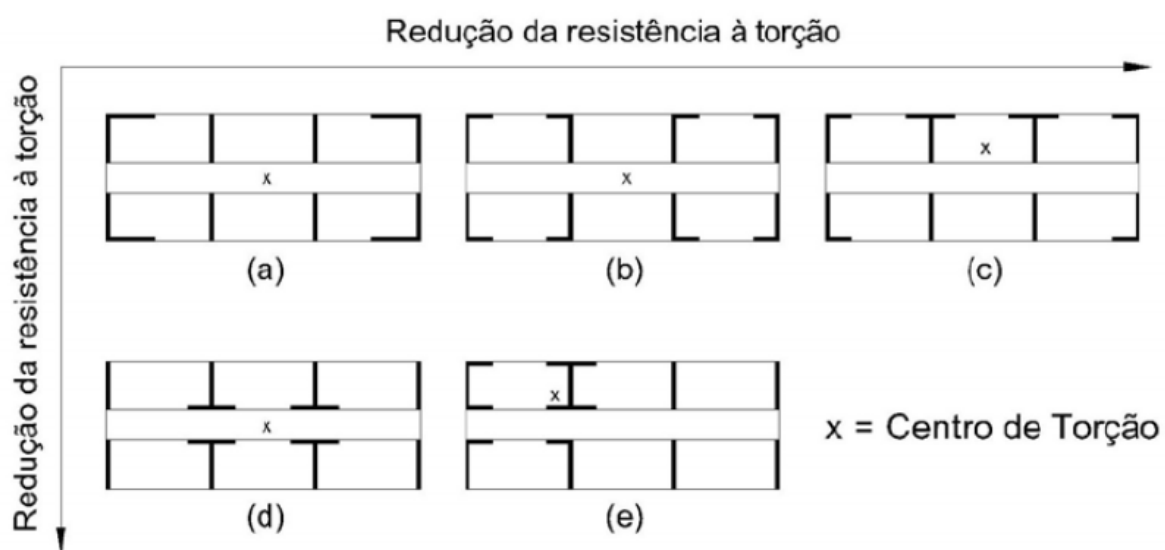


Fonte: Duarte (1999, p. 33).

De acordo com Duarte (1999), outra forma de se aumentar a resistência à torção é manter uma conformidade nas paredes de contraventamento, a fim de se

estabelecer uma simetria nos pavimentos, evitando desta forma tensões cisalhantes devido à torção. A simetria no arranjo das paredes acaba por possuir seu centro de massa muito semelhante ao centro de rigidez do edifício, fornecendo uma resistência à torção maior, como pode ser visualizado na Figura 15.

Figura 15 - Efeito da simetria nas paredes resistentes

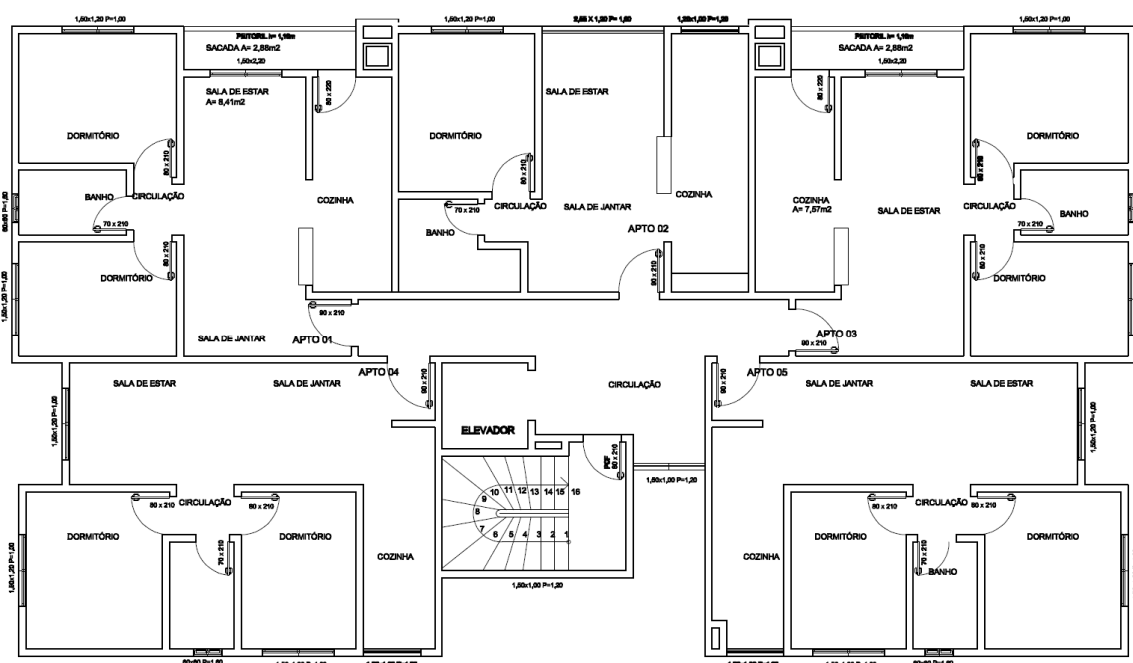


Fonte: Duarte (1999, p. 34).

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho foi utilizado como modelo de estudo uma edificação existente na cidade de Passo Fundo / RS, a qual utilizou o sistema construtivo de alvenaria estrutural com utilização de blocos cerâmicos da família 29. Esta edificação é composta por pavimentos tipos os quais são constituídos por cinco apartamentos, totalizando em uma área por pavimento de 291,50 m² e um pavimento destinado ao reservatório superior com área de 34,80 m². A planta baixa do pavimento tipo pode ser visualizada na Figura 16.

Figura 16 - Planta baixa do pavimento tipo



Fonte: CVF Incorporadora (2014, arquivo pessoal).

3.1 Critérios para obtenção dos modelos estruturais

Para a elaboração dos comparativos entre os sistemas de concreto armado e alvenaria estrutural foram utilizados programas de cálculo estrutural, sendo que para as estruturas em concreto armado foi utilizado o *software* Eberick V9 Next e para as edificações em alvenaria estrutural utilizou-se o *software* TQS Alvest v.17, ambos seguiram a mesma concepção arquitetônica respeitando espessura de paredes, pé-direito e aberturas de portas e janelas. Foram elaborados modelos da edificação com diferentes números de pavimentos, com um número mínimo de 4 pavimentos, a partir disto foram sendo acrescentando 2 andares por estudo. Esta variação na quantia de pavimentos teve como limite o número em que o sistema de alvenaria estrutural atingiu resistências de blocos com mais de 18 MPa, já que na região não se encontram para comercialização blocos cerâmicos com resistência superior a esta, sendo necessário então um grauteamento generalizado de paredes, com o intuito de aumentar a capacidade portante de edificação.

As verificações de Estado Limite Último (ELU), foram analisadas de modo que não houvessem possibilidades de combinação de ações que poderiam levar a estrutura ao colapso. A verificação de Estados Limite de Serviço (ELS) previu a possibilidades de ocorrência de ações durante a utilização da estrutura que possam causar desconforto, como deformações excessivas e fissuras. As resistências de cálculo são superiores as solicitações e foram verificadas em relação a todos estados de limite e carregamentos aplicados na estrutura, seguindo prescrições da ABNT NBR 6118 (2014).

Os valores mínimos de cargas verticais assim como o peso específico dos materiais utilizados para o dimensionamento dos modelos estruturais são de acordo com a ABNT NBR 6120 (1980).

Esforços horizontais devidos ao vento foram considerados levando em conta o local onde se encontra atualmente a edificação, dentro dos parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 6123 (1988). Sendo estes:

- S1: fator topográfico, em terreno plano e levemente ondulado $S1 = 1,0$;

- S2: fator de rugosidade, este fator leva em consideração a rugosidade do terreno, ou seja, obstáculos entre o vento e a edificação, altura do ponto de aplicação da ação do vento e as dimensões do edifício. Para a rugosidade será considerado como característica o terreno coberto por obstáculos numerosos e pouco espaçados, em zona urbanizada. O restante dos parâmetros do fator S2 acabará por sofrer variações conforme a quantidade de pavimentos de cada modelo, visto que o fator varia conforme a maior dimensão da edificação;
- S3: fator estatístico em função do uso da edificação, sendo a edificação de âmbito residencial será considerado o fator $S3 = 1,0$;

A edificação residencial se encontra em área urbana, com ambientes internos secos e sua estrutura revestida por argamassa e pintura. Desta forma, a classe de agressividade a ser considerada é a Classe I, onde o risco de deterioração é pequeno. Portanto, de acordo com a ABNT NBR 6118 (2014), a resistência mínima do concreto à compressão a ser utilizado é de 25 MPa e cobrimento mínimo, utilizando um rígido controle de execução, é de 1,5 cm para lajes, 2,0 cm para pilares e vigas, para elementos em contato com o solo utilizou-se 3,0 cm.

O sistema de fundações utilizado em ambos os sistemas construtivos foi do tipo sapata isolada em concreto armado, estas apoiadas em rocha. A locação das mesmas teve alteração em ambos os sistemas construtivos, visando uma melhor economia para cada modelo gerado, como pode ser visualizado nos Apêndices A e B.

Além dos critérios descritos acima, cada sistema teve preceitos a serem considerados separadamente, estes estão descritos a seguir.

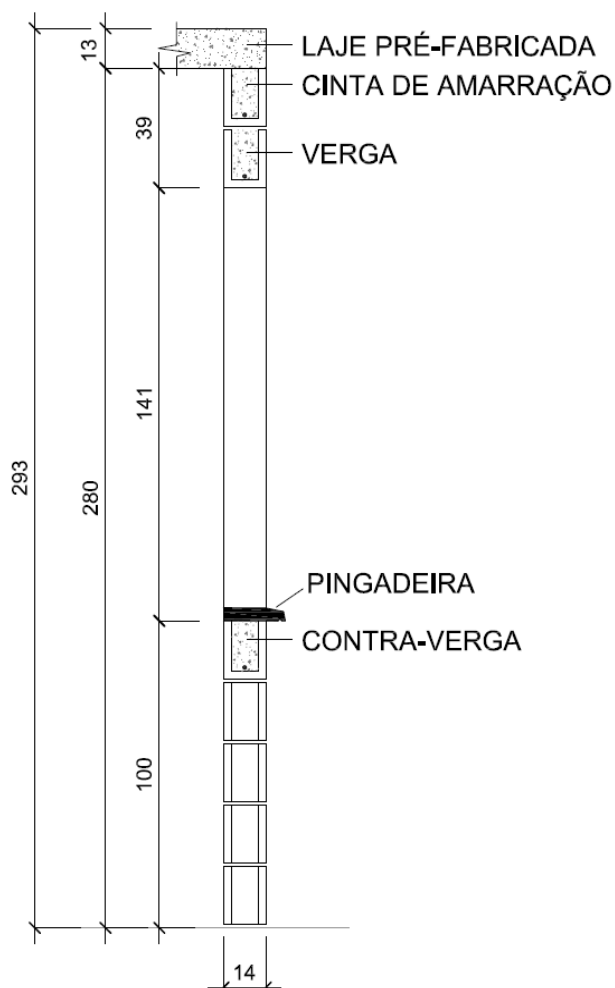
3.1.1 Critérios considerados para Alvenaria Estrutural

Visto que a edificação de referência foi concebida com blocos cerâmicos estruturais de modulação de 15 cm, foi adotado para a concepção dos modelos em

alvenaria estrutural, bloco de mesma família e características dos utilizados. A planta baixa de primeira fiada pode ser visualizada no Apêndice C.

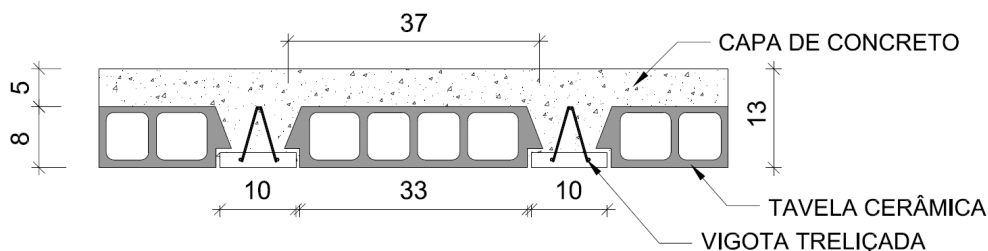
O pé-direito dos pavimentos é de 2,80 m, compatível com 14 fiadas de alvenaria, sendo 19 cm do bloco e 1 cm de argamassa de assentamento (FIGURA 17). A espessura da laje pré-fabricada seguiu como critério a espessura da tavela de 8 cm encontrada no mercado e mais a capa de concreto de 5 cm, totalizando em 13 cm de laje (FIGURA 18).

Figura 17 - Corte da parede em alvenaria estrutural



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Figura 18 - Laje pré-fabricada



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Foram consideradas ações devidas ao desaprumo, esforços de compressão simples, flexão na compressão, flexão na tração, cisalhamento e tração atendendo as exigências da ABNT NBR 15812 (2010).

Para a determinação de resistência dos blocos cerâmicos estruturais foi admitida a equação 1, onde f_{bk}^1 deva ser o dobro do f_{pk}^2 , para a determinação da resistência da argamassa foi respeitado o valor mínimo de 50% da resistência do bloco, considerando o argamassamento total dos blocos. Para obtenção da resistência de graute é considerado o valor de duas vezes a resistência do bloco. Todos os métodos de dimensionamento das resistências a compressão dos elementos seguem as exigências estipuladas pela ABNT NBR 15812 (2010).

$$\frac{f_{pk}}{f_{bk}} = 0,5 \quad (1)$$

Na verificação da estabilidade global do edifício, onde o limite mínimo de pavimentos para consideração do Gama-z é de quatro pavimentos, a partir disto para uma determinação aproximada dos esforços globais de segunda ordem, segundo a ABNT NBR 6118 (2014), foi feita uma avaliação dos esforços finais a partir da majoração adicional dos esforços horizontais da combinação de carregamentos considerada por $0,95 \gamma z^3$. Segundo Fernandez e Koerich (2013), o

¹ Resistência característica do bloco.

² Resistência característica do prisma.

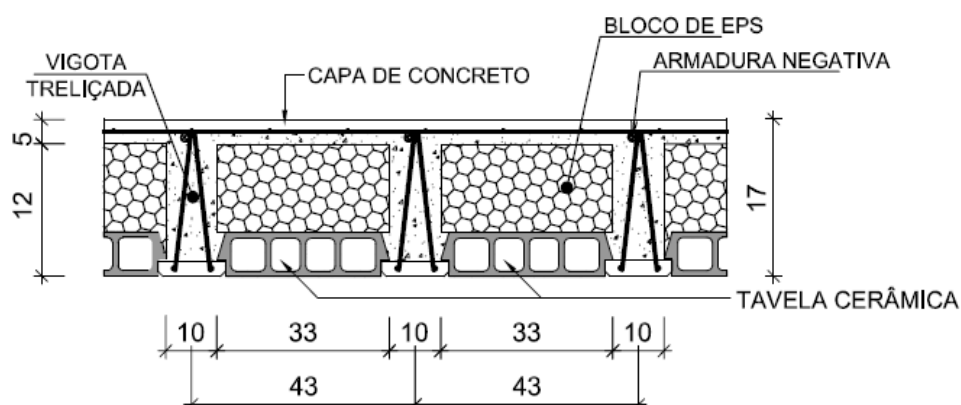
³ Gama z - Coeficiente de majoração dos esforços globais de 1ª ordem devidos aos carregamentos horizontais para obtenção dos esforços finais de 2ª ordem.

Gama-z tem como objetivo classificar a estrutura quanto aos deslocamentos dos nós, sendo eles fixos ou móveis, os nós fixos são aqueles em que os efeitos de 2ª ordem são desprezíveis e podem ser desconsiderados, pois são inferiores a 10 % dos efeitos de 1ª ordem, podendo assim ser contabilizados apenas os efeitos locais de 2ª ordem. Já nos pórticos com nós móveis os efeitos de 2ª ordem são importantes, pois possuem valores superiores a 10 % dos esforços de 1ª ordem, devendo assim ser considerados tanto os esforços de 2º ordem globais quanto os locais.

3.1.2 Critérios considerados para estrutura em Concreto Armado

Respeitando a arquitetura imposta no projeto original, a estrutura em concreto armado foi elaborada de modo com que não alterasse as características arquitetônicas da edificação original, a planta de formas do pavimento tipo pode ser visualizada no Apêndice D. A altura de topo a topo de laje ficou com 2,93 m, sendo que 17 cm são da laje do tipo treliçada composta por treliças com altura de 12 cm e preenchimento com telas cerâmicas e EPS (*Expanded PolyStyrene*), mais capa de concreto de 5 cm como pode ser visto na Figura 19. Utilizou-se deste sistema, pois possibilita trabalhar com vão maiores e permite apoiar paredes sobre as mesmas.

Figura 19 - Laje pré-fabricada treliçada



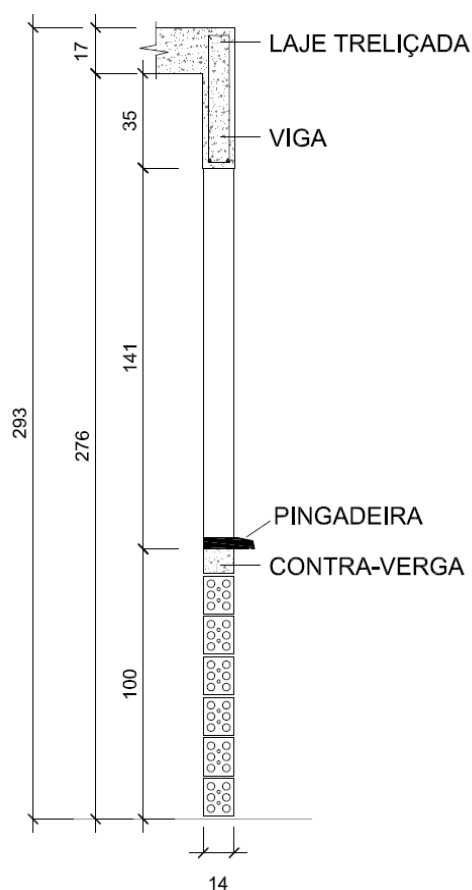
Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os tijolos utilizados para vedação são do tipo furado tendo medidas de 14x19x24 (largura x altura x comprimento), e argamassa de assentamento de 1 cm.

Pelo fato da espessura final das paredes serem de 15 cm, as vigas tiveram sua largura fixada em 14 cm, de modo que não ultrapassasse a espessura da parede após receber o reboco. A altura das vigas externas é composta pela altura da laje e em função do nível final das aberturas (FIGURA 20), facilitando a execução, eliminando assim vergas de aberturas de portas e janelas. O dimensionamento atende as regras estabelecidas pela ABNT NBR 6118 (2014), onde:

- Flechas máximas admissíveis (f_{adm}) que atendem os ELS;
- Menor dimensão de um retângulo (b) ≥ 12 cm;
- Taxa geométrica de armadura longitudinal à tração (ρ) ≤ 4 %;

Figura 20 - Corte da parede com tijolos de vedação



Fonte: Elaborado pelo autor (2014).

Os pilares têm suas dimensões variáveis a cada modelo gerado, visando uma melhor estimativa para cada caso, estes não interferem em detalhes arquitetônicos nem em ambientes privativos ou de uso comum. Estes também atendem as regras estabelecidas pela ABNT NBR 6118 (2014), onde:

- Índice de esbeltez (λ) ≤ 90 ;
- Menor dimensão de um retângulo (b) ≥ 19 cm;
- Área da seção transversal do concreto (A_c) ≥ 360 cm²;
- Taxa geométrica de armadura longitudinal à tração (ρ) ≤ 8 %;

3.2 Levantamento de quantitativos

Com os dimensionamentos concluídos, foi feito um levantamento dos materiais empregados para a obtenção da estrutura e do fechamento da edificação. Estes quantitativos foram avaliados a partir dos resumos de materiais obtidos pelos *softwares*, levando em conta para o sistema construtivo de alvenaria estrutural os seguintes materiais:

- Graute;
- Concreto;
- Aço;
- Formas de madeira;
- Lajes pré-fabricadas
- Blocos cerâmicos de alvenaria estrutural;
- Argamassa de assentamento;

Para o sistema em concreto armado foram considerados os seguintes insumos:

- Concreto;
- Aço;
- Formas de madeira;
- Lajes pré-fabricadas
- Alvenaria de fechamento com tijolos cerâmicos furados;
- Argamassa de assentamento;

Com o quantitativo de materiais finalizado, realizou-se um levantamento de custos, adotando valores médios de insumos pesquisados em diferentes empresas da região. Para a composição dos custos de mão de obra e de insumos não fornecidos pelos *softwares*, foi consultado a Tabela de Composição de Preços para Orçamento (TCPO 13), onde estão especificados coeficientes necessários para cada função. O valor referente à mão de obra foi adquirido através de pesquisa feita na região do vale do Taquari.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Estão descritos neste capítulo os dados obtidos para a execução da estrutura e fechamento da edificação em estudo, modelada em alvenaria estrutural e concreto armado, ambos os sistemas construtivos foram elaborados com 4, 6, 8, 10 e 12 pavimentos. Associado com os quantitativos estão especificados os valores dos materiais e mão de obra disponíveis na região do Vale do Taquari.

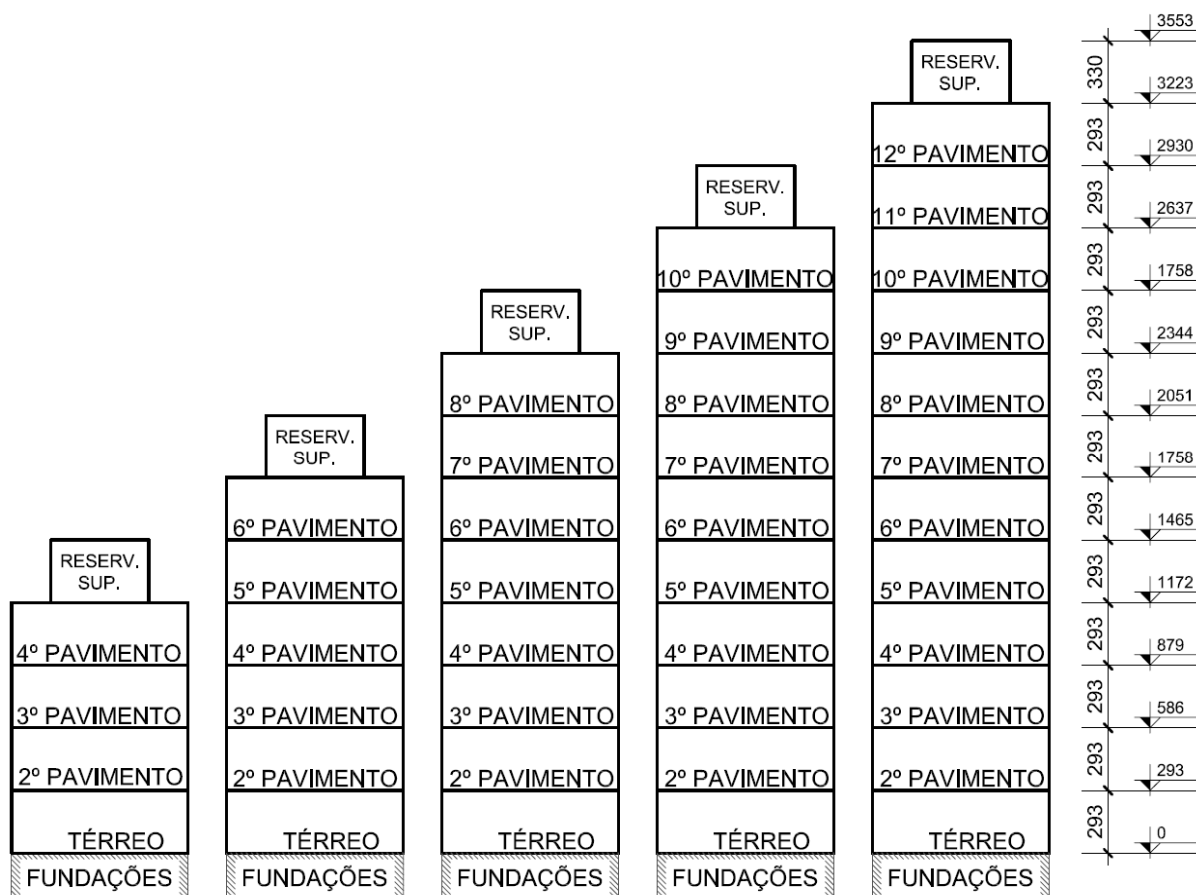
Os quantitativos de volume de concreto, peso do aço, área de forma, número de blocos ou tijolos, volume de graute e volume de argamassa de assentamento utilizados para a composição da estrutura e fechamento dos sistemas em questão, foram obtidos através dos *softwares*, demais composições foram obtidas no TCPO 13 (2010), onde seus quantitativos variam de acordo com o volume de concreto, peso do aço e área de formas e paredes.

Foi considerado que o concreto e graute fossem adquiridos em concreteiras da região, não sendo necessária a fabricação dos mesmos no canteiro de obras, o aço adquirido em barras de 12 metros, sendo estas cortadas e dobradas em obra, argamassa de assentamento industrializada, sendo necessária apenas a adição de água no momento de utilização, as lajes pré-fabricadas são fornecidas por empresas da região, sendo necessário somente à montagem e concretagem das mesmas.

Nos Apêndices E ao N, podem ser verificadas as tabelas completas com os resumos de materiais assim como as composições utilizadas para tal detalhamento.

A Figura 21 apresenta o corte esquemático das edificações, ilustrando a diferença de altura entre as mesmas.

Figura 21 - Corte esquemático



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

A partir dos dados coletados, são comparadas as edificações com os diferentes números de pavimentos em relação aos seus quantitativos, destacando-se as principais etapas construtivas de maneira a possibilitar uma melhor comparação entre os sistemas de construção. As etapas estão classificadas da seguinte forma:

- Fundações, os dois sistemas construtivos utilizaram a mesma técnica para tal etapa, mudando apenas a locação e quantia de elementos portantes.
- Elementos em concreto armado, para a edificação em alvenaria estrutural os elementos considerados são as vigas de baldrame, necessárias para a distribuição das cargas advindas das paredes portantes para as fundações.

Na edificação em concreto armado, são considerados todos pilares e vigas necessários para sua concepção.

- Alvenarias, nesta etapa são considerados os elementos necessários para a concepção das alvenarias estruturais, no caso da edificação que utiliza desta técnica, e para a edificação em concreto armado as alvenarias que servem como vedação das unidades.
- Lajes, para as edificações em alvenaria estrutural foram consideradas as lajes pré-fabricas de 13 cm e no caso da edificação em concreto armado as lajes também do tipo pré-fabricada, porém com 17 cm.

No Quadro 1 verifica-se o resumo dos custos de materiais e mão de obra utilizados para a elaboração das edificações em estudo. Estão detalhados os valores para a execução das fundações, estruturas em concreto armado, alvenarias e lajes pré-fabricadas. Além do custo dos materiais, mão de obra e total, esta descriminado no quadro, uma relação entre o valor total e o custo de cada item, podendo assim ser verificado qual a porcentagem que cada item possui sobre o valor total da edificação. Ao final do quadro pode ser visualizada a diferença de custo entre as técnicas construtivas para cada edificação gerada.

Quadro 1 – Resumo dos custos de materiais e mão de obra

			4 Pav.		6 Pav.		8 Pav.		10 Pav.		12 Pav.	
Alvenaria Estrutural	Fundações	Mat.	R\$ 5.321,85	1,65%	R\$ 9.076,32	1,93%	R\$ 14.752,42	2,36%	R\$ 15.201,38	1,92%	R\$ 21.687,25	2,21%
		M.O.	R\$ 3.392,47	1,05%	R\$ 6.096,62	1,29%	R\$ 10.079,08	1,61%	R\$ 9.439,92	1,19%	R\$ 13.520,72	1,38%
		Total	R\$ 8.714,32	2,70%	R\$ 15.172,93	3,22%	R\$ 24.831,50	3,97%	R\$ 24.641,30	3,11%	R\$ 35.207,97	3,59%
	Conc. Arm.	Mat.	R\$ 36.134,63	11,19%	R\$ 42.685,27	9,05%	R\$ 49.392,45	7,90%	R\$ 60.584,26	7,66%	R\$ 69.224,66	7,06%
		M.O.	R\$ 20.616,89	6,39%	R\$ 24.103,67	5,11%	R\$ 27.744,20	4,44%	R\$ 33.548,85	4,24%	R\$ 37.384,46	3,81%
		Total	R\$ 56.751,52	17,58%	R\$ 66.788,95	14,17%	R\$ 77.136,64	12,34%	R\$ 94.133,10	11,90%	R\$ 106.609,12	10,88%
	Alvenaria	Mat.	R\$ 83.959,80	26,01%	R\$ 129.572,75	27,48%	R\$ 177.667,53	28,42%	R\$ 241.600,08	30,53%	R\$ 321.739,77	32,83%
		M.O.	R\$ 40.960,50	12,69%	R\$ 62.510,00	13,26%	R\$ 83.006,70	13,28%	R\$ 103.470,50	13,08%	R\$ 123.967,20	12,65%
		Total	R\$ 124.920,30	38,70%	R\$ 192.082,75	40,74%	R\$ 260.674,23	41,70%	R\$ 345.070,58	43,61%	R\$ 445.706,97	45,48%
	Lajes	Mat.	R\$ 91.005,66	28,19%	R\$ 135.318,82	28,70%	R\$ 179.631,98	28,74%	R\$ 223.945,14	28,30%	R\$ 268.258,29	27,37%
		M.O.	R\$ 41.399,19	12,83%	R\$ 62.098,79	13,17%	R\$ 82.798,38	13,25%	R\$ 103.497,98	13,08%	R\$ 124.197,58	12,67%
		Total	R\$ 132.404,86	41,02%	R\$ 197.417,61	41,87%	R\$ 262.430,36	41,98%	R\$ 327.443,12	41,38%	R\$ 392.455,87	40,05%
	Sub Total	Mat.	R\$ 216.421,95	67,05%	R\$ 316.653,16	67,16%	R\$ 421.444,37	67,42%	R\$ 541.330,86	68,41%	R\$ 680.909,97	69,48%
		M.O.	R\$ 106.369,05	32,95%	R\$ 154.809,08	32,84%	R\$ 203.628,36	32,58%	R\$ 249.957,25	31,59%	R\$ 299.069,95	30,52%
	TOTAL		R\$ 322.791,00	100,00%	R\$ 471.462,24	100,00%	R\$ 625.072,74	100,00%	R\$ 791.288,10	100,00%	R\$ 979.979,92	100,00%

Continua...

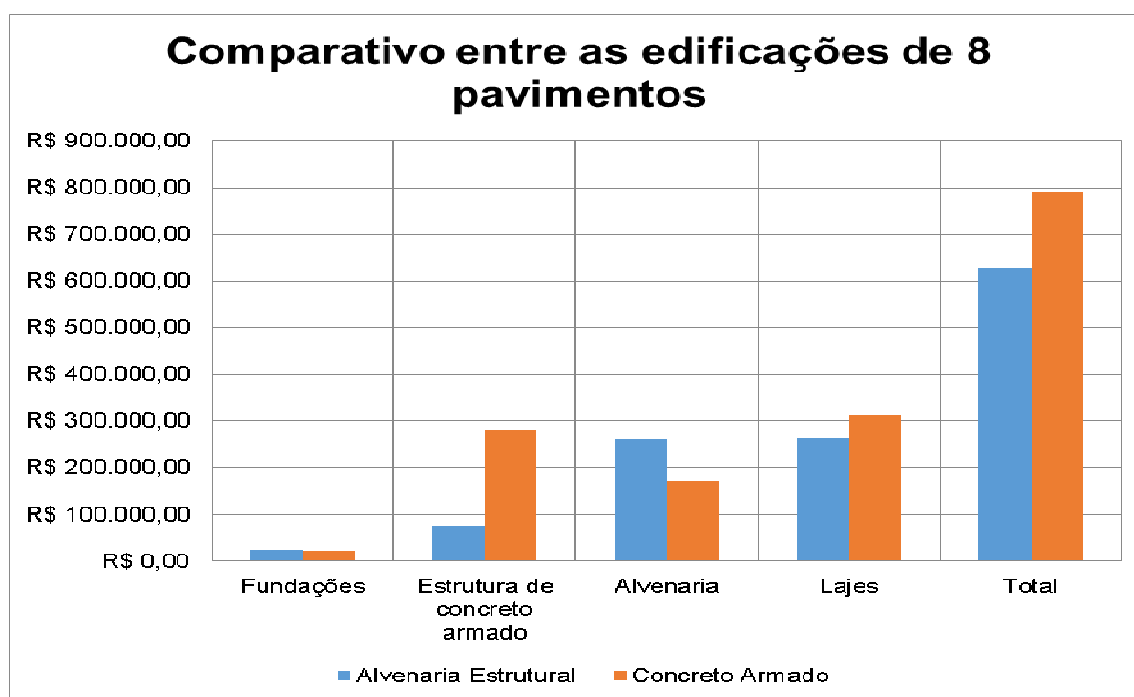
(Continuação)

			4 Pav.		6 Pav.		8 Pav.		10 Pav.		12 Pav.	
Concreto Armado	Fundações	Mat.	R\$ 5.312,71	1,38%	R\$ 10.162,78	1,73%	R\$ 14.368,62	1,82%	R\$ 15.138,32	1,53%	R\$ 22.071,61	1,83%
		M.O.	R\$ 3.490,80	0,90%	R\$ 6.883,28	1,17%	R\$ 9.587,42	1,21%	R\$ 8.997,42	0,91%	R\$ 13.176,56	1,09%
		Total	R\$ 8.803,52	2,28%	R\$ 17.046,06	2,91%	R\$ 23.956,04	3,03%	R\$ 24.135,75	2,45%	R\$ 35.248,16	2,92%
	Conc. Arm.	Mat.	R\$ 87.024,14	22,54%	R\$ 134.691,23	22,98%	R\$ 187.529,91	23,72%	R\$ 237.589,11	24,09%	R\$ 296.950,36	24,57%
		M.O.	R\$ 45.531,47	11,80%	R\$ 67.942,07	11,59%	R\$ 94.167,76	11,91%	R\$ 119.323,10	12,10%	R\$ 149.025,10	12,33%
		Total	R\$ 132.555,61	34,34%	R\$ 202.633,30	34,58%	R\$ 281.697,66	35,63%	R\$ 356.912,21	36,18%	R\$ 445.975,46	36,90%
	Alvenaria	Mat.	R\$ 48.889,18	12,67%	R\$ 74.532,15	12,72%	R\$ 97.148,36	12,29%	R\$ 121.438,09	12,31%	R\$ 147.382,59	12,19%
		M.O.	R\$ 38.065,30	9,86%	R\$ 56.571,55	9,65%	R\$ 75.061,35	9,49%	R\$ 93.551,15	9,48%	R\$ 112.057,40	9,27%
		Total	R\$ 86.954,48	22,53%	R\$ 131.103,70	22,37%	R\$ 172.209,71	21,78%	R\$ 214.989,24	21,79%	R\$ 259.439,99	21,47%
	Lajes	Mat.	R\$ 112.200,34	29,07%	R\$ 167.017,24	28,50%	R\$ 221.834,14	28,06%	R\$ 276.651,05	28,05%	R\$ 331.467,95	27,43%
		M.O.	R\$ 45.491,51	11,79%	R\$ 68.237,27	11,64%	R\$ 90.983,02	11,51%	R\$ 113.728,78	11,53%	R\$ 136.474,54	11,29%
		Total	R\$ 157.691,85	40,85%	R\$ 235.254,51	40,14%	R\$ 312.817,17	39,56%	R\$ 390.379,83	39,58%	R\$ 467.942,49	38,72%
	Sub Total	Mat.	R\$ 253.426,37	65,65%	R\$ 386.403,40	65,93%	R\$ 520.881,03	65,88%	R\$ 650.816,57	65,98%	R\$ 797.872,51	66,02%
		M.O.	R\$ 132.579,09	34,35%	R\$ 199.634,17	34,07%	R\$ 269.799,55	34,12%	R\$ 335.600,45	34,02%	R\$ 410.733,59	33,98%
	TOTAL			R\$ 386.005,46	100,00%	R\$ 586.037,57	100,00%	R\$ 790.680,58	100,00%	R\$ 986.417,02	100,00%	R\$ 1.208.606,10
Diferença entre sist.			R\$ 63.214,46	16,38%	R\$ 114.575,33	19,55%	R\$ 165.607,84	20,94%	R\$ 195.128,92	19,78%	R\$ 228.626,17	18,92%

Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Como esperado, verificou-se que os modelos em alvenaria estrutural não apresentam economia em todas as etapas construtivas, já que o custo dos blocos e argamassa de assentamento para essa finalidade possuem maior custo quando comparados com as alvenarias de vedação, porém nos demais segmentos a alvenaria estrutural apresentou economia na sua utilização, tanto para os materiais quanto para a mão de obra utilizada. No Gráfico 1 são comparados os valores totais das etapas construtivas e as diferenças entre as técnicas em estudo para a edificação de oito pavimentos.

Gráfico 1 - Comparativo entre as edificações de oito pavimentos.

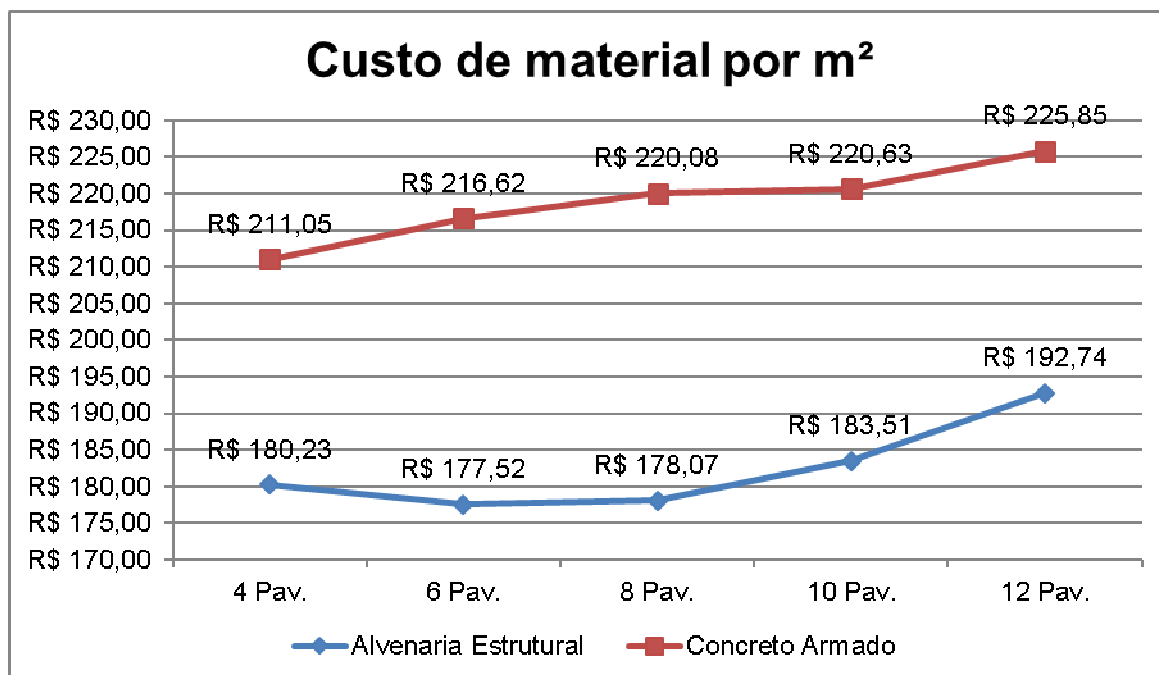


Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Sendo assim, as edificações em alvenaria estrutural possuem vantagens econômicas comparadas com as mesmas edificações em concreto armado, sendo que para a edificação de oito pavimentos a diferença é de 20,94 % a favor da alvenaria estrutural, o mesmo acontece nas demais edificações, porém com diferentes valores percentuais.

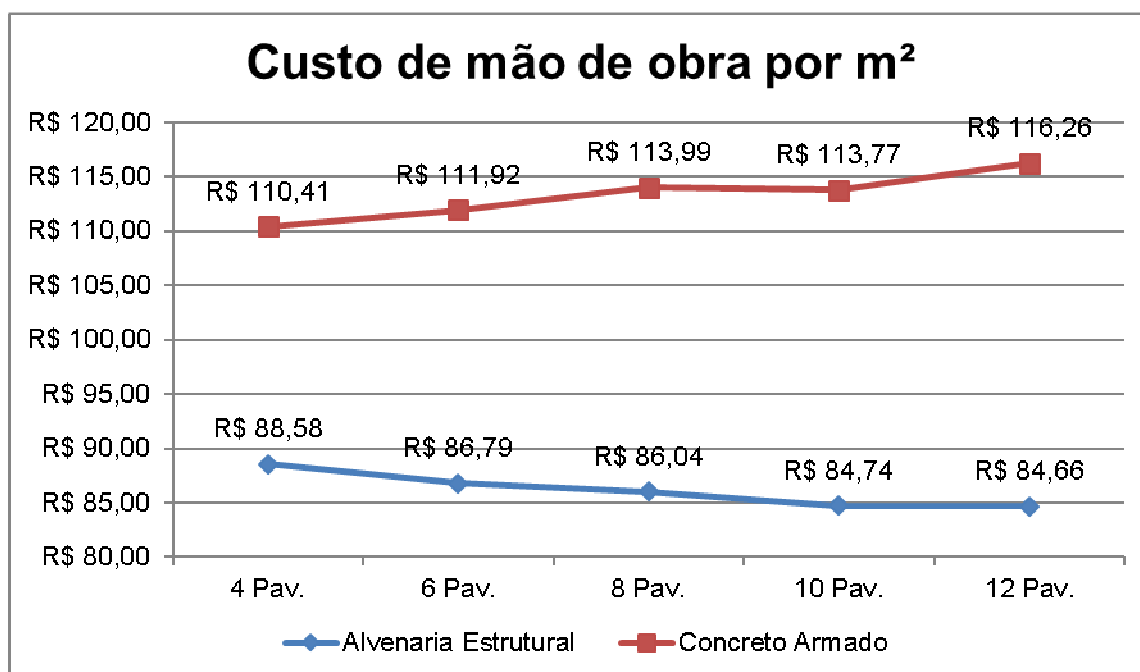
Nos Gráficos 2 e 3 são discriminados os valores de material e mão de obra respectivamente, por metro quadrado de construção, verifica-se que em ambos os casos o custo para o concreto armado é superior a alvenaria estrutural.

Gráfico 2 – Custo de material por metro quadrado



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Gráfico 3 – Custo de mão de obra por metro quadrado

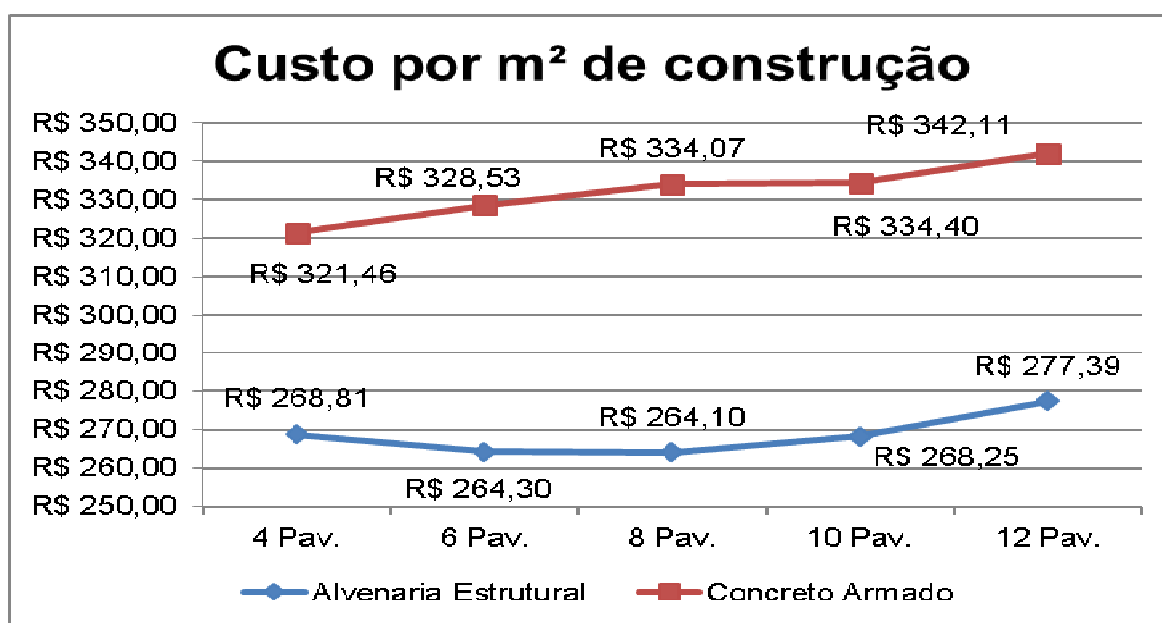


Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

Ao separar o material e mão de obra do custo total da obra, verifica-se que a alvenaria estrutural tende a um aumento na relação do material conforme se modifica a altura da edificação, fazendo com que a diferença na mão de obra decresça, isso acontece devido ao fato de que o custo do material tende a aumentar de acordo com a altura da edificação, sendo necessário blocos, graute e argamassa mais resistente e consequentemente mais caros, enquanto que o custo de mão de obra decresce devido ao fato de maior área construída, visto que a produtividade acaba por não sofrer grande alteração. Já nas edificações em concreto armado essa relação se mantém praticamente constante, ou seja, quando o custo com o material sobe, o custo de mão de obra também cresce.

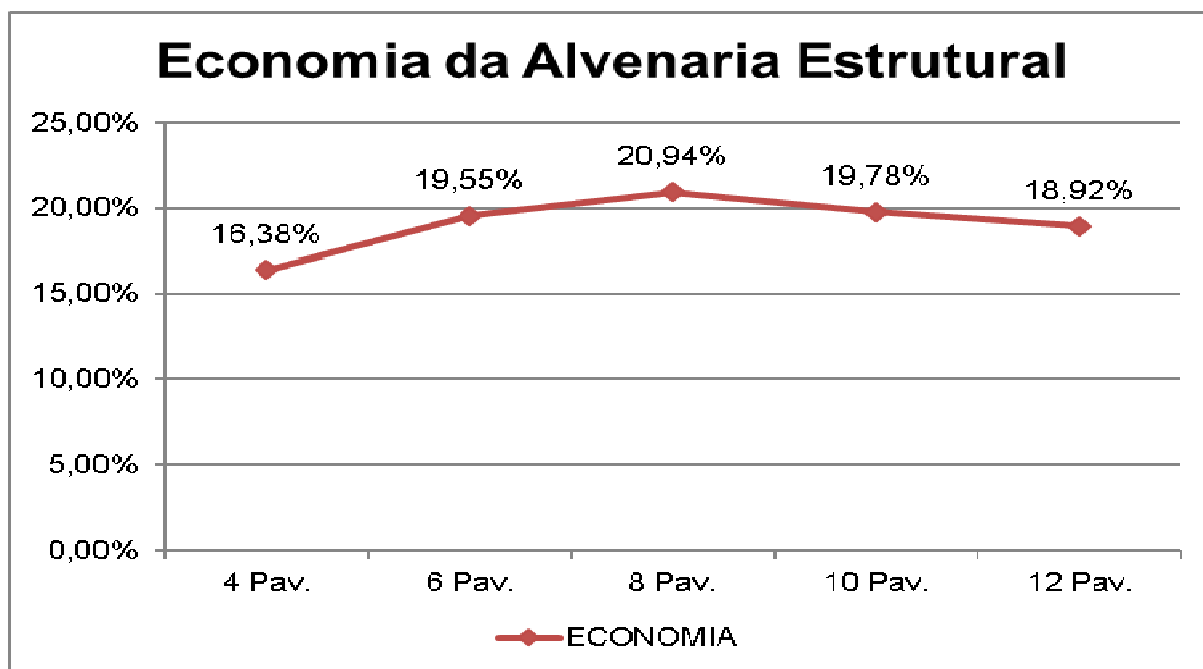
Com ajuda do Gráfico 4 pode ser observado a diferença entre o custo por metro quadrado de construção entre as técnicas construtivas. Constata-se que para as edificações em concreto armado o custo por metro quadrado de construção é maior em relação à alvenaria estrutural, confirmando os valores descritos no quadro e gráfico anteriores, visto que o modelo em concreto armado que apresenta o menor custo é o de quatro pavimentos, custando R\$ 321,46 o metro quadrado, e para a edificação em alvenaria estrutural o modelo de oito pavimentos foi o que apresentou o custo menor, R\$264,10 por metro quadrado de construção.

Gráfico 4 - Custo por metro quadrado de construção



Visto que a edificação em alvenaria estrutural apresentou um menor custo por metro quadrado de construção, é verificado no Gráfico 5 que a edificação desta mesma técnica com oito pavimentos foi a que apresentou um melhor custo benefício em relação aos limites da pesquisa quando comparada ao outro sistema construtivo em questão neste estudo, sendo que há uma tendência de que a partir do décimo pavimento a edificação volte a baixar sua relação de economia quando comparada ao concreto armado.

Gráfico 5 - Economia da Alvenaria estrutural em comparação com o Concreto Armado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo visou a relação entre as estruturas e fechamentos de duas das técnicas mais empregadas no Brasil para a concepção de edificações residenciais, sendo estas a alvenaria estrutural e estruturas em concreto armado. Buscou-se comparar uma edificação em estudo em ambos os sistemas construtivos, utilizando a mesma concepção arquitetônica, porém com variação no número de pavimentos, de modo a identificar a melhor eficiência para a edificação em questão, através da obtenção de dados e quantitativos adquiridos com auxílio de programas computacionais.

A partir das análises elaboradas foram obtidos resultados os quais satisfazem o uso da alvenaria estrutural como o meio mais econômico para todos os modelos gerados da edificação em estudo, sendo que esta técnica construtiva obteve uma economia em média de 19,11 % em relação às estruturas em concreto armado. Visto que a edificação com melhor economia foi a de oito pavimentos, que apresentou uma diferença de 20,94 % comparada à edificação de mesmo porte em concreto armado.

Todavia, é necessário salientar que outros fatores acabam por ser importantes no momento da escolha da técnica construtiva a ser empregada. Conforme citado no referencial bibliográfico as edificações em alvenaria estrutural também são caracterizadas pela racionalização de materiais e mão de obra e por possuir uma linha de produção constante das edificações, eliminando desperdícios e minimizando prazos, podendo levar a uma diferença maior entre o comparativo no final da construção.

Por outro lado, as edificações em concreto armado também possuem vantagem em sua escolha, essa técnica acaba por possuir uma melhor adaptabilidade para diferentes arquiteturas, podendo ter suas unidades internas alteradas, além de propiciar vãos maiores para seus ambientes, acabando por agradar empresas do ramo e clientes finais. A grande oferta de material e mão de obra também acabam sendo fundamentais no momento da escolha, propiciando uma maior segurança e flexibilidade para as empresas executantes. Desta forma, não somente o custo da estrutura e fechamento devem ser levados em consideração, mas sim o tipo de edificação a ser elaborada.

Diante do cenário considerado e das limitações do trabalho desenvolvido, espera-se que os dados obtidos no estudo sejam significativos ao ponto que influenciem positivamente empresas, construtores e estudantes do segmento, na definição do sistema construtivo a ser empregado em edificações semelhantes à em estudo, permitindo que tais decisões sejam conscientes e subsidiadas em informações tecnicamente embasadas.

Por fim, sugere-se como tema de estudos futuros a utilizando de diferentes formas arquitetônicas, podendo também ser alterado a composição dos blocos estruturais de cerâmico para concreto.

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5718 - Alvenaria modular - procedimento**, 1982. 3p.

_____. **NBR 6118** - Projeto de estruturas de concreto, 2014. 170p.

_____. **NBR 6120** - Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, 1980. 5p.

_____. **NBR-6123** - Forças devidas ao vento em edificações, 1988. 66p.

_____. **NBR 6136** - Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos, 2007. 9p.

_____. **NBR 7171** - Blocos cerâmicos para alvenaria, 1992. 8p.

_____. **NBR 10837** - Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, 1989. 20p.

_____. **NBR 15270-2** - Componentes cerâmicos parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural, 2005. 11p.

_____. **NBR 15812-1** – Alvenaria estrutural – Blocos cerâmicos, parte 1: projetos, 2010. 41p.

BOTELHO, M. H. C.; MARCHETTI, O. **Concreto armado eu te amo**. Volume 1. 6ª edição. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 2010. 507p.

_____. **Concreto armado eu te amo**. Volume 2. 2ª edição. São Paulo: Editora Edgar Blucher Ltda, 2007. 264p.

CAMACHO, J. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Ilha Solteira: UNESP, 2006. Notas de aula. Disponível em:
<<http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Projeto%20de%20edificios%20de%20alvenaria%22estrutural.pdf>>. Acesso em: 06 set. 2014.

_____. **Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1995. 157p.

CARVALHO, R. C.; FIGUEIREDO, J. R. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado segundo a NBR 6118: 2003**. 2ª edição. São Paulo: Editora Edufscar, 2004. 374p.

CASALI, J. M. **Estudo da interação entre a argamassa de assentamento e o bloco de concreto para alvenaria estrutural: transporte de água e aderência**. Tese de pós-graduação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008. 348p.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 2ª edição. Brasília: Editora Unb, 2008. 389p.

DUARTE, R.B. **Recomendações para o projeto e execução de edifícios de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: ANICER, 1999.

CVF INCORPORADORA. **Planta baixa do Pavimento Tipo...** 2014. Plantas diversas.

FERNANDEZ, P. S.; KOERICH, R. B. **Considerações sobre o Gama-z**. 2013. Disponível em: <http://faq.altoqi.com.br/content/253/623/pt-br/considera%C3%A7%C3%B5es-sobre-o-coeficiente-gama_z.html>. Acesso em: 06 mai. 2015.

GALLEGOS, H. **Curso de alvenaria estrutural**. Porto Alegre: CPGEC/UFRGS, 1988.

HENDRY, A.W. **Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe**. Prog. Struct. Eng. Mater. 2002; 4: 291–300. University of Edinburgh, Scotland.

ISAIA, Geraldo C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2007. 2v. 1712 p.

KALIL, S. B.: **Alvenaria Estrutural**. Curso de Graduação. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2007. 64p.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J M. **Concreto, estrutura, propriedades e materiais**. Tradução de Paulo Helene R. L. (coord.). São Paulo: Editora Pini, 1994. 345p.

MELO ALVENARIA. **Amarração indireta**. Disponível em: <<http://meloalvenaria.com.br/plus/modulos/conteudo/?tac=publicacoes>>. Acessado em: 28 out. 2014.

MOTA, J. M. F. **Influência da Argamassa de Revestimento na Resistência à Compressão Axila em Prisma de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos**. Universidade Federal de Pernambuco – Dissertação de Mestrado. Recife, 2006.

OTONI, L. Governo amplia minha casa, minha vida em 350 mil unidades. **CBIC**. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/governo-amplia-minha-casa-minha-vida-em-350-mil-unidades>>. Acesso em: 25 set. 2014.

SABBATINI, F.H. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos** - formulação e aplicação de uma metodologia. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989. 336p.

SANTOS, A. de P. L. e JUNGLES, A. E. **Como gerenciar as compras de materiais na construção civil**. 1ª edição, Editora Pini, novembro 2008. 116p.

SELECTA BLOCOS. **Amarração de paredes**. 2014. Disponível em: <http://selectablocos.com.br/alvenaria_estrutural_detalhes_construtivos_02.html>. Acessado em: 28 out. 2014.

SOARES, E. T. C. **Estudo comparativo entre estruturas de alvenaria estrutural e concreto armado**. Monografia – curso de bacharelado em ciência e tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Mossoró, 2011.

SOARES, S. M. B. **Alvenaria estrutural**. PUCRS. Porto Alegre. 2009. 112 p.

PARSEKIAN, G. A.; SOARES, M. M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**. 1ª edição. São Paulo: Editora O Nome da Rosa, 2011. 238p.

RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. 1ª Edição. São Paulo: Editora Pini, 2003. 174p.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2007. 180p.

TAUIL C. A.; NESE F. J. M. **Alvenaria estrutural**. 1ª edição. São Paulo: Editora Pini, 2010. 183p.

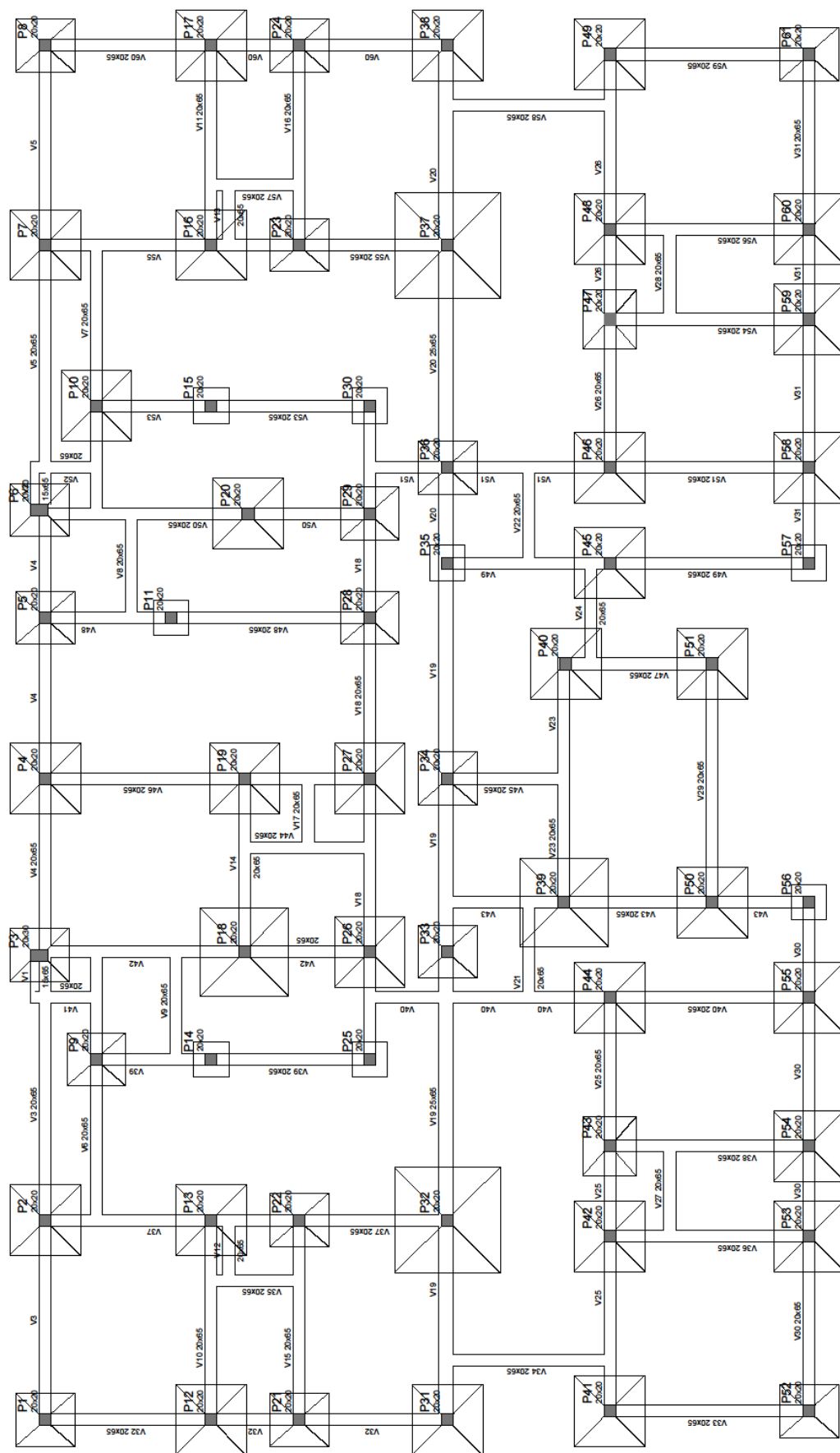
TCPO 13. **Tabela de Composição de Preços para Orçamentos**. 13. ed. São Paulo: Pini. 2010.

APÊNDICES

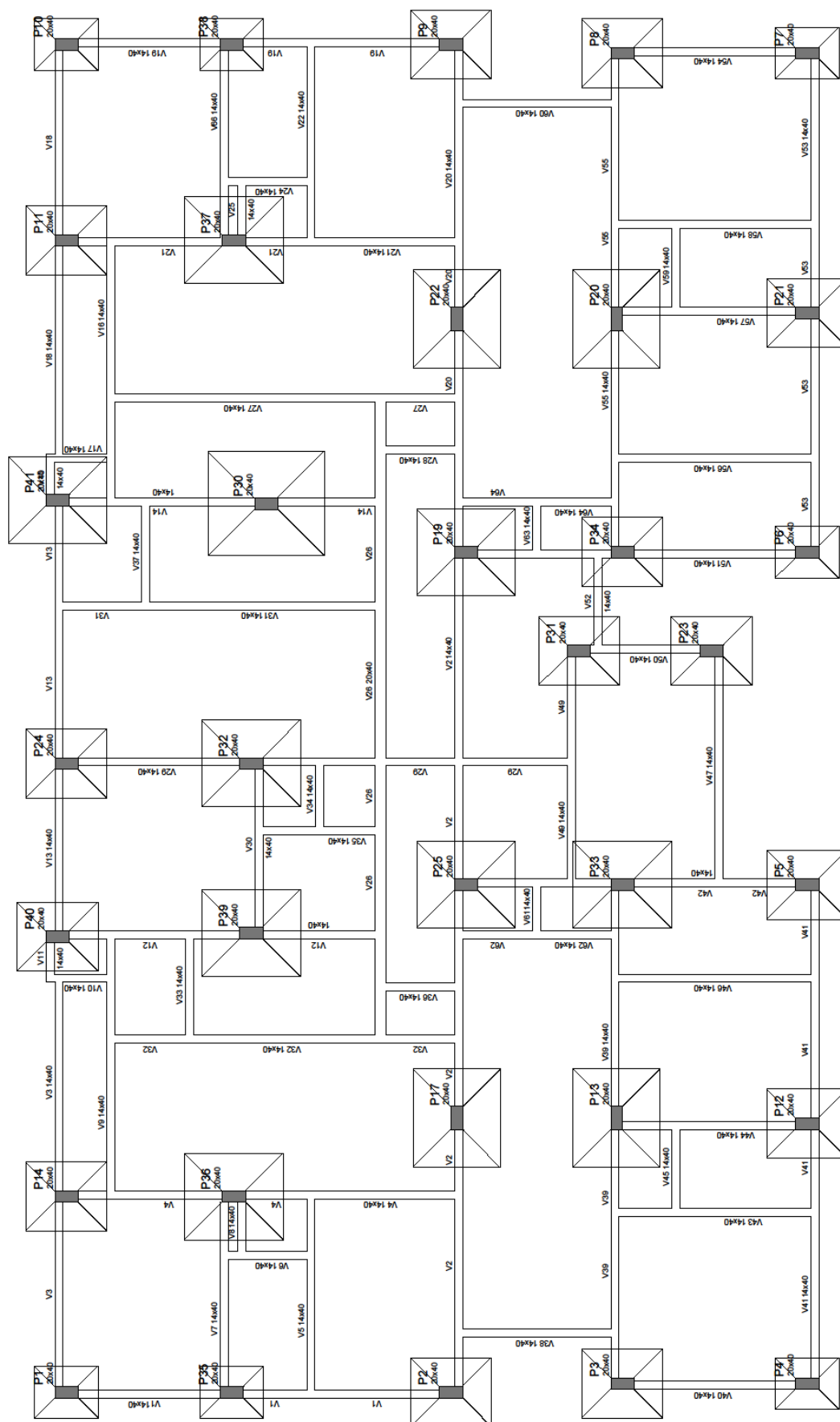
LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Forma de Baldrame do ed. em alvenaria estrutural 8 pav.	69
APÊNDICE B – Forma de Baldrame do ed. em concreto armado 8 pav.....	70
APÊNDICE C – Primeira fiada de alvenaria estrutural	71
APÊNDICE D – Forma do tipo do ed. em concreto armado 8 pav.	72
APÊNDICE E – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 4 pavimentos.	73
APÊNDICE F – Composições do modelo em concreto armado de 4 pavimentos.....	75
APÊNDICE G – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 6 pavimentos	77
APÊNDICE H – Composições do modelo em concreto armado de 6 pavimentos	79
APÊNDICE I – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 8 pavimentos ..	81
APÊNDICE J – Composições do modelo em concreto armado de 8 pavimentos.....	83
APÊNDICE K – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 10 pavimentos	85
APÊNDICE L – Composições do modelo em concreto armado de 10 pavimentos...	87
APÊNDICE M – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 12 pavimentos	89
APÊNDICE N – Composições do modelo em concreto armado de 12 pavimentos ..	92

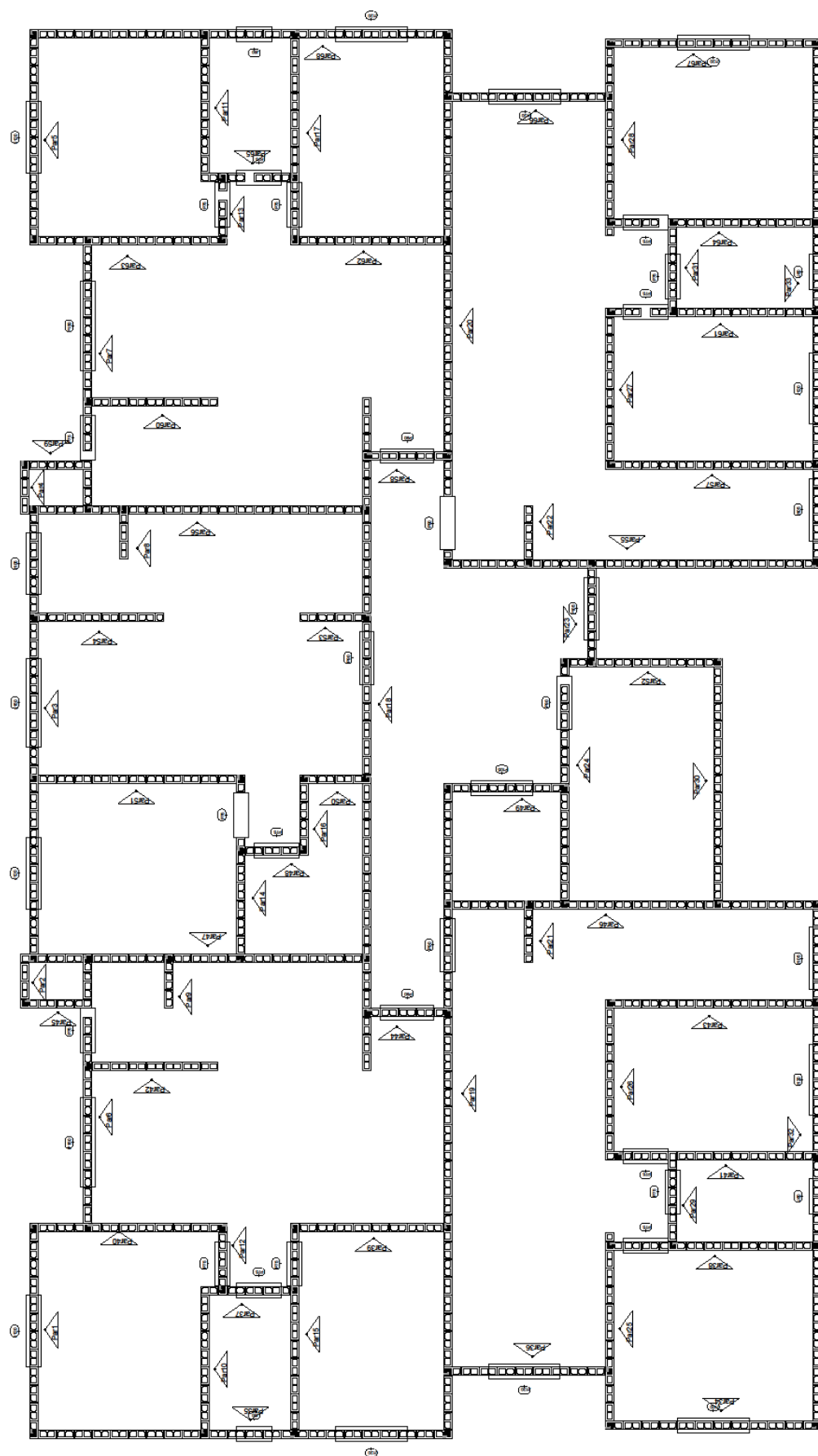
APÊNDICE A – Forma de Baldrame do ed. em alvenaria estrutural 8 pavimentos.



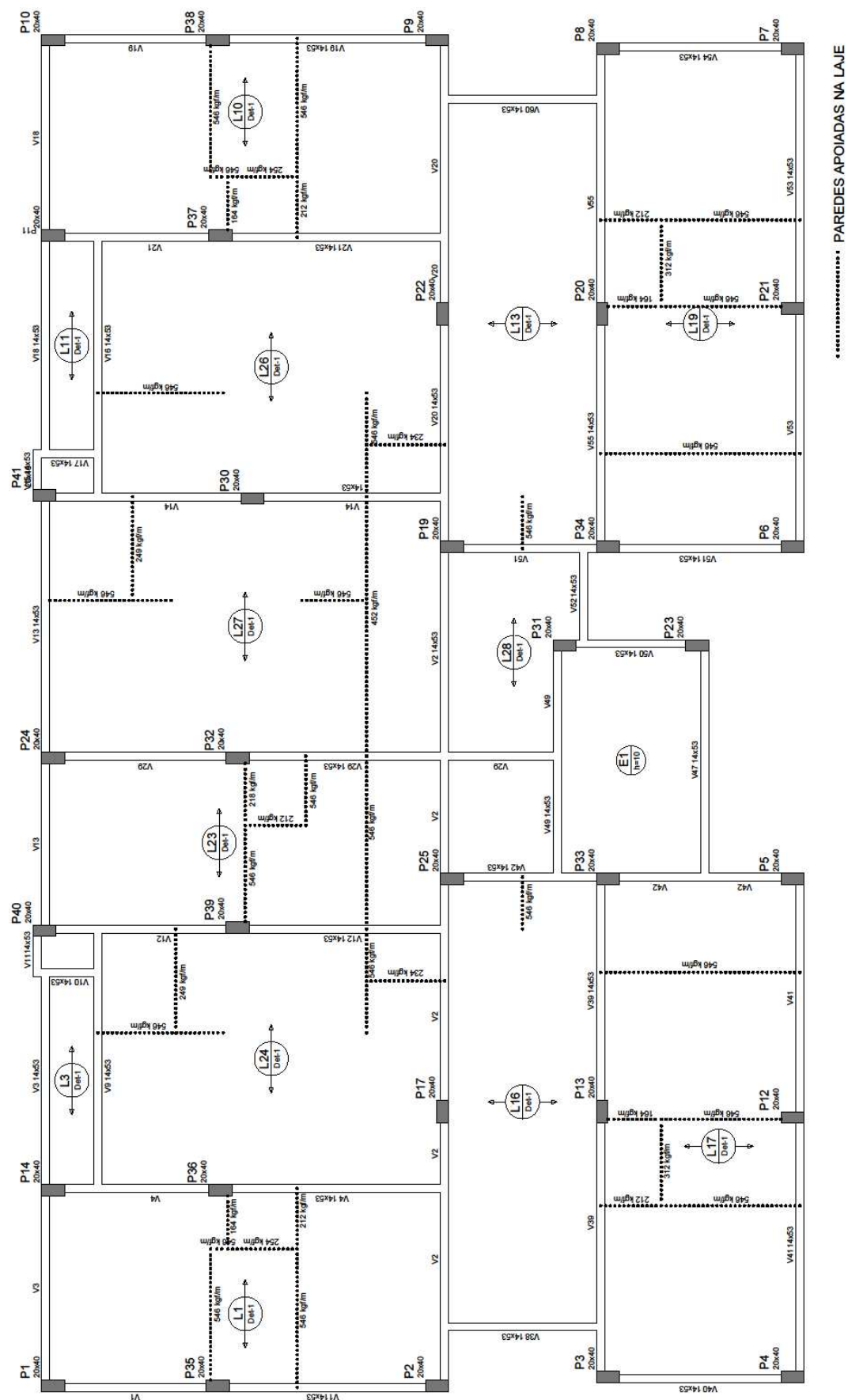
APÊNDICE B – Forma de Baldrame do ed. em concreto armado 8 pavimentos



APÊNDICE C – Primeira fiada de alvenaria estrutural



APÊNDICE D – Forma do tipo do ed. em concreto armado 8 pav.



APÊNDICE E – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 4 pavimentos

ALVENARIA ESTRUTURAL 4 PAVIMENTOS							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 20Mpa	1,05	7,25	m³	300,00	2.173,50	5.321,85
	Aço	1,10	292,93	kg	3,50	1.025,26	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	41,52	m²	19,42	806,32	
	Prego bitola variada	1,00	7,25	kg	7,00	50,72	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,50	90,56	m	8,10	733,56	
	Pontaleta Pinho 3ª 3" x 3"	5,00	36,23	m	10,20	369,50	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,50	54,34	m	3,00	163,01	
M.O.	Carpinteiro	6,50	47,09	h	16,00	753,48	3.392,47
	Ferreiro	6,00	43,47	h	16,00	695,52	
	Ajudante de Ferreiro	6,00	43,47	h	8,50	369,50	
	Pedreiro	4,00	28,98	h	15,00	434,70	
	Servente	18,50	134,03	h	8,50	1.139,28	
Valor Final							8.714,32
Vigas de baldrame							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 30Mpa	1,05	28,88	m³	350,00	10.106,25	36.134,63
	Aço	1,10	2.623,94	kg	3,50	9.183,79	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	468,60	m²	19,42	9.100,21	
	Arrame recozido 18 BWG	0,02	47,71	kg	7,40	353,04	
	Prego bitola variada	0,30	8,25	kg	7,00	57,75	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	2,00	781,00	m	7,80	6.091,80	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	1,00	390,50	m	3,00	1.171,50	
	Desmoldante	0,02	7,81	l	9,00	70,29	
M.O.	Carpinteiro	1,99	777,88	h	16,00	12.446,02	20.616,89
	Ajudante de Carpinteiro	0,50	194,47	h	8,50	1.652,99	
	Ferreiro	0,08	190,83	h	16,00	3.053,31	
	Ajudante de Ferreiro	0,08	190,83	h	8,50	1.622,07	
	Pedreiro	1,65	45,38	h	15,00	680,63	
	Servente	4,50	123,75	h	8,50	1.051,88	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,20	5,50	h	20,00	110,00	
Valor Final							56.751,52

Continua...

APÊNDICE F – Composições do modelo em concreto armado de 4 pavimentos

CONCRETO ARMADO 4 PAVIMENTOS							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 20Mpa	1,050	7,46	m³	300,00	2.236,50	5.312,71
	Aço	1,100	330,66	kg	3,50	1.157,31	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	29,04	m²	19,42	563,96	
	Prego bitola variada	1,000	7,46	kg	7,00	52,19	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,500	93,19	m	8,10	754,82	
	Pontalete Pinho 3ª 3" x 3"	5,000	37,28	m	10,20	380,21	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,500	55,91	m	3,00	167,74	
M.O.	Carpinteiro	6,500	48,46	h	16,00	775,32	3.490,80
	Ferreiro	6,000	44,73	h	16,00	715,68	
	Ajudante de Ferreiro	6,000	44,73	h	8,50	380,21	
	Pedreiro	4,000	29,82	h	15,00	447,30	
	Servente	18,500	137,92	h	8,50	1.172,30	
Valor Final							8.803,52
Estrutura em concreto armado (Vigas e Pilares)							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25Mpa	1,050	96,92	m³	330,00	31.981,95	87.024,14
	Aço	1,100	6.714,07	kg	3,50	23.499,25	
	Chapa comp. Plast. 14mm 3 apr.	0,416	643,97	m²	19,42	12.505,86	
	Arrame recozido 18 BWG	0,020	122,07	kg	7,40	903,35	
	Prego bitola variada	0,217	335,92	kg	7,00	2.351,41	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	0,167	258,52	m	7,80	2.016,42	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 20 cm	0,173	267,80	m	8,20	2.195,99	
	Escora met. Locação	1,00	255,00	pç	7,00	1785,00	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	2,047	3.168,76	m	3,00	9.506,27	
	Desmoldante	0,020	30,96	l	9,00	278,64	
M.O.	Carpinteiro	0,976	1.510,85	h	16,00	24.173,57	45.531,47
	Ajudante de Carpinteiro	0,244	377,71	h	8,50	3.210,55	
	Ferreiro	0,080	488,30	h	16,00	7.812,74	
	Ajudante de Ferreiro	0,080	488,30	h	8,50	4.150,52	
	Pedreiro	1,650	152,30	h	15,00	2.284,43	
	Servente	4,500	415,35	h	8,50	3.530,48	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,200	18,46	h	20,00	369,20	
Valor Final							132.555,61

Continua...

APÊNDICE G – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 6 pavimentos

ALVENARIA ESTRUTURAL 6 PAVIMENTOS							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 20Mpa	1,05	13,02	m³	300,00	3.906,00	9.076,32
	Aço	1,10	512,82	kg	3,50	1.794,87	
	Chapa comp. Plastificada 14mm	1,20	51,96	m²	19,42	1.009,06	
	Prego bitola variada	1,00	13,02	kg	7,00	91,14	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,50	162,75	m	8,10	1.318,28	
	Pontalete Pinho 3ª 3" x 3"	5,00	65,10	m	10,20	664,02	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,50	97,65	m	3,00	292,95	
M.O.	Carpinteiro	6,50	84,63	h	16,00	1.354,08	6.096,62
	Ferreiro	6,00	78,12	h	16,00	1.249,92	
	Ajudante de Ferreiro	6,00	78,12	h	8,50	664,02	
	Pedreiro	4,00	52,08	h	15,00	781,20	
	Servente	18,50	240,87	h	8,50	2.047,40	
Valor Final							15.172,93
Vigas de baldrame							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 30Mpa	1,05	34,97	m³	350,00	12.237,75	42.685,27
	Aço	1,10	3134,78	kg	3,50	10.971,73	
	Chapa comp. Plastificada 14mm	1,20	541,32	m²	19,42	10.512,43	
	Arrame recozido 18 BWG	0,02	57,00	kg	7,40	421,77	
	Prego bitola variada	0,30	9,99	kg	7,00	69,93	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	2,00	902,20	m	7,80	7.037,16	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	1,00	451,10	m	3,00	1.353,30	
	Desmoldante	0,02	9,02	l	9,00	81,20	
M.O.	Carpinteiro	1,99	898,59	h	16,00	14.377,46	24.103,67
	Ajudante de Carpinteiro	0,50	224,65	h	8,50	1.909,51	
	Ferreiro	0,08	227,98	h	16,00	3.647,74	
	Ajudante de Ferreiro	0,08	227,98	h	8,50	1.937,86	
	Pedreiro	1,65	54,95	h	15,00	824,18	
	Servente	4,50	149,85	h	8,50	1.273,73	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,20	6,66	h	20,00	133,20	
Valor Final							66.788,95

Continua...

(Continuação)

ALVENARIA ESTRUTURAL 6 PAVIMENTOS							
Alvenaria estrutural							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Bloco cerâmico inteiro 10 MPa	1,05	15063,30	pç	1,34	20.184,82	129.572,75
	Bloco cerâmico meio bloco 10 Mpa	1,05	1097,25	pç	0,91	1.000,69	
	Bloco cerâmico T 10 MPa	1,05	680,40	pç	2,22	1.510,49	
	Bloco cerâmico inteiro 7 MPa	1,05	31368,75	pç	1,25	39.273,68	
	Bloco cerâmico meio bloco 7 Mpa	1,05	2188,20	pç	0,86	1.884,04	
	Bloco cerâmico T 7 MPa	1,05	1365,00	pç	2,12	2.893,80	
	Bloco cerâmico canaleta 7 MPa	1,05	7123,20	pç	1,91	13.591,07	
	Argamassa assentamento 8 Mpa	1,20	1110,00	25kg	8,73	9.690,30	
	Argamassa assentamento 4 Mpa	1,20	2298,00	25kg	6,73	15.465,54	
	Graute 20 Mpa	1,05	16,16	m³	360,00	5.818,93	
	Graute 15 Mpa	1,05	32,84	m³	330,00	10.838,52	
	Aço	1,10	2120,25	kg	3,50	7.420,88	
M.O.	Pedreiro (m² de parede)	0,70	2660,00	h	15,00	39.900,00	62.510,00
	Servente (m² de parede)	0,70	2660,00	h	8,50	22.610,00	
Valor Final							192.082,75
Laje pré-fabricada 6 lajes							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25Mpa	1,05	116,55	m³	330,00	38.461,50	135.318,82
	Aço	1,10	4620,00	kg	3,50	16.170,00	
	Laje pré-fabricada h=13cm	1,00	1681,80	m²	26,00	43.726,80	
	Prego bitola variada	0,03	50,45	kg	7,00	353,18	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 30 cm	0,56	156,97	m	7,80	1.224,35	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 10 cm	0,97	1631,35	m	3,00	4.894,04	
	Escora met. Locação	1,00	165,00	pç	7,00	1.155,00	
	Pontalete Pinho 3ª 3" x 3"	1,71	2875,88	m	10,20	29.333,96	
M.O.	Carpinteiro	0,73	1227,71	h	16,00	19.643,42	62.098,79
	Ferreiro	0,15	252,27	h	16,00	4.036,32	
	Pedreiro	0,44	739,99	h	15,00	11.099,88	
	Servente	1,88	3161,78	h	8,50	26.875,16	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,20	22,20	h	20,00	444,00	
Valor Final							197.417,61

APÊNDICE H – Composições do modelo em concreto armado de 6 pavimentos

CONCRETO ARMADO 6 PAVIMENTOS							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 20Mpa	1,050	14,70	m³	300,00	4.410,00	10.162,78
	Aço	1,100	669,90	kg	3,50	2.344,65	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	37,92	m²	19,42	736,41	
	Prego bitola variada	1,000	14,70	kg	7,00	102,90	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,500	183,75	m	8,10	1.488,38	
	Pontaete Pinho 3ª 3" x 3"	5,000	73,50	m	10,20	749,70	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,500	110,25	m	3,00	330,75	
M.O.	Carpinteiro	6,500	95,55	h	16,00	1.528,80	6.883,28
	Ferreiro	6,000	88,20	h	16,00	1.411,20	
	Ajudante de Ferreiro	6,000	88,20	h	8,50	749,70	
	Pedreiro	4,000	58,80	h	15,00	882,00	
	Servente	18,500	271,95	h	8,50	2.311,58	
Valor Final							17.046,06
Estrutura em concreto armado (Vigas e Pilares)							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25Mpa	1,050	144,48	m³	330,00	47.678,40	134.691,23
	Aço	1,100	10.598,72	kg	3,50	37.095,52	
	Chapa comp. Plast. 14mm 3 ap.	0,416	936,83	m²	19,42	18.193,28	
	Arrame recozido 18 BWG	0,020	192,70	kg	7,40	1.426,01	
	Prego bitola variada	0,217	488,68	kg	7,00	3.420,79	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	0,167	376,08	m	7,80	2.933,46	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 20 cm	0,173	389,60	m	8,20	3.194,69	
	Escora met. Locação	1,00	255,00	pç	7,00	1.785,00	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	2,747	6.186,24	m	3,00	18.558,73	
	Desmoldante	0,020	45,04	l	9,00	405,36	
M.O.	Carpinteiro	0,976	2.197,95	h	16,00	35.167,23	67.942,07
	Ajudante de Carpinteiro	0,244	549,49	h	8,50	4.670,65	
	Ferreiro	0,080	770,82	h	16,00	12.333,06	
	Ajudante de Ferreiro	0,080	770,82	h	8,50	6.551,94	
	Pedreiro	1,650	227,04	h	15,00	3.405,60	
	Servente	4,500	619,20	h	8,50	5.263,20	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,200	27,52	h	20,00	550,40	
Valor Final							202.633,30

Continua...

APÊNDICE I – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 8 pavimentos

ALVENARIA ESTRUTURAL							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 20Mpa	1,05	21,53	m³	300,00	6.457,50	14.752,42
	Aço	1,10	903,32	kg	3,50	3.161,62	
	Chapa comp. Plastificada 14mm	1,20	62,88	m²	19,42	1.221,13	
	Prego bitola variada	1,00	21,53	kg	7,00	150,68	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,50	269,06	m	8,10	2.179,41	
	Pontalete Pinho 3ª 3" x 3"	5,00	107,63	m	10,20	1.097,78	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,50	161,44	m	3,00	484,31	
M.O.	Carpinteiro	6,50	139,91	h	16,00	2.238,60	10.079,08
	Ferreiro	6,00	129,15	h	16,00	2.066,40	
	Ajudante de Ferreiro	6,00	129,15	h	8,50	1.097,78	
	Pedreiro	4,00	86,10	h	15,00	1.291,50	
	Servente	18,50	398,21	h	8,50	3.384,81	
Valor Final							24.831,50
Vigas de baldrame							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 30Mpa	1,05	40,85	m³	350,00	14.295,75	49.392,45
	Aço	1,10	3.668,50	kg	3,50	12.839,75	
	Chapa comp. Plastificada 14mm	1,20	618,24	m²	19,42	12.006,22	
	Arrame recozido 18 BWG	0,02	66,70	kg	7,40	493,58	
	Prego bitola variada	0,30	11,67	kg	7,00	81,69	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	2,00	1.030,40	m	7,80	8.037,12	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	1,00	515,20	m	3,00	1.545,60	
	Desmoldante	0,02	10,30	l	9,00	92,74	
M.O.	Carpinteiro	1,99	1.026,28	h	16,00	16.420,45	27.744,20
	Ajudante de Carpinteiro	0,50	256,57	h	8,50	2.180,84	
	Ferreiro	0,08	266,80	h	16,00	4.268,80	
	Ajudante de Ferreiro	0,08	266,80	h	8,50	2.267,80	
	Pedreiro	1,65	64,19	h	15,00	962,78	
	Servente	4,50	175,05	h	8,50	1.487,93	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,20	7,78	h	20,00	155,60	
Valor Final							77.136,64

Continua...

(Continuação)

ALVENARIA ESTRUTURAL							
Alvenaria estrutural							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Bloco cerâmico inteiro 15 MPa	1,05	15.048,60	pç	1,35	20.345,71	177.667,53
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 15 Mpa	1,05	1.100,40	pç	0,95	1.040,98	
	Bloco cerâmico T 15 MPa	1,05	680,40	pç	2,30	1.562,88	
	Bloco cerâmico inteiro 10 MPa	1,05	15.078,00	pç	1,34	20.204,52	
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 10 Mpa	1,05	1.094,10	pç	0,91	997,82	
	Bloco cerâmico T 10 MPa	1,05	680,40	pç	2,22	1.510,49	
	Bloco cerâmico inteiro 7 MPa	1,05	31.368,75	pç	1,25	39.273,68	
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 7 Mpa	1,05	2.188,20	pç	0,86	1.884,04	
	Bloco cerâmico T 7 MPa	1,05	1.365,00	pç	2,12	2.893,80	
	Bloco cerâmico canaleta 7 MPa	1,05	9.464,70	pç	1,91	18.058,65	
	Argamassa assente. 12 Mpa	1,20	1.110,00	25kg	9,68	10.744,80	
	Argamassa assente. 8 Mpa	1,20	1.111,20	25kg	8,73	9.700,78	
	Argamassa assente. 4 Mpa	1,20	2.300,40	25kg	6,73	15.481,69	
	Graute 30 Mpa	1,05	16,66	m³	390,00	6.498,77	
	Graute 20 Mpa	1,05	16,58	m³	360,00	5.968,62	
	Graute 15 Mpa	1,05	33,86	m³	330,00	11.174,63	
	Aço	1,10	2.950,20	kg	3,50	10.325,70	
M.O.	Pedreiro (m² de parede)	0,70	3.532,20	h	15,00	52.983,00	83.006,70
	Servente (m² de parede)	0,70	3.532,20	h	8,50	30.023,70	
Valor Final							260.674,23
Laje pré-fabricada 8 lajes							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25Mpa	1,05	155,40	m³	330,00	51282,00	179.631,98
	Aço	1,10	6.160,00	kg	3,50	21560,00	
	Laje pré-fabricada h=13cm	1,00	2.242,40	m²	26,00	58302,40	
	Prego bitola variada	0,03	67,27	kg	7,00	470,90	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 30 cm	0,56	156,97	m	7,80	1224,35	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 10 cm	0,97	2.175,13	m	3,00	6525,38	
	Escora met. Locação	1,00	165,00	pç	7,00	1155,00	
	Pontaleta Pinho 3ª 3" x 3"	1,71	3.834,50	m	10,20	39111,94	
M.O.	Carpinteiro	0,73	1.636,95	h	16,00	26191,23	82.798,38
	Ferreiro	0,15	336,36	h	16,00	5381,76	
	Pedreiro	0,44	986,66	h	15,00	14799,84	
	Servente	1,88	4.215,71	h	8,50	35833,55	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,20	29,60	h	20,00	592,00	
Valor Final							262.430,36

APÊNDICE J – Composições do modelo em concreto armado de 8 pavimentos

CONCRETO ARMADO							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 20Mpa	1,050	20,48	m³	300,00	6.142,50	14.368,62
	Aço	1,100	1.076,68	kg	3,50	3.768,38	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	37,92	m²	19,42	736,41	
	Prego bitola variada	1,000	20,48	kg	7,00	143,33	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,500	255,94	m	8,10	2.073,09	
	Pontaleta Pinho 3ª 3" x 3"	5,000	102,38	m	10,20	1.044,23	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,500	153,56	m	3,00	460,69	
M.O.	Carpinteiro	6,500	133,09	h	16,00	2.129,40	9.587,42
	Ferreiro	6,000	122,85	h	16,00	1.965,60	
	Ajudante de Ferreiro	6,000	122,85	h	8,50	1.044,23	
	Pedreiro	4,000	81,90	h	15,00	1.228,50	
	Servente	18,500	378,79	h	8,50	3.219,69	
Valor Final							23.956,04
Estrutura em concreto armado (Vigas e Pilares)							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25Mpa	1,050	204,54	m³	330,00	67.498,20	187.529,91
	Aço	1,100	14.975,73	kg	3,50	52.415,06	
	Chapa comp. Plast. 14mm 3 ap.	0,416	1.280,03	m²	19,42	24.858,22	
	Arrame recozido 18 BWG	0,020	272,29	kg	7,40	2.014,92	
	Prego bitola variada	0,217	667,71	kg	7,00	4.673,96	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	0,167	513,86	m	7,80	4.008,10	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 20 cm	0,173	532,32	m	8,20	4.365,03	
	Escora met. Locação	1,00	255,00	pç	7,00	1.785,00	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	2,747	8.452,52	m	3,00	25.357,56	
	Desmoldante	0,020	61,54	l	9,00	553,86	
M.O.	Carpinteiro	0,976	3.003,15	h	16,00	48.050,43	94.167,76
	Ajudante de Carpinteiro	0,244	750,79	h	8,50	6.381,70	
	Ferreiro	0,080	1.089,14	h	16,00	17.426,30	
	Ajudante de Ferreiro	0,080	1.089,14	h	8,50	9.257,72	
	Pedreiro	1,650	321,42	h	15,00	4.821,30	
	Servente	4,500	876,60	h	8,50	7.451,10	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,200	38,96	h	20,00	779,20	
Valor Final							281.697,66

Continua...

APÊNDICE K – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 10 pavimentos

ALVENARIA ESTRUTURAL							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25 Mpa	1,05	20,16	m³	330,00	6.652,80	15.201,38
	Aço	1,10	1056,00	kg	3,50	3.696,00	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	61,20	m²	19,42	1.188,50	
	Prego bitola variada	1,00	20,16	kg	7,00	141,12	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,50	252,00	m	8,10	2.041,20	
	Pontaleta Pinho 3ª 3" x 3"	5,00	100,80	m	10,20	1.028,16	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,50	151,20	m	3,00	453,60	
M.O.	Carpinteiro	6,50	131,04	h	16,00	2.096,64	9.439,92
	Ferreiro	6,00	120,96	h	16,00	1.935,36	
	Ajudante de Ferreiro	6,00	120,96	h	8,50	1.028,16	
	Pedreiro	4,00	80,64	h	15,00	1.209,60	
	Servente	18,50	372,96	h	8,50	3.170,16	
Valor Final							24.641,30
Vigas de baldrame							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 30Mpa	1,05	49,56	m³	350,00	17.346,00	60.584,26
	Aço	1,10	4956,60	kg	3,50	17.348,10	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	716,40	m²	19,42	13.912,49	
	Arrame recozido 18 BWG	0,02	90,12	kg	7,40	666,89	
	Prego bitola variada	0,30	14,16	kg	7,00	99,12	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	2,00	1194,00	m	7,80	9.313,20	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	1,00	597,00	m	3,00	1.791,00	
	Desmoldante	0,02	11,94	l	9,00	107,46	
M.O.	Carpinteiro	1,99	1189,22	h	16,00	19.027,58	33.548,85
	Ajudante de Carpinteiro	0,50	297,31	h	8,50	2.527,10	
	Ferreiro	0,08	360,48	h	16,00	5.767,68	
	Ajudante de Ferreiro	0,08	360,48	h	8,50	3.064,08	
	Pedreiro	1,65	77,88	h	15,00	1.168,20	
	Servente	4,50	212,40	h	8,50	1.805,40	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,20	9,44	h	20,00	188,80	
Valor Final							94.133,10

Continua...

(Continuação)

ALVENARIA ESTRUTURAL							
Alvenaria estrutural							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Bloco cerâmico inteiro 18 MPa	1,05	7.524,30	pç	1,41	10.609,26	241.600,08
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 18 Mpa	1,05	550,20	pç	0,99	543,05	
	Bloco cerâmico bloco T 18 MPa	1,05	339,15	pç	2,40	812,94	
	Bloco cerâmico inteiro 15 MPa	1,05	22.572,90	pç	1,35	30.518,56	
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 15 Mpa	1,05	1.650,60	pç	0,95	1.561,47	
	Bloco cerâmico bloco T 15 MPa	1,05	1.017,45	pç	2,30	2.337,08	
	Bloco cerâmico inteiro 10 MPa	1,05	15.078,00	pç	1,34	20.204,52	
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 10 Mpa	1,05	1.094,10	pç	0,91	997,82	
	Bloco cerâmico bloco T 10 MPa	1,05	680,40	pç	2,22	1.510,49	
	Bloco cerâmico inteiro 7 MPa	1,05	31.368,75	pç	1,25	39.273,68	
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 7 Mpa	1,05	2.188,20	pç	0,86	1.884,04	
	Bloco cerâmico bloco T 7 MPa	1,05	1.365,00	pç	2,12	2.893,80	
	Bloco cerâmico canaleta 7 MPa	1,05	11.798,85	pç	1,91	22.512,21	
	Argamassa assent. 12 Mpa	1,20	1.110,00	25kg	9,68	10.744,80	
	Argamassa assent. 10 Mpa	1,20	1.110,00	25kg	9,18	10.189,80	
	Argamassa assent. 8 Mpa	1,20	1.111,20	25kg	8,73	9.700,78	
	Argamassa assent. 4 Mpa	1,20	2.296,80	25kg	6,73	15.457,46	
	Graute 30 Mpa	1,05	38,08	m³	390,00	14.849,70	
	Graute 20 Mpa	1,05	19,03	m³	360,00	6.849,36	
	Graute 15 Mpa	1,05	38,76	m³	330,00	12.789,32	
	Aço	1,10	7.245,70	kg	3,50	25.359,95	
M.O.	Pedreiro (m² de parede)	0,70	4.403,00	h	15,00	66.045,00	103.470,50
	Servente (m² de parede)	0,70	4.403,00	h	8,50	37.425,50	
Valor Final							345.070,58
Laje pré-fabricada 10 lajes							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25Mpa	1,05	194,25	m³	330,00	64.102,50	223.945,14
	Aço	1,10	7700	kg	3,50	26.950,00	
	Laje pré-fabricada h=13cm	1,00	2803	m²	26,00	72.878,00	
	Prego bitola variada	0,03	84,09	kg	7,00	588,63	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 30 cm	0,56	156,968	m	7,80	1.224,35	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 10 cm	0,97	2718,91	m	3,00	8.156,73	
	Escora met. Locação	1,00	165	pç	7,00	1.155,00	
	Pontalete Pinho 3ª 3" x 3"	1,71	4793,13	m	10,20	48.889,93	
M.O.	Carpinteiro	0,73	2046,19	h	16,00	32.739,04	103.497,98
	Ferreiro	0,15	420,45	h	16,00	6.727,20	
	Pedreiro	0,44	1233,32	h	15,00	18.499,80	
	Servente	1,88	5269,64	h	8,50	44.791,94	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,20	37	h	20,00	740,00	
Valor Final							327.443,12

APÊNDICE L – Composições do modelo em concreto armado de 10 pavimentos

CONCRETO ARMADO							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25 Mpa	1,05	19,22	m³	330,00	6.340,95	15.138,32
	Aço	1,10	1.272,70	kg	3,50	4.454,45	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	43,80	m²	19,42	850,60	
	Prego bitola variada	1,00	19,22	kg	7,00	134,51	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,50	240,19	m	8,10	1.945,52	
	Pontaletes Pinho 3ª 3" x 3"	5,00	96,08	m	10,20	979,97	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,50	144,11	m	3,00	432,34	
M.O.	Carpinteiro	6,50	124,90	h	16,00	1.998,36	8.997,42
	Ferreiro	6,00	115,29	h	16,00	1.844,64	
	Ajudante de Ferreiro	6,00	115,29	h	8,50	979,97	
	Pedreiro	4,00	76,86	h	15,00	1.152,90	
	Servente	18,50	355,48	h	8,50	3.021,56	
Valor Final							24.135,75
Estrutura em concreto armado (Vigas e Pilares)							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25Mpa	1,05	253,79	m³	330,00	83.749,05	237.589,11
	Aço	1,10	20.152,00	kg	3,50	70.532,00	
	Chapa comp. Plast. 14mm 3 ap.	0,42	1.580,80	m²	19,42	30.699,14	
	Arame recozido 18 BWG	0,02	366,40	kg	7,40	2.711,36	
	Prego bitola variada	0,22	824,60	kg	7,00	5.772,20	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	0,17	634,60	m	7,80	4.949,88	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 20 cm	0,17	657,40	m	8,20	5.390,68	
	Escora met. Locação	1,00	255,00	pç	7,00	1.785,00	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	2,75	10.438,60	m	3,00	31.315,80	
	Desmoldante	0,02	76,00	l	9,00	684,00	
M.O.	Carpinteiro	0,98	3.708,80	h	16,00	59.340,80	119.323,10
	Ajudante de Carpinteiro	0,24	927,20	h	8,50	7.881,20	
	Ferreiro	0,08	1.465,60	h	16,00	23.449,60	
	Ajudante de Ferreiro	0,08	1.465,60	h	8,50	12.457,60	
	Pedreiro	1,65	398,81	h	15,00	5.982,08	
	Servente	4,50	1.087,65	h	8,50	9.245,03	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,20	48,34	h	20,00	966,80	
Valor Final							356.912,21

Continua...

APÊNDICE M – Composições do modelo em alvenaria estrutural de 12 pavimentos

ALVENARIA ESTRUTURAL							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25 Mpa	1,05	28,88	m³	330,00	9.528,75	21.687,25
	Aço	1,10	1.581,58	kg	3,50	5.535,53	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,20	70,80	m²	19,42	1.374,94	
	Prego bitola variada	1,00	28,88	kg	7,00	202,13	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,50	360,94	m	8,10	2.923,59	
	Pontalete Pinho 3ª 3" x 3"	5,00	144,38	m	10,20	1.472,63	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,50	216,56	m	3,00	649,69	
M.O.	Carpinteiro	6,50	187,69	h	16,00	3.003,00	13.520,72
	Ferreiro	6,00	173,25	h	16,00	2.772,00	
	Ajudante de Ferreiro	6,00	173,25	h	8,50	1.472,63	
	Pedreiro	4,00	115,50	h	15,00	1.732,50	
	Servente	18,50	534,19	h	8,50	4.540,59	
Valor Final							35.207,97
Vigas de baldrame							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 30Mpa	1,05	61,64	m³	350,00	21.572,25	69.224,66
	Aço	1,1	5.481,30	kg	3,50	19.184,55	
	Chapa comp. Plast. 14mm	1,2	787,20	m²	19,42	15.287,42	
	Arrame recozido 18 BWG	0,02	99,66	kg	7,40	737,48	
	Prego bitola variada	0,3	17,61	kg	7,00	123,27	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	2	1.312,00	m	7,80	10.233,60	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	1	656,00	m	3,00	1.968,00	
	Desmoldante	0,02	13,12	l	9,00	118,08	
M.O.	Carpinteiro	1,992	1.306,75	h	16,00	20.908,03	37.384,46
	Ajudante de Carpinteiro	0,498	326,69	h	8,50	2.776,85	
	Ferreiro	0,08	398,64	h	16,00	6.378,24	
	Ajudante de Ferreiro	0,08	398,64	h	8,50	3.388,44	
	Pedreiro	1,65	96,86	h	15,00	1.452,83	
	Servente	4,5	264,15	h	8,50	2.245,28	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,2	11,74	h	20,00	234,80	
Valor Final							106.609,12

Continua...

(Continuação)

ALVENARIA ESTRUTURAL							
Alvenaria estrutural							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Bloco cerâmico inteiro 18 MPa	1,05	22.572,90	pç	1,41	31.827,79	321.739,77
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 18 Mpa	1,05	1.650,60	pç	0,99	1.629,14	
	Bloco cerâmico T 18 Mpa	1,05	1.017,45	pç	2,40	2.438,83	
	Bloco cerâmico inteiro 15 MPa	1,05	22.572,90	pç	1,35	30.518,56	
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 15 Mpa	1,05	1.650,60	pç	0,95	1.561,47	
	Bloco cerâmico T 15 MPa	1,05	1.017,45	pç	2,30	2.337,08	
	Bloco cerâmico inteiro 10 MPa	1,05	15.078,00	pç	1,34	20.204,52	
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 10 Mpa	1,05	1.094,10	pç	0,91	997,82	
	Bloco cerâmico T 10 MPa	1,05	680,40	pç	2,22	1.510,49	
	Bloco cerâmico inteiro 7 MPa	1,05	31.368,75	pç	1,25	39.273,68	
	Bloco cerâmico 1/2 bloco 7 Mpa	1,05	2.188,20	pç	0,86	1.884,04	
	Bloco cerâmico T 7 MPa	1,05	1.365,00	pç	2,12	2.893,80	
	Bloco cerâmico canaleta 7 MPa	1,05	14.133,00	pç	1,91	26.965,76	
	Argamassa assent. 15 Mpa	1,20	1.108,80	25kg	9,88	10.954,94	
	Argamassa assent. 12 Mpa	1,20	555,60	25kg	9,68	5.378,21	
	Argamassa assent. 10 Mpa	1,20	2.222,40	25kg	9,18	20.401,63	
	Argamassa assent. 8 Mpa	1,20	1.111,20	25kg	8,73	9.700,78	
	Argamassa assent. 4 Mpa	1,20	2.296,80	25kg	6,73	15.457,46	
	Graute 30 Mpa	1,05	80,25	m³	390,00	31.297,27	
	Graute 20 Mpa	1,05	21,58	m³	360,00	7.767,90	
	Graute 15 Mpa	1,05	43,86	m³	330,00	14.473,31	
	Aço	1,10	12.075,80	kg	3,50	42.265,30	
M.O.	Pedreiro (m² de parede)	0,70	5.275,20	h	15,00	79.128,00	123.967,20
	Servente (m² de parede)	0,70	5.275,20	h	8,50	44.839,20	
Valor Final							445.706,97

Continua...

APÊNDICE N – Composições do modelo em concreto armado de 12 pavimentos

CONCRETO ARMADO							
Fundação rasa tipo sapata							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25 Mpa	1,050	28,14	m³	330,00	9.286,20	22.071,61
	Aço	1,100	1.908,06	Kg	3,50	6.678,21	
	Chapa comp. Plastificada 14mm	1,20	51,12	m²	19,42	992,75	
	Prego bitola variada	1,000	28,14	Kg	7,00	196,98	
	Guia Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	12,500	351,75	m	8,10	2.849,18	
	Pontaete Pinho 3ª 3" x 3"	5,000	140,70	m	10,20	1.435,14	
	Sarrafo Pinho 3ª 2,5 x 5,0 cm	7,500	211,05	m	3,00	633,15	
M.O.	Carpinteiro	6,500	182,91	h	16,00	2.926,56	13.176,56
	Ferreiro	6,000	168,84	h	16,00	2.701,44	
	Ajudante de Ferreiro	6,000	168,84	h	8,50	1.435,14	
	Pedreiro	4,000	112,56	h	15,00	1.688,40	
	Servente	18,500	520,59	h	8,50	4.425,02	
Valor Final							35.248,16
Estrutura em concreto armado (Vigas e Pilares)							
Componente		Coef.	Quantia	Un.	Valor unitário (R\$)	Valor do componente (R\$)	Valor total (R\$)
Material	Concreto Fck 25Mpa	1,050	300,41	m³	330,00	99.133,65	296.950,36
	Aço	1,100	28.331,38	Kg	3,50	99.159,83	
	Chapa comp. Plast. 14mm 3 ap.	0,416	1.866,59	m²	19,42	36.249,22	
	Arrame recozido 18 BWG	0,020	515,12	Kg	7,40	3.811,86	
	Prego bitola variada	0,217	973,68	Kg	7,00	6.815,75	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 15 cm	0,167	749,33	m	7,80	5.844,77	
	Tábua Pinho 3ª 2,5 x 20 cm	0,173	776,25	m	8,20	6.365,26	
	Escora met. Locação	1,00	255,00	pç	7,00	1.785,00	
	Sarrafo Pinho 3ª 7,5 x 5 cm	2,747	12.325,79	m	3,00	36.977,37	
	Desmoldante	0,020	89,74	l	9,00	807,66	
M.O.	Carpinteiro	0,976	4.379,31	h	16,00	70.068,99	149.025,10
	Ajudante de Carpinteiro	0,244	1.094,83	h	8,50	9.306,04	
	Ferreiro	0,080	2.060,46	h	16,00	32.967,42	
	Ajudante de Ferreiro	0,080	2.060,46	h	8,50	17.513,94	
	Pedreiro	1,650	472,07	h	15,00	7.080,98	
	Servente	4,500	1.287,45	h	8,50	10.943,33	
	Vibrador de imersão, 1 HP	0,200	57,22	h	20,00	1.144,40	
Valor Final							445.975,46

Continua...

