



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS VIII – PROF<sup>a</sup> MARIA JOSÉ DA PENHA  
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIA E SAÚDE  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**WAGNER LIMA DE MACENA**

**DIMENSIONAMENTO DE ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE  
CONCRETO SUBMETIDOS A CARREGAMENTOS VERTICAIS**

**ARARUNA/PB  
2017**

**WAGNER LIMA DE MACENA**

**DIMENSIONAMENTO DE ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE  
CONCRETO SUBMETIDOS A CARREGAMENTOS VERTICAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Estruturas

**Orientador:** Prof. Me. Leonardo Medeiros da Costa.

**ARARUNA/PB  
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

M141d Macena, Wagner Lima de.  
Dimensionamento de alvenaria estrutural com blocos de concreto submetidos a carregamentos verticais [manuscrito] : / Wagner Lima de Macena. - 2017.  
63 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências, Tecnologia e Saúde, 2017.

"Orientação : Prof. Me. Leonardo Medeiros da Costa, Coordenação do Curso de Engenharia Civil - CCTS."

1. Análise de estruturas. 2. Alvenaria de estruturas. 3. Carga.

21. ed. CDD 624.17

WAGNER LIMA DE MACENA

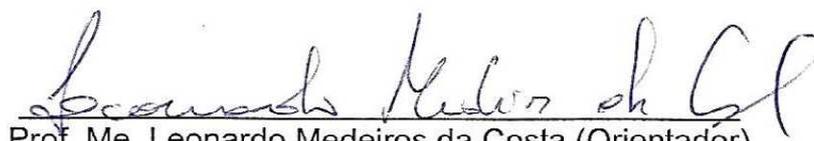
DIMENSIONAMENTO DE ALVENARIA ESTRUTURAL COM BLOCOS DE  
CONCRETO SUBMETIDOS A CARREGAMENTOS VERTICAIS

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Programa de Graduação  
em Engenharia Civil da Universidade  
Estadual da Paraíba, como requisito  
parcial à obtenção do título de Bacharel  
em Engenharia Civil.

Área de concentração: Estruturas.

Aprovada em: 18/12/2017

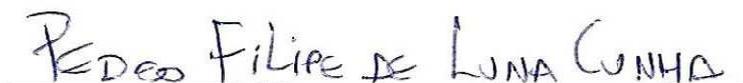
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Me. Leonardo Medeiros da Costa (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Marinaldo dos Santos Júnior  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Pedro Filipe de Luna Cunha  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A minha esposa Vanúbia e minha filha Giovana, pela dedicação, paciência, companheirismo, amor e incentivo, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo dom da vida e pela sabedoria, por estar sempre ao meu lado diante das tribulações, transformando derrotas em vitórias. Obrigado Senhor!

Aos meus pais (Otacílio – in memória) e Fátima, pelo afeto e dedicação e principalmente por me ensinarem a viver com dignidade. Obrigado pelo apoio em todas as fases da minha vida e por nunca deixar faltar nada, me incentivando a seguir sempre em frente com humildade e disciplina em busca dos meus ideais.

À minha irmã (Débora), pelas palavras de incentivo, companheirismo e por sempre acreditar no meu potencial.

Aos meus familiares, que contribuíram de forma direta ou indireta, mas significativa para o meu sucesso.

Aos mestres, pela paciência, pelas dúvidas esclarecidas, por percorrer comigo essa jornada e pela troca de conhecimentos e experiências. À vocês minha gratidão pela amizade.

Aos meus colegas de sala, em especial a Paulo César, Thales, José Livaldo, Paloma, Igor Martins, Lucas Diego, Lucas Diniz, Jeová, Hallef, Humberlânio, Mateus Alves e Terceiro Neto, pelos momentos que passamos juntos, pelas risadas, pelas madrugadas de estudos, por me acolherem como irmão, enfim, pela troca de conhecimentos e valores adquiridos, a TODOS o meu abraço e reconhecimento. Vocês serão inesquecíveis na minha vida!

“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si mesmo ”.  
(Ayrton Senna).

## RESUMO

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo que requer, para um melhor desempenho do sistema, projetos arquitetônicos concebidos para aplicação dessa alternativa de construção. Diferente do sistema convencional utilizando concreto armado no qual os elementos resistentes são os pilares e vigas, na alvenaria estrutural, as paredes são os elementos responsáveis por receber, absorver e transmitir as cargas atuantes na edificação. O presente trabalho tem como objetivos apresentar o sistema construtivo através de definições, materiais, processo de execução, métodos de dimensionamento e uma aplicação de cálculo de uma edificação utilizando três métodos de distribuição de cargas verticais: paredes isoladas, grupo de paredes sem interação e grupo de paredes com interação. Através de uma pesquisa exploratória foi encontrado dados quantitativos, referente às resistências dos blocos a serem utilizados, no comparativo entre o método de paredes isoladas e grupo de paredes sem interação apresentou uma redução de 36% da resistência dos blocos mais solicitados, já entre o grupo de paredes sem interação e o com interação (adotados para valores de taxa de interação de 15%, 30% e 50%), o último com taxa de 50% apresentou ainda uma redução de 22% de resistência. Assim sendo, o método de grupos de paredes com interação apresentou uma maior redistribuição de cargas e economia na obra.

**Palavras-chave:** Alvenaria Estrutural. Dimensionamento. Cargas Verticais.

## ABSTRACT

Structural masonry is a constructive system that requires, for a better performance of the system, architectural designs designed to apply this alternative construction. Different from the conventional system using reinforced concrete in which the resistant elements are the pillars and beams, in the structural masonry, the walls are the elements responsible for receiving, absorbing and transmitting the loads acting on the building. The present work aims to present the constructive system through definitions, materials, execution process, sizing methods and an application of calculation of a building using three methods of vertical load distribution, being: isolated walls, group of walls without interaction and group of walls with interaction. Through an exploratory research, quantitative data were obtained regarding the resistance of the blocks to be used. In the comparison between the method of isolated walls and the group of walls without interaction, there was a 36% reduction in the resistance of the most requested blocks, of walls without interaction and interaction (adopted for values of interaction rate of 15%, 30% and 50%), the latter with a rate of 50% showed a reduction of 22% of resistance. Thus, the method of groups of walls with interaction presented a greater redistribution of loads and economy in the work.

**Key-words:** Structural masonry. Sizing. Vertical Loads.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Pirâmide de Quéops no Egito .....	16
<b>Figura 2</b> - Farol de Alexandria no Egito.....	16
<b>Figura 3</b> - Coliseu em Roma .....	16
<b>Figura 4</b> - Edifício Monadnock em Chicago .....	16
<b>Figura 5</b> - Exemplo de modulação.....	18
<b>Figura 6</b> - Amarração em "T" .....	19
<b>Figura 7</b> - Amarração em canto.....	19
<b>Figura 8</b> - Amarração em "T" .....	19
<b>Figura 9</b> – Bloco 14x19x34.....	22
<b>Figura 10</b> – Bloco 14x19x54.....	22
<b>Figura 11</b> – Bloco 14x19x39.....	22
<b>Figura 12</b> – Bloco 14x19x19.....	22
<b>Figura 13</b> – Bloco 14x19x29, Bloco 14x19x19, Bloco 14x19x44.....	22
<b>Figura 14</b> – Tela metálica e grampo .....	25
<b>Figura 15</b> - Assentamento de bloco .....	26
<b>Figura 16</b> - Nicho no bloco .....	26
<b>Figura 17</b> – Assentamento de bloco .....	27
<b>Figura 18</b> – Escantilhão .....	27
<b>Figura 19</b> – Assentamento de bloco .....	28
<b>Figura 20</b> – Assentamento de bloco .....	28
<b>Figura 21</b> – Canaleta.....	29
<b>Figura 22</b> – Canaleta "J" .....	29
<b>Figura 23</b> – Excesso de argamassa.....	29
<b>Figura 24</b> – Graute.....	30
<b>Figura 25</b> – Espalhamento do carregamento em paredes planas e em "L".....	33
<b>Figura 26</b> – Interação de paredes em um canto.....	33
<b>Figura 27</b> – Interação de paredes em região de janela.....	34
<b>Figura 28</b> – Identificação das lajes.....	40
<b>Figura 29</b> - Exemplo de aplicação do processo das áreas.....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Blocos e pesos específicos.....	32
<b>Tabela 2</b> – Coeficientes de ponderação para combinações normais de ações.....	40
<b>Tabela 3</b> – Carregamentos e característica geométricas do pavimento tipo .....	40
<b>Tabela 4</b> – Dados referentes as paredes dos pavimentos .....	45
<b>Tabela 5</b> – Comprimentos das paredes e carregamentos atuantes por pavimento .	45
<b>Tabela 6</b> – Paredes isoladas pavimento térreo .....	46
<b>Tabela 7</b> – Grupo de paredes sem interação .....	49
<b>Tabela 8</b> – Grupo de paredes com interação de 15%.....	50
<b>Tabela 9</b> – Grupo de paredes com interação de 30% .....	51
<b>Tabela 10</b> – Grupo de paredes com interação de 50% .....	52

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> – Resistências dos blocos para paredes isoladas.....	50
<b>Gráfico 2</b> – Comparativo das interações.....	52
<b>Gráfico 3</b> – Comparativo das resistências .....	53

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	14
<b>4</b>	<b>SISTEMA CONSTRUTIVO</b>	15
4.1	CONCEITUAÇÃO DE RACIONALIZAÇÃO	17
4.2	CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO	18
4.3	MATERIAIS	21
4.3.1	<b>Blocos</b>	21
4.3.2	<b>Argamassa de assentamento</b>	23
4.3.3	<b>Graute</b>	24
4.3.4	<b>Armaduras</b>	24
4.3.5	<b>Tela Metálica e Grampo</b>	25
4.4	EXECUÇÃO DE OBRA	25
<b>5</b>	<b>MÉTODOS DE CÁLCULO</b>	31
5.1	CARREGAMENTO VERTICAL	31
5.1.1	<b>Cargas provenientes das lajes</b>	31
5.1.2	<b>Peso próprio das paredes</b>	32
5.2	INTERAÇÃO DE PAREDES	32
5.3	IMPORTÂNCIA DA UNIFORMIZAÇÃO DAS CARGAS	34
5.4	DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS	35
5.4.1	<b>Paredes Isoladas</b>	35
5.4.2	<b>Grupos Isolados de Paredes</b>	35
5.4.3	<b>Grupos de Paredes com Interação</b>	37
<b>6</b>	<b>EXEMPLO DE CÁLCULO DE EDIFÍCIO</b>	39
6.1	CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO	39
6.2	AÇÕES VERTICAIS	39
6.3	DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS VERTICAIS	41
<b>7</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	45
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	54
	REFERÊNCIAS	55
	APÊNDICES	58

## 1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil interfere diretamente no cotidiano da sociedade. Inúmeras construções são executadas diariamente visando suprir a necessidade de diversas pessoas. Desta forma, cabe ao engenheiro civil sempre buscar métodos de dimensionamento e execução que venham a atender aos anseios da sociedade e que tragam uma boa eficiência quanto a sua utilização.

A escolha pelo sistema da alvenaria estrutural ou alvenaria/parede portante, como alguns costumam chamar, pode ser uma boa opção. Muito se deve ao método construtivo que forma um sistema racionalizado proporcionando mais eficiência à obra e cujo componente principal é normatizado: o bloco. Podendo ser bloco cerâmico ou bloco de concreto.

A construção em alvenaria estrutural proporciona construções mais rápidas, com uma melhor organização no canteiro de obras e redução nos custos de madeira para fôrmas, aço e concreto. Uma das características que levam a essa redução é o fato de a alvenaria além de realizar a função estrutural, funciona como um elemento de vedação, fazendo com que não existam elementos estruturais como vigas e pilares na edificação, exceto quando a arquitetura exige uma condição em que a alvenaria não seja capaz de preservar o apelo arquitetônico.

Em qualquer processo de construção, para se obter um melhor desenvolvimento e eficiência na obra é necessário um bom planejamento aliado a um projeto bem elaborado e a presença de profissionais qualificados. Neste sentido, o trabalho aqui desenvolvido aborda, além de aspectos relevantes do ponto de vista construtivo, sobre o dimensionamento da alvenaria estrutural sob cargas verticais atuantes na estrutura de três formas distintas de distribuição de forças na alvenaria, sendo elas: paredes isoladas, grupo de paredes sem interação e grupo de paredes com interação, conforme orientação presente em Côrrea e Ramalho (2003).

Com isso, a análise dos três diferentes tipos de cálculo da estrutura tem importância relacionada quanto ao grau de influência e interação que uma parte da parede tem com a outra, visto que toda a construção trabalha de forma conjunta.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho busca determinar as resistências dos blocos a serem utilizados em uma edificação multifamiliar que possui 3 pavimentos tipo a partir de métodos de distribuição de forças na alvenaria.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Pode-se listar a partir da abordagem geral os pontos específicos a serem tratados no trabalho:

- Trazer definições, materiais, cuidados que devem ser tomados tanto em fase de projeto quanto na execução;
- Realizar o dimensionamento considerando os carregamentos verticais, sendo realizado utilizando três métodos (paredes isoladas, grupo de paredes sem interação e grupo de paredes com interação).
- Avaliar a influência da taxa de interação entre grupos de paredes na distribuição de cargas verticais.

Dentre as limitações no trabalho, tem-se a não consideração de forças horizontais, como o vento, e a não abordagem dos efeitos globais da edificação.

### 3 METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a partir de uma revisão sobre as considerações de projeto e execução da alvenaria como elemento estrutural. A partir da fundamentação teórica foi possível abordar o dimensionamento de paredes sob ação de cargas verticais, visando levantar dados sobre a consideração da distribuição de forças nas paredes (utilizando os valores de taxa de interação de 15%, 30% e 50%).

A avaliação dos métodos de consideração visa tratar sobre a influência da solidariedade entre paredes, logo, foi escolhido um projeto arquitetônico concebido para tal sistema e, então, analisado os carregamentos atuantes na estrutura e a consideração de três formas de destruição de esforços: considerando o dimensionamento de parede isoladas, grupos de paredes e a interação entre grupos de paredes.

Características da edificação: Três pavimentos, sendo um térreo e dois tipo. O térreo é apoiado sobre fundação em radier e os demais em lajes de concreto armado, que se assentam em paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto. A edificação possui 103,67 m<sup>2</sup>, a mesma tem dois apartamentos, sendo cada: sala, cozinha/área de serviço, banheiro social, uma suíte e um dormitório.

O método de consideração utilizado foi baseado no procedimento recomendado por Côrrea & Ramalho (2003) e na ABNT NBR 15961: 2011 que trata do dimensionamento de alvenaria estrutural com blocos de concreto.

## 4 SISTEMA CONSTRUTIVO

Segundo Camacho (2001), entende-se por “Sistema construtivo: um processo de elevado nível de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrado pelo processo.”

A utilização de pedra e alvenaria na construção sempre existiu nas obras do passado, porém hoje a técnica sofreu algumas adaptações. É claro que no passado as obras eram mais rudimentares, como exemplo a Pirâmide de Quéops no Egito conforme definição de Alves (2005), “Vários povos entre eles os persas e os assírios utilizavam desde 10.000 a.C. tijolos de adobe, e a partir de 3.000 a.C. tijolos secos ao forno”.

Os romanos, egípcios e gregos utilizavam em suas construções a pedra, enquanto que outros povos, por não possuírem este material natural, recorriam ao artificial, no caso aos tijolos, que historicamente são considerados materiais de substituição (PASTRO, 2007).

Obras marcantes foram construídas no passado em alvenaria como as pirâmides do Egito (Figura 1), o Farol de Alexandria (Figura 2), o Coliseu em Roma (Figura 3), a muralha da China e a Catedral de Notre Dame em Paris que desafiaram o tempo provando a eficiência destas técnicas construtivas.

No final do século XIX, o edifício Monadnock (Figura 4) foi o exemplo pioneiro de alvenaria estrutural. Construído em Chicago entre 1889 e 1891 com 16 pavimentos, altura de 65 m e as paredes interiores possuindo 1,80 m de espessura, representou um marco para sua época e significou o apogeu do sistema construtivo em alvenaria estrutural. “Ele se tornou, também, um marco dos limites para a construção em alvenaria estrutural.”

**Figura 1** - Pirâmide de Quéops no Egito.

Fonte: Wikimedia, 2017

**Figura 2** – Farol de Alexandria no Egito.

Fonte: Estudo da língua e cultura árabe, 2017

**Figura 3** - Coliseu em Roma.

Fonte: Dicas da Itália, 2017

**Figura 4** – Edifício Monadnock em Chicago.

Fonte: Voyage addicted (adicción a viajar), 2017

Nas construções de residências de médio e alto padrão é mais utilizado o sistema construtivo convencional, que dispõe de vigas e pilares de concreto armado, alvenarias de vedação com blocos de concreto ou cerâmico sem função estrutural. Enquanto a construção pré-fabricada em concreto armado ou estrutura metálica é mais adequada em obras do tipo galpões, indústrias, etc. Neste sistema, os elementos estruturais (vigas, pilares, lajes, etc.) são pré-fabricados e há a necessidade transportá-los até a obra como também de montá-los.

A alvenaria estrutural é adotada principalmente para as construções verticais de baixo e médio padrão com pavimentos tipo e repetições de *layout*, pois assume o papel tanto de vedação quanto o estrutural, favorecendo a estabilidade da estrutura pela aplicação da sua carga sempre em forma vertical num ponto em comum.

Para obter-se um bom resultado, os elementos envolvidos no projeto (orçamento, cronogramas, empreiteiras) necessitam ser fiéis ao sistema construtivo, não devem ser misturados, pois isso acarretará em “desajustes” na obra (atraso, prejuízo de material). O ideal é que durante o planejamento, seja estudada a

utilização da alvenaria estrutural e do sistema convencional e realizada uma determinação final do sistema escolhido, diante as características da construção.

A alvenaria estrutural se apresenta por meio de blocos e outros materiais dispostos uns sobre os outros. Com o auxílio da argamassa se faz o encaixe dos mesmos, e assim a estrutura ganha corpo e se transforma em um conjunto coeso, rígido e resistente para suportar as solicitações das cargas.

#### 4.1 CONCEITUAÇÃO DE RACIONALIZAÇÃO

Racionalizar é fazer uso da razão para planejar com eficiência, compatibilizando projetos, utilizando procedimentos executivos que visem otimizar tempo e recursos, contemplando o tripé: economia, funcionalidade e qualidade.

Falar da racionalização é falar da modulação. Da vantagem de ter um empreendimento pensado para uso de alvenaria estrutural, que o sistema economiza quando tem um projeto bem pensado. Na alvenaria estrutural os componentes responsável por resistir são: blocos, argamassa, aço e graute (em pontos específicos).

A alvenaria estrutural desempenha duas funções distintas usando apenas um sistema construtivo de um prédio, a vedação e a sustentação, o que não acontece em estrutura de concreto armado, na qual os elementos estruturais (vigas e pilares) são diferentes dos elementos de vedação, possuindo assim, funcionalidades distintas.

Nesse sistema estrutural é possível a não utilização de vigas e pilares. Nesse sentido, há uma redução significativa em materiais, tais como: madeira para fôrma, aço e concreto, bem como da mão de obra especializada em carpintaria e em corte, dobra e montagem de armações (PASTRO, 2007).

Na fabricação dos blocos para a alvenaria estrutural, além da garantia de resistência, deve existir o devido cuidado no acabamento, não pode haver a presença de buracos laterais e imperfeições. Suas medidas, prumos e alinhamentos devem obedecer as devidas medidas exigidas. Em muitas edificações os blocos ficam aparentes, quando se há a necessidade de revestimento com argamassa, gesso ou outro material. O gasto se torna mínimo devido tal exigência já encontrada em sua fabricação.

Um dos fatores propícios para a racionalização da obra é o encaixe dos blocos de diferentes tamanhos e formatos, não sendo possível a quebra, não há desperdícios a não ser no transporte ou manuseio dos mesmos, fato esse que apresenta maior credibilidade a esse tipo de construção.

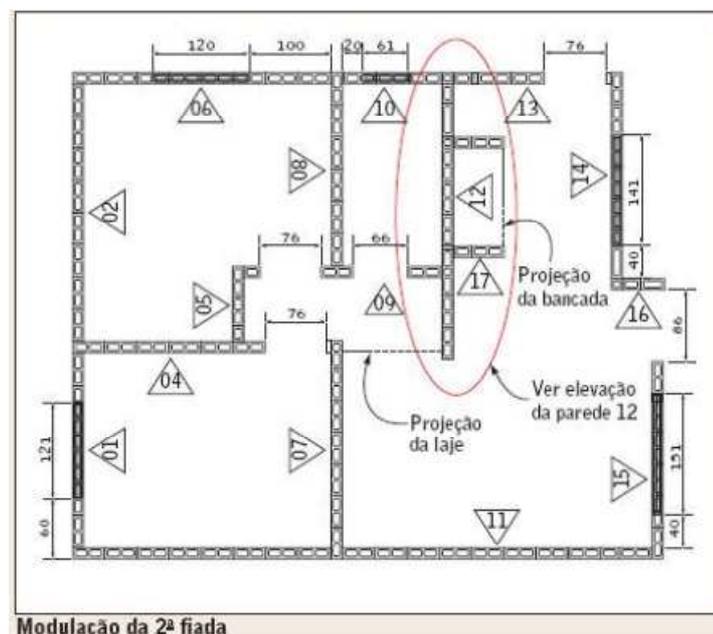
Quanto a argamassa, esta geralmente já se encontra pré-fabricada, o que gera uma economia, pois não haverá desperdício de areia, cimento, etc. suas quantidades de utilização são limitadas, além do que em obras convencionais a argamassa é fabricada no canteiro de obras, o que trás menor eficiência e confiabilidade para o material.

Tais fatores também aplicam-se ao graute, material que tem como função preencher os vazios dos blocos em pontos onde se quer aumentar a resistência localizada de uma parte da alvenaria. Esse componente deve ser colocado através de funis para não haver perdas, ele ficará confinado dentro dos blocos evitando vazamentos, conferindo assim grande economia e limpeza na execução.

#### 4.2 CONSIDERAÇÕES PARA O DIMENSIONAMENTO E EXECUÇÃO

Na alvenaria estrutural para projetar um edifício se torna necessário a modulação juntamente com o projeto arquitetônico. Ela é um processo de encaixe de blocos que devem obedecer as amarrações, sempre os deixando em formato de prisma. (Figura 5):

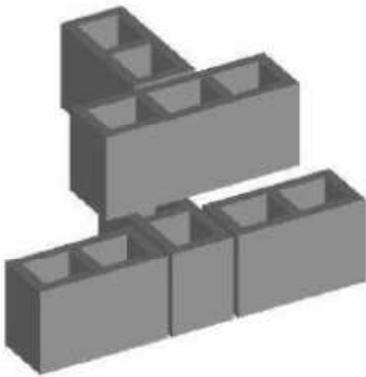
**Figura 5** – Exemplo de modulação



Fonte: Equipe de Obra, 2017

Sempre que possível deve-se evitar as emendas e arranjos. Adotar blocos de mesmas medidas é algo de grande importância e apresenta funcionalidade e eficiência a obra. Quando não for possível a utilização dos blocos de iguais medidas, há blocos especiais, que apresentam medidas maiores ou menores com a finalidade de complementar as modulações. A edificação possuirá medidas múltiplas de acordo com os blocos escolhidos, mas deve ter a devida atenção no que diz respeito aos cantos e amarrações de paredes (Figura 6, Figura 7 e Figura 8):

**Figura 6 – Amarração em "T"**



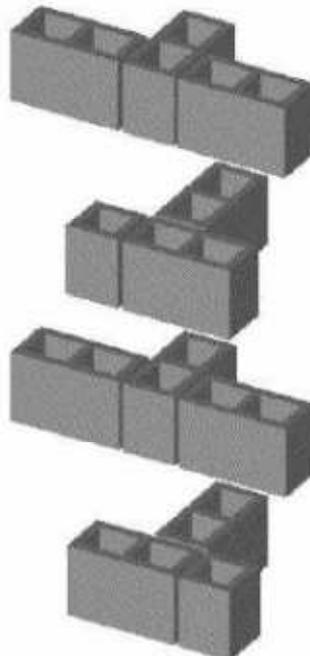
Fonte: Mamede, 2001

**Figura 7 – Amarração em canto**



Fonte: Mamede, 2001

**Figura 8 – Amarração em "T"**



Fonte: Mamede, 2001

Feita a modulação exata com todos os blocos e paredes desenhados, parte-se para a próxima etapa que é de inserir os pontos de graute no projeto. Diferente do que se acredita, os grautes não são elementos que substituem pilares, eles são apenas componentes do sistema que serve para dar solidarização à estrutura. O graute consiste em um concreto bem fluido e com agregados de pequena dimensão, na maioria das vezes com armação em seu interior para suprir necessidades de solicitações de esforços.

Feito isso, o calculista da estrutura faz todos os cálculos e considerações conforme a norma brasileira NBR 15961-1 (ABNT, 2011), solicitações de esforços, comportamento da estrutura, rigidez, estabilidade etc. Deixando, assim, o projeto de alvenaria estrutural pronto.

Pelo sistema ser um sistema econômico, precisa-se projetar pensando nisso, pois quando o *layout* do projeto fica bem distribuído e há mais aproveitamento das paredes, a obra fica mais econômica, ou seja, quanto menos paredes menor será o custo da obra, e para isso tem-se que pensar neste detalhe na fase de concepção do projeto.

Não se deve esquecer que, além dos projetos arquitetônicos e estruturais, tem se também os complementares como o de instalações hidráulicas, instalações elétricas, anti incêndio, ar condicionado, entre outros.

Para termos uma obra bem sucedida e racionalizada, estes projetos bem planejados têm que se unir um respeitando o espaço e objetivo do outro como se eles conversassem entre si.

Na alvenaria estrutural deve-se evitar cortes nas paredes; as instalações, na maioria das vezes, são feitas por dentro das células vazias dos blocos ou na parte externa da alvenaria, em *shafts* etc.

Em suma, a intenção de um bom gerenciamento da obra é fazer todos os segmentos de cada peça da obra se integrar, gerando um produto final satisfatório e com objetivo alcançado.

## 4.3 MATERIAIS

### 4.3.1 Blocos

Alvenaria estrutural é um assunto muito amplo, pois qualquer objeto que for usado com argamassa de assentamento, fazendo a ligação entre mais peças seja qual for o material e formando uma estrutura prismática, pode-se dizer que é uma alvenaria estrutural.

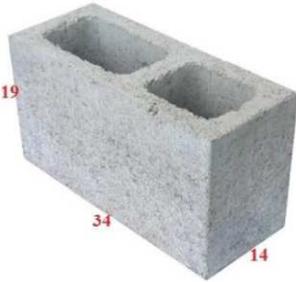
Portanto existem diversos tipos de materiais para ser usado em formato de bloco como o bloco cerâmico, o bloco de sílico-calcário, bloco de concreto celular e o de cimento, que é o foco deste trabalho. Desta forma, têm-se algumas informações sobre o bloco de cimento.

Os materiais empregados para a fabricação dos blocos de cimento consistem em cimento Portland, agregados e água. As proporções e traços são em função da resistência esperada.

Absorção de água é outro fator considerável, pois o bloco não pode absorver muita água sugando a água da argamassa de assentamento. Ao mesmo tempo não pode ser impermeável por motivo de aderência da argamassa ao bloco, portanto tem que existir um bom equilíbrio na absorção de água.

As medidas dos blocos devem, usualmente, ser múltiplas para facilidade de modulação; por isso, os blocos de concreto são divididos em duas famílias, a família 39 e a família 29.

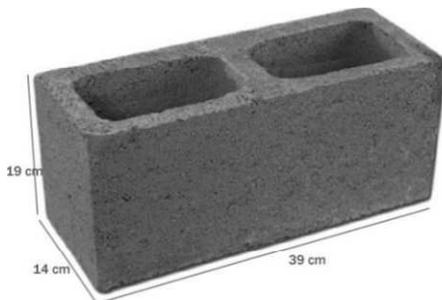
A família 39 possui dimensão em módulo de 20 cm diferente da largura que é de 15 cm, por isso precisa-se de blocos com a finalidade de modular estas medidas, o de 14x19x34 (Figura 09) usado nos cantos e o 14x19x54 (figura 10) usado nos encontros de parede em "T". Tem-se o 14x19x39 (figura 11) que é o mais utilizado nos comprimentos das paredes e o meio bloco desta medida que é o 14x19x19 (Figura 12), muito usado em vãos de portas e janelas, onde a armação da alvenaria precisa terminar em prumo.

**Figura 9** – Bloco 14x19x34.

Fonte: ABCP, 2003

**Figura 10** – Bloco 14x19x54.

Fonte: ABCP, 2003

**Figura 11** – Bloco 14x19x39.

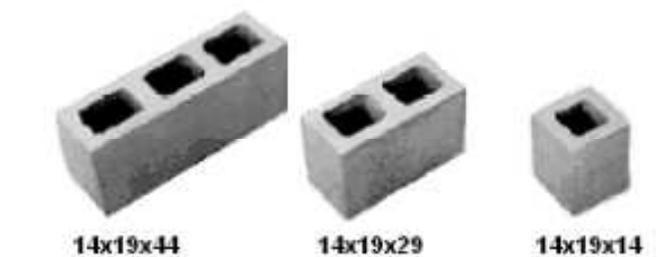
Fonte: ABCP, 2003

**Figura 12** – Bloco 14x19x19.

Fonte: ABCP, 2003

Conforme ABCP (2003), a família 29 ainda não apresenta dimensões padronizadas de norma de blocos estruturais, consta apenas como vedação, por isso existe no mercado na forma de bloco de vedação, e possui dimensão em módulo de 15 cm o que facilita, pois é a mesma medida de sua largura.

Na figura 13, pode-se ver o bloco de 14x19x29 que é o mais utilizado nos comprimentos das paredes, o meio bloco desta medida é o 14x19x19, muito usado em vãos de portas e janelas, onde a amarração da alvenaria precisa terminar em prumo, e o 14x19x44 usado nos encontros de parede em “T”.

**Figura 13** – Bloco 14x19x29, Bloco 14x19x19, Bloco 14x19x44, ABCP, 2003.

Fonte: ABCP, 2003

As características como resistência à compressão, dimensões dos blocos, espessura mínima das paredes estão especificadas nas normas brasileiras NBR 6136 (ABNT, 2016) e NBR 12118 (ABNT, 2013).

#### **4.3.2 Argamassa de assentamento**

Um item muito importante do sistema é a argamassa de assentamento, pois ela tem a responsabilidade de distribuir toda a carga para os blocos que nela estão ligados, ou seja, pode-se assimilar a ela uma solda de uma estrutura metálica, pois há um componente estrutural (bloco) em cima e outro embaixo. Por isso, ela se torna a emenda entre os componentes, tendo, assim, que suportar a carga solicitada e unir os componentes do prisma.

A resistência da argamassa geralmente é de 70% a 100% da resistência do próprio bloco. Se a resistência da argamassa é aumentada, não se aumenta a resistência da parede em geral, portanto ela pode ser usada nesse percentual de resistência (PASTRO, 2007).

O que deve ser muito bem observado são as espessuras das juntas. A medida ideal para ela é de 1 cm, podendo se ter problemas com juntas menores e juntas maiores. Se a junta for menor que 1 cm corre-se o risco da face de um bloco encostar na outra, concentrando tensões que prejudicam a resistência da parede, e se a junta passar de 1 cm, a resistência da parede diminui. Portanto deve-se controlar essa junta horizontal com 1 cm, e respeitar sempre a resistência da argamassa de assentamento exigida pelo calculista da estrutura.

A ABNT NBR 13281 (2005), classifica 4 tipos de argamassa mista:

- Argamassa tipo M: usada em alvenaria em contato com o solo, como fundações, muros de arrimo etc. Possui alta resistência à compressão e excelente durabilidade.
- Argamassa tipo S: usada em alvenaria sujeita a esforços de flexão. Tem boa resistência à compressão e à tração quando confinada entre as unidades.
- Argamassa tipo N: usada para uso geral em alvenarias expostas, sem contato com o solo. Tem média resistência à compressão e boa durabilidade.
- Argamassa tipo O: pode ser usada em alvenaria de unidades maciças onde a tensão de compressão não ultrapasse 0,70 MPa e não esteja exposta em meio

agressivo. Apresenta baixa resistência à compressão e é conveniente para o uso em paredes de interior em geral.

#### **4.3.3 Graute**

O graute é um concreto com agregados miúdos, alta plasticidade e com fluidez necessária para preencher os vazios e se acomodar nos vãos, designados no sistema de alvenaria estrutural.

Eles são usados no interior da célula dos blocos, aumentando, assim, a área da seção do bloco dando mais resistência para o ponto da alvenaria que está grauteado, aumentando a resistência de sobrecarga em tal ponto. Para que isso aconteça, é necessário um concreto com uma boa trabalhabilidade, pois quase sempre as condições de lançamento não são boas e as armaduras internas também não ajudam, por isso o cuidado tem que ser redobrado.

Com isso o resultado pretendido é de uma peça íntegra e com os quatro itens muito bem integrados: o bloco, a argamassa de assentamento, o aço e o graute, para se obter uma peça uniforme e com boa resistência.

#### **4.3.4 Armaduras**

Apesar do sistema não ser em concreto armado, existem pontos na alvenaria estrutural onde necessita aço, como, por exemplo, nas vergas e contra-vergas. Elas são nada mais do que peças como vigas que estão principalmente, solicitadas à flexão. Com isso, o aço tem boas características para suportar a tração e é usado para este fim, bem como, garantir maior resistência a compressão. Usa-se aço também no graute para dar ductibilidade e garantir maior solidariedade entre as paredes.

Casos especiais precisam ser estudados mais profundamente, como um longo vão ou uma parede onde terá esforço lateral como um muro de arrimo de alvenaria estrutural. Estes são casos à parte onde com certeza é necessária a armação desta estrutura.

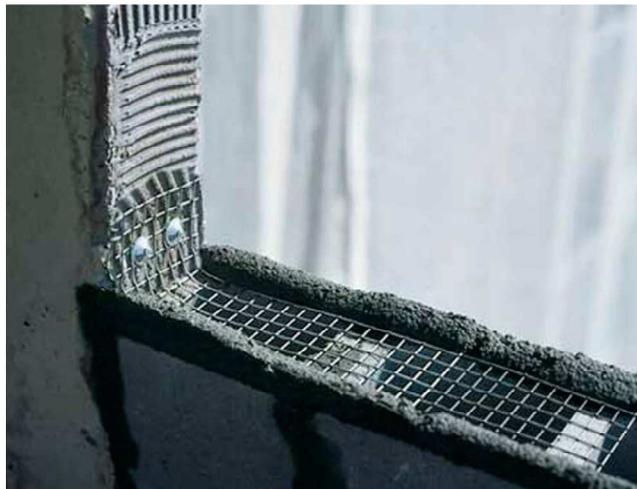
#### 4.3.5 Tela Metálica e Grampo

Em algumas situações de projeto ou mesmo de alteração do mesmo, não se consegue ter amarração na alvenaria com a modulação e suas medidas múltiplas perfeitas. Há ocasiões, também, onde se precisa unir alvenaria de vedação com alvenaria estrutural. Nestes casos, usa-se a tela metálica ou grampo.

Muito importante ressaltar que quando se adota estes procedimentos fica totalmente descartada a possibilidade de aproveitar o efeito de uniformização de distribuição de cargas verticais ou horizontais, usando a tela ou o grampo como união de alvenarias (Figura 14).

O grampo também é muito utilizado em paredes duplas onde existem grandes cargas atuando lateralmente na parede, fazendo, desta forma, com que as duas peças de alvenaria se integrem tentando formar uma seção maior, o mais uniforme possível.

**Figura 14** – Tela metálica e grampo



Fonte: Teciam - Desenvolvendo soluções completas, 2017

#### 4.4 EXECUÇÃO DE OBRA

Após a conclusão da fundação, deve-se demarcar a obra com a primeira fiada de blocos. Toda a alvenaria tem que estar em seu devido eixo, e principalmente esquadro e nível nesta etapa, pois este esquadro e nível contribuem bastante com a qualidade do prisma.

Todos os blocos devem ser dispostos exatamente como se encontra no projeto de modulação. A primeira fiada de blocos é exatamente a base do graute, por isso tem-se que tomar um cuidado especial com a superfície onde receberá o

ponto de graute, pois é um ponto muito propício a acumular massa de assentamento (PASTRO, 2007) conforme Figura 15.

**Figura 15** – Assentamento de bloco.

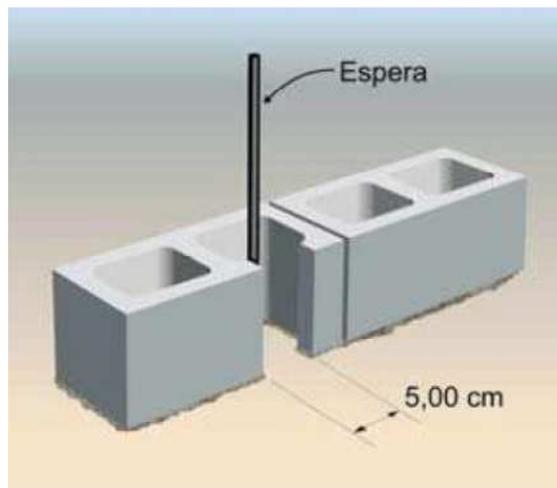


Fonte: ABCP, 2003

Por este motivo precisa-se abrir um nicho com aproximadamente 5 cm no bloco onde será feito o graute e limpar a superfície, retirando excesso de argamassa de assentamento e aplicando água para uma boa aderência do graute, conforme Figura 16.

Sabe-se, logicamente, que na alvenaria estrutural não se pode, de forma alguma, danificar ou abrir buracos nos blocos, mas este é um ponto especial onde o próprio graute enrijece no ponto onde foi cortada a alvenaria.

**Figura 16** – Nicho no bloco.



Fonte: ABCP, 2003

Nas demais fiadas deve-se tomar sempre o cuidado com nível, esquadros e principalmente prumo, para que se mantenha rígido e na sua forma projetada. Assim, tem-se que contar com a ajuda de réguas e níveis, podendo ser nível de bolha, mangueira de nível, nível a laser, o importante é garantir a integridade da qualidade dos serviços (Figura 17).

Os cantos e encontros de paredes também merecem atenção especial, pois são pontos onde são grauteados e são lugares onde se encontram duas, três ou quatro rumos de parede, e com isso elas têm que se encontrar e encaixar uma na outra, de acordo com a modulação proposta. O mais recomendado é usar o escantilhão para a garantia de prumo, alinhamento e nível da alvenaria a ser executada (Figura 18).

**Figura 17** – Assentamento de bloco.



Fonte: ABCP, 2003

**Figura 18** – Escantilhão.



Fonte: ABCP, 2003

A argamassa de assentamento pode ser aplicada de duas formas, uma apenas no sentido longitudinal do bloco e a outra no sentido longitudinal e transversal do bloco. Segundo fontes da ABCP, estudos feitos anteriormente indicam que existe uma redução de 20% na resistência à compressão de uma parede assentada apenas com argamassa no sentido longitudinal comparado a uma parede assentada com argamassa nos dois sentidos, longitudinal e transversal, conforme Figuras 19 e 20.

**Figura 19** – Assentamento de bloco.



Fonte: ABCP, 2003

**Figura 20** – Assentamento de bloco.



Fonte: ABCP, 2003

Um elemento que faz parte da responsabilidade de manter o prisma rígido e com estabilidade além do graute são as canaletas “U” (Figura 21) que servem de cintas geralmente nos respaldos e servem de vergas e contra-vergas para portas e janelas. Quando usadas como vergas e contra-vergas elas têm a função de, além de evitar as trincas diagonais em volta das esquadrias, a de enrijecer a estrutura do

prisma (estrutura formada por blocos assentados com argamassa), pois onde há esquadrias não há área de alvenaria, ficando um ponto sem estrutura.

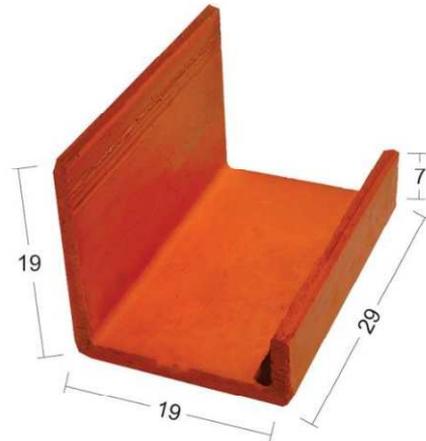
Existe, também, a canaleta “J” (Figura 22) que serve para ancorar a cinta de respaldo da parede com a laje.

**Figura 21** – Canaleta.



Fonte: ABCP, 2003

**Figura 22** – Canaleta “J”



Fonte: Geocities, 2017

Para executar o grauteamento deve-se tomar alguns cuidados, como dito anteriormente, isto é, deve-se abrir um nicho no bloco da primeira fiada para limpeza da área aderente, e, também, um cuidado especial com a argamassa de assentamento para que esta não se misture com dois tipos de materiais diferentes. A célula onde será grauteada tem que estar limpa e livre de qualquer coisa que possa ocupar o lugar do graute (Figura 23). Esta limpeza é recomendada a ser feita no máximo a cada 6 fiadas, para conseguir ter acesso à sujeira.

**Figura 23** – Excesso de argamassa.



Fonte: ABCP, 2003

Feita a limpeza, o graute é colocado no interior da célula com a ajuda de um funil para evitar desperdícios e que algum material externo se misture (Figura 24).

**Figura 24 – Graute.**



**Fonte:** ABCP, 2003

Após abordagem realizada neste tópico, é pertinente destacar que não são suficientes ótimos projetos, materiais excelentes, equipamentos e tecnologias de última geração se não houver mão de obra especializada. Por isso há um cuidado especial a ser tomado com relação à mão de obra, por exemplo, uma equipe que está acostumada à construir obras no sistema convencional com vigas e pilares, certamente não é a equipe ideal para fazer alvenaria estrutural, a não ser que ela passe por um treinamento que deixe-a preparada e com toda experiência necessária para execução de alvenaria estrutural com seus detalhes e particularidades.

Geralmente as equipes que se especializam em alvenaria estrutural são as equipes que sempre trabalharam com alvenaria seja estrutural ou vedação, os tradicionais “bloqueiros”, eles tem mais facilidade no aprendizado do sistema, pois o ritmo de trabalho é familiar.

## 5 MÉTODOS DE CÁLCULO

### 5.1 CARREGAMENTO VERTICAL

Segundo Corrêa & Ramalho (2003), ao se projetar uma edificação em alvenaria estrutural deve-se levar em consideração qual a finalidade da mesma. Para edifícios residenciais, como é o caso do trabalho apresentado, as principais cargas são:

- a) Ações das lajes;
- b) Peso próprio das paredes.

Tais valores podem ser obtidos de acordo com a ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações.

#### 5.1.1 Cargas provenientes das lajes

Em edifícios residenciais as cargas principais atuantes nas lajes são divididas em dois grandes grupos: cargas permanentes e cargas variáveis. As cargas permanentes atuantes normalmente são:

- a) Peso próprio;
- b) Contrapiso;
- c) Revestimento ou piso;
- d) Paredes não-estruturais.

Quando se trata de cargas variáveis devem-se levar em consideração as sobrecargas de utilização, que em edifícios residenciais apresentam valores que variam de 1,5 a 2,0 kN/m<sup>2</sup>.

As paredes estruturais recebem todas as cargas que as lajes descarregam que as utilizam como apoios. Devemos destacar dois casos para calcular tais ações:

- a) lajes armadas em uma direção;
- b) lajes armadas em duas direções.

Para os casos de lajes armadas em uma direção ou lajes pré-moldadas, devem considerar apenas a região de influência de cada apoio, isto é, os lados que se encontram perpendicularmente à direção das armaduras.

Para lajes maciças, ou seja, armadas em duas direções, tem sua utilização o procedimento de linhas de ruptura, o que recomenda a ABNT NBR 6118 (2014) – Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado.

### 5.1.2 Peso próprio das paredes

Deve-se utilizar a expressão para o cálculo do peso próprio das paredes:

$$P = \gamma * e * h \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo,

$P$ : peso da alvenaria (por unidade de comprimento) - (kN/m)

$\gamma$ : peso específico da alvenaria - (kN/m<sup>3</sup>)

$e$ : espessura da parede (bloco + revestimento) - (m)

$h$ : altura da parede (não esquecer eventuais aberturas) - (m)

Para o valor de  $\gamma$ , na expressão o parâmetro de maior importância, considere-se as condições específicas da alvenaria utilizada. Em edifícios residenciais os principais são representados na tabela a seguir.

**Tabela 1** – Blocos e pesos específicos

Tipo de alvenaria	Peso específico kN/m <sup>3</sup>
Blocos vazados de concreto	14
Blocos vazados de concreto preenchidos com graute	24
Blocos cerâmicos	12

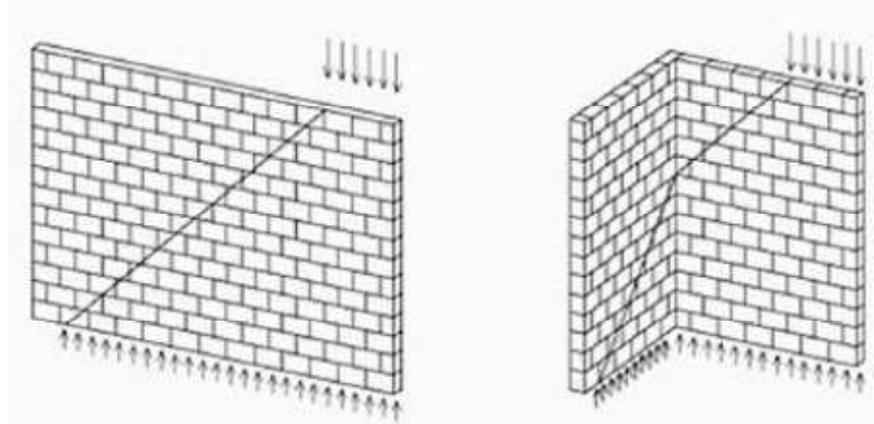
Fonte: Adaptado CORRÊA & RAMALHO, 2003

## 5.2 INTERAÇÃO DE PAREDES

Em uma parede de alvenaria estrutural, quando se utiliza apenas parte de seu comprimento para se colocar um carregamento, a tendência é que haja um espalhamento ao longo de sua altura, como descreve a ANBT NBR 15961-1 (2011) que tal espalhamento segue-se segundo um ângulo de 45° (figura 25).

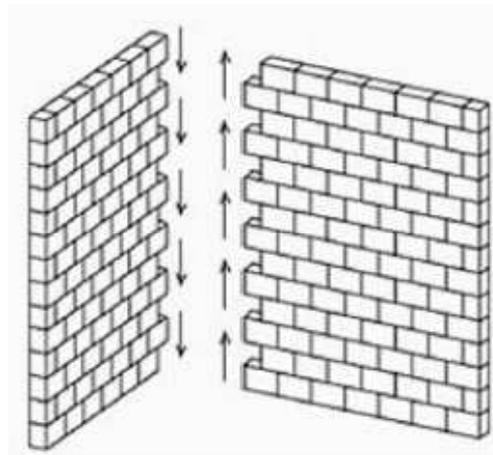
Torna-se necessário que esse espalhamento se expanda para cantos e bordas, para isso é preciso que a amarração seja realizada com a intercalação dos blocos em uma e outra direção, isto é, não poderá haver juntas a prumo conforme figura 26.

**Figura 25** – Espalhamento do carregamento em paredes planas e em “L”.



**Fonte:** Corrêa e Ramalho, 2003

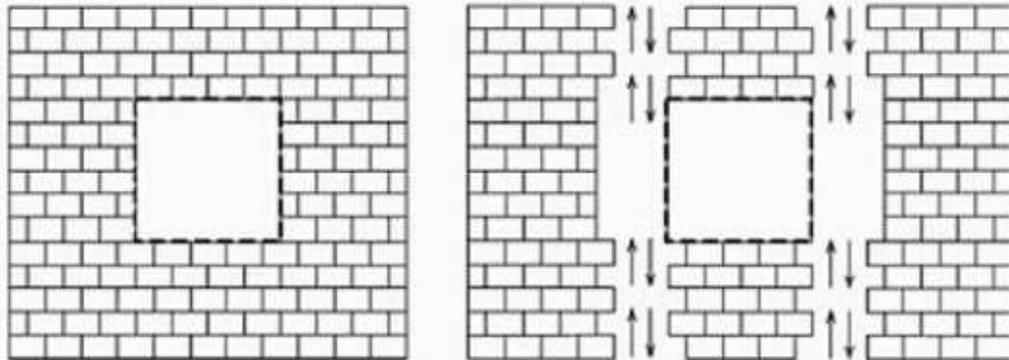
**Figura 26** – Interação de paredes em um canto



**Fonte:** Corrêa e Ramalho, 2003

Outro ponto que se existe a devida atenção é onde se encontra aberturas, sempre verificando a existência ou não de forças de interação. Costuma ser usadas as aberturas como o limite entre as paredes, ou seja, a interrupção do elemento é caracterizada pela abertura. Sendo assim, as paredes com aberturas considera-se normalmente como uma sequencia de paredes independentes.

**Figura 27** – Interação de paredes em região de janela.



Fonte: CORRÊA & RAMALHO, 2003

### 5.3 IMPORTÂNCIA DA UNIFORMIZAÇÃO DAS CARGAS

As paredes nos edifícios em alvenaria estrutural são solicitadas normalmente de maneira bastante diferenciada uma das outras. Assim sendo, levaria a blocos de resistência bastante diferenciadas para um mesmo pavimento, o que acarretaria em custo elevado e facilmente a confusão na hora da utilização, dessa maneira a parede mais solicitada definiria a resistência dos blocos.

De acordo com Oliveira JR & Pinheiro (1994b), estudos comprovam que paredes estruturais trabalhando em conjunto com lajes, possuem capacidade de distribuição das ações, o que gera um espalhamento do carregamento de paredes mais solicitadas para as menos solicitadas.

Para que haja uma economia é necessária que a uniformização das cargas verticais ao longo da altura da edificação seja a maior possível, assim haverá uma tendência à redução das resistências dos blocos a serem especificados. Caso contrário, haverá o risco de uma redução bastante significativa da segurança da edificação, para que ocorra efetivamente a uniformização se torna necessário a amarração direta como já descrito anteriormente.

Conforme Corrêa & Ramalho (1994b), dois pontos básicos devem estar bem estabelecidos: como tratar as ações das lajes sobre as paredes estruturais e como simular a interação das paredes.

Encontram-se, a seguir, alguns procedimentos utilizados para se fazer a distribuição das ações verticais, suas vantagens e desvantagens.

## 5.4 DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS

Através do processo de distribuição de cargas verticais, podemos conhecer qual o procedimento que mais se destaca no que diz respeito às vantagens, desvantagens e aplicações, desse modo, os conheceremos a seguir particularmente.

### 5.4.1 Paredes Isoladas

Neste procedimento é importante entender que cada parede se apresenta como um elemento independente e sem interação com outros elementos pertencentes à estrutura. Trata-se de uma ação rápida e bem simples. Quando se pretende verificar a carga de toda e qualquer parede que se encontra em determinado nível, somam-se todas as cargas atuantes nessa parede nos pavimentos acima do nível considerado, então caso haja a ausência da uniformização das cargas as resistências dos blocos serão mais elevadas, isto resultaria na insegurança da estrutura das paredes.

Do ponto de vista econômico há certa negatividade, uma vez que a utilização de blocos mais resistentes gera custos mais altos. Além disso, considerar as paredes completamente isoladas não é aceitável para a maioria das edificações, considerando as razões anteriormente descritas.

Esse tipo de procedimento (paredes isoladas) é recomendado para edificações de altura relativamente pequena, onde os seus efeitos negativos são quase imperceptíveis.

### 5.4.2 Grupos Isolados de Paredes

Entende-se por grupo um conjunto de paredes que são supostas totalmente solidárias. Normalmente, os limites dos grupos são as aberturas (portas e janelas). Neste caso, consideram-se as cargas totalmente uniformizadas em cada grupo, efeito contrário ao processo de utilização de paredes isoladas. Isso significa que as forças de interação em canto e bordas são necessárias para garantir o espalhamento e uniformização total em uma pequena altura. Por outro lado, as forças de interação nas aberturas, limites dos grupos serão desconsideradas, o que

acarretará no trabalho isolado dos demais grupos. É um procedimento bem aceito na literatura internacional. Sutherland (1968) principalmente por propor uma divisão na laje em triângulos e trapézios e que essas áreas de contribuição sejam levadas a grupos de paredes que estariam trabalhando solidárias.

Os triângulos e trapézios mencionados nada mais são do que as regiões formadas por linhas de ruptura das lajes de concreto. E as evidências de uniformização do carregamento vertical dentro dos grupos foram levantadas por Stockbridge *apud* Hendry (1981) que mediu deformações em paredes na base de um edifício de cinco pavimentos enquanto este era construído. Essas medidas mostram que as cargas acabavam se uniformizando à medida que os pavimentos eram acrescentados à edificação.

Segundo Corrêa e Ramalho, (2003), é um procedimento facilmente implementado, porém trata-se de um trabalho um pouco maior do que para o procedimento de paredes isoladas. Basta apenas que todas as cargas a serem aplicadas em qualquer parede de um determinado grupo sejam somadas e posteriormente distribuídas pelo comprimento total dessas paredes do grupo. Após encontra-la a carga corresponde a um pavimento, basta multiplicar pelo número de pavimentos que se encontram acima do nível que se pretende verificar.

É um procedimento seguro, especialmente quando as aberturas são especificações adequadas de blocos. A redução das resistências necessárias para os blocos costuma ser bastante significativa em relação ao procedimento das paredes isoladas. Podendo ser fundamental a edificações de qualquer altura. Entretanto, é imprescindível fazer uma correta avaliação das forças de interação em cantos e bordas, condição fundamental para sua correta aplicação.

O limite entre os grupos baseia-se em outros parâmetros, o procedimento pode apresentar distorções, dependendo de quais paredes serão consideradas como pertencentes a este ou aquele grupo. Considera-se ainda que produza reações adequadas para eventuais estruturas de apoio, esse fato constitui um detalhe importantíssimo a ser estudado. Quanto à relação econômica, bastante racional para seu desenvolvimento.

### 5.4.3 Grupos de Paredes com Interação

Este procedimento é conhecido como uma extensão do anterior, pois mostra uma sofisticação adicional de modo que os próprios grupos de paredes interagem entre si. Portanto, a diferença entre este procedimento e o anterior, que apenas considerava a interação em canto e bordas, é a existência de forças de interação também sobre as aberturas.

Certamente essa interação não se limite a uniformização total do carregamento, pois isso equivaleria a encontrar a carga vertical total de um pavimento e dividi-la pelo comprimento total das paredes, obtendo uma carga média igual para todos os elementos. Na verdade, é conveniente que se defina uma taxa de interação, que representa quanto a diferença de cargas entre grupos que interagem deve ser uniformizada em cada nível.

Devem-se especificar quais grupos de paredes estão interagindo, de modo que o projetista tenha total controle sobre o processo, isso lhe renderá mais trabalho que os dois procedimentos anteriormente mencionados, no entanto, reduzirá a possibilidade da ocorrência de erros, necessita do uso de computadores, bem como um programa de planilha eletrônica. Uma sugestão interessante para se considerar essa interação através de um algoritmo seguro e relativamente fácil de ser implementado é apresentada em Corrêa & Ramalho (1994a) ou Corrêa & Ramalho (1998b).

Resumidamente trata-se de fazer a distribuição através das seguintes equações:

$$d_n = (q_i - q_m) * (1 - t) \quad \text{Equação (2)}$$

$$q_i = q_m + d \quad \text{Equação (3)}$$

Onde:

$n$  = número de grupos que estão interagindo;

$q_i$  = carga do grupo  $i$ ;

$q_m$  = carga média dos grupos que estão interagindo, calculada pela carga total dividida pelo comprimento total;

$d$  = diferença de carga do grupo em relação à média;

$t$  = taxa de interação.

Tomando como base a segurança do procedimento aqui exposto, dificilmente adota-se uma posição simplista, por ser um procedimento que exige muita experiência do projetista e resultados experimentais para a sua utilização. Se bem manuseado, é seguro e capaz de produzir inclusive ações adequadas para eventuais estruturas de suporte.

Um ponto que chama a atenção é sua economia. As especificações de resistências de blocos resultantes de sua utilização tendem a ser as menores entre outros procedimentos discutidos.

De forma especial quando se tem paredes de pequenas dimensões e isoladas por aberturas, as diferenças são bem mais significativas, mesmo em relação ao procedimento de grupos isolados. Isso quer dizer que, semelhante ao procedimento que considera os grupos isolados, o processo de grupo de paredes com interação é adequado a edificações de qualquer altura. Entretanto, sem dúvida, as condições fundamentais para sua utilização é que se avalie corretamente a possibilidade de realmente ocorrerem às forças de interação, tanto em cantos e bordas como nas regiões de aberturas.

## 6 EXEMPLO DE CÁLCULO DE EDIFÍCIO

### 6.1 CARACTERÍSTICAS DO EDIFÍCIO

O edifício utilizado em análise no trabalho é uma edificação de pequeno porte em alvenaria estrutural. O mesmo possui três pavimentos, sendo um térreo e dois tipo. O térreo é apoiado diretamente sobre o solo e os demais em lajes de concreto armado, que se apoiam em paredes de alvenaria estrutural de blocos de concreto. A edificação possui dois reservatórios de 3000 litros. A alvenaria será não-armada, de acordo com a definição adotada pela ABNT NBR 15961-1 - Alvenaria Estrutural - Blocos Vazados de Concreto - Parte 1: Projeto.

O esquema vertical do edifício será mostrado na figura do apêndice, observa-se que os pés-esquerdos nos pavimentos tipo são de 2,99 m de piso a piso. Levando em consideração que as lajes sejam de concreto armado de 12 cm de espessura, obtém-se paredes de 2,87 m de altura. Todas as lajes possuem 12 cm de espessura, exceto a do fundo dos reservatórios que possui 15 cm.

A planta baixa é apresentada na figura em anexo, observando que os módulos horizontais são de 14 cm, pode-se admitir que todas as paredes são estruturais.

### 6.2 AÇÕES VERTICAIS

Todos os carregamentos apresentados no trabalho admitiu o peso específico da parede revestida de 14 kN/m<sup>3</sup> e o peso específico do concreto de 25 kN/m<sup>3</sup>.

As lajes do pavimento tipo, seus carregamentos e suas características geométricas são apresentados na tabela a seguir. A fim de simplificar os cálculos, admitiu-se que o carregamento nas lajes de cobertura, no total após composição, igual às do pavimento tipo. As escadas foram admitidas com carga total de 9,15 kN/m<sup>2</sup>, com os degraus apoiados em suas extremidades. Os valores obtidos da tabela são resultados das combinações últimas de ações definidos pela fórmula:

$$F_d = \gamma_G F_{G,k} + \gamma_q F_{Q1,k} \quad \text{Equação (4)}$$

Onde:

$F_d$  - é o valor de cálculo para a combinação última;

$\gamma_G$  - é o ponderador das ações permanentes (Tabela 2);

$F_{G,k}$  - é o valor característico das ações permanentes;

$\gamma_q$  - é o ponderador das ações variáveis (Tabela 2);

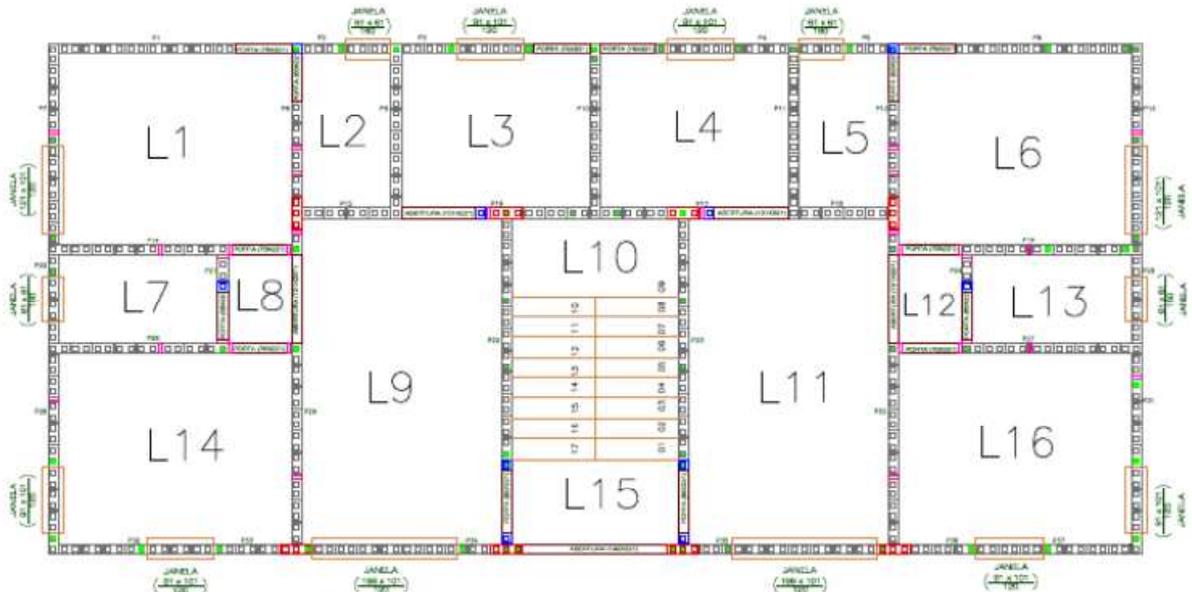
$F_{Q1,k}$  - é o valor característico da ação variável considerada como principal;

**Tabela 2** - Coeficientes de ponderação para combinações normais de ações

Categoria da ação	Tipo de estrutura	Efeito	
		Desfavorável	Favorável
Permanentes	Edificações Tipo 1 e pontes em geral	1,35	0,9
Variáveis	Edificações Tipo 1 e pontes em geral	1,50	-

Fonte: Adaptado ABNT NBR 8681, 2003

**Figura 28** – Identificação das lajes.



Fonte: Autor

**Tabela 3** – Carregamentos e característica geométricas do pavimento tipo.

Lajes	Características geométricas			Cargas (kN/m <sup>2</sup> )			
	Lx (m)	Ly (m)	Espessura (cm)	Sobrecarga	Revest.	Peso próprio	Carga total
L1=L6	6,6	5,5	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65
L2=L5	2,7	4,5	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65
L3=L4	5,4	4,5	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65
L7=L13	4,6	2,7	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65
L8=L12	2,28	2,7	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65
L9=L11	5,7	9,2	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65
L10	4,8	2,4	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65
L14=L16	6,6	5,5	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65
L15	4,8	2,58	0,12	2,25	1,35	4,05	7,65

Fonte: Autor

### 6.3 DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS VERTICAIS

Para a distribuição das cargas verticais foram adotados os três procedimentos já descritos no capítulo anterior (paredes isoladas, grupos de paredes sem e com interação). A nomenclatura adotada para as paredes e os grupos considerados é apresentada na figura dos apêndices. Suas delimitações dos grupos foram feitas levando em consideração a separação por aberturas.

Para se encontrar as reações de apoio das lajes pelo procedimento de paredes isoladas, inicialmente foi adotado o método das áreas, processo pelo qual é definido conforme o item 14.7.6.1 ABNT NBR 6118/2014, na qual é permitido calcular as reações de apoio de lajes retangulares sob carregamento uniformemente distribuído, sendo consideradas para cada apoio, as cargas correspondentes aos triângulos ou trapézios obtidos, traçando, a partir dos vértices, em planta, retas inclinadas de:

- 45° entre dois apoios do mesmo tipo;
- 60° a partir do apoio engastado, se o outro for simplesmente apoiado;
- 90° a partir do apoio vinculado (apoiado ou engastado), quando a borda vizinha for livre.

Tal processo é ilustrado na figura a seguir e baseado em tal figura, as reações de apoio por unidade de largura serão dadas por:

$$v_x = \frac{p.A_x}{l_y} \quad \text{Equação (5)}$$

$$v'_x = \frac{p.A'_x}{l_y} \quad \text{Equação (6)}$$

$$v_y = \frac{p.A_y}{l_x} \quad \text{Equação (7)}$$

$$v'_y = \frac{p.A'_y}{l_x} \quad \text{Equação (8)}$$

$p$  → carga total uniformemente distribuída

$l_x, l_y$  → menor e maior vão teórico da laje, respectivamente

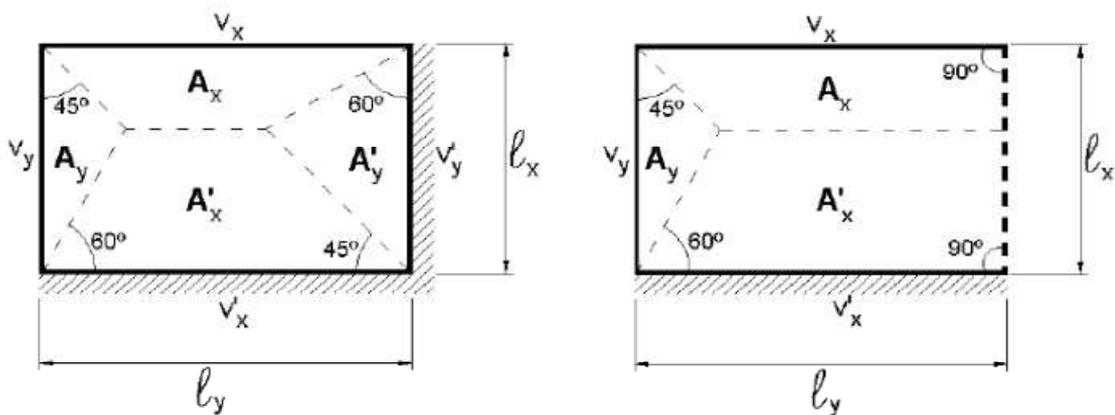
$v_x, v'_x$  → reações de apoio na direção do vão  $l_x$

$v_y, v'_y$  → reações de apoio na direção do vão  $l_y$

$A_x, A'_x$  etc. → áreas correspondentes aos apoios considerados

' → sinal referente às bordas engastadas

**Figura 29** – Exemplo de aplicação do processo das áreas.



Fonte: PINHEIRO, 1993

É válido destacar que as reações de apoio  $v_x$  e  $v'_x$  distribuem-se em uma borda de comprimento  $l_y$ , o que também ocorre o contrário na outra direção.

Para uma simplificação de cálculo, as reações assim obtidas devem ser consideradas uniformemente distribuídas nas paredes de apoio. O que na realidade, o que ocorre é a não uniformização de distribuições, pois os valores máximos ocorrem nas partes centrais e vai diminuindo conforme se aproxima das extremidades.

Para a análise das paredes, as mesmas foram feitas as medidas de acordo com as dimensões em planta a partir das aberturas apresentadas em projeto (janelas e portas).

O dimensionamento das áreas foi encontrado com o auxílio do software AUTOCAD 2010, que obedecendo aos procedimentos será demonstrado nos resultados na qual a figura encontra-se no apêndice.

Após os cálculos utilizando as equações (5), (6), (7) e (8) e encontrado todas as reações, devido aos carregamentos das lajes, calculou-se o peso próprio das paredes utilizando a equação (1). De posse desses resultados, encontrou-se a carga total distribuída para o pavimento da cobertura que é resultante da soma das reações das lajes com o peso próprio das paredes. Logo, a carga total a ser encontrada é resultado do produto da carga distribuída pelo comprimento de cada parede.

A carga distribuída para o pavimento térreo é gerada da multiplicação do número de pavimentos pela carga total distribuída do pavimento tipo da cobertura.

Para encontrar a tensão só foi necessário fazer a divisão da carga já encontrada pela espessura da parede. O valor gerado tem unidade kN/m<sup>2</sup> a qual deve ter unidade MPa. De mãos dessa tensão, pode-se encontrar o valor da resistência do prisma pela fórmula descrita na NBR 15961-1 (ABNT, 2011), Item 11.2.1:

$$N_{Rd} = f_d AR \quad \text{Equação (9)}$$

Igualando a tensão solicitante a tensão resistente, temos:

$$\frac{N_{Rd}}{A} = S_d \therefore S_d = \frac{f_{pk} R}{\gamma_m} \quad \text{Equação (10)}$$

Sendo  $\gamma_m = 2$  (Tabela 2 da ABNT NBR 15961-1 do Item 6.2.5.2), logo:

$$f_{pk} = \frac{\gamma_m S_d}{R} \quad \text{Equação (11)}$$

Em que:

$$R = \left[ 1 - \left( \frac{h}{40t} \right)^3 \right] \quad \text{Equação (12)}$$

Onde:

$N_{Rd}$ - força normal resistente de cálculo;

$f_d$ - resistência de cálculo à compressão da alvenaria;

A - área da seção resistente;

R - é o coeficiente redutor devido à esbeltez da parede.

$S_d$  – Tensão solicitante

$f_{pk}$ - resistência de prisma

$\gamma_m$ - Coeficiente de ponderação das resistências

h – altura da parede

t – espessura da parede

Levando em consideração o valor da eficiência prisma-bloco de 0,7, pode-se obter a resistência mínima do bloco, pela fórmula:

$$\eta = \frac{f_{pk}}{f_b} \therefore f_b = \frac{f_{pk}}{\eta} \quad \text{Equação (13)}$$

Onde:

$\eta$  – eficiência

$f_b$ - resistência de bloco

Para o processo de grupos de paredes, segue o processo análogo ao de paredes isoladas. A diferença está em que cada grupo é gerado de acordo com a limitação das aberturas e os valores resultantes são gerados da soma das variáveis

que pertencem aos seus devidos grupos, no qual seus respectivos valores serão demonstrados nos resultados.

Nos grupos de paredes com interação, segue o processo semelhante de grupos sem interação. Há um destaque que nesse processo deve haver uma taxa de interação entre os grupos. Os valores adotados foram de 15%, 30% e 50%. Utilizando fórmulas já mencionadas e com o auxílio de planilha eletrônica do Microsoft Excel 2010, chegou-se aos resultados descritos nos resultados.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No processo de paredes isoladas chegou-se aos seguintes resultados:

**Tabela 4 – Dados referentes as paredes dos pavimentos**

<b>Peso específico (kN/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Altura da parede (m)</b>	<b>Largura (m)</b>	<b>Peso próprio (kN/m)</b>
14	2,87	0,14	5,63

Fonte: Autor

**Tabela 5 – Comprimentos das paredes e carregamentos atuantes por pavimento – planta baixa em anexo**

Continua...

<b>Paredes</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Laje (kN/m)</b>	<b>Peso próprio (kN/m)</b>	<b>Total dist. (kN/m)</b>	<b>Total (kN)</b>
P1	5,56	11,20	5,63	16,83	93,57
P2	1,81	5,27	5,63	10,89	19,71
P3	3,45	16,19	5,63	21,81	75,26
P4	3,45	16,19	5,63	21,81	75,26
P5	1,81	5,27	5,63	10,89	19,71
P6	5,56	11,20	5,63	16,83	93,57
P7	4,01	13,63	5,63	19,25	77,19
P8	4,56	25,46	5,63	31,09	141,76
P9	4,22	17,44	5,63	23,07	97,35
P10	4,22	23,89	5,63	29,51	124,55
P11	4,22	17,44	5,63	23,07	97,35
P12	4,56	25,46	5,63	31,09	141,76
P13	4,01	13,63	5,63	19,25	77,19
P14	5,56	31,89	5,63	37,51	208,58
P15	2,42	26,39	5,63	32,01	77,47
P16	4,11	94,49	5,63	100,11	411,47
P17	4,11	94,49	5,63	100,11	411,47
P18	2,42	25,81	5,63	31,44	76,08
P19	5,56	31,89	5,63	37,51	208,58
P20	1,81	5,40	5,63	11,03	19,96

Continuação

Paredes	Comprimento (m)	Laje (kN/m)	Peso próprio (kN/m)	Total dist. (kN/m)	Total (kN)
P21	1,76	16,11	5,63	21,73	38,25
P22	8,06	47,26	5,63	52,89	<b>426,29</b>
P23	8,06	47,26	5,63	52,89	<b>426,29</b>
P24	1,76	16,11	5,63	21,73	38,25
P25	1,81	5,40	5,63	11,03	19,96
P26	4,32	24,16	5,63	29,79	128,68
P27	4,32	24,16	5,63	29,79	128,68
P28	4,31	11,22	5,63	16,84	72,59
P29	7,71	30,80	5,63	36,42	280,82
P30	7,71	30,80	5,63	36,42	280,82
P31	4,31	11,22	5,63	16,84	72,59
P32	3,31	16,38	5,63	22,01	72,85
P33	3,00	18,08	5,63	23,70	71,10
P34	3,46	21,63	5,63	27,25	94,29
P35	3,46	21,63	5,63	27,25	94,29
P36	3,00	18,08	5,63	23,70	71,10
P37	3,31	16,38	5,63	22,01	72,85

Fonte: Autor

A seguir apresenta-se aos valores de cargas e tensões referentes ao pavimento térreo. Pelos resultados encontrados pode-se concluir que a variação das tensões nas paredes que fazem parte do trabalho é bem expressiva. Poderia-se grautear e armar as paredes mais solicitadas, mas mesmo assim ainda haveria uma grande diferença no carregamento das referidas paredes.

Tabela 6 – Paredes isoladas pavimento térreo

Continua...

Paredes	Carga distribuída (kN/m)	Tensão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Res. de prisma (MPa)	Res. do bloco (MPa)
P1	50,49	360,63	0,361	1,00	1,50
P2	32,67	233,38	0,233	0,50	0,50
P3	65,44	467,46	0,467	1,00	1,50

Continuação

Paredes	Carga distribuída (kN/m)	Tensão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Res. de prisma (MPa)	Res. do bloco (MPa)
P4	65,44	467,46	0,467	1,00	1,50
P5	32,67	233,38	0,233	0,50	0,50
P6	50,49	360,63	0,361	1,00	1,50
P7	57,75	412,51	0,413	1,00	1,50
P8	93,26	666,17	0,666	1,50	2,00
P9	69,20	494,30	0,494	1,00	1,50
P10	88,54	632,46	0,632	1,50	2,00
P11	69,20	494,30	0,494	1,00	1,50
P12	93,26	666,17	0,666	1,50	2,00
P13	57,75	412,51	0,413	1,00	1,50
P14	112,54	803,88	0,804	2,00	3,00
P15	96,04	685,97	0,686	1,50	2,00
P16	300,34	2145,30	2,145	5,00	<b>7,00</b>
P17	300,34	2145,30	2,145	5,00	<b>7,00</b>
P18	94,31	673,68	0,674	1,50	2,00
P19	112,54	803,88	0,804	2,00	3,00
P20	33,09	236,36	0,236	0,50	0,50
P21	65,19	465,65	0,466	1,00	1,50
P22	158,67	1133,35	1,133	2,50	3,50
P23	158,67	1133,35	1,133	2,50	3,50
P24	65,19	465,65	0,466	1,00	1,50
P25	33,09	236,36	0,236	0,50	0,50
P26	89,36	638,32	0,638	1,50	2,00
P27	89,36	638,32	0,638	1,50	2,00
P28	50,53	360,90	0,361	1,00	1,50
P29	109,27	780,48	0,780	2,00	3,00
P30	109,27	780,48	0,780	2,00	3,00
P31	50,53	360,90	0,361	1,00	1,50
P32	66,02	471,59	0,472	1,00	1,50
P33	71,10	507,87	0,508	1,00	1,50
P34	81,75	583,93	0,584	1,50	2,00

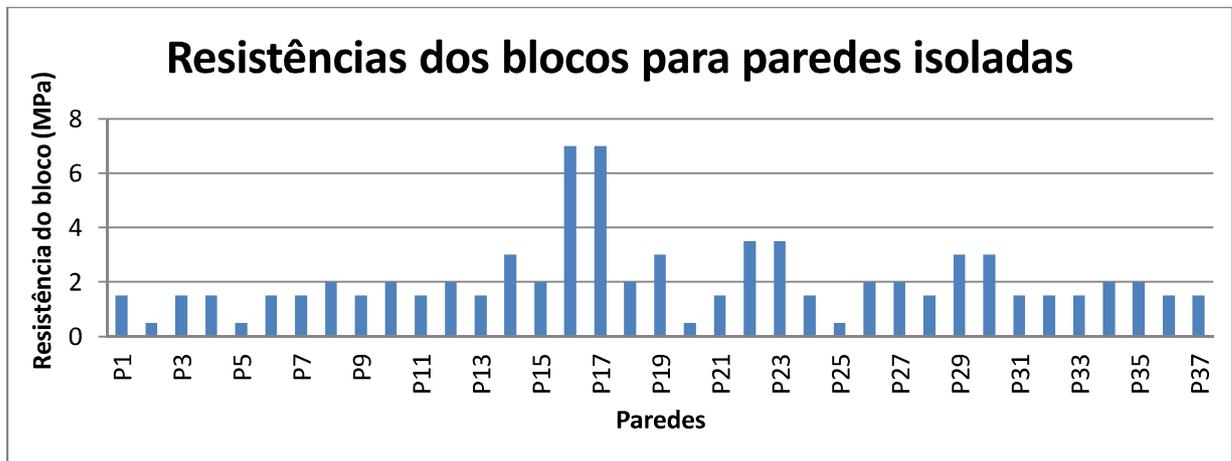
Continuação

Paredes	Carga distribuída (kN/m)	Tensão (kN/m <sup>2</sup> )	Tensão (MPa)	Res. de prisma (MPa)	Res. do bloco (MPa)
P35	81,75	583,93	0,584	1,50	2,00
P36	71,10	507,87	0,508	1,00	1,50
P37	66,02	471,59	0,472	1,00	1,50

Fonte: Autor

Para melhor visualizar os dados apresentados na tabela anterior, segue o gráfico 1.

Gráfico 1 – Resistências dos blocos para paredes isoladas



Fonte: Autor

Agora, considerando-se grupos isolados de paredes (sem interação), obtêm-se, para o mesmo pavimento térreo, os resultados apresentados na tabela a seguir. Da análise dos resultados obtidos, pode-se perceber que a situação das paredes em que a distribuição das cargas dependia de forças de interação em cantos e bordas, fez com que a tensão ficasse com valores bem próximos, o que não ocorreu no processo de paredes isoladas. Também é notório que para as paredes onde a resistência de bloco apresentava valor de 7,0 MPa, esse valor foi reduzido para 4,5 MPa, representando uma redução de 36%, já sendo um benefício no que diz respeito a economia da edificação.

Tabela 7 – Grupo de paredes sem interação

Grupos	Comp.	C. total (kN)	C. dist. (kN/m)	Tensão (MPa)	Res. de Prisma (MPa)	Res. Bloco (MPa)
G1 (P1,P7)	9,57	512,29	53,53	0,382	1	1,5
G2 (P2)	1,81	59,14	32,67	0,233	0,5	0,5
G3 (P3,P9,P15,P8)	14,65	1175,51	80,24	0,573	1,5	2
G4 (P10,P16,P17, P22,P23)	28,56	5400,20	189,08	1,351	3	<b>4,5</b>
G5 (P4,P11,P18, P12)	14,65	1171,35	79,96	0,571	1,5	2
G6 (P5)	1,81	59,14	32,67	0,233	0,5	0,5
G7 (P6,P13)	9,57	512,29	53,53	0,382	1	1,5
G8 (P20,P14,P21)	9,13	800,37	87,66	0,626	1,5	2
G9 (P19,P24,P25)	9,13	800,37	87,66	0,626	1,5	2
G10 (P26,P28)	8,63	603,82	69,97	0,500	1	1,5
G11 (P27,P31)	8,63	603,82	69,97	0,500	1	1,5
G12 (P32)	3,31	218,54	66,02	0,472	1	1,5
G13 (P29,P33)	10,71	1055,76	98,58	0,704	1,5	2
G14 (P34)	3,46	282,86	81,75	0,584	1,5	2
G15 (P35)	3,46	282,86	81,75	0,584	1,5	2
G16 (P30,P36)	10,71	1055,76	98,58	0,704	1,5	2
G17 (P37)	3,31	218,54	66,02	0,472	1	1,5

Fonte: Autor

Os valores a seguir referem-se ao processo de grupo de paredes com interação. No que se diz respeito aos valores comparados ao de grupos sem interação, os grupos menos solicitados não apresentaram grandes variações, mas no diz respeito ao grupo mais solicitado houve ainda uma redução na resistência de 1,0 MPa para taxa de 50%, o que contribui ainda mais na parte econômica da obra. Essa é uma situação típica que o método traz na parte de dimensionamento. Como

a parede isolada tinha pequena dimensão, e por causa disso apresentava problemas com tensões muito elevadas, a carga transmitida aos demais grupos não é significativa para acrescer as suas tensões, sendo, no entanto suficiente para reduzir de forma significativa a própria tensão.

**Tabela 8** – Grupo de paredes com interação de 15%

C. Média (kN/m)	Grupos	Carga (kN/m)	$\Delta$ Carga (kN/m)	C. Unif. (kN/m)	Tensão (kN/m <sup>2</sup> )	Ten. (Mpa)	Res. de Prisma (MPa)	Res. de Bloco (MPa)
98,03	G1	53,53	-37,83	60,21	430,05	0,430	1	1,5
	G2	32,67	-55,56	42,48	303,40	0,303	0,5	0,5
	G3	80,24	-15,12	82,91	592,20	0,592	1,5	2
	G4	189,08	77,39	175,43	1253,04	1,253	3	<b>4,5</b>
	G5	79,96	-15,37	82,67	590,48	0,590	1,5	2
	G6	32,67	-55,56	42,48	303,40	0,303	0,5	0,5
	G7	53,53	-37,83	60,21	430,05	0,430	1	1,5
	G8	87,66	-8,81	89,22	637,28	0,637	1,5	2
	G9	87,66	-8,81	89,22	637,28	0,637	1,5	2
	G10	69,97	-23,85	74,18	529,84	0,530	1	1,5
	G11	69,97	-23,85	74,18	529,84	0,530	1	1,5
	G12	66,02	-27,21	70,82	505,89	0,506	1	1,5
	G13	98,58	0,46	98,50	703,54	0,704	1,5	2
	G14	81,75	-13,84	84,19	601,38	0,601	1,5	2
	G15	81,75	-13,84	84,19	601,38	0,601	1,5	2
	G16	98,58	0,46	98,50	703,54	0,704	1,5	2
	G17	66,02	-27,21	70,82	505,89	0,506	1	1,5

Fonte: Autor

Tabela 9 – Grupo de paredes com interação de 30%

C. Média (kN/m)	Grupos	Carga (kN/m)	$\Delta$ Carga (kN/m)	C. Unif. (kN/m)	Tensão (kN/m <sup>2</sup> )	Ten. (MPa)	Res. de Prisma (MPa)	Res. de Bloco (MPa)
98,03	G1	53,53	-31,15	66,88	477,72	0,478	1	1,5
	G2	32,67	-45,75	52,28	373,43	0,373	1	1,5
	G3	80,24	-12,45	85,58	611,27	0,611	1,5	2
	G4	189,08	63,74	161,77	1155,48	1,155	2,5	<b>3,5</b>
	G5	79,96	-12,65	85,38	609,84	0,610	1,5	2
	G6	32,67	-45,75	52,28	373,43	0,373	1	1,5
	G7	53,53	-31,15	66,88	477,72	0,478	1	1,5
	G8	87,66	-7,26	90,77	648,38	0,648	1,5	2
	G9	87,66	-7,26	90,77	648,38	0,648	1,5	2
	G10	69,97	-19,64	78,39	559,91	0,560	1,5	2
	G11	69,97	-19,64	78,39	559,91	0,560	1,5	2
	G12	66,02	-22,41	75,63	540,18	0,540	1	1,5
	G13	98,58	0,38	98,41	702,95	0,703	1,5	2
	G14	81,75	-11,40	86,64	618,82	0,619	1,5	2
	G15	81,75	-11,40	86,64	618,82	0,619	1,5	2
	G16	98,58	0,38	98,41	702,95	0,703	1,5	2
	G17	66,02	-22,41	75,63	540,18	0,540	1	1,5

Fonte: Autor

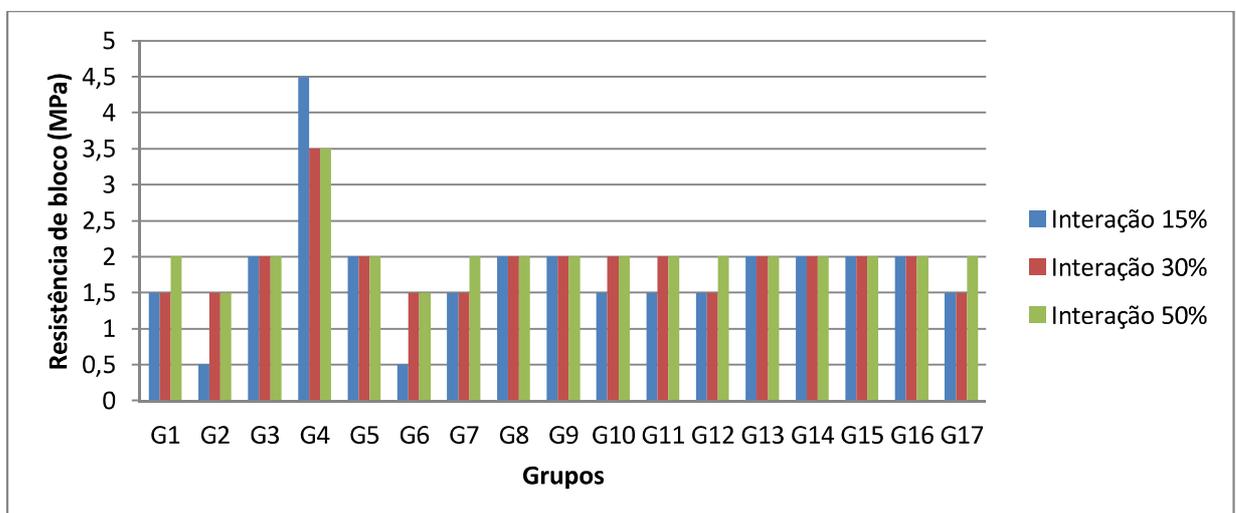
Tabela 10 – Grupo de paredes com interação de 50%

C. Média (kN/m)	Grupos	Carga (kN/m)	$\Delta$ Carga (kN/m)	C. Unif. (kN/m)	Tensão (kN/m <sup>2</sup> )	Ten. (MPa)	Res. de Prisma (MPa)	Res. de Bloco (MPa)
98,03	G1	53,53	-22,25	75,78	541,30	0,541	1,5	2
	G2	32,67	-32,68	65,35	466,80	0,467	1	1,5
	G3	80,24	-8,90	89,14	636,68	0,637	1,5	2
	G4	189,08	45,53	143,56	1025,41	1,025	2,5	3,5
	G5	79,96	-9,04	88,99	635,67	0,636	1,5	2
	G6	32,67	-32,68	65,35	466,80	0,467	1	1,5
	G7	53,53	-22,25	75,78	541,30	0,541	1,5	2
	G8	87,66	-5,18	92,85	663,20	0,663	1,5	2
	G9	87,66	-5,18	92,85	663,20	0,663	1,5	2
	G10	69,97	-14,03	84,00	600,00	0,600	1,5	2
	G11	69,97	-14,03	84,00	600,00	0,600	1,5	2
	G12	66,02	-16,00	82,03	585,91	0,586	1,5	2
	G13	98,58	0,27	98,30	702,17	0,702	1,5	2
	G14	81,75	-8,14	89,89	642,08	0,642	1,5	2
	G15	81,75	-8,14	89,89	642,08	0,642	1,5	2
	G16	98,58	0,27	98,30	702,17	0,702	1,5	2
	G17	66,02	-16,00	82,03	585,91	0,586	1,5	2

Fonte: Autor

Para uma melhor visualização segue o gráfico:

Gráfico 2 – Comparativo das interações

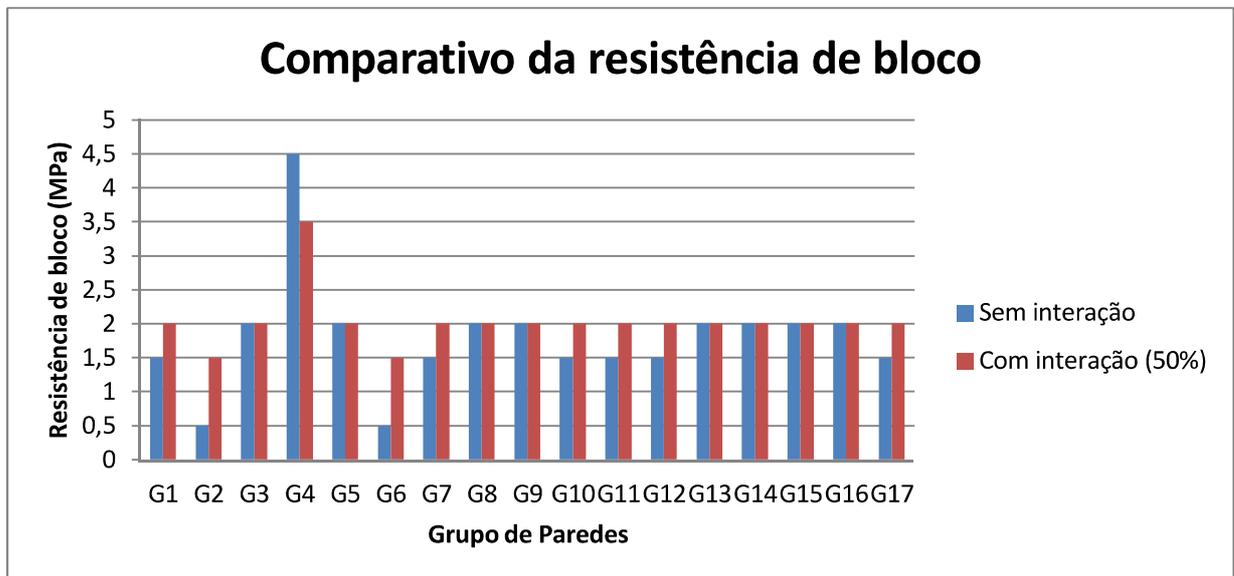


Fonte: Autor

Através dos resultados das tabelas, pode-se perceber que o processo utilizado com a interação de 50% apresentou valores mais uniformes, assim sendo houve uma melhor representação para a distribuição das cargas verticais influenciando, de forma muito significativa, a resistência necessária para os blocos a serem utilizados e, por consequência, o custo da obra. Entretanto, não se deve deixar de se considerar o aspecto mais importante a ser analisado: a segurança a ser obtida com o procedimento de análise, o que mostra ser fundamental o desenvolvimento de pesquisa que gere informação sobre a interação de paredes.

A fim de comparar os resultados dos dois métodos anteriores (grupo de paredes sem interação e com interação), foi elaborado o seguinte gráfico:

**Gráfico 3 – Comparativo de resistências.**



Observando o gráfico pode-se perceber que houve uma redução da resistência para o grupo mais solicitado na faixa de 22%. Observou-se também que os valores ficaram mais uniformes no método de paredes com interação. Conclui-se portanto que o mesmo apresenta uma melhor redistribuição de cargas, ficando evidente que se torna mais eficaz em relação à economia da edificação.

Os resultados, apesar de simplificados, devido a não consideração de forças horizontais e não verificação da estabilidade global, comunga com a estimativa de resistência para bloco de 1 MPa por pavimento.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A alvenaria estrutural é uma forma de construção que apresenta vários benefícios se bem projetado e executado. Durante todo o trabalho isso foi bem definido e demonstrado.

Através dos três métodos utilizados foi possível ver na realidade o quanto se é concebível diminuir a resistência necessária para os blocos. Nas comparações entre os métodos paredes isoladas e grupo de paredes sem interação verificou-se uma redução da resistência de maior valor na faixa de 36%. Já no comparativo entre o grupo de paredes sem interação e o grupo com interação avaliando as taxas de 15%, 30% e 50%, na qual a taxa adotada foi de 50%, pela uniformidade de seus valores, o segundo caso apresentou ainda uma redução de 22%, deixando evidente que tal método contribui muito na redistribuição das cargas e gera economias significativas no dimensionamento.

O sistema necessita, ainda, de estudos experimentais para confirmar os resultados encontrados, principalmente no que diz respeito a interação entre paredes. Destaca-se ainda que há certo receio no uso do sistema estrutural, seja por preconceito, seja por falta de conhecimento, ou pela exigência que a modalidade exige tanto na hora de projetar como na execução. Dessa forma, o trabalho teve o intuito de trazer mais uma contribuição para a disseminação dessa forma de construção segura, limpa e econômica.

## REFERÊNCIAS

ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland). **Alvenaria com Bloco de Concreto: Prática Recomendada**. Recife, 2003. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/downloads/index.shtml>. Acesso: 25 de Setembro de 2017

**ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

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

**ABNT NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

**ABNT NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

**ABNT NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

**ABNT NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos. Rio de Janeiro, 2005.

**ABNT NBR 15961-1**: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 1: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

**ABNT NBR 15961-2**: Alvenaria estrutural — Blocos de concreto - Parte 2: Execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

ACCETTI, K. M. (1998). **Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria**. São Carlos. 247p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CAMACHO, Jefferson Sidney. **Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural: Notas de Aula**. Ilha Solteira, 2001. Disponível em: <http://www.nepae.feis.unesp.br>. Acesso: 25 de Setembro de 2017.

CORRÊA, M.R.S.; RAMALHO, M.A. (2003). **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Editora PINI Ltda.

Dicas da Itália, 2017. Disponível em:

<<https://www.dicasdaitalia.com.br/2015/06/coliseu-de-roma.html>>. Acesso em: 21 de Outubro de 2017.

Estudo da língua e cultura árabe. Farol de Alexandria no Egito, 2017. Disponível em: <<http://www.arabeeegipcio.com/2014/12/o-grande-farol-de-alexandria-uma-das-7.html>>. Acesso em: 20 de Outubro de 2017.

Equipe de Obra. Exemplo de modulação, 2008. Disponível em:

<<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/15/execucao-de-alvenaria-73686-1.aspx>>. Acesso em: 25 de outubro de 2017.

Geocities. Blocos, 2017. Disponível em:

<<http://www.geocities.com/valepavi/blocos.htm>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

MAMEDE, Fabiana Cristina. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. Dissertação de Mestrado. São Carlos, 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-06062006-162432/>>. Acesso em: 03 de novembro de 2017.

NOGUEIRA, T.J.B.P; **A alvenaria estrutural como processo construtivo potencialmente enxuto – uma visão a partir da lean construction**. Monografia. Fortaleza, 2010.

OLIVEIRA JR., V. ; PINHEIRO, L. M. (1994b) **Método prático para distribuição das ações verticais em paredes de alvenaria**. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5., Florianópolis, Brazil, 21-24 Aug. 1994. *Proceedings*. Florianópolis, Univ. Fed. Santa Catarina / University of Edinburgh/ ANTAC, p.315-322.

PASTRO, Rodrigo Zambotto. **Sistema Construtivo de Alvenaria Estrutural**. Monografia. Itatiba, 2007.

PENTEADO, Adilson Franco. **Gestão da Produção do Sistema Construtivo em Alvenaria Estrutural**. Campinas, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, na área de concentração de Edificações) Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil.

PINHEIRO, L.M. **Concreto armado: tabelas e ábacos**. São Carlos, Escola de Engenharia de São Carlos, 1993. USP.

Teciam – Desenvolvendo soluções completas. Tela metálica e grampo, 2017. <<http://www.teciam.com.br/telas-alvenaria.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2017.

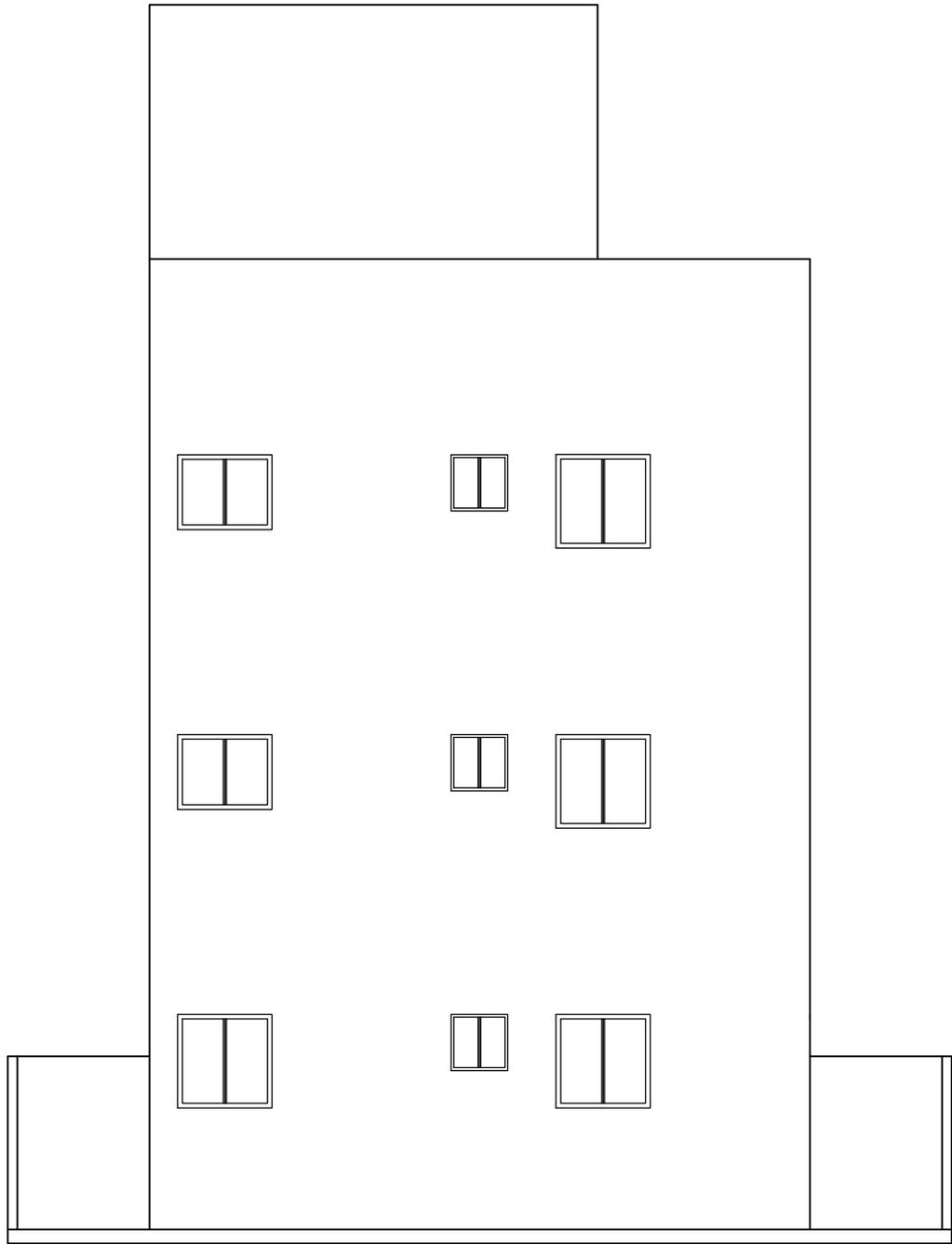
VILATÓ, Rolando Ramirez. **Racionalização do Projeto de Edifícios em Alvenaria Estrutural**. São Paulo, 2000. Disponível em: <<http://pcc2515.pcc.usp.br/Documentos%202007/RACIONALIZA%C3%87%C3%83O%20DE%20PROJETO%20DE%20EDIF%C3%8DCIOS%20EM%20ALVENARIA%20ESTRUTURAL.pdf>>. Acesso: 20 de Outubro de 2017.

Voyage addicted (adicción a viajar). Edifício Monadnock em Chicago, 2017. Disponível em: <<https://voyageaddicted.com/2014/12/26/chicago-the-loop-el-laboratorio-de-arquitectura/monadnock-chicago-jose-ferri/>>. Acesso em: 21 de outubro de 2017.

Wikimedia commons. Pirâmide de Quéops, 2017. Disponível em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:General\\_Custer\\_-\\_Sphinx\\_and\\_pyramid\\_\(by\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:General_Custer_-_Sphinx_and_pyramid_(by).jpg)>. Acesso em: 20 de Outubro de 2017.

## APÊNDICES





UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - CAMPUS VIII

ASSUNTO: FACHADA OESTE

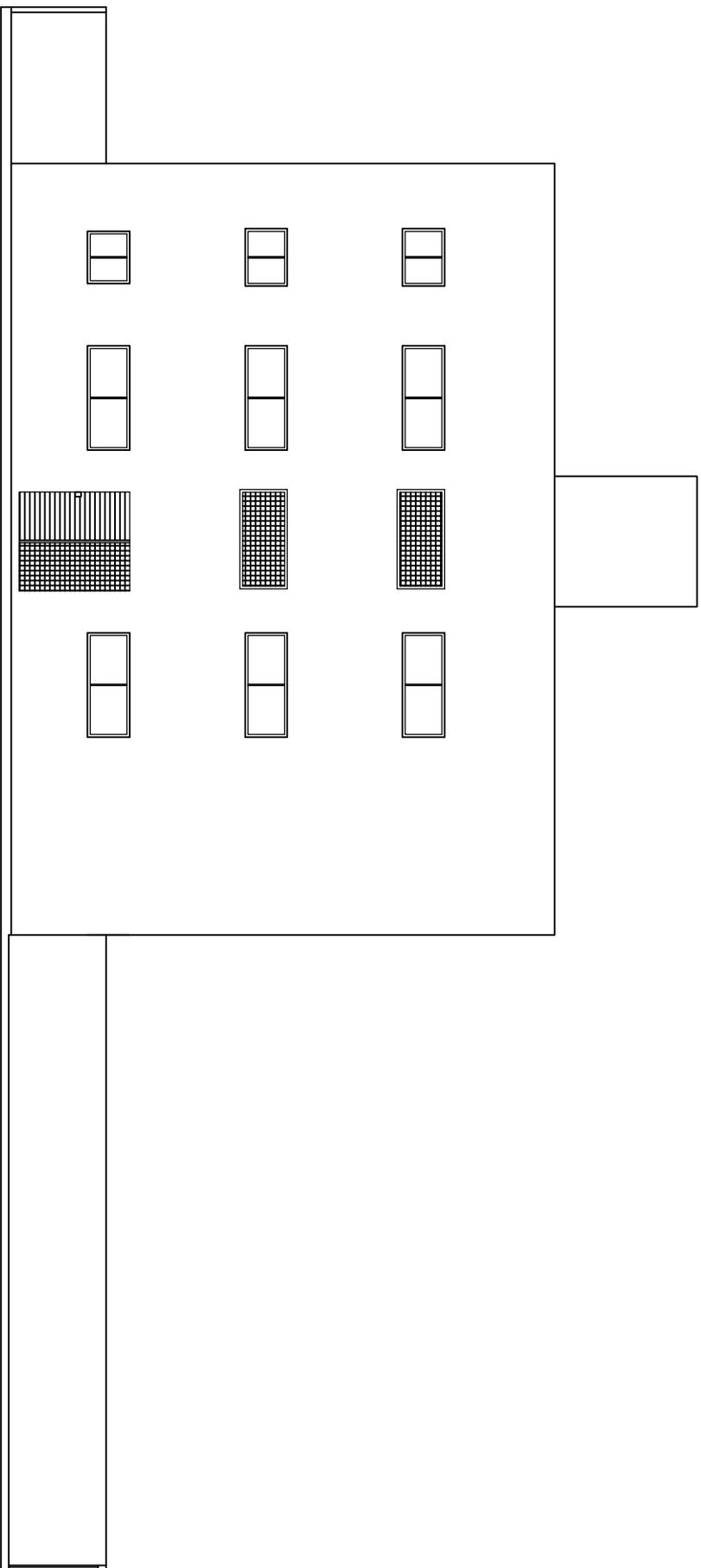
ESCALA: 1:75

FOLHA: XX

PROJETO: PROJETO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

DISCENTE: WAGNER LIMA

DATA: 00/00/00



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - CAMPUS VIII

ASSUNTO: FACHADA NORTE

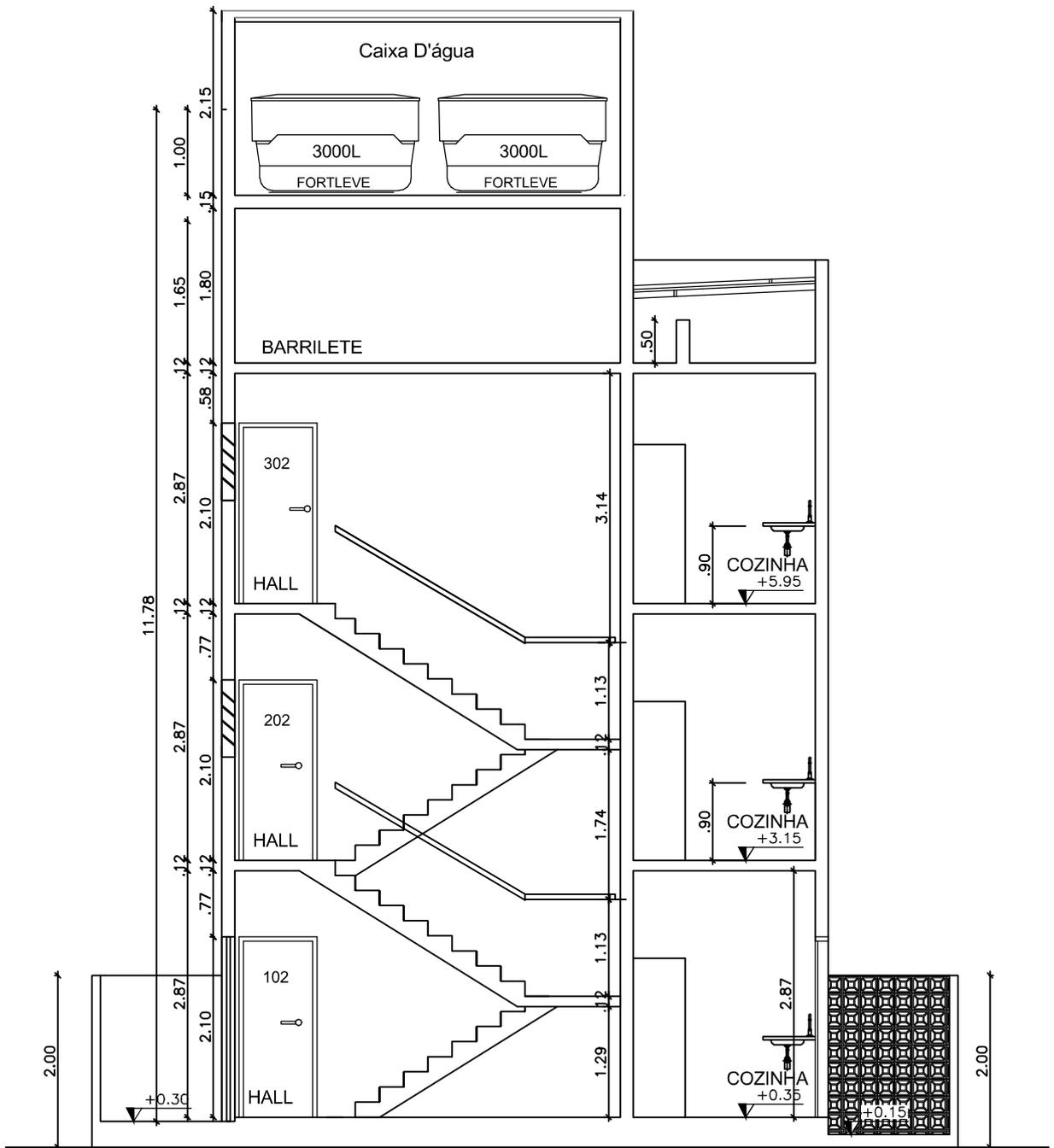
PROJETO: PROJETO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

ESCALA: 1:125

DISCENTE: WAGNER LIMA

FOLHA: XX

DATA: 00/00/00



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA - CAMPUS VIII

ASSUNTO: CORTE B-B

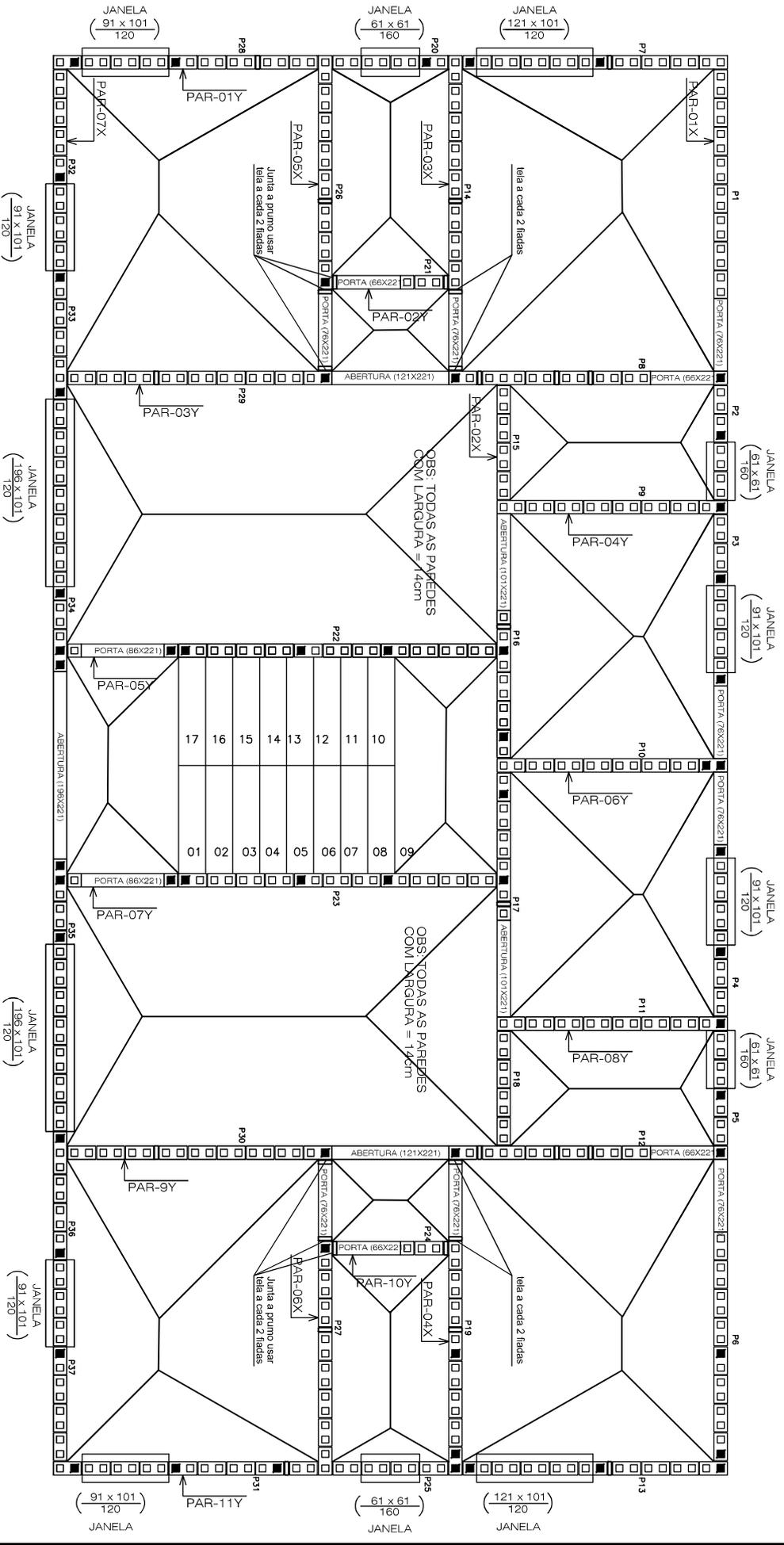
ESCALA: 1:75

FOLHA: XX

PROJETO: PROJETO DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR

DISCENTE: WAGNER LIMA

DATA: 00/00/00



OBS: TODAS AS PAREDES COM LARGURA = 14cm

OBS: TODAS AS PAREDES COM LARGURA = 14cm

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAIBA - CAMPUS VIII