UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – UNIJUÍ

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS

Curso de Graduação em Engenharia Civil

SAMIR FRANCISCO CASALINI WILDNER

PARÂMETROS TÍPICOS E VERIFICAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO DA ALVENARIA EM BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL

SAMIR FRANCISCO CASALINI WILDNER

PARÂMETROS TÍPICOS E VERIFICAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO DA ALVENARIA EM BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Jeancarlo Ribas

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por ter tido serenidade, saúde e as condições necessárias para concluir a graduação.

Aos colegas, ex-colegas e amigos de fora e de dentro do curso de Engenharia Civil, especialmente aos laboratoristas Luiz e Túlio, pelo apoio, auxílio e ensinamentos dados nos ensaios desta pesquisa.

Aos professores que tive durante a graduação, em especial ao meu orientador, Jeancarlo Ribas, pelos ensinamentos, incentivos e pela paciência que teve comigo durante a elaboração deste trabalho.

Às empresas que forneceram os materiais e as ferramentas para o desenvolvimento do trabalho, especialmente CISBRA BLOCOS – Tecnologia em concreto, ENG3 – Projeto Estrutural e DIPEMASA.

Ao engenheiro Everton Robson dos Santos e Gilberto Gil Crysosthemos, que despertaram minha curiosidade nessa área de alvenaria estrutural, em vários trabalhos realizados em conjunto.

A toda minha família, em especial aos meus pais, Leonel e Helena, que sempre se preocuparam em me dar todo o apoio necessário para que eu conseguisse finalizar minha graduação.

E, por fim, a minha noiva, Gabriela, que sempre esteve ao meu lado em toda a minha graduação, me apoiando em todos os momentos bons e ruins, especialmente auxiliando no desenvolvimento dos ensaios em laboratório.

RESUMO

A alvenaria estrutural vem sendo muito utilizada no estado do Rio Grande do Sul, o que demonstra que há um mercado crescente, nesse tipo de técnica. A construção de edifícios em alvenaria estrutural em blocos de concreto, temos que utilizar material de qualidade, atendendo às normas específicas. Este trabalho visa, portanto, avaliar os blocos de concreto fabricados no Rio Grande do Sul, tendo como critério os blocos dos fabricantes que possuem o selo da qualidade ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), os quais correspondem a oito. Essas avaliações foram feitas através dos métodos de ensaios da NBR 12.118/2011. Para o ensaio dimensional, dois fabricantes não estavam de acordo com a norma, havendo excessos de largura e comprimento. No ensaio de compressão axial, todos os fabricantes apresentaram uma resistência ≥ 4 MPa, sendo que dois fabricantes excederam os 8 Mpa, tendo sua classificação alterada de B para A. No ensaio de absorção e área líquida, todos os fabricantes alcançaram uma absorção de 10% e sua área líquida superior à mínima. Para o peso específico das alvenarias, foram executadas miniparedes com os blocos, sendo estas revestidas com argamassa industrializada. O peso apurado foi de 13,60 kN/m³. Com esses dados, conseguimos realizar um comparativo entre dois casos, os quais têm variação na espessura da parede, ou seja, um considerando bloco mais revestimento e outro somente o bloco. Os resultados surgiram da avaliação da carga resultante da alvenaria, das cargas resultantes de pilares, dos esforços, da taxa de aço e das deformações. Para obter esses dados, foi utilizado o software de cálculo TQS 17.11 – PREO light – contrato: 1303160.

Palavras-chave: Alvenaria estrutura. Peso específico. Blocos de concreto

ABSTRACT

The masonry has been widely used in the state of Rio Grande do Sul, what and also shows that there is a growing market for estse type of technique. For the construction of buildings in structural masonry concrete blocks, we have to use quality material, given the specific legal rules. Therefore eEste work was the currency agreed objective therefore assess the concrete blocks manufactured nee Rio Grande do Sul, which temtendo as a criterion to use the blocks of the manufacturers who have the seal of quality ABCP (Brazilian Portland Cement Association), which are correspond to eight in RS. Estsas evaluations were made by the methods of testing the NBR 12,118 / 2011. For the dimensional test, two manufacturers were not in accordance with the standard, with excess width and length. In the axial compression test, all manufacturers showed a resistance ≥ 4 MPa, and two manufacturers that exceeded 8 MPa, and making his pass rating changed from B to A. Ono test absorption and líiquida area, all manufacturers have achieved absorption exceeding 10% and its minimum net area AA. For específico weight of masonry, were executed mini walls, with the blocks, which are coated with mortar and industrialized, SEUO the calculated weight was 16.60 kN / m³. With these data, we perform a comparison between two cases, which have varying wall thickness, that is, a given block + coating and only the other block, which present results emerged assessment evaluating the resulting masonry load, the loads resulting pillars of efforts, steel and rate of deformation. For esstes data, we used the calculation software TQS 17:11 - PREO light contract: 1,303,160.

Keywords: Building structure. Specific weight. Concrete blocks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de blocos da família 14	16
Figura 2 – Tipos de blocos da família 19	16
Figura 3 – Amarração em T	23
Figura 4 – Amarração de canto	23
Figura 5 – Uso do bloco J	24
Figura 6 – Usando bloco canaleta	24
Figura 7 – Espalhamento do carregamento em paredes planas e em L	27
Figura 8 – Interação de paredes em um canto	28
Figura 9 – Interação de paredes em região de janela	28
Figura 10 – Ferramentas e equipamentos para execução de alvenaria estrutural	32
Figura 11 – Principais passos da etapa de marcação	33
Figura 12 – Principais passos da etapa de marcação	33
Figura 13 – Grauteamento e inspeção do graute por janela no pé do bloco	34
Figura 14 – Mapa do Estado do RS	36
Figura 15 – Bloco 14x19x39	38
Figura 16 – Bancada plana	39
Figura 17 – Mesa com chapa de aço	40
Figura 18 – Estufa	40
Figura 19 – Balanças	41
Figura 20 – Tanque de imersão	41
Figura 21 – Tanque para pesagem	42
Figura 22 – Prensa	42
Figura 23 – Betoneira	43
Figura 24 – Indicação das dimensões a coletar	44
Figura 25 – Projeto da miniparede	45
Figura 26 – Miniparedes em execução	46
Figura 27 – Volume de argamassa	46
Figura 28 – Volume de argamassa	47
Figura 29 – Modelo para análise de projeto	49
Figura 30 – Modelo para análise de projeto	49
Figura 31 – Projeto de parede	65

Figura 32 – Cargas da alvenaria e pilares – Caso 1	. 67
Figura 33 – Cargas da alvenaria e pilares – Caso 2	. 70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Peso específico dos fabricantes	64
Gráfico 2 – Esforços da viga 1 – Caso 1	68
Gráfico 3 – Esforços da viga 2 – Caso 1	68
Gráfico 4 – Esforços das vigas 3 e 4 – Caso 1	69
Gráfico 5 – Esforços da viga 5 – Caso 1	69
Gráfico 6 – Esforços da viga 1 – Caso 2	71
Gráfico 7 – Esforços da viga 2 – Caso 2	71
Gráfico 8 – Esforços das vigas 3 e 4 – Caso 2	72
Gráfico 9 – Esforcos da viga 5 – Caso 2	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Espessura admissível de revestimentos internos e externos	18
Quadro 2 – Tamanho da amostra	19
Quadro 3 – Cargas acidentais	25
Quadro 4 – Peso específico das alvenarias	26
Quadro 5 – Quantidade de blocos para ensaios	38
Quadro 6 – Valores para a resistência à compressão dos blocos	61
Quadro 7 – Análise dos resultados do ensaio de compressão	61
Quadro 8 – Resultados dos ensaios de absorção e área líquida	62
Ouadro 9 – Análise dos resultados do ensajo de absorção e área líquida	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração	15
Tabela 2 – Dimensões nominais	20
Tabela 3 – Resultados laboratoriais do fabricante 01	51
Tabela 4 – Resultados laboratoriais do fabricante 02	52
Tabela 5 – Resultados laboratoriais do fabricante 03	53
Tabela 6 – Resultados laboratoriais do fabricante 04	54
Tabela 7 – Resultados laboratoriais do fabricante 05	55
Tabela 8 – Resultados laboratoriais do fabricante 06	56
Tabela 9 – Resultados laboratoriais do fabricante 07	57
Tabela 10 – Resultados laboratoriais do fabricante 08	58
Tabela 11 – Resultados do ensaio dimensional	59
Tabela 12 – Análise dos resultados do ensaio dimensional	60
Tabela 13 – Valores médios do ensaio de compressão	60
Tabela 14 – Peso específico dos fabricantes	63
Tabela 15 – Peso específico médio obtido em laboratório	64
Tabela 16 – Composição de cargas complementares	66
Tabela 17 – Cargas características resultantes da alvenaria	73
Tabela 18 – Cargas características da parede 2	74
Tabela 19 – Cargas características dos pilares	74
Tabela 20 – Esforços das vigas	75
Tabela 21 – Esforços das vigas	76
Tabela 22 – Taxa de aço	76
Tabela 23 – Deformações	77

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

- ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland
- B 'J' Bloco J 14x19x19x31 (largura x altura x comprimento x aba maior)
- B34 Bloco 14x19x34 (largura x altura x comprimento)
- B39 Bloco 14x19x39 (largura x altura x comprimento)
- B54 Bloco 14x19x54 (largura x altura x comprimento)
- e espessura da parede (bloco + revestimento)
- Fbk Força característica do bloco
- h altura da parede (não esquecer eventuais aberturas)
- P Peso da alvenaria (por unidade de comprimento)
- Υ peso específico da alvenaria
- Yf Coeficiente de majoração

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 Histórico da alvenaria estrutural e dos blocos de concreto	14
2.2 Tipos de blocos	15
2.3 Argamassas para blocos de concreto	17
2.4 Revestimento	17
2.5 Blocos de qualidade	18
2.5.1 Ensaios	18
2.6 Execução dos ensaios	19
2.6.1 Resistência à compressão	19
2.6.2 Análise dimensional	19
2.6.3 Absorção	20
2.6.4 Ensaio para determinação da área líquida	21
2.7 Projetos de alvenaria estrutural	21
2.7.1 Conceito e modulação	21
2.7.2 Detalhes de cantos e encontro de paredes	22
2.7.3 Modulação na vertical	23
2.8 Sistemas estruturais	24
2.8.1 Principais sistemas	24
2.8.2 Carregamento vertical	25
2.8.3 Interações de paredes	26
2.8.4 Influências da construção	28
2.8.5 Distribuição de carregamentos	29
2.9 Técnicas de execução	30
3 METODOLOGIA	35
3.1 Planejamento	35
3.2 Coleta de amostras	35
3.2.1 Blocos de concreto	35
3.2.2 Argamassa de assentamento e revestimento	38
3.3 EQUIPAMENTOS	39
3.3.1 Equipamentos para a realização dos ensaios da NBR 6136/2014	39

3.3.2 Equipamentos utilizados para a confecção das miniparedes	43
3.4 Descrições dos ensaios	44
3.4.1 Análise dimensional	44
3.4.2 Índice de absorção de água	44
3.4.3 Verificação da resistência à compressão	44
3.4.4 Execução das miniparedes	45
3.4.5 Apresentação dos resultados	47
3.5 Análise teórica	48
3.5.1 Descrição da análise	48
3.5.2 Análise comparativa	50
4 RESULTADOS	51
4.1 Ensaios laboratoriais	51
4.1.1 Resultados do fabricante 01	51
4.1.2 Resultados do fabricante 02	52
4.1.3 Resultados do fabricante 03	53
4.1.4 Resultados do fabricante 04	54
4.1.5 Resultados do fabricante 05	55
4.1.6 Resultados do fabricante 06	56
4.1.7 Resultados do fabricante 07	57
4.1.8 Resultados do fabricante 08	58
4.2 Análise dos resultados	59
4.2.1 Análise dos resultados do ensaio dimensional	59
4.2.2 Resistências à compressão	60
4.2.3 Absorção, umidade e área líquida	62
4.2.4 Verificação do peso específico da alvenaria	63
4.2.5 Análise teórica	66
4.2.6 Análise dos casos	73
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
5.1 Conclusões laboratoriais	78
5.2 Conclusões da análise comparativa	78
REFERÊNCIAS	80

1 INTRODUÇÃO

O mercado cada vez mais competitivo surge mostrando a necessidade de as construtoras reduzirem seus custos e melhorarem a eficácia de seus canteiros de obras. Para muitos, essa melhoria vem com a alvenaria estrutural em blocos de concreto. Com base nisso, uma parte do tema deste trabalho refere-se à análise dos parâmetros típicos dos blocos de concreto, os quais garantem sua qualidade e máxima eficiência. Esses parâmetros foram obtidos através de três ensaios, especificados na NBR 6136, os quais se caracterizam como análise dimensional, resistência à compressão e absorção. A fim de verificar se o estado do Rio Grande do Sul tem fornecedores com produtos de qualidade, também foram obtidos parâmetros médios para os resultados dos ensaios citados para caracterizar o bloco fabricado nesse estado. Entre os critérios adotados para a coleta dos materiais destaca-se o de que todos os fabricantes deveriam participar do programa de qualidade da ABCP (Associação de Cimento Portland). No Rio Grande do Sul, atualmente, oito fabricantes são cadastrados.

Os blocos de concreto com formato maciço foram inventados pelos ingleses em 1832, e em 1850 surgiu o bloco vazado, com o objetivo de diminuir o peso específico da alvenaria em busca da economia nas estruturas de transição e nas fundações. Hoje, esse método construtivo é muito utilizado em países como Brasil, Estados Unidos, Alemanha e Japão. No Brasil, iniciou com força entre os anos de 1972 e 1977 em São Paulo e São José dos Campos, respectivamente. Porém ainda existem dúvidas sobre o peso específico da alvenaria estrutural em blocos de concreto. A NBR 15961-1 de 2011, que se refere ao dimensionamento do sistema de alvenaria estrutural em blocos de concreto, no item 8.3.1.1 apresenta que, na falta de estudos específicos para o caso, deve-se utilizar 14 KN/m³ para blocos vazados.

A segunda parte deste trabalho trata de verificar o peso específico da alvenaria em blocos de concreto estrutural, o qual foi desenvolvido através de miniparedes construídas em laboratório. Dessa forma, foi identificado seu peso específico para achar a resposta para a seguinte pergunta: *o peso específico apresentado em norma está correto?* Ou seja, quais são suas considerações quanto aos revestimentos, grautes, cintas de amarração, vergas, contravergas e cargas complementares?

Para complementar o trabalho, foi desenvolvida uma análise comparativa entre dois casos, usando o mesmo peso específico para ambos, mas havendo uma variação na espessura da parede, uma delas da bibliografia de Ramalho e Correa (2003) e outra obtida em laboratório.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O presente capítulo objetiva apresentar o embasamento da pesquisa, demonstrando um breve histórico da alvenaria estrutural em blocos de concreto, alguns conceitos básicos, o que compõe seu conjunto para ser tornar estrutural, os métodos de ensaios para os materiais e um pouco da concepção estrutural.

2.1 Histórico da alvenaria estrutural e dos blocos de concreto

A alvenaria estrutural é um método construtivo que vem sendo usado desde os primórdios da civilização, para executar diversas estruturas que se faziam necessárias. Com a utilização de blocos maciços em rocha, blocos em argila e outros, foram desenvolvidas obras grandiosas que desafiaram os tempos, em função de sua duração. Há obras que duraram séculos e milênios, e muitas se fazem presente até hoje como patrimônio histórico. Buscando exemplificar essa afirmação, a seguir são descritas algumas dessas grandes obras.

As Pirâmides de Guizé, que são constituídas de três pirâmides feitas em blocos de pedra, foram executadas há aproximadamente 2600 a.C. Na maior delas, que recebe o nome de túmulo do Faraó Quéops e possui 147 metros de altura e sua extensão em ambos os lados é de 230 metros, foram utilizados aproximadamente 2,3 milhões de blocos.

O Farol de Alexandria, um instrumento de muita importância para a orientação dos navegantes, data de 280 a.C. e localiza-se em uma ilha em frente ao porto de Alexandria. Foi construído em pedras de mármore branco com 134 metros de altura, que equivale a 45 pavimentos. Infelizmente, foi destruída por um terremoto no século XIV, restando somente suas fundações.

Uma obra que pode ser retratada aqui como edificação é o Edifício Monadnock, construído entre os anos 1889 e 1891, contando com 16 pavimentos e tendo 65 metros de altura. Foi considerada uma obra de ousadia para a engenharia, pois foi além dos limites possíveis para edificações em alvenaria. Suas paredes do térreo possuíam uma espessura inicial de 1,80 metros.

Em 1998, um dos edifícios mais altos construídos em alvenaria estrutural era o Hotel Excalibur, em Las Vegas, Estados Unidos. Era um conjunto formado por 4 torres de 28 pavimentos, cada bloco tinha 1.008 apartamentos. Suas paredes foram executadas em alvenaria armada em blocos de concreto, e sua resistência inicial no pavimento térreo era de 28 Mpa.

No Brasil, o sistema teve início no século XVI, quando os portugueses chegaram ao país, e os primeiros edifícios surgiram em 1966, na cidade de São Paulo. Esses foram executados em blocos de concreto e possuíam quatro pavimentos. Com o passar do tempo, foram construídos edifícios mais altos. No ano de 1972, o Condomínio Central Parque da Lapa tinha quatro blocos com 12 andares em alvenaria armada em blocos de concreto (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 2-5).

As primeiras máquinas para a produção foram desenvolvidas pelos ingleses em 1904 e, atualmente, Estados Unidos e Europa são os mais desenvolvidos em tecnologia para a produção de blocos. Hoje no mercado, podemos contar com três tipos de máquinas: a *pneumática*, para blocos vedação, a *manual*, que também é para blocos vedação, e as *hidráulicas*, que possuem vibroprensa que podem produzir blocos estruturais pelo motivo de possuir uma energia de compactação maior que as outras citadas (FERNANDES, 2008, p. 9).

2.2 Tipos de blocos

Para se construir edificações, diversos tipos de blocos podem ser usados. Focando nos blocos de concreto, podemos citar exemplos que a NBR 6136 nos traz: blocos de largura nominal de 15 cm, designados como M-15, e blocos de largura nominal de 20 cm, designados como M-20, que também podem ser chamados de família 14 e 19 (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 14).

A ABNT NBR 6136/2014 classifica os blocos por classe, conforme sua resistência. A Tabela 1, a seguir, apresenta essa classificação.

Tabela 1 – Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração

	Absorção %					
Classificação	Classe	Agregado nominal Agregado leve		Retração %		
		Individual	Médio	Individual	Médio	
Com função	A	$fbk \ge 8,0$	≤ 8,0			
estrutural	В	$4.0 \le \text{fbk} \le 8.0$	≤ 10,0	< 16.0	< 12.0	< 0.065
Com ou sem função estrutural	С	fbk ≥ 3,0	≤ 12,0	≤16,0	≤ 13,0	≤ 0,065

Fonte: Tabela 3 da ABNT NBR 6136/2014 (p. 7).

O uso de blocos da família 14 é bastante usado em edificações de habitação, como casas e edifícios, para edifícios são mudadas somente sua resistência à compressão, sendo que os blocos estruturais têm uma resistência inicial em 4 MPa e sua largura nominal de 14 cm é

constante até o final. Sua família conta com diversos tipos de dimensões longitudinais, para que a alvenaria se adapte em qualquer arquitetura. Podemos contar com os blocos especiais e compensadores, e sua dimensão vertical é de 19 cm, onde permanece constante (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 14). Na Figura 1, estão ilustrados os blocos que compõem a família.

Figura 1 – Tipos de blocos da família 14

Inteiro 14x19x39 Especial 14x19x34 Especial 14x19x54 Meio 14x19x19

Canaleta 'U' Canaleta 'J' Compensador 14x19x9 Especial 14x19x24

Fonte: Cisbra Blocos (2014).

Os blocos da família 19 tem o uso para muros e paredes mais esbeltas, onde a família é composta de três blocos, o bloco inteiro 19x19x39 (larg. x altura x comp.), o meio bloco 19x19x19 (larg. x altura x comp.) e os blocos canaletas, que podem ser 19x19x19 ou 19x19x39 (larg. x altura x comp.) (Figura 2).

Figura 2 – Tipos de blocos da família 19

Inteiro 19x19x39

Canaleta 'U' 19x19x19

Fonte: Cisbra Blocos (2014).

2.3 Argamassas para blocos de concreto

No sistema alvenaria estrutural, a argamassa de assentamento tem suas juntas constantes de 1 cm na vertical e na horizontal e possui função estrutural. A principal função da argamassa é ser um adesivo que une os blocos, servindo para transferir esforços entre eles e acomodar pequenas deformações do conjunto, o que torna a resistência uma característica secundária.

As principais funções da argamassa são:

- Unir os blocos;
- Vedar o conjunto:
- Distribuir cargas;
- Absorver deformações;

Suas principais características, [...], são:

- Boa trabalhabilidade;
- Capacidade de retenção de água suficiente para que uma elevada sucção do bloco não prejudique suas funções primárias;
- Obtenção rápida de alguma resistência, após o processo de assentamento para resistir aos esforços da própria construção;
- Adequada aderência para absorver esforços de cisalhamento;
- Ser durável e não afetar a durabilidade de outros materiais;
- Suficiente resiliência (baixo modulo de deformação) para acomodar as deformações naturais de retração por secagem, deformações de origem térmica e movimentos estruturais de pequena amplitude.

Quanto à resistência da argamassa, entende-se que ela deve ser da mesma ordem de grandeza da resistência do bloco. Recomenda-se a utilização de argamassas industrializadas para o assentamento de blocos, porém é bom lembrar que, neste caso, deverão ser adotadas argamassadeiras de eixo horizontal em vez de betoneiras convencionais, pois as argamassadeiras permitem a incorporação adequada de ar (MANZIONE, 2004, p. 17-18).

2.4 Revestimento

Quando se utiliza um bloco de qualidade e a mão de obra recebe treinamento e orientações periódicas, pode se obter uma alvenaria estrutural com pouco desvio de prumo, assim, ao final do levantamento, é possível reduzir a espessura do revestimento. Para ambientes externos, pode-se praticar revestimentos de 20 a 30 mm, já nos revestimentos internos pode-se trabalhar a partir de 5 mm, sendo que alguns elementos de revestimento, como cerâmica, gesso etc., podem ser aplicados diretamente na alvenaria, sem revestimento primário (MANZIONE, 2004, p. 80-82).

A NBR 13749/1996 apresenta as seguintes especificações de espessuras e recomendações, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Espessura admissível de revestimentos internos e externos

Dimensões em milímetros			
Revestimento	Espessuras		
Parede interna	$5 \le a \le 20$		
Parede externa	$20 \le a \le 30$		
Tetos interno e externos	e=20		

Fonte: Tabela 1 da NBR 13749/1996 (p. 2).

Quando houver a necessidade de empregar revestimento com espessura superior, devem ser tomados cuidados especiais de forma a garantir a aderência do revestimento, como indicado na NBR 7200 (NBR 13749/1996, p. 2).

2.5 Blocos de qualidade

O bloco de concreto para alvenaria estrutural ou vedação é um produto normalizado pelas Normas Brasileiras NBR 6136 e 12118.

O bloco normalizado possui formato e dimensões padronizadas e é o principal elemento de uma família de componentes que, aplicados dentro da boa técnica, proporcionam um sistema construtivo limpo, prático, rápido, econômico e eficiente. O bloco que cumpre os padrões de norma é vazado, tem apenas dois furos (exceções para blocos especiais), possui arestas firmes e bem definidas, textura uniforme e é produzido nas classes A, B, C e D de acordo com sua aplicação para fins estruturais ou apenas de fechamento. Sua resistência à compressão varia de 2,0 a 20,0 Mpa, de acordo com a aplicação a que se destina.

É muito importante não confundir o bloco de concreto normalizado com o produto informal que também existe no mercado e que também é comercializado como bloco de concreto, o chamado bróco.

Este produto é mais barato na aquisição, mas a construção sai mais cara em razão dos gastos com quebra das peças, baixo rendimento na execução e grande consumo de argamassa no assentamento e no revestimento.

Além de tudo isso, a construção com os blocos informais ainda precisa de colunas e vigas já que as peças não apresentam resistência suficiente para suportar cargas e não permitir o grauteamento como acontece com os blocos estruturais (FERNANDES, 2008, p. 13).

2.5.1 Ensaios

A NBR 6136/2014 estabelece aos fabricantes os requisitos para a aceitação de blocos vazados de concreto, onde apresentam-se os seguintes ensaios:

- Resistência à compressão, conforme NBR 12118.
- Análise dimensional, absorção e área líquida, conforme ABNT NBR 12118.
- Retração linear por secagem, conforme ABNT NBR 12118.

A quantidade de blocos a ser coletadas para os ensaios está apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Tamanho da amostra

Quantidade de	Quantic	lade de blocos da amostra	nara encaio dimencional e		Quantidade de blocos para ensaio de
blocos do lote	Prova	Contraprova	Critério estabelecido em 6.5.1	Critério estabelecido em 6.5.2	absorção e área líquida
até 5.000	7 ou 9	7 ou 9	6	4	3
5.001 a 10.000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
acima de 10.000	9 ou 13	9 ou 13	10	6	3

Fonte: Tabela 4 da ABNT NBR 6136/2014 (p. 8).

2.6 Execução dos ensaios

2.6.1 Resistência à compressão

Para a execução do ensaio de resistência à compressão, devemos seguir as orientações da ABNT NBR 12118/2011:

Todos os corpos de prova devem ser ensaiados de modo que a carga seja aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego.

O corpo de prova deve ser colocado na prensa de modo que o seu centro de gravidade coincida com o eixo de carga dos pratos da prensa.

Durante o carregamento do corpo de prova, os dispositivos de comando da prensa devem ser controlados de forma que a tensão aplicada, calculada em relação à área bruta, se eleve progressivamente e sem choques a razão de (0.25 ± 0.05) Mpa/s, o que corresponde a (25 ± 5) N/cm².s ou (2.5 ± 0.5) Kgf/cm².s.

Para a execução do ensaio de análise dimensional, devemos seguir as orientações da ABNT NBR 12118:2011.

2.6.2 Análise dimensional

Para cada dimensão do corpo de prova devem ser realizadas pelo menos três determinações em pontos distintos de cada face, com resolução de 1 mm.

Devem ser realizadas duas determinações em cada parede longitudinal do bloco e uma determinação em cada parede transversal, tomadas na face de menor espessura (face inferior no momento do assentamento), com aproximação de 1 mm.

A espessura mínima das paredes deve ser a média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito, sendo separadas em longitudinal e transversal. Todas as leituras devem ser expressas em milímetros.

Devem ser realizadas duas determinações no centro aproximado de cada furo dos blocos, sendo uma na direção longitudinal dos blocos e outra na direção transversal, tomadas na face de maior espessura (face superior no momento do assentamento), com aproximação de 1 mm.

Devem ser realizadas determinações em cada mísula referente ao(s) septo(s) central(is), com centro tomado no encontro da face externa na parede longitudinal com o eixo transversal do bloco, tomadas na face de menor espessura (face inferior no momento do assentamento), com aproximação de 1 mm (Figura 3). Para auxiliar a determinação das medidas, traçar um eixo transversal sobre o(s) septo(s) central(is). Os resultados devem atender aos valores mínimos que estão estabelecidos na NBR 6136/2014, conforme a Tabela 2.

20 x 40 15 x 30 12,5 x 40 12,5 x 25 12,5 x 37,5 10 x 40 10 x 30 Família 15 x 40 7,5 x 40 Largura **Altura** Inteiro Meio 2/3 Medida Nominal 1/3 Comprimento Amarração "L" Amarração "T" Compensador A Compensador B Canaleta inteira Meia canaleta

Tabela 2 – Dimensões nominais

2.6.3 Absorção

Para a execução do ensaio de absorção, devemos seguir as orientações da ABNT NBR 12118:2011:

Após serem recebidos, os corpos de prova devem permanecer no ambiente do laboratório por um período de 24 h, sendo então pesados e anotados sua massa com m3. Após esse período, devem ser tomadas as seguintes providências:

- levar os corpos de prova à estufa, elevar a temperatura a (110±5) °C e mantê-los nessa condição por 24 h;
- determinar a massa do corpo de prova após o período de 24 h, anotar o valor encontrado e colocá-lo novamente na estufa por 2 h, sendo admissível que o corpo de prova permaneça no máximo 10 min fora da estufa durante a medida da sua massa;
- repetir a operação descrita em 5.1.1-b a cada 2 h (considerada a leitura após 24 h), até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova

NOTA 1 As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de ± 2,0 mm para a largura e ± 3,0 mm para a altura e para o comprimento.

NOTA 2 Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.

NOTA 3 As dimensões da canaleta *J* devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

diferença de massa superior a 0,5 % em relação ao valor anterior, anotando-se então a sua massa seca m1.

Para se verificar a saturação, devem ser tomadas as seguintes providências:

- após os corpos de prova terem sido resfriados naturalmente (em contato com o ar) até a temperatura ambiente, imergi-los em água à temperatura de (23±5) °C, mantendo-os imersos por 24 h, repetir a operação descrita em 5.2.1.2-b a cada 2 h (considerando);
- pesar cada corpo de prova na condição de saturado com superfície seca, que é obtida drenando o corpo de prova durante 60 s sobre uma tela de abertura de malha maior ou igual a 9,5 mm. Remover a água superficial visível com um pano seco. Anotar o valor encontrado e mergulhar o corpo de prova novamente em água;
- repetir a operação em 5.2.1.2-b a cada 2 h (considerada a leitura após 24 h), até que em duas determinações sucessivas não se registre para o corpo de prova diferença de massa superior a 0,5% em relação ao valor, anotando-se então a sua massa aturada m2.

2.6.4 Ensaio para determinação da área líquida

Essa determinação pode ser executada sempre que todas as seções paralelas à seção de trabalho puderem ser admitidas iguais e constantes.

O valor de cada dimensão do corpo de prova é o resultado da média de pelo menos três determinações executadas em pontos distintos na face com a parede de menor espessura, sendo realizada uma determinação em cada extremidade e uma no meio do corpo de prova, com aproximação de 1 mm.

O corpo de prova, após saturado conforme 5.2.1, deve ter sua massa determinada quando imerso em água à temperatura de (23±85) °C, por meio de balança hidrostática, sendo o valor encontrado denominado massa aparente m4.

2.7 Projetos de alvenaria estrutural

2.7.1 Conceito e modulação

O projeto de alvenaria estrutural tem início na análise da dimensão das peças, observando os vãos existentes e, o mais importante, se suas dimensões são múltiplas do módulo do bloco que é 20 cm. Nessa fase, ocorre essa avaliação para verificar se será preciso a utilização de blocos compensadores, pois seu uso excessivo pode provocar consequências desagradáveis ao arranjo estrutural. Assim, significa que ao projetar uma edificação, sempre que optar por alvenaria estrutural, deve-se pensar nas dimensões do projeto desde o início dos estudos preliminares. (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 14)

A modulação é a base para a racionalização do processo e também o início de um projeto estrutural, onde devem tentar evitar o máximo os blocos compensadores, pelo motivo de aumentar o custo da edificação. Estudos comprovam que ao longo da vida útil da edificação, por mais que as paredes trabalhem de forma isolada, a distribuição das ações feita pelas diversas paredes da edificação vem penalizar outros elementos e, consequentemente, a economia do conjunto (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 14).

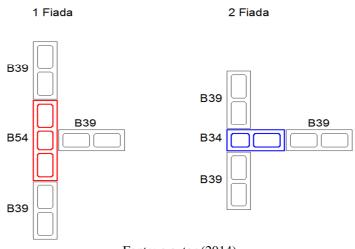
2.7.2 Detalhes de cantos e encontro de paredes

O mercado da alvenaria oferece dois tipos de blocos para a edificação, eles são de módulo 15 cm e 20 cm, e as dimensões resultantes nos ambientes serão de módulo 15 e 20 cm, respectivamente.

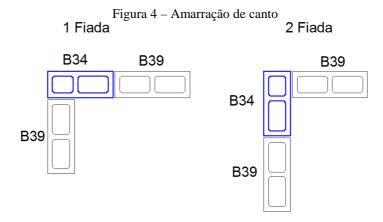
Após a escolha da família, deve ser feito o lançamento da primeira fiada, onde se resolve basicamente tudo. É nessa hora que o projetista deve ter muita atenção e bom senso, pois essa etapa que define vários pontos, como economia em blocos, as dimensões finais da edificação e também os cantos, que devem receber uma atenção especial, pelo motivo de utilizar blocos especiais.

O bloco de concreto, por ter seu módulo de 20 cm, é definido como um bloco não modular. Esse módulo é chamado de família 39, que apresenta soluções que permitem os ajustes necessários, como os blocos compensadores B34 e B54. Como o módulo e a largura do bloco são diferentes, deve-se utilizar o bloco B34 para amarrações em cantos e T, e o bloco B54 para amarrações em T, assim apresentado nas Figuras 3 e 4, a seguir. O uso desses blocos especiais é para não haver junta a prumo (MANZIONE, 2004, p. 29-34).

Figura 3 – Amarração em T



Fonte: o autor (2014).



Fonte: o autor (2014).

2.7.3 Modulação na vertical

A modulação vertical não provoca mudanças significativas ao arranjo arquitetônico. Existem duas formas de se resolver. A primeira é a modulação feita de piso a teto, totalmente múltipla de 20 cm. Seu respaldo é feito nas paredes intermediárias com o bloco canaleta, e nas paredes externas se utiliza o bloco J, o qual possui uma aba maior para acomodar a laje e servir como forma para a concretagem da mesma.

No caso de não puder utilizar o bloco J, pelo motivo de não haver a peça no mercado, pode ser utilizado o bloco canaleta em todas as paredes, e nas paredes externas deve-se trabalhar com uma forma de madeira para conter o concreto. As Figuras 5 e 6 ilustram as duas situações citadas respectivamente (MANZIONE, 2004, p. 29-34).

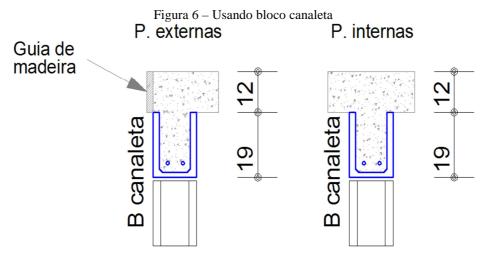
P. externas

P. internas

P. internas

P. internas

Fonte: o autor (2014).



Fonte: o autor (2014).

2.8 Sistemas estruturais

2.8.1 Principais sistemas

A concepção estrutural de uma edificação em alvenaria consiste em determinar, a partir de uma planta baixa, as paredes estruturais e as não estruturais (vedação) – este caso é para as cargas verticais. Os fatores que influenciam nessa tomada de decisão são a simetria e o uso da edificação. Os sistemas estruturais podem ser classificados e nomeados conforme a disposição das paredes.

a) *Paredes transversais* – são utilizadas para projetos de planta retangular alongada, as paredes externas são designadas a elementos de vedação para permitir a colocação de grandes caixilhos. As lajes devem ser armadas em uma direção para que apoiem nas paredes

transversais, que serão para fins estruturais, método bastante utilizado em hotéis, hospitais, escolas etc.

- b) *Paredes celulares* esse sistema torna um conjunto com maior rigidez, pois todas as paredes podem ser designadas estruturais, assim suas lajes podem ser armadas nas duas direções. Seu uso geralmente é em edificações residências.
- c) Sistema complexo esse sistema é composto pelos dois citados acima, o qual irá apresentar algumas paredes externas em elemento de vedação, sendo que em seu interior basicamente todas são estruturais, podendo manter um interior mais rígido com todas suas paredes estruturais (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 25).

2.8.2 Carregamento vertical

As cargas a serem consideradas em uma edificação estão ligadas ao uso ou então à ocupação do mesmo. Por exemplo, em edifícios industriais podem haver cargas concentradas de equipamentos, ou então elevadores de carga ou uma ponte rolante. Já nas edificações residenciais, onde o elemento estrutural de alvenaria funciona muito bem, as cargas a considerar são as ações das lajes e o peso próprio da alvenaria. Para os valores de carregamentos a adotar para as lajes, podem ser consultados os valores na NBR 6120 – Cargas para o Cálculo das Estruturas de Edificações. Na sequência, seguem esclarecimentos sobre os dois casos a considerar (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 26-28).

- a) *Ações das lajes* as que devem ser consideradas nas lajes podem ser separadas por dois grupos, cargas permanentes e variáveis. As cargas permanentes geralmente são:
 - 1. Peso próprio.
 - 2. Contrapiso.
 - 3. Revestimento ou piso.
 - 4. Paredes não estruturais.

Para as cargas acidentais, podemos consultar a NBR 6120, que nos traz as cargas que devem ser consideradas, as quais estão apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Cargas acidentais

	Local	KN/m²
Edificações	Dormitórios, sala, copa, cozinha e banheiro	1,50
residenciais	Despensa, área de serviço e lavanderia	2,0

Fonte: Tabela 2 da NBR 6120/1980 (p. 3).

As lajes irão descarregar todas essas cargas sobre as paredes estruturais, que lhe servem como apoio. Para o cálculo dessas ações, podemos citar dois casos a considerar:

- 1. Lajes armadas em uma direção.
- 2. Lajes armadas em duas direções.

Para as lajes maciças, armadas em duas direções, as ações podem ser definidas pelo método de linhas de ruptura, recomendado pela NBR 6118 – Projeto e Execução de Obras de Concreto Armado.

b) Peso próprio da alvenaria – para o peso próprio da alvenaria, podemos calcular através da expressão: $P = \Upsilon x e x h$

Onde:

P: Peso da alvenaria (por unidade de comprimento).

Y: peso específico da alvenaria.

e: espessura da parede (bloco + revestimento).

h: altura da parede (não esquecer eventuais aberturas).

Quanto ao valor do Y, a incógnita mais importante da expressão, seus valores a substituir estão presentes no Quadro 4, a seguir.

Quadro 4 – Peso específico das alvenarias

Tipo de alvenaria	Peso específico KN/m ³
Blocos vazados de concreto	14
Blocos vazados de concreto preenchido com graute	24
Blocos Cerâmicos	12

Fonte: Ramalho; Corrêa (2003, p. 28).

A ABNT NBR 15961 – 1/2011 fala da seguinte forma sobre o peso específico do bloco de concreto:

Na falta de uma avaliação precisa para o caso considerado, pode-se utilizar o valor de 14 KN/m³ como peso específico para a alvenaria de blocos vazados, devendo-se acrescentar o peso do graute, quando existente.

2.8.3 Interações de paredes

Na parede em alvenaria, quando é submetida a um carregamento em uma parte de seu comprimento, ocorre um espalhamento dessa carga ao longo da sua altura. Esse espalhamento deve acontecer com um ângulo de 45°.

Se essa distribuição ocorre em paredes planas, também pode ser considerada em paredes de canto, onde acontece amarração entre as fiadas, realizando a intercalação dos blocos um sobre o outro, ou seja, sem junta a prumo. Esse fator pode ser observado, pois o canto sendo executado dessa maneira é muito semelhante a uma parede plana, e seu comportamento também.

Para ocorrer a distribuição de cargas em um canto, deve haver as forças de interação, para isso acontecer tem que haver amarração das alvenarias, evitando a junta a prumo. Caso contrário, não haverá uniformização das cargas.

Nos pontos onde existem aberturas também deve-se analisar se existirá essa força de interação, pois a abertura é caracterizada como um intervalo entre as paredes, ou seja, pode não haver transmissão de esforços entre duas paredes divididas por uma abertura. Assim sendo, normalmente uma parede com aberturas é considerada como uma sequência de paredes independentes, podendo haver a interação das paredes e ocorrendo a uniformização das cargas. Em casos de janelas, tem aproximadamente 2/3 do pé-direito preenchido com material, sendo que essa altura reduz 1/3 no caso de portas.

Com todas essas informações, é importante avaliar com clareza os procedimentos de distribuição para os níveis de interação, precavendo a não violação das condições reais de trabalho da estrutura. Podemos dizer que quanto maior as forças de interação, maior será a uniformização das cargas, caso contrário, esses efeitos não acontecerão (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 28-29). Nas Figuras 7, 8 e 9, estão representados esses métodos, respectivamente.

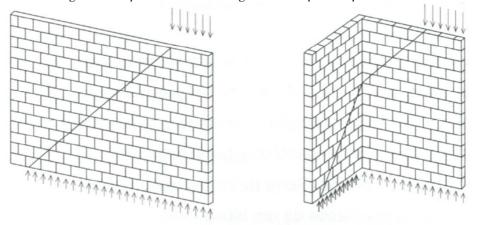
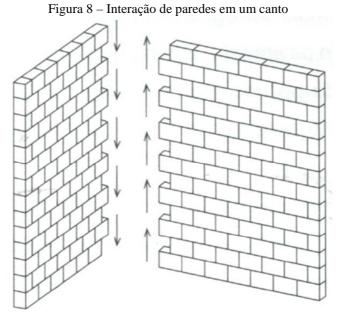


Figura 7 – Espalhamento do carregamento em paredes planas e em L

Fonte: Ramalho; Corrêa (2003, p. 29).



Fonte: Ramalho; Corrêa (2003, p. 29).

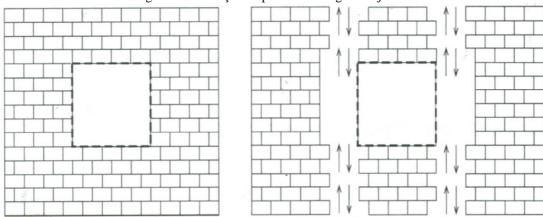


Figura 9 – Interação de paredes em região de janela

Fonte: Ramalho; Corrêa (2003, p. 29).

2.8.4 Influências da construção

Para acontecer a distribuição de cargas nas paredes de forma uniformizada, deve-se levar em consideração o processo construtivo, que é um fator de grande importância. Algumas providências devem ser tomadas para contribuir na existência de forças de interação em cantos de paredes e aberturas:

- 1. Amarração das paredes em cantos e bordas sem juntas a prumo.
- 2. Existências de cintas sob a laje do pavimento e a meia altura.
- 3. Pavimento em lajes maciças.

Referente às aberturas, os detalhes construtivos que mais colaboram para esses efeitos ocorrerem são:

- 1. Existência de vergas.
- 2. Existência de contravergas.

Com esses dois elementos presentes no modelo estrutural, deve haver uma penetração apropriada nas paredes a que se ligam. Quanto maiores forem essas penetrações, melhores condições de desenvolvimento de forças de interação serão criadas (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 30-31).

2.8.5 Distribuição de carregamentos

Para a distribuição de cargas, existem vários métodos, cada um com suas vantagens e desvantagens. Para melhor entendimento, serão descritos quatro desses métodos, que são considerados os melhores (RAMALHO; CORRÊA, 2003, p. 32-35).

- a) Paredes isoladas esse método para o cálculo considera paredes isoladas, cada uma com seu peso próprio e a reação das lajes, o que também simplifica o projeto, sendo um processo repetitivo, onde pode definir as cargas de um pavimento e assim multiplicar pelo número de andares. O benefício que proporciona é que não irá acarretar problemas, caso não acontecer a interação durante a vida útil da edificação. Seu ponto negativo está na economia, pois, para edificações relativamente altas, podem gerar custos elevados, a recomendação desse método é para edificações de pequeno porte, onde seus efeitos negativos são menos perceptíveis.
- b) *Grupos isolados de paredes* um grupo é um conjunto de paredes que normalmente são separadas pelas aberturas das edificações, onde suas cargas são consideradas totalmente uniformes. Isso garante que a interação em cantos e bordas irá acontecer suficientemente, ocorrendo a uniformização total em uma pequena altura. No entanto, esses grupos são isolados, não existe interação entre os grupos. Também é considerado um procedimento simples, mas um pouco trabalhoso, basta que todas as cargas a serem aplicadas ao grupo sejam somadas e divididas pelo comprimento total das paredes do grupo, e então multiplicadas pelo número de andares que se deseja verificar.
- c) Grupos de paredes com interação esse processo é uma continuidade do anterior, seu adicional é que haverá interação entre os grupos de parede, onde gerará uma

uniformização mais precisa das cargas. Tal processo mais trabalhoso é aconselhado para trabalhar com um sistema computacional, para evitar erros. Esse sistema também traz valores significativos para a infraestrutura, mas para considerar esse efeito, vai da experiência do projetista, pois não existem estudos que comprovem a taxa de interação que se pode considerar.

d) *Modelagem tridimensional por elementos finitos* – esse método ocorre pela modelagem da estrutura discretizada como elementos de membrana ou chapa, colocando os carregamentos ao nível de cada pavimento, assim a uniformização acontece através da compatibilização dos deslocamentos ao nível de cada nó.

2.9 Técnicas de execução

Na execução da alvenaria estrutural, necessita-se de cuidados especiais, além de equipamentos e metodologias adequadas. Para os serviços, deve-se ter um canteiro de obras organizado, para permitir os estoques de peças, como elementos pré-moldados (escadas, lajes, marcos, peitoril etc., argamassas, blocos, aços e as centrais de produção). Cabe também ser realizado um estudo de posicionamento para organizar os equipamentos de transportes horizontais e verticais, como gruas e guinchos.

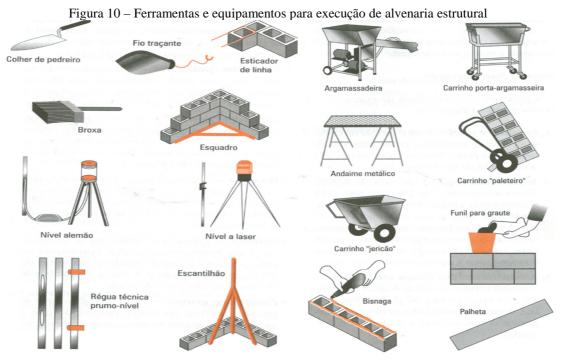
Também deve-se observar os estoques dos blocos quando se trata de diversas resistências, pois os blocos devem ser devidamente separados e identificados, para que não ocorra erros na hora da sua utilização. A mesma observação serve para argamassas, que deve ter um almoxarifado organizado, por maior que seja. Podemos também retratar que além do método construtivo ser racional, ele nos proporciona uma obra limpa, sem entulhos, caixarias (MANZIONE, 2004, p. 17-18).

A fim de melhor compreender os termos utilizados que nomeiam as ferramentas de execução, serão adotadas as seguintes definições, embasadas em Manzione (2004, p. 91-92):

- Colher de pedreiro utilizada na aplicação da argamassa de assentamento da primeira fiada, no preenchimento dos septos e paredes transversais.
- 2. Fio traçante utilizado na locação dos eixos, é um recipiente em que se adiciona pó colorido que se incorpora ao barbante. Uma vez esticado o barbante e rebatido no chão, teremos o eixo desenhado sobre a superfície.
- 3. Esticador de linha serve para alinhar e nivelar os blocos estratégicos de primeira fiada.

- 4. Broxa serve para molhar a laje no momento da aplicação de argamassa da primeira fiada.
- Esquadro equipamento para a conferência do esquadro das paredes, utilizado na fase de marcação da alvenaria.
- 6. Régua técnica prumo/nível ferramenta de verificação de prumo e nível, utilizada na fase da elevação de alvenaria.
- 7. Nível a laser instrumento para verificação de níveis.
- 8. Nível alemão instrumento para verificação de níveis, porém de custo bem inferior ao do nível laser.
- 9. Escantilhão serve para nivelar e galgar a marcação vertical das fiadas. É assentado nos cantos das paredes e aos pares, na fase de marcação da alvenaria. Recomenda-se fixá-lo na laje com pinos metálicos.
- 10. Argamassadeiras equipamento com eixo horizontal, do tipo rosca sem fim. Serve para o preparo da argamassa, sendo mais recomendado do que a betoneira, pois permite incorporar ar à mistura. Sua utilização está normalmente associada às argamassas industrializadas.
- 11. Carrinho porta-argamassadeiras equipamento ergonômico que permite o transporte do caixote de massa sobre uma base com rodas.
- 12. Andaime metálico plataforma metálica montada sobre cavaletes. É mais funcional e segura do que as convencionais de madeira, além de sua montagem ser mais rápida.
- 13. Carrinho paleteiro equipamento prático e eficiente para o transporte dos blocos. Forma um *pallet*, encaixando seus garfos nos furos dos blocos, e permite carregar 18 blocos.
- 14. Carrinho jericão utilizado no transporte de argamassa e granéis.
- 15. Bisnaga utilizado para aplicação de argamassa, requer esforço manual e argamassa com plasticidade suficiente.
- 16. Palheta utilizada na aplicação da argamassa, é um instrumento simples, constituído de uma pequena régua de madeira em torno de 40 cm. Recomendado por causa da facilidade de uso e da alta produtividade.
- 17. Funil para graute funil retangular que se encaixa no furo do bloco, permitindo que a aplicação do graute aconteça sem desperdício.

Esses equipamentos, que simplificam a execução da alvenaria, estão ilustrados na Figura 10, a seguir.



Fonte: Manzione (2004).

No início da obra, na fase de marcação da alvenaria, onde se assenta a primeira fiada, podemos adotar alguns passos:

- 1. Com o nível alemão, identificar o nível mais alto da laje, então nesse ponto assentar um bloco que será o referencial de altura para os outros.
- Com a planta de primeira fiada em mãos, possuindo as cotas acumuladas e os blocos de amarração (estratégicos), podemos marcar os eixos de locação utilizando o fio traçante.
- 3. Assim, assentar os blocos de amarração (estratégicos e conferir os esquadros).
- 4. Usando os esticadores de linha, pode ser assentado o restante dos blocos de primeira fiada.
- 5. Antes do passo anterior, deve-se molhar a superfície com a broxa.
- 6. Com a colher de pedreiro, deve ser aplicada a argamassa de primeira fiada.
- 7. Após essas etapas, podemos instalar os escantilhões para se obter o perfeito nivelamento das seguintes fiadas.

Ao final dessa etapa, deverão ser verificados os vãos para as portas, os pontos a serem grauteados, deixando suas janelas de inspeção, posição dos conduítes elétricos e verificação geral das cotas (MANZIONE, 2004, p. 96-97).

Nas Figuras 11 e 12, estão ilustrados esses passos de execução da marcação da alvenaria.

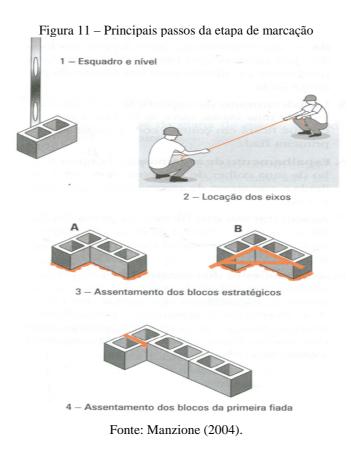
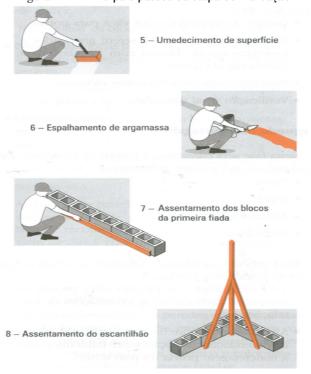


Figura 12 – Principais passos da etapa de marcação



Fonte: Manzione (2004).

Para o prosseguimento da construção das paredes, devem ser sempre conferidos prumo, nível alinhamento e planicidade de cada peça assentada. O projeto das vistas de parede sempre deve estar em mãos do pedreiro. Para a elevação, é aconselhado elevar as paredes externas primeiras e deixar as esperas para as paredes internas em forma de castelos, O grauteamento deve acontecer em duas etapas, a primeira na sétima fiada, e a segunda na última fiada; o furo a ser grauteado deve ser limpo e removido seus excessos de argamassas pelo furo de inspeção deixado na primeira fiada, como ilustra a Figura 13 (MANZIONE, 2004, p. 101-102).

Figura 13 – Grauteamento e inspeção do graute por janela no pé do bloco

Fonte: Manzione (2004).

Na fase de elevação, também são assentadas as peças pré-moldadas como quadros elétricos e vergas, isso deve ser feito com o levantamento para poder aperfeiçoar os serviços de mão de obra após essa fase, para não haver retrabalho posteriormente. Deve-se garantir as medidas das aberturas até o final da sua elevação, para isso há gabaritos metálicos no mercado que podem ser usados para agilizar o processo.

Com relação à aplicação da argamassa, é recomendado o uso da palheta, pois possibilita esticar a argamassa sobre a alvenaria conseguindo obter fios de 80 cm, com isso aumenta a produtividade. Já o uso da bisnaga não é recomendado pelo motivo de precisar de uma argamassa com alta plasticidade, que pode ocorrer na obra, e inserirem muita água e acabar perdendo sua resistência. Além disso, pode causar lesões corporais ao operador, por esforços repetitivos (MANZIONE, 2004, p. 101-102).

3 METODOLOGIA

3.1 Planejamento

A pesquisa desenvolvida seguiu os seguintes passos:

- 1 coleta de blocos;
- 2 ensaios laboratoriais (dimensional, compressão e absorção);
- 3 construção e verificação do peso específico das miniparedes;
- 4 verificação de carregamentos e esforços em uma edificação usual;
- 5 análise dos resultados.

3.2 Coleta de amostras

3.2.1 Blocos de concreto

Para a realização da pesquisa, foram utilizados blocos de concreto. Os blocos usados são da família 14, o bloco escolhido foi o bloco inteiro 14x19x39, por este ser o bloco predominante na família 14.

Os blocos foram coletados no estado do Rio Grande do Sul, foram escolhidos os fabricantes que possuem o selo da qualidade ABCP. Este selo é uma garantia de que os produtos oferecidos pelo fabricante atendem às normas técnicas da ABNT ou de órgão similar de normalização técnica. No estado, há oito fabricantes, que se encaixam nesse critério. A Figura 14 apresenta onde estão localizados esses fabricantes.

Figura 14 – Mapa do Estado do RS

Santa Catanna

OALMOLÍN

Santa Catanna

CISBRA BLOCOS

ARTES CONCRETOS

PALAVRO
Caxias do Sul

BEVILAQUA

PRONTOMIX

TECMOLD

Porto Alegre

ACPO
Pelotas

Rio Negro

Durazno

Treinta y Tres

Tenta Mana

Durazno

Treinta y Tres

Fonte: Extraído do Google Earth em 04 de abril de 2014.

Os fabricantes selecionados conforme a qualificação da ABCP estão descritos na sequência:

ACPO - Artefatos e Concreto Pedro Osório Ltda.

Cidade: Pedro Osório.

Produtos certificados pela ABCP:

Blocos de concreto − Alvenaria − Classe B − (≥4 Mpa).

Artes Concretos.

Cidade: Garibaldi.

Produtos certificados pela ABCP:

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe A – (6,0 a 18,0 Mpa).

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe B − (≥4 Mpa).

Bevilaqua Pré-Moldados.

Cidade: Santa Maria.

Produtos certificados pela ABCP:

Peça para pavimentação – Pavimento – Classe – 35 Mpa.

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe B − (≥4 Mpa).

Cisbra Blocos – Tecnologia em concreto.

Cidade: Ijuí.

Produtos certificados pela ABCP:

Peça para pavimentação – Pavimento – Classe – 35 Mpa.

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe B – (≥4 Mpa).

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe B – (≥ 3 Mpa).

Palavro Indústria de Artefatos de Concreto Ltda.

Cidade: Caxias do Sul.

Produtos certificados pela ABCP:

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe A – (6,0 a 10,0 Mpa).

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe B – (≥4 Mpa).

Pré-Moldados Dalmolin.

Cidade: Frederico Westphalen.

Produtos certificados pela ABCP:

Peça para pavimentação – Pavimento – Classe – 35 Mpa.

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe B – (≥4 Mpa).

Prontomix – Tecnologia de Concreto.

Cidade: Santa Maria.

Produtos certificados pela ABCP:

Peça para pavimentação – Pavimento – Classe – 35 Mpa.

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe B – (≥4 Mpa).

Tecmold – Indústria e Comércio.

Cidade: Gravataí.

Produtos certificados pela ABCP:

Peça para pavimentação – Pavimento – Classe – 35 Mpa.

Blocos de concreto – Alvenaria – Classe B – (≥4 Mpa).

Os blocos (Figura 15) utilizados são estruturais da família 14, com resistência à compressão de ≥ 4 MPA que estão classificados como classe B, sua classificação e dimensão são respectivamente bloco inteiro – 14x19x39 (Comp. X Larg. X Alt.).

Figura 15 – Bloco 14x19x39



Fonte: Cisbra Blocos (2014).

A quantidade de blocos ensaiados foi adotada pela NBR 6136:2014, conforme apresentada no Quadro 5.

Quadro 5 – Quantidade de blocos para ensaios

Ensaios	Quantidade
Resistência à	
compressão axial	6
Absorção	3
Dimensional	6
Miniparedes	4
Total	19

Fonte: o autor (2014).

3.2.2 Argamassa de assentamento e revestimento

Para o assentamento dos blocos das miniparedes foi utilizada argamassa industrializada com a resistência de 4 Mpa. Foram adquiridas em um estabelecimento comercial com à classificação P4, M6, R3, C2, D6, U3, de acordo com a norma NBR 13281/2005.

A argamassa para o revestimento das miniparedes também foi produzida, uma argamassa caracterizada para reboco médio. Essa argamassa atendia à classificação P3, M5, R2, C1, D4, U4, A2, de acordo com a norma NBR 13281/2005.

3.3 EQUIPAMENTOS

3.3.1 Equipamentos para a realização dos ensaios da NBR 6136/2014

Os ensaios foram desenvolvidos no Laboratório de Engenharia Civil da Unijuí. Para a realização, foram utilizados alguns equipamentos, que serão apresentados a seguir.

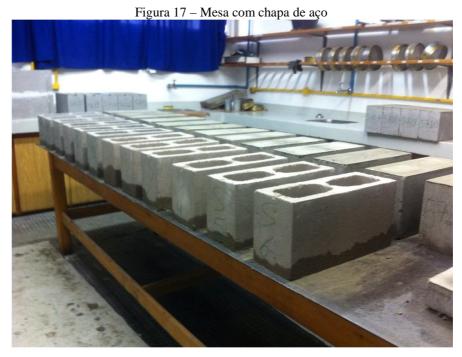
O ensaio dimensional dos blocos foi realizado sobre uma bancada plana em alvenaria (Figura 16).



Figura 16 – Bancada plana

Fonte: o autor (2014).

O ensaio de compressão dos blocos, os mesmos foram capeados com argamassa de cimento e areia, em suas duas faces vazadas. Esse capeamento foi feito sobre uma mesa em que sua superfície contém uma chapa de aço (Figura 17).



No ensaio de absorção, foi preciso fazer a secagem dos blocos, a fim de determinar a sua massa seca. Para isso, foi utilizada a estufa (Figura 18).



Fonte: o autor (2014).

Na verificação dos pesos, foi empregada uma balança de precisão para a pesagem dos blocos (Figura 19).



Na saturação dos blocos utilizou-se um tanque de imersão, que consiste em uma estrutura em alvenaria com água, a uma temperatura ambiente. Para pesagem dos mesmos submersos, também foi utilizado um tanque (Figuras 20 e 21).





Figura 21 – Tanque para pesagem

Fonte: o autor (2014).

Após os blocos serem capeados, foram submetidos ao ensaio de compressão axial, assim realizado em uma prensa hidráulica (Figura 22).



3.3.2 Equipamentos utilizados para a confecção das miniparedes

A proposta do trabalho laboratorial foi obter um peso específico da alvenaria, para isso foram construídas miniparedes, feitas em blocos e assentadas com argamassa e revestimento industrializado. A seguir, serão apresentados os equipamentos a serem utilizados.

No assentamento da alvenaria, foi utilizada argamassa industrializada, a qual teve preparo mecânico, ou seja, virada em betoneira adicionando a quantidade de água indicada pelo fabricante. A Figura 23 apresenta o equipamento utilizado.



Fonte: o autor (2014).

Para a execução, foi utilizada mão de obra profissional, da área da construção civil, que tem como cargo pedreiro, mais comumente chamado "bloqueiro", expressão utilizada nas grandes cidades. Foram utilizados os seguintes equipamentos para a moldagem das paredes:

- 1. Palheta.
- 2. Prumo.
- 3. Nível.
- 4. Régua.
- 5. Desempenadeira.
- 6. Colher de pedreiro.
- 7. Brocha.
- 8. Martelo de borracha.

3.4 Descrições dos ensaios

3.4.1 Análise dimensional

A verificação dimensional (largura, altura e comprimento) foi realizada com seis blocos de cada fabricante, totalizando 48 blocos verificados. Essa análise foi feita com um paquímetro com uma precisão de 0,01 mm. Para essa verificação, foram seguidas as orientações da NBR 12118/2006. As medidas verificadas estão ilustradas na Figura 24.

B

Figura 24 - Indicação das dimensões a coletar

Fonte: O autor (2014)

3.4.2 Índice de absorção de água

Nesse ensaio, foram seguidas as orientações descritas na NBR 12118/2006, em que os blocos foram colocados na estufa no tempo de 24 horas, submetidos a uma temperatura de 110±5° C. Após esse período, foi determinada a massa seca individual, então os blocos passaram para um tanque imerso com água em temperatura ambiente, durante 24 horas. Posteriormente, foram retirados, assim removido o excesso de água externo e pesados para obter sua massa úmida.

Para esse ensaio, foram utilizados três blocos de cada fabricante, em um total de 24 blocos analisados.

3.4.3 Verificação da resistência à compressão

A determinação da compressão dos blocos seguiu as prescrições da NBR 12118/2011, que traz os procedimentos a serem adotados. O ensaio teve início no capeamento dos blocos

em suas faces vazadas superior e inferior, sobre a bancada citada no item 3.4.1. Nessa bancada, foi aplicada uma fina camada de óleo e, posteriormente, a argamassa de areia e cimento no traço de 1:1, com uma espessura de 3,0 mm, onde foram assentados os blocos, após 24 horas foi repetido o processo para realizar o capeamento na face superior.

Esse capeamento é feito para regularizar as faces do bloco, para que, na hora de colocarmos na prensa, os pratos da mesma fiquem 100% em contato com o bloco, um fator importante para a apuração dos resultados. Posteriormente ao capeamento dos blocos, foi realizado o rompimento na prensa hidráulica. Para esse ensaio, foram utilizadas seis amostras de cada fabricante, totalizando 48 amostras.

3.4.4 Execução das miniparedes

Essas paredes se caracterizam como um ensaio empírico. Foram moldadas com dimensões finais de 79 cm x 60 cm x 18 cm (comprimento x altura x largura), sendo uma parede em alvenaria não armada com os blocos coletados (Figuras 25 e 26).

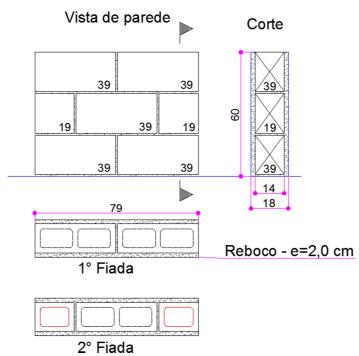


Figura 25 – Projeto da miniparede



Figura 26 – Miniparedes em execução

Fonte: o autor (2014).

As mini paredes foram construídas sobre uma plataforma de madeira, sendo utilizados cinco blocos inteiros de 14x19x39 e dois meio blocos de 14x19x19. Seu assentamento foi com argamassa industrializada, que foi virada em betoneira, sendo usada uma palheta para aplicar nas superfícies dos blocos.

A argamassa de assentamento foi aplicada na horizontal em todo o bloco, e na vertical apenas filetes de 2,0 cm em suas laterais. Essa escolha se dá por simular a pior situação de volume de argamassa em uma peça de bloco. A Figura 27 representa esse enchimento.

Vista
Superior

Vista
Superior

Vista

Argamassa

Vista

Vista

Argamassa

Vista

Argamassa

O revestimento das paredes foi aplicado em três etapas, o chapisco, emboço e reboco em ambos os lados, como ilustra a Figura 27 em planta de fiadas, atingindo uma espessura final de 2,0 cm em ambos os lados. A NBR 13749:2006 recomenda para revestimentos argamassados, para paredes externas de edificações, uma espessura de 2,0 a 3,0 cm e paredes internas de 0,5 a 2,0 cm. Em razão disso, vamos adotar um total de 4,0 cm de revestimento, para simplificar a execução e obter um corpo de prova uniforme, assim adotado 2,0 cm de revestimento em cada face. Essas espessuras de revestimentos foram adotadas tentando simular a pior situação em um revestimento argamassado.

Após a execução de todas as paredes e passados os 28 dias de cura, necessária para a alvenaria, foi realizada a verificação de peso de cada parede através de uma balança (balança de 300 Kg, cedida pela empresa DIPEMASA de Ijuí) e assim obtido um peso específico de cada parede (Figura 28).



Figura 28 – Volume de argamassa

Fonte: o autor (2014).

3.4.5 Apresentação dos resultados

Os resultados de todos os ensaios descritos acima estão apresentados de forma unitária. Os fabricantes foram identificados por números de 1 a 8, para preservar seu nome. Posteriormente, foi realizada uma análise estatística para chegar a um valor único para cada

ensaio, com objetivo de obter um valor médio para o estado do Rio Grande do Sul, ou seja, apresentando dados que caracterizam os blocos desse estado.

Por meio desses resultados, foi utilizado o valor apurado do peso específico do ensaio empírico da miniparede, para dar continuidade à análise teórica.

3.5 Análise teórica

3.5.1 Descrição da análise

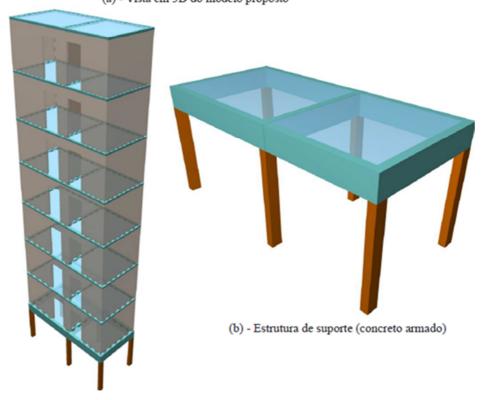
Ao final de todos os ensaios laboratoriais descritos, os resultados obtidos no item 3.5.4 foram usados para realizar um comparativo conforme citado abaixo.

Se houvesse uma diferença ≥ 10 % entre o peso específico da norma e laboratorial, haveria sido realizada uma verificação em uma edificação usual variando as cargas. Analisando as cargas distribuídas sobre a estrutura de transição e os esforços resultantes, sua diferença teve um resultado inferior a 10%. Portanto, foi desenvolvido um comparativo de carregamentos e esforços mudando a espessura das paredes, formando dois casos, sendo o caso 01 com espessura de 18 cm das miniparedes executadas em laboratório, que contempla alvenaria mais reboco, e caso 02, utilizando 14 cm de espessura, o qual foi utilizado por Ramalho e Corrêa em um simples exemplo de cálculo estrutural.

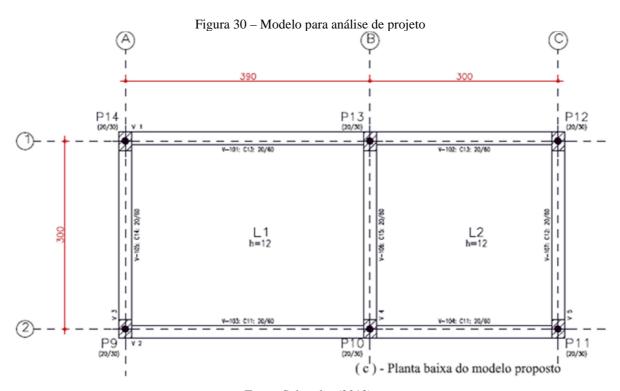
Para realizar este estudo comparativo, foi utilizado um modelo arquitetônico de uma edificação do trabalho de conclusão de curso de Schüssler (2012), que apresenta um estudo da interação entre alvenaria estrutural e concreto armado – análise da distribuição dos esforços mediante o efeito arco.

Esse modelo arquitetônico é uma pequena edificação apresentada na metodologia (caso 2), que contém sete pavimentos em alvenaria não armada sobre pilotis com vigas de seção retangular de 20x60cm e pilares de 20x30cm (Figuras 29 e 30).

Figura 29 – Modelo para análise de projeto (a) - Vista em 3D do modelo proposto



Fonte: Schüssler (2012).



Fonte: Schüssler (2012).

3.5.2 Análise comparativa

Com base nesse projeto, foi utilizada uma ferramenta computacional para calcular as cargas acumuladas na alvenaria no primeiro pavimento e então transferi-las para os pilotis, assim analisados os seguintes resultados:

- 1. Cargas acumuladas no 1° pavimento da alvenaria.
- 2. Cargas resultantes dos pilotis.
- 3. Esforço cortante.
- 4. Esforço de momento fletor.
- 5. Taxa de aço.
- 6. Deformação das vigas.

O software utilizado foi o CAD/TQS Unipro, versão 17.11.8 (contrato 1303160), que foi fornecido pela empresa ENG3 – Projeto Estrutural LTDA. de Ijuí-RS.

Os critérios de projeto adotados para o dimensionamento das estruturas, tanto as estruturas de concreto armado quanto alvenaria estrutural, serão mantidos para ambos os casos.

4 RESULTADOS

4.1 Ensaios laboratoriais

Os resultados dos ensaios em laboratório estão apresentados a seguir, sendo os fabricantes numerados de 01 a 08.

4.1.1 Resultados do fabricante 01

Tabela 3 – Resultados laboratoriais do fabricante 01

Corpo de prova 1 392,80 141,94 193,55 28,19 26,76 147,93 76,78 48,63 394,16 144,79 191,80 27,76 28,24 147,79 78,64 48,38 48,64 394,05 143,55 189,13 28,19 26,76 147,79 78,64 48,38 48,64 393,35 143,86 189,63 28,13 27,03 147,63 24,60 47,89 26,76 28,24 147,79 78,64 48,38 48,64 393,35 143,86 189,63 28,13 27,03 147,63 24,60 47,89 26,76 28,24 147,99 75,66 47,01 47,01 48,38 48,63 48,64 48,38 4													ricante 0	l		
Description Comprimento Largura Antura Tongitudinais Transversais T				Ens	saio	dim			_							
Longitudinas Trainsversas Longitudinas Langitudinas Longitudinas Langitudinas Lang	_	Com	primen	to Larg	ura	Altu										Mísula
2 393,16 145,41 189,35 28,85 26,07 147,22 73,30 48,72 3 393,08 142,29 188,29 27,75 26,59 148,15 76,44 47,70 4 394,05 143,55 189,13 28,19 26,76 147,93 76,78 48,63 5 394,16 144,79 191,80 27,76 28,24 147,99 75,66 47,01 6 392,83 145,20 188,88 28,90 28,31 147,79 78,64 48,38 Média 393,35 143,86 189,63 28,13 27,03 147,63 24,60 47,89							Loi					_				
3 393,08 142,29 188,29 27,75 26,59 148,15 76,44 47,70					-		_						_			
A 394,05 143,55 189,13 28,19 26,76 147,93 76,78 48,63				_	_											
S		_		_	_							_				
Corpo de prova																
Corpo de prova				_	_		_									
Corpo de prova Comprimento (mm) Largura (mm) Área (mm²) Força (Newton) Força (Mpa) For													_			
Corpo de prova	Média	39	93,35	143,	86	189,					-	1	47,63	2	24,60	47,89
Corpo de prova Comprimento (mm) Largura (mm) Área (mm²) Força (Newton) Corpo de prova Corpo de prova Corpo de prova 1 13270 12537 12543 12543 12543 13300 13323 13287 5,92 55,14							Ens	aio de	co	mpre	ssão					
Table Tabl	Corpo	de	Comp	rimento	_					•	Fo	orça	Tensã	О		Fbk2
1 392,80 141,94 55754,03 327700,00 5,88 2 393,16 145,41 57169,40 280700,00 4,91 3 393,08 142,29 55931,35 292200,00 5,22 4 394,05 143,55 56565,88 335300,00 5,93 4,26 4,37 5 394,16 144,79 57070,43 372200,00 6,52 6 392,83 145,20 57038,92 421400,00 7,39 Média 393,35 143,86 56588,33 338250,00 5,97	prova		-		La	argura	a (mm)	Are	ea (r	nm²)	(Ne	wton)	(Mpa)	l	(Mpa)
2 393,16 145,41 57169,40 280700,00 4,91 3 393,08 142,29 55931,35 292200,00 5,22 4 394,05 143,55 56565,88 335300,00 5,93 5 394,16 144,79 57070,43 372200,00 6,52 6 392,83 145,20 57038,92 421400,00 7,39 Média 393,35 143,86 56588,33 338250,00 5,97 Ensaio de determinação da umidade e absorção Corpo de prova Massa da amostra recebida (g) 24 h 26 h 28 h 24 h 26 h 28 h (%) 1 13270 12790 12800 12800 13850 13600 13590 6,17 59,49 2 12760 12460 12470 12470 13180 13200 13200 5,85 39,73 3 12830 12360 12360 12360 13140 13170 13070 5,74 66,20 Média 12953 12537 12543 12543 13300 13323 13287 5,92 55,14 Ensaio de determinação da área líquida Corpo de prova h1			`			1 4 1	0.4		751	02	,				(Mpa)	` 1 /
3 393,08 142,29 55931,35 292200,00 5,22 4 394,05 143,55 56565,88 335300,00 5,93 4,26 5 394,16 144,79 57070,43 372200,00 6,52 6 392,83 145,20 57038,92 421400,00 7,39							_									
A 394,05 143,55 56565,88 335300,00 5,93 4,26 4,37								_								
5 394,16 144,79 57070,43 372200,00 6,52 6 392,83 145,20 57038,92 421400,00 7,39 Ensaio de determinação da umidade e absorção Corpo de prova Massa da amostra recebida (g) M. da amostra seca (g) M. da amostra saturada (g) Absorção (%) Umidade (%) 1 13270 12790 12800 12800 13580 13600 13590 6,17 59,49 2 12760 12460 12470 12470 13180 13200 13200 5,85 39,73 3 12830 12360 12360 12360 13140 13170 13070 5,74 66,20 Média 12953 12537 12543 12543 13300 13323 13287 5,92 55,14 Ensaio de determinação da área líquida Corpo de prova h1 h2 h3 h médio Massa aparente (g) líquida (mm²) (mm) (mm) (mm) (mm) <															1 26	4 27
6 392,83 145,20 57038,92 421400,00 7,39 Ensaio de determinação da umidade e absorção Corpo de prova Massa da amostra recebida (g) M. da amostra seca (g) M. da amostra saturada (g) Absorção (%) Umidade (%) 1 13270 12790 12800 12800 13580 13600 13590 6,17 59,49 2 12760 12460 12470 12470 13180 13200 13200 5,85 39,73 3 12830 12360 12360 12360 13140 13170 13070 5,74 66,20 Média 12953 12537 12543 12543 13300 13323 13287 5,92 55,14 Ensaio de determinação da área líquida Corpo de prova h1 h2 h3 h médio Massa aparente (g) líquida (mm²) (mm) (mm) (mm) (mm²) 5730,00 29821,38 2 189,38 191,20 191,37															4,26	4,37
Média 393,35															ł	
Corpo de prova Massa da amostra seca (g) M. da amostra saturada (g) Hora inicial Hora inicial Hora inicial (%) (%)																
Corpo de prova Massa da amostra M. da amostra seca (g) M. da amostra saturada (g) Absorção (%) Umidade (%) 1 13270 12790 12800 12800 13580 13600 13590 6,17 59,49 2 12760 12460 12470 12470 13180 13200 13200 5,85 39,73 3 12830 12360 12360 12360 13140 13170 13070 5,74 66,20 Média 12953 12537 12543 12543 13300 13323 13287 5,92 55,14 Ensaio de determinação da área líquida Corpo de prova h1 h2 h3 h médio Massa aparente (g) líquida (mm²) (mm) (mm) (mm) (mm) (mm) (mm²) 2 189,38 191,20 191,37 190,65 7600,00 29373,20 29373,20 3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 29459,53 <td>Medi</td> <td colspan="6">,</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	Medi	,														
Corpo de prova amostra recebida (g) 24 h 26 h 28 h 24 h 26 h 28 h 24 h 26 h 28 h 28 h 28 h 26 h 28			Mass													
Pirova recebida (g) 24 h 26 h 28 h 24 h 26 h 28 h (%) (%)	Corpo	de			171.				(g)	IVI. U				Ab	sorção	Umidade
1 13270 12790 12800 12800 13580 13600 13590 6,17 59,49 2 12760 12460 12470 12470 13180 13200 5,85 39,73 3 12830 12360 12360 12360 13140 13170 13070 5,74 66,20 Média 12953 12537 12543 13300 13323 13287 5,92 55,14 Ensaio de determinação da área líquida Corpo de prova h1 h2 h3 h médio Massa aparente (g) líquida (mm²) (mm) (mm) (mm) (mm) (mm²) 4 líquida (mm²) 1 194,26 192,58 192,61 193,15 7830,00 29821,38 2 189,38 191,20 191,37 190,65 7600,00 29373,20 3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 Média 191,5	prova	ì			24				h	24					(%)	(%)
2 12760 12460 12470 12470 13180 13200 13200 5,85 39,73 3 12830 12360 12360 12360 13140 13170 13070 5,74 66,20 Média 12953 12537 12543 12543 13300 13323 13287 5,92 55,14 Corpo de prova h1 h2 h3 h médio (mm) Massa aparente (g) líquida (mm²) 1 194,26 192,58 192,61 193,15 7830,00 29821,38 2 189,38 191,20 191,37 190,65 7600,00 29373,20 3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 Média 191,56 191,12 190,95 191,21 7653,33 29459,53 Ensaio de determinação do peso específico (cm) Altura (cm) Espessura (cm) Volume (m³) Peso Peso específico (KN/m³)	1														6.17	59 49
3					_									_		
Média 12953 12537 12543 12543 13300 13323 13287 5,92 55,14 Ensaio de determinação da área líquida Altura dos blocos Área líquida Corpo de prova h1 h2 h3 h médio (mm) Massa aparente (g) líquida (mm²) 1 194,26 192,58 192,61 193,15 7830,00 29821,38 2 189,38 191,20 191,37 190,65 7600,00 29373,20 3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 Média 191,56 191,12 190,95 191,21 7653,33 29459,53 Ensaio de determinação do peso específico Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura (cm) Volume (m³) Peso Peso específico (KN/m³)																
Corpo de prova		а				_										
Altura dos blocos	111001	-		,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,											·,>_	00,1
Corpo de prova h1 (mm) h2 (mm) h3 (mm) h médio (mm) Massa aparente (g) (mm²) líquida (mm²) 1 194,26 192,58 192,61 193,15 7830,00 29821,38 2 189,38 191,20 191,37 190,65 7600,00 29373,20 3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 Média 191,56 191,12 190,95 191,21 7653,33 29459,53 Ensaio de determinação do peso específico Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura (cm) Volume (mm) Peso Peso específico (KN/m³)													1			Área
(mm) (mm) (mm) (mm) (mm) (mm²) 1 194,26 192,58 192,61 193,15 7830,00 29821,38 2 189,38 191,20 191,37 190,65 7600,00 29373,20 3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 Média 191,56 191,12 190,95 191,21 7653,33 29459,53 Ensaio de determinação do peso específico Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura (cm) Volume (mm²) Peso Peso específico (KN/m³)	Corpo	le pro	va 🗀	h1							h n	édio	Massa :	anar	ente (σ)	
1 194,26 192,58 192,61 193,15 7830,00 29821,38 2 189,38 191,20 191,37 190,65 7600,00 29373,20 3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 Média 191,56 191,12 190,95 191,21 7653,33 29459,53 Ensaio de determinação do peso específico Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura (cm) Volume (m³) Peso Peso específico (KN/m³)	Согро	ic pro	, , ,			(mm)		mm	1)			IVIABBA (арш	cinc (g)	-
2 189,38 191,20 191,37 190,65 7600,00 29373,20 3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 Média 191,56 191,12 190,95 191,21 7653,33 29459,53 Ensaio de determinação do peso específico Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura (cm) Volume (m³) Peso Peso específico (KN/m³)		1				`				-	,		78	30.0	00	` ′
3 191,05 189,57 188,87 189,83 7530,00 29184,01 Média 191,56 191,12 190,95 191,21 7653,33 29459,53 Ensaio de determinação do peso específico Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura (cm) Volume (m³) Peso Peso específico (KN/m³)					_			_								
Média 191,56 191,12 190,95 191,21 7653,33 29459,53 Ensaio de determinação do peso específico Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura (cm) Volume (m³) Peso apurado(kg) Peso (KN/m³)		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			-											
Ensaio de determinação do peso específico Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura Volume Peso Peso específico (cm) (m³) apurado(kg) (KN/m³)							_									
Fabricante Comprimento (cm) Altura (cm) Espessura Volume Peso Peso específico (cm) (m³) apurado(kg) (KN/m³)			I											,-	<u> </u>	,
Fabricante (cm) Altura (cm) (cm) (m³) apurado(kg) (KN/m³)	F	, 1	Compi)	Peso e	specífico
	Fabrica	nte	-		A	Altura	(cm)	-								•
	1		79	,20		59,	,50	_	_		0,0	848				

4.1.2 Resultados do fabricante 02

Tabela 4 – Resultados laboratoriais do fabricante 02

							dos laboi							
			Ens	aio	dime		l das pe							
Corpo	Con	nprimento	Laro	ıra	Altura		oessura o				Dimensão			Mísula
de prova	Con	принистио	Largi	ша	Attura	Long	gitudinais	Trans	sversa	is Lon	gitudinais	Traı	nsversais	Iviisua
1	3	91,68	138,	35	190,70	5 2	6,99	20	5,20	1	49,48	7	77,01	43,30
2	3	91,46	140,	58	190,7	7 2	6,95	20	5,07	1	36,90	7	74,21	45,55
3	3	91,21	141,	76	191,93	3 2	7,60	20	5,59	1	49,63	7	76,78	48,00
4	3	91,10	141,	73	191,4	7 2	7,67	20	5,76	1	49,80	7	76,60	48,32
5	3	91,63	142,	34	192,22	2 2	8,39	28	3,24	1	49,00	7	77,76	47,95
6		91,49		_	190,6	_	6,66		3,31	_	49,33		77,15	46,77
Média	3	91,43	141,	10	191,30) 2	7,38	2	7,03	1	47,36	2	24,56	46,65
	Ensaio de compressão													
Corpo	de	Comprin	nento						Fo	orça	Tensã	O	Fbk1	Fbk2
prova		(mn		La	argura	(mm)	Área (1	nm²)		wton)	(Mpa		estim.	(Mpa)
P		,	1		100				,				(Mpa)	(= · - F · · ·)
1		391,6			138,3		54188			500,00	9,35			
2		391,4			140,5		55031			500,00	8,72			
3		391,2			141,7		55457			000,00	9,23		7 (0	5 44
4		391,1			141,7		55430			500,00	9,81		7,68	7,14
5		391,6			142,3		55744			100,00	8,37			
6		391,4			141,8		55517	-		500,00				
Média	a	391,4			141,1		55228			283,33	·	,		
							inação c							
Corpo	de	Massa		M				M. da			turada (g)	Ab	sorção	Umidade
prova		amos				ra inici				ra inici		ļ	(%)	(%)
		recebid				26 h	28 h	24		26 h	28 h			
1		1302				2660	12660	135	_	13520			6,87	41,38
2		1334				2970	12960	138		13890		_	7,10	41,30
3		1284				2510	12600	132	_	13370			6,19	30,77
Médi	a	1306	7			2713	12740	1354		13593			6,72	37,82
		1		E			erminaç		area	a liquic	la I			
		<u> </u>	1.4	-			s blocos		1	<i>(</i> 1'	, ,			Área
Corpo d	le pro		h1		h		h3			nédio	Massa	apar	ente (g)	líquida
			(mm)		(m		(mn			nm)				(mm²)
	<u> </u>		90,22	_	191		191,			0,91		560,0		31270,73
	2 192,20					,13	192,			2,27		300,0		31621,65
	3 190,20				189		189,			9,79		170,0		31139,13
Mé	dia	1	90,87	_	191		191,			0,99		510,0)()	31343,84
		- ·		Ens	saio de	detei	minaçã						-	
Fabrica	nte	Comprin		A	Altura (cm)	Espess			lume	Pesc			específico
		(cm	_				(cm			m³)	apurado		_	N/m³)
2		80,3	U		58,8	J	18,1	.U	0,0	0855	112,0	8	1	3,11

4.1.3 Resultados do fabricante 03

Tabela 5 – Resultados laboratoriais do fabricante 03

								dos labo							
				Ens	saio	aime		l das pe	_					C	
Corpo	Con	nprim	ento	Larg	ura	Altur	` <u> </u>	essura o				Dimensão			Mísula
de prova							Long				_	gitudinais			45.00
1		89,7		140,	_	189,2		6,42		7,10		45,87		79,47	46,03
2		89,8			_	191,2	_	5,91		5,97		50,41		77,91	44,25
3		89,7			-	190,5		6,90		5,00	_	50,08		78,23	44,56
4		89,1			_	190,9	_	6,81		5,98		49,99		78,36	46,53
5		89,0			_	190,9		6,28		6,67		47,32	_	78,48	44,01
6		89,9			_	189,8		5,80		5,76		50,30		77,51	44,68
Média	3	89,5	8	139,	90	190,4		6,35		5,41	1	49,00	2	24,83	45,01
		ı					Ensa	io de co	mpre	ssão		1		T111	
Corpo	de	Con	nprim	ento			<i>(</i>)	i .	2)	Fo	rça	Tensã	O	Fbk1	Fbk2
prova	l		(mm))	La	argura	(mm)	Área (1	mm²)	(Nev	vton)	(Mpa	ı)	estim.	(Mpa)
1		2	89,7	6		140,) 2	54656	: 04	5184	00.00	9,48	,	(Mpa)	
1						139,									
3			89,8 89,7			139,		5444(4577		8,41 9,46			
								54550			00,00			0.27	7.49
5			89,1			140, 139,		54531 54350			00,00	9,89 10,14		8,37	7,48
			89,0 89,9			139,		54473	•	4577	00,00	8,40		1	
6	_							54500		5067		9,30		1	
Média	1)	89,58 139,9 Ensaio de de												
		1.1	0000									turada (g)			
Corpo	de		assa		171.		ora inici		IVI. U		a inici		Ab	sorção	Umidade
prova	l		most ebida		2/	4 h	26 h	28 h	24		26 h	28 h	ł	(%)	(%)
1			219				11750	11750	128	-	2850	12890		9,70	38,60
2			236				11960	11730	130		3010	13030	_	8,95	37,38
3			1355			090	11900	13080	141		4130	14130	_	8,03	44,76
Média	э		270				7903,3		133		3330	13350	_	8,89	40,25
Wicdia	1	-	1270	U				erminaç						0,09	40,23
					171			s blocos		arca	nquic				Área
Corpo d	le nr	ova		h1			12	h3		h m	źdio.	Massa	anan	ente (σ)	líquida
Corpo d	o pr	٠, ra	(mm)			ım)	(mn		(m		TVIABBA (араг	cinc (g)	(mm²)
1				90,90	, +		2,31	192,			2,02	66	540,0	00	32548,69
2				92,81			4,48	192,			3,57		750,0		32443,04
3				93,63	_		1,62	193,			2,48		140,0		34756,26
Mé				92,45	_		2,80	192,			2,69		943,3		33249,33
1410	ana		1.	, , , , ,	_			rminaçã					<i>т</i> Ј,.	,,,	55477,55
		Con	norin	ento				Espes			ume	Pesc)	Peso e	específico
Fabrica	nte		(cm)		A	Altura	(cm)	(cm			n ³)	apurado			N/m³)
3		,	79,60			60,0	00	18,0			860	120,1			3,97
		ь——	,5		-			,				,1			- ,

4.1.4 Resultados do fabricante 04

			T	abela 6	- Resul	tados lab	orator	iais do	fabric	ante 04			
			Ensa	io dim	ensiona	ıl das pe	ças (Dime					
Corpo	Comr	orimento	Larmi	A Itu		pessura c				Dimensão			Mísula
de prova	Сопц	JIIIICIIIO	Largu	a Ant	Lon	gitudinais	Tran	sversa	is Long	gitudinais	Traı	nsversais	Iviisula
1	38	8,78	139,0	0 189,	.93 2	26,68	24	4,99	1	45,00	7	77,47	41,47
2	38	9,01	139,1	8 189,	.79 2	26,72	25	5,85	1	46,45	7	76,08	40,64
3	39	0,25	138,9	9 192,	.35	26,26	20	5,42	1	43,53	7	79,93	41,67
4	38	9,43	139,4	1 190,	78 2	26,82	20	5,55	1	46,33	7	78,73	41,41
5	38	9,45	139,2	2 189,	.39 2	26,23	25	5,99	1	46,10	7	9,51	40,26
6	38	9,25	139,2	5 191,	.25	26,94	20	5,71	1	44,34			43,79
Média	38	9,36	139,1	8 190,		26,61		5,09	1	45,29	2	24,22	41,54
					Ensa	io de co	mpre	ssão					
Corpo de Comprimento Força Tensão Fbk1													Fbk2
prova		(mm)		Largur	a (mm)	Área (1	nm²)		vton)	(Mpa		estim.	(Mpa)
										_		(Mpa)	(111pu)
1		388,7			9,00	54040			00,00	9,59			
2		389,0			9,18	54142			00,00	8,45			
3		390,2			3,99	54240			00,00	9,51			
4		389,4			9,41	54290			00,00	9,93		7,39	7,52
5		389,4			9,22	54219			00,00	10,1			
6		389,2			9,25	54203			00,00	8,44			
Média	a	389,3			9,18	54189			00,00	9,35			
						inação o					ı		
Corpo	de	Massa					M. da			urada (g)	Ab	sorção	Umidade
prova		amost	_		Iora inic		2.4		ra inici			(%)	(%)
		recebida		24 h	26 h	28 h	24		26 h	28 h			
1		1321		2810	12820	12810	135		13560	13560		5,85	53,33
2		1303		2660	12670		133		13400	13420		6,00	48,68
3		1310		2735	12745	12735	134		13480	13490		5,93	48,34
Média	a	1311	3	2735	12745	12735	134		13480	13490		5,93	50,12
						erminaç os blocos		ı area	nquia	a			Ámaa
Corpo	la nros	170	h1	1	h2	h3		hm	édio	Massa	anar	anta (a)	Área líquida
Corpo c	ie prov		mm)		mm)	(mn			m)	wiassa (араг	ente (g)	(mm²)
1	1		90,13	`	90,72	189,		<u> </u>),27	75	330,0)()	30115,10
				_	90,72	190,),27),87		720,0		29863,78
	2 191,34 3 190,74			_	90,58	190,		150),67		0,00		70788,26
Mé			90,74	_	90,58	190,		127	7,05		83,3		43589,05
IVIC	чи	1;				rminaçã					.05,.	,,,	13307,03
	Comprimento					Espes			ume	Pesc)	Peso e	específico
Fabrica	nte `	(cm)		Altura	a (cm)	(cm			n ³)	apurado			N/m³)
4		79,00		60	,00	18,0			853	120,3		`	4,10
<u> </u>		. , , , ,			,	10,0		٠,٠		,5			,

4.1.5 Resultados do fabricante 05

Tabela 7 – Resultados laboratoriais do fabricante 05

Tabela 7 – Resultados laboratoriais do fabricante 05 Ensaio dimensional das peças (Dimensão em mm)																
				Ens	aio	dime				_						
Corpo	Con	norim	ento	Larg	ıra	Altur			essura d				Dimensão			Mísula
de prova							L						gitudinais			
1		92,90			_	189,3	_		6,88		5,18		50,30		30,19	45,58
2		93,50			_	189,	_		5,28	25	5,57		47,32	_	79,51	44,63
3	3	92,9	1	141,	_	190,9	_	2	7,43	20	5,00		50,08	7	79,58	45,40
4	3	92,6	1	141,	25	189,2	20	2	8,20	20	5,03	1	50,41	7	76,41	46,05
5		92,73				190,			6,71		3,68	1	49,99	7	78,72	46,73
6		92,50		139,	89	189,0)2		6,38	25	5,49	1	45,87	7	78,51	43,61
Média	3	92,8	7	141,	26	189,6	_		6,81		5,49	1	49,00	2	24,83	45,33
							En	sai	io de co	mpre	ssão					
Corpo	de	Con	norin	ento					,		Fo	orça	Tensã	io	Fbk1	Fbk2
prova			(mm)		La	argura	(mm	1)	Área (r	nm²)		wton)	(Mpa		estim.	(Mpa)
prova			` '								Ì		_		(Mpa)	(11 1 pu)
1			92,9			141			55662			300,00	6,67		 -	
2			93,5			139			54794			700,00	5,82			
3			92,9			141			55522			300,00	5,68		ļ	
4				92,61		141			55456			500,00	6,64		4,85	5,05
5			92,7			144			56631			500,00	7,32			
6			92,5			139			54906			00,00	5,32			
Média	a	3	92,8			141			55495	-		733,33	6,24	-		
									inação d							
Corpo	de	M	assa	da	Μ.					M. da			turada (g)	AŁ	sorção	Umidade
prova			most				ora in					ra inici			(%)	(%)
prova			ebida			4 h	26 l		28 h	24		26 h	28 h			
1			174			360	1136	_	11360	122	_	12260	12290	_	8,19	40,86
2			188				1151		11500	123		12340	12340	_	7,30	45,24
3			192				1154		11540	124		12410			7,45	44,19
Média	a	1	184	7			1147		11467	123		12337	12343		7,65	43,43
					E				erminaç		area	ı líquid	la			
								do	s blocos							Área
Corpo d	le pro	ova		h1			h2		h3			rédio	Massa	apar	ente (g)	líquida
			`	mm)			nm)		(mn			nm)				(mm²)
1				88,97			8,19		190,			9,32		580,0		30160,57
	2 188,59				_		7,59		187,			7,91		560,0		30227,24
	3 188,69					9,49		191,			9,92		590,0		30064,76	
Média 188,75							8,42		189,			9,05		543,3	33	30150,86
					E	nsaio	de de	etei	rminação							
Fabrica	nte		-	ento	1	Altura	(cm)		Espess			lume	Pesc			específico
			(cm)		1				(cm		_	m³)	apurado			N/m³)
5			79,50)		59,	50		18,1	.0	0,0)856	115,0	00	1	3,43

4.1.6 Resultados do fabricante 06

Tabela 8 – Resultados laboratoriais do fabricante 06

							dos labor							
			Ens	aio	dimer		l das pe							
Corpo	Com	orimento	Laro	ıra	Altura		essura c				Dimensão			Mísula
de prova	Сопц	printento	Large			Long	gitudinais	Trans	svers	ais Lon	gitudinais	Trai	nsversais	TVIISUIC
1	38	39,93	139,	70	189,84	1 2	5,80	20	5,76	1	50,30	7	77,51	44,68
2	38	39,05	139,	70	190,98	3 2	6,28	20	5,67	1	47,32	7	78,48	44,01
3	38	39,73			190,58		6,90	20	5,00	1	50,08		78,23	44,56
4		39,81		_	191,28		5,91		5,97	_	50,41		77,91	44,25
5		39,18	-		190,99		6,81	25	5,98	_	49,99		78,36	46,53
6	38	39,76			189,29	_	6,42			1	45,87		79,47	46,03
Média	38	39,58	139,	90	190,49		6,35		1,90		49,00	2	24,83	45,01
Ensaio de compressão														
Corpo	Corpo de Comprimento											0	Fbk1	Fbk2
prova		(mm)		La	rgura (mm)	Área (r	nm²)		ewton)	(Mpa		estim.	(Mpa)
						_			, i				(Mpa)	(= - F /
1		389,9			139,7		54473			700,00				
2		389,0			139,7		54350			200,00				
3		389,7			139,9		54550			600,00			0.50	7.40
4		389,8			139,6		54440	•		800,00			8,58	7,48
5		389,1			140,1		54531			900,00				
6		389,7			140,2		54656			400,00				
Médi	a	389,5			139,9		54500			266,67	9,27			
							inação d					l		1
Corpo	de	Massa	- 1	M.				M. da			turada (g)	At	sorção	Umidade
prova	,	amost		2.4		ra inici		2.4		ora inici		f	(%)	(%)
1		recebida		24		26 h	28 h	24		26 h	28 h		7.47	25.42
1		1320				2860	12860	137		13800			7,47	35,42
3		1282				2490	12490	133		13360			7,53	35,11
Médi		1282		124		2440 2597	12450	133		13330 13497			7,15	41,57
Medi	a	1294	/	126			12600 e rminaç				13530		7,38	37,37
				EI			s blocos		area	а пүшс	іа 			Ámaa
Corpo	le pro	va	h1		Ai		h3		h s	nédio	Massa	anar	ente (a)	Área líquida
Corpo c	ic pro										Wiassa	араг	cinc (g)	-
1	1		(mm) 91,37	\dashv	(m	,16	(mn 190,		,	mm) 1,04	70	330,0	00	(mm²) 31354,14
	2		90,00		191		190,			0,22	1	520,0		
		_		_	189		190,			9,74		570,0		30543,58 30409,50
	3 188,65 Média 190,01		90,03	\dashv	190		190,			0,34		573,3		30769,07
IVIE	ша	[13		Fnc		_	minaçã					113,3	در	30709,07
	10	Comprin					Espess			olume	Peso	,	Peso e	específico
Fabrica	nte	(cm)		A	Altura (cm)	(cm			m³)	apurado			N/m³)
6					60,1)	18,0	_	_	0867	119,1		`	3,74
	6 80,10				55,1		10,0		0,		11/,1			-,,,

4.1.7 Resultados do fabricante 07

Tabela 0 _	Recultados	laboratoriais d	o fabricante 07
1 aucia 3 –	· ixcsuitauos	iauoraioriais u	o rabilicanic or

				Γabe			dos labor	atoria	is do	fabrica	ite 07			
					Fabric									
			Eng	saio	dime		l das pe				m mm)			
Corpo	Con	nprimento	Larg	ura	A ltura		essura c				Dimensão			Mísula
de prova	Con	финенс	Larg	шa	Altura	Long	itudinais	Tran	svers	ais Lon	gitudinais	Tra	nsversais	Iviisuia
1	3	88,78	139,	00	189,93	3 2	6,68	24	4,99	1	45,00		77,47	41,47
2	3	89,45	139,	22	189,39	2	6,23	2:	5,99	1	46,10	ι.	79,51	40,26
3	3	89,43	139,	41	190,78	3 2	6,82	20	5,55	1	46,33	ι.	78,73	41,41
4	3	89,43	139,	41	190,78	3 2	6,82	20	5,55	1	46,33	, ,	78,73	41,41
5	3	90,25	138,	99	192,3	5 2	6,26	20	5,42	1	43,53	,	79,93	41,67
6	3	89,25	139,	25	191,23	5 2	6,94	20	5,71	1	44,34		78,88	43,79
Média	3	89,43	139,	,21 190,75		5 2	6,63	20	5,20	1	45,27	2	24,21	41,67
						Ensa	io de co	mpre	ssão	,				
Corpo de Comprimento Força Tensão Fbk1											Fbk2			
_		-		L	argura	(mm)	Área (1	nm²)		_			estim.	
prova	L	(mn	1)						(INE	ewton)	(Mpa	.)	(Mpa)	(Mpa)
1		388,	78		139,0	0	54040	,42	386	800,00	7,16			
2		389,	45		139,2	22	54219	,23	358	900,00	6,62	,	Ī	
3		389,	43		139,4	-1	54290	,44	379	800,00	7,00	1	Ī	
4		389,	43	139,41 54290,44		,44	268	100,00	4,94		4,84	4,40		
5		390,	25	138		9	54240	,85	364	600,00	6,72	,	1	
6		389,	25	139,25		54203	,06	369	600,00	6,82	,	1		
Média	a	389,	43		139,2			633,33	6,54		1			
			Eı	nsai	o de d	etermi	inação d	la un	idad	e e abs	orção			
		Massa		_							urada (g)		~	**
Corpo		amos	tra		Но	ra inici	al		Н	ora inici	al	At	osorção	Umidade
prova	l	recebid	a (g)	2	4 h	26 h	28 h	24	h	26 h	28 h		(%)	(%)
1		1222	20	11	870 1	1780	11780	127	10	12710	12710		7,89	47,31
2		1236	50	11	900 1	1900	11900	129	10	12930			8,66	44,66
3		1211	0	11	760 1	1670	11670	125	550	12580	12580		7,80	48,35
Média	a	1223	30	11	843 1	1783	11783	1272	23,3	12740	12740		8,12	46,77
				E	nsaio d	le det	erminaç	ão da	áre	a líquid	a			
							s blocos							Área
Corpo d	le pro	ova	h1		h	2	h3		hr	nédio	Massa a	apar	ente (g)	líquida
•	•		(mm)		(m		(mn	1)		mm)		•		(mm²)
1	<u> </u>	1	86,54	\Box	187		188,		_	37,50	69	80,0	00	30560,00
2			90,87		189		187,			39,09)50,0		31096,30
3			89,22	_	188		187,			38,62		20,0		30006,89
Mé			88,88		188		187,			38,40		983,		30554,40
1.10	Ensaio de de											,		,
		Compri					Espess			olume	Peso)	Peso e	specífico
Fabrica	nte	(cm		1	Altura (cm)	(cm			(m ³)	apurado			N/m³)
7		80,0			59,7	0	18,0			0860	111,2		<u> </u>	2,94
<u> </u>		,-		<u> </u>	, •		,0	-	-,		,_	-		,·

4.1.8 Resultados do fabricante 08

Tabela 10 – Resultados laboratoriais do fabricante 08

Tabela 10 – Resultados laboratoriais do fabricante 08 Ensaio dimensional das peças (Dimensão em mm)															
	1			Ens	aio	dime			_						
Corpo	Con	nprim	ento I	Largi	ıra	Altura	` 	essura o				Dimensão			Mísula
de prova							Long					gitudinais	_		
1		92,83		145,	_	188,8		8,90		7,49	_	47,79		78,64	48,38
2		94,10			-	191,8		7,76		7,75		47,99		75,66	47,01
3		94,0	_		-	189,1	_	8,19		5,66		47,93	_	6,78	48,63
4		94,0			_	189,1	_	8,19		5,66	_	47,93		76,78	48,63
5		93,10		145,	_	189,3	_	8,85	_	7,43	_	47,22	_	73,30	48,72
6		92,80			_	190,3	_	7,34		5,75	_	46,68		78,24	46,87
Média	3	93,5	1	144,	07	189,7		8,21		7,12	1	47,59	2	24,60	48,04
							Ensa	io de co	mpre	ssão					
Corpo	de	Con	prime	ento						Fo	rça	Tensã	o	Fbk1	Fbk2
prova			(mm)		La	argura	(mm)	Área (1	mm²)		vton)	(Mpa		estim.	(Mpa)
Provid										, i		_		(Mpa)	(1.1pu)
1			92,83			145,		57038			00,00	9,09			
2			94,16			144,		57070			00,00	8,09			
3			94,05			143,		56565			00,00	9,10			
4			94,05			143,		56565			00,00	7,85		7,97	6,98
5			93,16			145,		57169		4836	00,00	8,46			
6			92,80			141,		55754				8,21			
Média	a	3	93,51			144,		56694			83,33	8,47	'		
				En				inação d				•			
Corpo	de	Ma	assa d	la	M.				M. da			turada (g)	Δh	sorção	Umidade
prova			nostra	-			ra inici				ra inici			(%)	(%)
prova		rece	ebida	(g)	24	4 h	26 h	28 h	24	h	26 h	28 h		(70)	(70)
1			3150		12'	_	12780	12780	136	90	3700	13710	·	7,28	39,78
2		1	2610)	123	300	12310	12290	133		13350	13340		8,54	30,48
3		1	2500)	122	220	12220	12210	131	.00	13120	13120	,	7,45	31,87
Média	a	1	2753	;	124	433	12437	12427	1336	56,7	13390	13390	,	7,76	34,04
					Eı	nsaio	de det	e rminaç	ão da	a área	líquid	la			
								s blocos	3]		_	Área
Corpo d	le pro	ova]	h1		ŀ	2	h3		h m	édio	Massa	apar	ente (g)	líquida
			(n	nm)		(n	ım)	(mn	n)	(m	m)				(mm²)
1	1		18	9,12		188	3,40	188,	34	188	3,62	74	190,0	00	32976,35
2	2		19	0,82		19	,35	191,	32	191	1,16	71	160,0	00	32328,38
3	3		19	0,55		190),49	189,	21	190),08	70)90,0	00	31722,93
Mé	Média 190,10					190),08	189,	62	189	9,96	72	246,6	57	32342,55
En						nsaio d	le dete	rminação	o do p	eso es	specífi	co			
Fabrica	nte	Con	prime	ento		Altura	(cm)	Espes	sura	Vol	ume	Pesc)	Peso e	específico
	me		(cm)			TILUI A	(CIII)	(cn	n)	(r	n³)	apurado	(kg)	(K	N/m³)
8		7	79,50		_	59,9	0	18,1	0	0,0	862	119,1	0	1	3,82

4.2 Análise dos resultados

4.2.1 Análise dos resultados do ensaio dimensional

Na análise dimensional, foram apurados os resultados de todos os fabricantes. A amostra correspondia a seis unidades do bloco 14x19x39 cm, após realizada uma média de cada fabricante, chegou-se a um valor unitário para cada lote, apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 – Resultados do ensaio dimensional

	Ensa	io dimensi	onal das p	peças (mm) - Va	lor médio dos f	abricantes		
Fabricante	Comprimento	Lorgiro	Altura	Espessura o	las paredes	Dimensã	o do furo	Mísula
radicante	Comprinento	Largura	Altura	Longitudinais	Transversais	Longitudinal	Transversal	IVIISUIA
1	393,35	143,86	189,63	28,13	27,22	147,63	76,51	47,89
2	391,43	141,10	191,30	27,38	27,03	147,36	76,59	46,65
3	389,58	139,90	190,49	26,35	26,41	149,00	78,33	45,01
4	389,36	139,18	190,58	26,61	26,09	145,29	78,43	41,54
5	392,87	141,26	189,64	26,81	25,49	150,72	78,82	45,33
6	389,58	139,90	190,49	26,35	26,41	149,00	78,33	45,01
7	389,43	139,21	190,75	26,63	26,20	145,27	78,88	41,67
8	393,51	144,07	189,77	28,21	27,12	147,59	76,57	48,04

Fonte: o autor (2014).

Conforme os resultados apresentados na tabela 11, podemos observar que os fabricantes 1 e 8 não estão de acordo com a NBR 6136 em algumas dimensões, pois apresentam excesso de comprimento e largura, que deveriam obedecer variações de 3,0 mm para o comprimento e 2,0 mm para a largura. Quanto às outras dimensões apresentadas, todas estão de acordo com a norma citada anteriormente.

Ao obter os valores médios no estado do Rio Grande do Sul, foram desenvolvidos cálculos estatísticos, com as seguintes determinações: média, moda, mediana e desvio padrão, conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Análise dos resultados do ensaio dimensional

	Resultados estatísticos														
Item	Comprimento	Largura	Altura	Espessura o	las paredes	Dimensã	o do furo	Mísula							
Hem	Comprinento	Laiguia	Allula	Longitudinais	Transversais	Longitudinal	Transversal	Misua							
Média	391,14	141,06	190,33	27,06	26,50	147,73	77,81	45,14							
Moda	389,58	139,90	190,49	26,35	26,41	149,00	78,33	45,01							
Mediana	390,51	140,50	190,49	26,72	26,41	147,61	78,38	45,17							
Desvio padrão	1,871	1,951	0,598	0,757	0,595	1,863	1,056	2,487							

Os resultados acima são positivos, pois todos os valores da média calculados estão de acordo com a NBR 6136, os valores da mediana estão próximos das dimensões estabelecidas, que são 140 x 190 x 390 (Larg. x Alt. x Comp.). Um fator importante a considerar é o desvio padrão, que não ultrapassou 2,5% de variabilidade em relação aos valores fixados na norma citada acima.

4.2.2 Resistências à compressão

No ensaio de resistência à compressão axial, foram apurados os resultados de todos os fabricantes. A amostra correspondia a seis unidades do bloco 14x19x39 cm, assim foi realizada uma média de cada fabricante, chegando a um valor unitário para cada lote. Conforme apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Valores médios do ensaio de compressão

	Ensaio de compressão – valores médios dos fabricantes										
Fabricante	Comprimento	Largura	Área	Força (Newton)	Tensao (MPa)		Fbk2 (Mpa)				
1	392,80	141,94	55754,03	327700,00	5,88	4,26	4,37				
2	391,68	138,35	54188,93	506600,00	9,35	7,68	7,14				
3	389,76	140,23	54656,04	518400,00	9,48	8,37	7,48				
4	388,78	139,00	54040,42	518400,00	9,59	7,39	7,52				
5	392,96	141,65	55662,78	371300,00	6,67	4,85	5,05				
6	389,93	139,70	54473,22	457700,00	8,40	8,58	7,48				
7	388,78	139,00	54040,42	386800,00	7,16	4,84	4,40				
8	392,83	145,20	57038,92	518200,00	9,09	7,97	6,98				

Fonte: o autor (2014).

Na escolha do Fbk do bloco, deve ser feita a avaliação das duas últimas colunas, onde estão os valores de Fbk1 estim. e Fbk2 de cada fabricante. Para a escolha do valor entre os dois calculados, toma-se como critério de escolha a seguinte descrição:

Se Fbk1 estim. < Fbk2, deve se adotar Fbk2.

Se Fbk1 estim. > Fbk2, deve se adotar Fbk1.

No Quadro 6, a seguir, temos os valores definidos para o Fbk, ou seja, resistência característica à compressão de cada fabricante.

Quadro 6 – Valores para a resistência à compressão dos blocos

Fabricante	Tensão (Mpa)
1	4,37
2	7,68
3	8,37
4	7,52
5	5,05
6	8,58
7	4,84
8	7,97

Fonte: o autor (2014).

Conforme especificado na metodologia do trabalho, foram coletados blocos de Classe B com resistência inicial de 4 Mpa. Pelos resultados, podemos identificar que todos estão acima da resistência mínima especificada pela NBR 6136, portanto dois fabricantes estão com resistência que se enquadram na classe A (Fbk \geq 8,0 Mpa) e os restantes estão enquadrados na classe B (4,0 Mpa \leq Fbk< 8,0 Mpa).

Ao chegar a valores médios no estado do Rio Grande do Sul, foram desenvolvidos cálculos estatísticos com as seguintes determinações: média, mediana e desvio padrão (Quadro 7):

Quadro 7 - Análise dos resultados do ensaio de compressão

Média	6,80
Mediana	7,60
Desvio padrão	1,74

Os resultados acima apresentam aspectos positivos, pois o valor da média calculado está de acordo com a NBR 6136, portanto os blocos em questão de resistência estão classificados como classe B; o resultado da mediana está dentro do limite estabelecido de 4 Mpa \leq Fbk < 8 Mpa, e o desvio padrão não ultrapassou 2,0 % de variabilidade em relação aos valores fixados na norma citada acima.

4.2.3 Absorção, umidade e área líquida

No ensaio de determinação da absorção dos blocos, foram apurados os resultados de todos os fabricantes. A amostra correspondia a três unidades do bloco 14x19x39 cm, assim realizou-se uma média de cada fabricante, chegando a um valor unitário para cada lote (Quadro 8).

Quadro 8 - Resultados dos ensaios de absorção e área líquida

Ensaio: Absorção e área líquida								
Fabricante	Absorção (%)	Área Líquida (mm²)						
1	5,92	29460						
2	6,72	31344						
3	8,89	33249						
4	5,93	43589						
5	7,65	30151						
6	7,38	30769						
7	8,12	30554						
8	7,76	32343						

Fonte: o autor (2014).

A absorção dos blocos de todos os fabricantes está dentro do especificado pela NBR 6136, que prevê no máximo 10% de absorção em média para cada bloco, ou seja, um bloco de 12 kg não pode absorver mais que 1,2 kg de água.

Na área líquida, pode-se comparar com a área líquida aparente, que nesse caso é a área que irá suportar as cargas. Para isso, basta calcular a área do bloco descontando seus furos, assim fazendo para um dos blocos escolhidos para o ensaio, ficando da seguinte forma: $14x39 - [2x(157x90)] = 26.340 \text{ mm}^2$. Comparando com a área líquida que encontramos, podemos dizer que está acima da área aparente, a qual pode ser considerada ótima.

Com o objetivo de chegar a valores médios para o estado do Rio Grande do Sul, foram desenvolvidos cálculos estatísticos com as seguintes determinações: média e desvio padrão, conforme Quadro 9.

Quadro 9 – Análise dos resultados do ensaio de absorção e área líquida

Valores médios						
Fabricante	Absorção	Área Líquida				
Fabricante	(%)	(mm²)				
Média	7,30	32682				
Desvio Padrão	1,05					

Os resultados acima apresentam aspectos positivos, pois o valor da média calculada está de acordo com a NBR 6136, portanto os blocos em questão de absorção e área líquida não passam do limite estabelecido, e o desvio padrão não ultrapassou 1,05%.

4.2.4 Verificação do peso específico da alvenaria

Neste estudo foram confeccionadas miniparedes com especificações e dimensões apresentadas na metodologia. A Tabela 14 apresenta os resultados por fabricante.

Tabela 14 – Peso específico dos fabricantes

	Resultados das miniparedes									
Fabricante	Compriment o (cm)	Altura Espessura (cm) (cm)		Volume (m³)	Peso apurado (KG)	Peso Específico (KN/m³)				
1	79,20	59,50	18,00	0,085	116,20	13,70				
2	80,30	58,80	18,10	0,085	112,08	13,11				
3	79,60	60,00	18,00	0,086	120,10	13,97				
4	79,00	60,00	18,00	0,085	120,30	14,10				
5	79,50	59,50	18,10	0,086	115,00	13,43				
6	80,10	60,10	18,00	0,087	119,10	13,74				
7	80,00	59,70	18,00	0,086	111,20	12,94				
8	79,50	59,90	18,10	0,086	119,10	13,82				

Fonte: o autor (2014).

Nos resultados acima, podemos visualizar que encontramos algumas variações em relação à dimensão das paredes, as quais são mínimas e não representam 1%. Já em seu peso específico, temos uma variação um pouco maior, a qual corresponde a 7,56%, destacando os fabricantes 4 e 7, que em seu peso específico temos uma variação de 8,26%.

A fim de uma análise mais simplificada sobre o peso específico, o Gráfico 1, a seguir, faz um comparativo entre os oito fabricantes, onde podemos notar a pequena diferença de 8,26%.

Peso específico dos fabricantes 14,10 14,20 13,97 14,00 13,82 13,74 13,70 13,80 Peso específico (KN/M³) 13,60 13,43 13,40 13,11 13,20 12.94 13,00 12,80 12,60 12,40 12,20 3 5 6 2 7 8 1 **Fabricantes**

Gráfico 1 – Peso específico dos fabricantes

Pode-se visualizar que a diferença entre eles de 8,26% corresponde a 1,16 KN/m³, a qual corresponde a 9,10 Kg. Se distribuirmos entre as oito paredes, iremos ter um acréscimo de 1,14 kg, que pode ser desconsiderado. Na Tabela 15, temos os valores definitivos, ou seja, valores médios obtidos dos ensaios em laboratório.

Tabela 15 – Peso específico médio obtido em laboratório

RESULTADOS DE MINIPAREDES										
Fabricante	Comprimento (cm)	Altura (cm)	Espessura (cm)	Volume (m³)	Peso apurado (KG)	Peso Específico (KN/m³)				
Média	79,65	59,69	18,04	0,09	116,64	13,60				
Mediana	79,55	59,95	18,00	0,09	117,65	13,41				
Desvio padrão	0,450	0,426	0,052	0,001	3,600	0,409				

Fonte: o autor (2014).

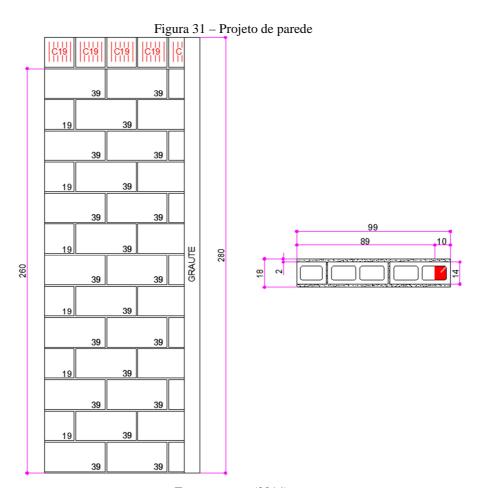
A tabela 15 apresenta o valor médio do peso específico entre os oito fabricantes, o qual corresponde a 13,60 KN/m³, comparando com o peso específico apresentado pela NBR 15961-1 de 14 KN/m³, temos uma diferença de 0,60 KN/m³. Essa diferença pode ser desconsiderada, pois é uma variabilidade de 2,85%.

Pode-se fazer a seguinte análise, em 1,0 m² de parede com espessura igual à do projeto das miniparedes de 18,0 cm, obtemos com 14 KN/m³, 252,0 Kg/m² e 13,60 KN/m³ temos 245,0 kg/m², uma diferença de 7,0 kg/m², a qual podemos desconsiderar, pois é uma variação pequena.

Pode-se concluir que a indicação da norma de 14 KN/m³ está correta, mas vale lembrar que esse valor corresponde somente à alvenaria simples mais o revestimento argamassado, não contemplando a alvenaria armada, ou seja, está desprezando as seguintes cargas:

- a) A carga específica de grautes.
- b) Carga complementar para vergas (viga de cintamento).

Para obtermos essas cargas, usamos um projeto de parede nas dimensões de 0,18 x 2,80 x 1,0 m. Para compor a quantidade de grautes do projeto, foram analisados vários projetos de alvenaria, de edificações residenciais comuns, nos quais foram estimados aproximadamente 1 graute a cada 2,0 m lineares de parede, portanto temos 0,5 grautes por metro linear de parede, conforme apresenta a Figura 31.



Fonte: o autor (2014).

Na Tabela 16, temos um roteiro de cálculo, o qual leva em consideração o item "a" e "b" mais a carga da alvenaria simples, obtendo um peso específico ideal para considerar nas próximas análises utilizando as espessuras de parede de 14 cm e 18 cm.

Tabela 16 – Composição de cargas complementares

			3 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
Elemento	Itens	Unid	Cálculo p/ Quantidade	Quantidade	P. específico (KN/m³)	Total (KN)
	Concreto armado p/ graute	m³	0,1x0,14x2,80 =>	0,0392	25	0,980
Graute	argamassa	m³	0.1x(2x0.02)x2.80 =>	0,0112	19	0,213
	Total para 2,80 m de pé-direito		•	•	•	1,193
	Concreto armado	m³	0,9x0,14x0,19 =>	0,0239	25	0,597
Viga de	Revestimento	m³	0,90x(2x0,02)x0,20=>	0,0072	21	0,151
cintamento	Arg. de assentamento	m³	0,90x0,14x0,01 =>	0,0013	19	0,024
	Total para 2,80 m de pé-direito					0,772
Alvenaria	Alvenaria simples + revestimento	m³	0,90x0,18x2,60 =>	0,4212	14	5,897
				_	-	
Volume tota	al da parede (graute+cinta+alvenaria)	1,0x2,8x0,18	0,	504	7,862	
Peso própri	o da alvenaria em KN/m³	7,862/0,504	1 =>	15,60		
Peso própri	o da alvenaria em KN/m² para 18,0	espessura	0,18 x 15,6	0 =>	2,81	
Peso própri	o da alvenaria em KN/m² para 14,0	espessura	0,14 x 15,6	0 =>	2,18	

Fonte: o autor (2014).

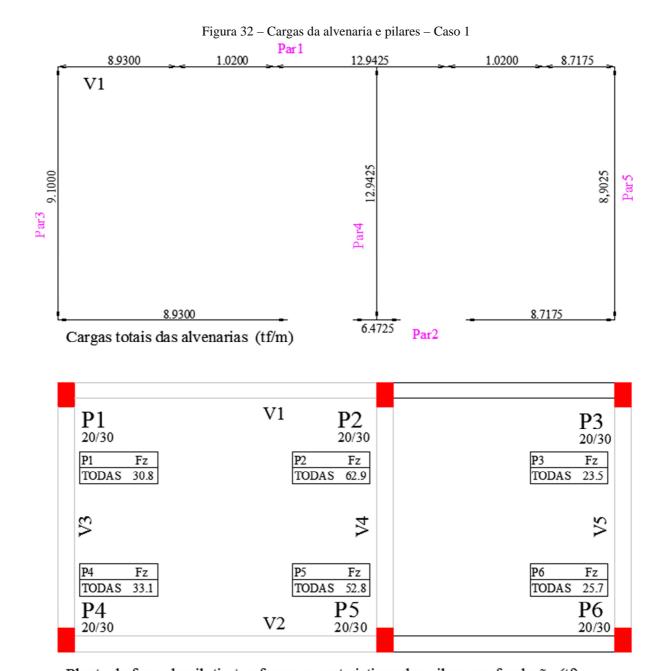
Portanto, considerando as três cargas, como grautes, viga de cintamento e alvenaria simples, chegamos a um resultado de 15,60 KN/m³.

4.2.5 Análise teórica

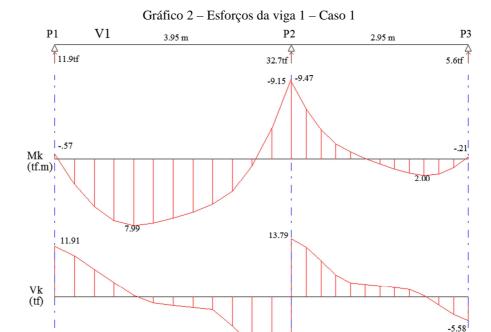
Na análise teórica, tínhamos duas propostas, a primeira era a análise de diferenças de peso específico entre os valores de laboratório e norma, a qual apresentou uma diferença de 2,85%, portanto foi desprezada a diferença. Já para a segunda análise, sobre a variabilidade das espessuras de parede considerada em projeto, pode ser realizada, utilizando o valor da norma de 14 KN/m³ mais suas cargas complementares, atingindo um peso final de 15,60 KN/m³.

4.2.5.1 Resultados do caso 1

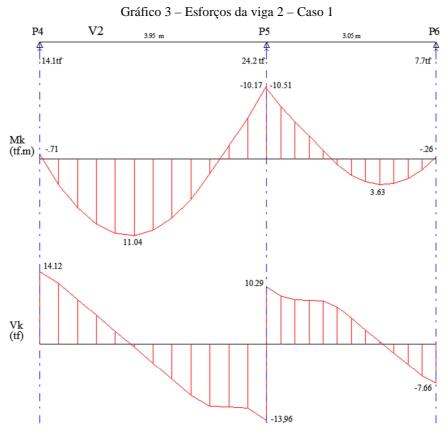
A seguir, estão os resultados utilizando a espessura da parede de 18,0 cm, assim apresenta na figura 32 a carga distribuída na alvenaria e as cargas concentradas em pilares que sustentam os pilotis:

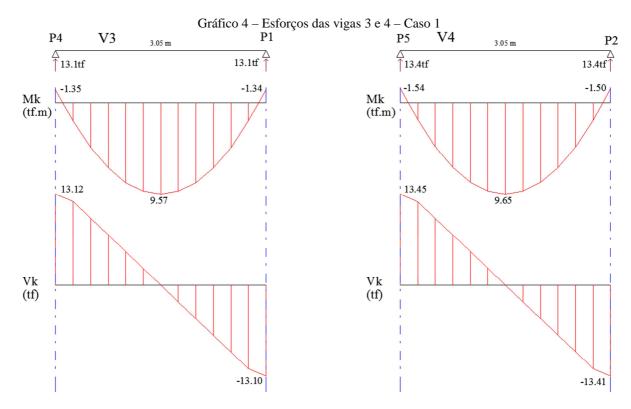


Planta de form do pilotis + esforços caracteristicos dos pilares na fundação (tf)

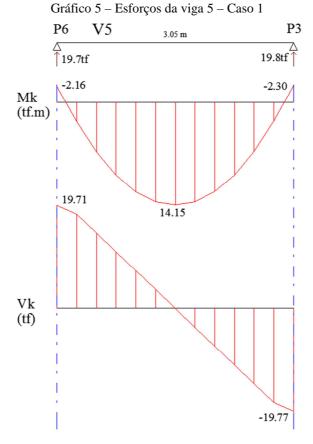


-18.95





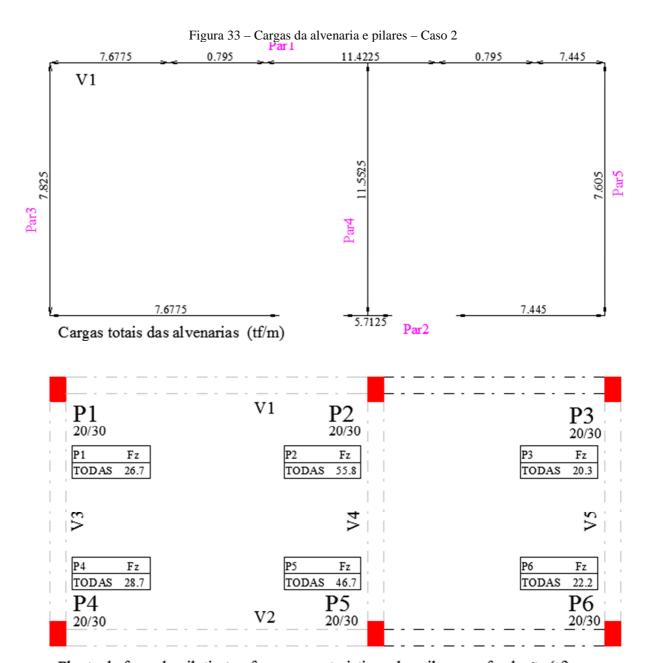
Fonte: o autor (2014).



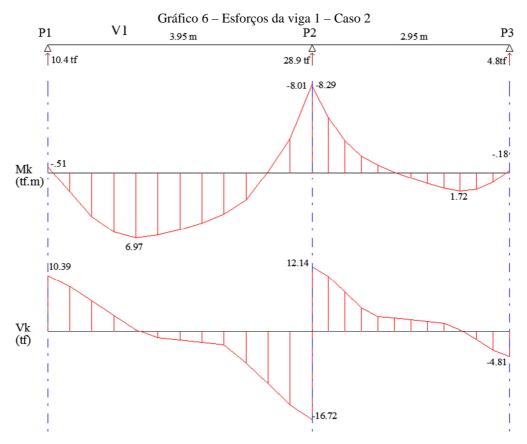
Fonte: o autor (2014).

4.2.5.2 Resultados do caso 2

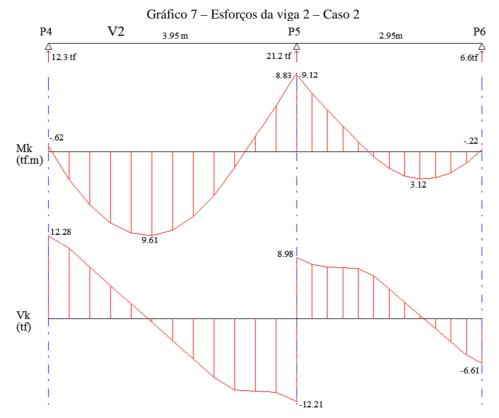
A seguir, estão os resultados utilizando a espessura da parede de 14,0 cm, assim temos na figura 33 apresenta carga distribuída na alvenaria e as cargas concentradas em pilares que sustentam os pilotis:



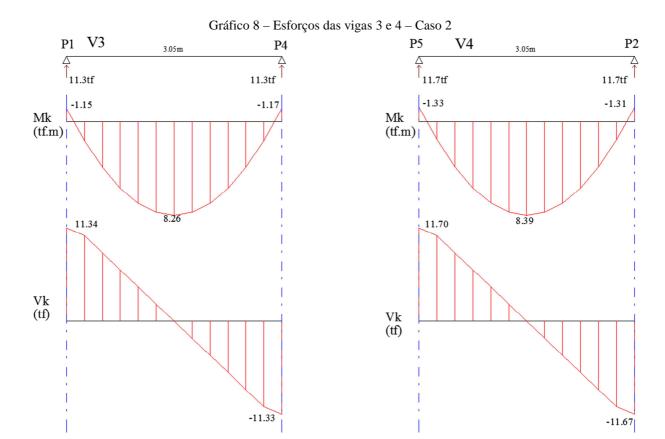
Planta de form do pilotis + esforços característicos dos pilares na fundação (tf)

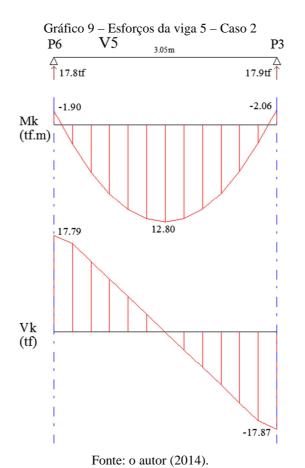






Fonte: o autor (2014).





4.2.6 Análise dos casos

Na Tabela 17, temos a análise dos resultados das cargas das alvenarias, tendo como diferença as espessuras de parede de 14 e 18 cm.

	Tabela 17	 Cargas caracterí 			
		Espessura da p	arede 18 cm - t	f	
Paredes	Trecho 01	Trecho 02	Trecho 03	Trecho 04	Trecho 05
Par 01	8,9300	1,0200	12,9425	1,0200	8,7175
Par 02	8,9300	6,4725	8,7175		
Par 03	9,1000				
Par 04	12,9425				
Par 05	8,9025				
		Espessura da p	larede 14 cm - 1	<u> </u>	
Paredes	Trecho 01	Trecho 02	Trecho 03	Trecho 04	Trecho 05
Par 01	7,6775	0,7950	11,4225	0,7950	7,4450
Par 02	7,6775	5,7125	7,4450		
Par 03	7,8250				
Par 04	11,5525				
Par 05	7,6050				
	Dit	erença de carga	s entre paredes	<u> </u> s - tf	
Paredes	Trecho 01	Trecho 02	Trecho 03	Trecho 04	Trecho 05
Par 01	1,2525	0,2250	1,5200	0,2250	1,2725
Par 02	1,2525	0,7600	1,2725	,	
Par 03	1,2750	•	,		
Par 04	1,3900				
Par 05	1,2975				
	Di	ferença de carg	as entre parede	S %	
Paredes	Trecho 01	Trecho 02	Trecho 03	Trecho 04	Trecho 05
Par 01	14%	22%	12%	22%	15%
Par 02	14%	12%	15%	22/0	13/0
Par 03	14%	12/0	1370		
Par 04	11%				
Par 05	15%				
1 u1 UJ	13/0		l .	l	

Fonte: o autor (2014).

Levando em consideração somente os trechos de paredes sem aberturas, podemos visualizar a parede dois, a qual tem resultados satisfatórios que podem ser levados em conta, sendo uma diferença média de 1,095 tf, representando 13,45% de variabilidade, entre os dois casos, conforme ilustra a Tabela 18.

Tabela 18 – Cargas características da parede 2

Espessura da parede 18 cm - tf									
Paredes	Trecho 01	Trecho 02	Trecho 02 Trecho 03						
Par 02	8,9300	6,4725	8,7175	8,04					
	Espess	ura da parede 1	4 cm - tf						
Paredes	es Trecho 01 Trecho 02 Trecho 03								
Par 02	7,6775	5,7125	7,445	6,945					
	Diferença	de cargas entre	paredes - tf						
Paredes	Paredes Trecho 01 Trecho 02 Trecho 03								
Par 02	1,2525	0,76	1,2725	1,095					
Diferença de cargas entre paredes %									
Paredes	Trecho 01	Trecho 02	Trecho 03						
Par 02	14,03%	11,74%	14,60%	13,45%					

Os pilares dos pilotis, nas suas cargas características resultantes para as fundações, ocorrem praticamente à mesma variação, sendo de 12,78%, com uma diferença média de 4,73 tf, conforme demonstra a Tabela 19.

Tabela 19 – Cargas características dos pilares

Relação de cargas em pilares								
Dilamas	Espessi	ura (cm)	Diferença	%				
Pilares	18	14	Diletetiça	70				
P 01	30,80	26,70	4,10	13,31%				
P 02	62,90	55,80	7,10	11,29%				
P 03	23,50	23,50 20,30		13,62%				
P 04	33,10	28,70	4,40	13,29%				
P 05	52,80	46,70	6,10	11,55%				
P 06	25,70	22,20	3,50	13,62%				
Média	41,13	35,73	4,73	12,78%				

Fonte: o autor (2014).

Nos esforços das vigas, no momento fletor, se destacou a viga 5, a qual apresenta uma diferença de resultados de 9,54%, ou seja, 1,35 tf/m para o momento positivo. Já para o esforço cortante, a maior diferença teve na viga 1, no primeiro vão, no apoio intermediário, sendo uma diferença de 2,23 tf, representando 11,74 % de variabilidade, conforme Tabelas 20 e 21.

			T	abela 20 – Es	forços das	vigas				
				Relação c	le esforç	os				
Espessura 18	cm								1	
<u>V1</u>			P1	P1 - P2		P2	_	P2 - P3		P3
Momento fle),57	7,99	9,15	9,47		2,00		0,20
esforço corta	nte	1:	1,91		18,95	13,79	9			5,58
Espessura 14	cm				1				1	
V1	_		P1	P1 - P2		P2		2 - P3		P3
Momento fle),51	6,97	8,01	8,29		1,72		0,18
esforço corta	nte	1	0,39		16,72	12,14	1			4,81
Diferença en	tre e	sfor	ros							
V1			P1	P1 - P2		P2	Р	2 - P3		P3
Momento fle	tor),06	1,02	1,14	1,18		0,28		0,02
esforço corta			,52		2,23	1,65		<u> </u>		0,77
			,			_, _,				-,
Espessura 18	cm									
V2			P1	P1 - P2		P2	Р	2 - P3		Р3
Momento fle	tor),71	11,04	10,17	10,51		3,63		0,26
esforço corta			4,12	<u> </u>	13,96	10,29				7,66
Espessura 14	cm									
V2			P1	P1 - P2		P2	Р	2 - P3		Р3
Momento fle	tor	C),62	9,61	8,83	3,83 9,12		3,12		0,22
esforço corta	nte	1.	2,28		12,21 8,98				6,61	
			-				-			
Diferença en	tre e	sfor	ços							
V2			P1	P1 - P2	P2		Р	P2 - P3		Р3
Momento fle	tor	C),09	1,43	1,34	1,34 1,39 0,51		0,51		0,04
esforço corta	nte	1	,84		1,75	1,31				1,05
Espessura 18 cm					Espessur	2 18 cm				
V3	D	6	P6 - P3	P2	V4	a 10 CIII	P6	P6-	D2	P2
Momento fletor		35	9,57	1,34	Moment	o flotor	1,54	9,6		1,50
esforço cortante			3,37	-	esforço			_	<u> </u>	13,41
estorço cortante	15	,12		13,10	esioiço	Jortanie	13,45			15,41
Espessura 14 cm					Espessur	a 14 cm				
V3	Р	1	P1 - P2	P2	V4		P1	P1-	P2	P2
Momento fletor		<u>-</u> 15	8,26	1,17	Moment	o fletor	1,33	8,3		1,31
esforço cortante 11,34		5,25	11,33	esforço d		11,70			11,67	
11,33								ļ		
Diferença entre esforços				Diferenç	a entre e	sforços				
V3		1	P1 - P2	P2	V4		P1	P1-	P2	P2
Momento fletor		20	1,31	0,17	Moment	o fletor	0,21	1,2		0,19
esforço cortante		78		1,77	esforço d		1,75			1,74
	-,	_	·		3- 4		-,			

Tabela 21 – Esforços das vigas

P6	P6 - P3	P2	
2,16	14,15	2,30	
19,71		19,77	
	•	•	
P1	P1-P2	P2	
1,90	12,80	2,06	
17,79		17,87	
sforços			
P1	P1-P2	P2	
0,26	1,35	0,24	
1,92		1,90	
	2,16 19,71 P1 1,90 17,79 sforços P1 0,26	2,16 14,15 19,71 P1 P1-P2 1,90 12,80 17,79 sforços P1 P1-P2 0,26 1,35	

Referente à taxa de aço, podemos observar na Tabela 22 os dois casos e verificar a diferença entre os mesmos.

Tabela 22 – Taxa de aço

Fan a saure (ana)	Val Cananata	Tayo da aga (1/a/m3)	Total do aco (Ka)	R\$ 3,61/KG		
Espessuras (cm)	Vol. Concreto	Taxa de aço (Kg/m³)	rotal de aço (kg)	(SINAPI)		
14	4,48	107,60	482,048	R\$ 1.740,19		
18	4,48	114,70	513,856	R\$ 1.855,02		
Difor	2000	7,10	31,81	R\$ 114,83		
Difer	ença	6%	6%	6%		

Fonte: o autor (2014).

Pode-se dizer que a diferença de 6% e R\$ 144,83 é muito baixa, podendo ela ser desconsiderada.

Nas deformações, todas as vigas estão dentro do seu limite estabelecido conforme a NBR 6118:2003, obedecendo o critério de 1/500, que representa o deslocamento limite sob alvenarias após sua construção. Porém existe uma diferença média de 17% entre elas, conforme a variação das espessuras de paredes apresentadas na Tabela 23, mas verificando os valores de deformação, nenhum ficou acima 1,0 cm, cujo valor é aceitável.

Tabela 23 – Deformações

	Two two 20 Determinations											
Espessura 18 cm				Espessura 14 cm				Diferença				
Viga	Vão	L (cm)	f (cm)	F lim. (cm)		Viga	Vão	L (cm)	f (cm)	F lim. (cm)	cm	%
V1	1	390	-0,36	1,56		V1	1	390	-0,27	1,56	-0,09	25%
V1	2	290	-0,1	1,16		V1	2	290	-0,09	1,16	-0,01	10%
V2	1	390	-0,39	1,56		V2	1	390	-0,32	1,56	-0,07	18%
V2	2	290	-0,08	1,16		V2	2	290	-0,07	1,16	-0,01	13%
V3	1	295	-0,3	1,18		V3	1	295	-0,24	1,18	-0,06	20%
V4	1	295	-0,31	1,18		V4	1	295	-0,25	1,18	-0,06	19%
V5	1	295	-0,44	1,18		V5	1	295	-0,39	1,18	-0,05	11%
										Média	-0,05	17%

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões laboratoriais

A verificação dimensional dos blocos apresentou resultados satisfatórios para a maioria dos fabricantes, o resultado médio para o Rio Grande do Sul está de acordo com as normas especificadas. Blocos com dimensões corretas proporcionam um melhor controle na execução da alvenaria estrutural nos aspectos de alturas e comprimentos de paredes.

Nos limites de absorção de água também foram atendidas as especificações para todos os fabricantes, atingindo uma média de 7,30% dentro dos padrões da norma. Limites de absorção permitem uma aderência adequada entre os blocos e a argamassa. Superfícies irregulares e porosas retiram rapidamente grande parte da água de amassamento da mistura fresca, aumentando a retração da argamassa de assentamento e revestimento.

Na resistência à compressão dos blocos de concreto, obteve-se resultados satisfatórios para todos os fabricantes, sendo dois ultrapassando 8 Mpa, chegando a mudar sua classe, mesmo assim comprovaram que os blocos são estruturais. Realizando a média entre os fabricantes, tivemos um resultado satisfatório de 6,80 MPa, que está dentro das especificações da norma para os tipos de blocos que foram escolhidos para os ensaios.

No peso específico da alvenaria estrutural, também tivemos resultados positivos, ou seja, mesmo sendo oito fabricantes, suas diferenças não foram muito distantes. Realizando a média entre os oito resultados, obtivemos 13,60 kN/m³. Portanto, podemos concluir que o peso específico citado na norma está correto.

Assim, podemos afirmar que os oito fabricantes do estado do Rio Grande do Sul participantes desta pesquisa estão comprometidos em fornecer um bloco estrutural de qualidade para o mercado da construção civil.

5.2 Conclusões da análise comparativa

Nas cargas resultantes no pavimento térreo da alvenaria, considerado pavimento de transição, a diferença de cargas entre os dois casos foi de 1,095 tf, representando 13,45%, para esse ponto de análise.

Para as cargas dos pilares também tivemos uma diferença entre os casos maior que 10%, sendo ela de 12,78%, representando 4,73 tf.

Para os esforços em vigas, foram analisados momentos fletores e esforços cortantes, a diferença entre os dois casos foi de 9,54% e 11,74%, respectivamente, e seus valores característicos foram de 1,35 tf/m e 2,23 tf, respectivamente.

Na taxa de aço dos pilotis, entre os dois casos teve uma diferença de 6%. Em termos de valores, foi utilizado o valor do aço/kg com base na SINAPI, assim encontramos uma diferença de R\$ 114,83.

Entre os dois casos adotados, existe uma diferença média entre todos os itens citados acima de 11,75%, tal resultado pode ser significativo ou não. Portanto, para os projetos de alvenaria estrutural, sempre devemos considerar no cálculo do peso específico da alvenaria a espessura da parede, sendo a largura do bloco mais o seu revestimento.

REFERÊNCIAS

ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Disponível em: http://www.abcp.org.br/selo-qualidade/result_busca.php . Acesso em: 15 mar. 2014.
NBR 12118 : blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio Rio de Janeiro, 2011.
NBR 13279 : argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
NBR 13749 : revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação. Rio de Janeiro, 1996.
NBR 15961 : alvenaria estrutural – blocos de concreto – parte 1: projetos. Rio de Janeiro, 2011.
NBR 15961 : alvenaria estrutural – blocos de concreto – parte 2: execução e controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.
NBR 6118 : projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro, 2007.
NBR 6120 : cargas para cálculo de estruturas de edificações – procedimento. Rio de Janeiro, 1980.
NBR 6136 : blocos vazados de concreto simples para alvenaria – requisitos. Rio de Janeiro, 2014.
CISBRA BLOCOS. Disponível em: http://www.cisbra.com.br/blocos/site/ >. Acesso em: 11 abr. 2014.
FERNANDES, D. I. Blocos e pavers . 1. ed. Ed. Treino Assessoria e Treinamento

Empresariais Ltda., 2008.

INMETRO. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/bloco concreto.asp>. Acesso em: 12 abr. 2014.

MANZIONE, L. **Projeto e execução de alvenaria estrutural**. São Paulo: Tula Melo, 2004.

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

SCHÜSSLER, E. R. **Interação entre alvenaria estrutural e concreto armado**: análise da distribuição dos esforços mediante o efeito arco. 2008. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2012.