UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

Rafael Viapiana

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCOS CERÂMICOS E DE BLOCOS DE CONCRETO COM FUNÇÃO ESTRUTURAL

Ijuí/RS

2009

Rafael Viapiana

ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DE PRISMAS DE BLOCOS CERÂMICOS E DE BLOCOS DE CONCRETO COM FUNÇÃO ESTRUTURAL

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Engenheiro Civil.

Ijuí/RS

2009

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora.

_____

Prof. Marcelo Adriano Duart, Mestre – Orientador
UNIJUÍ/DeTec

Banca Examinadora

_____

Prof. Raquel Maldaner Paranhos, Mestre
UNIJUÍ/DeTec

Dedico este trabalho
à minha mãe Helena
e meu pai Arlindo.

Agradecimentos

Agradeço inicialmente a Deus pelo dom da vida, pela proteção e pelas graças que me permite alcançar.

Aos colegas, ex-colegas e amigos da Engenharia Civil, especialmente aos laboratoristas Luiz e Tiago, pelo auxílio e ensinamentos dados nos ensaios deste TCC. Aos amigos Clayton, Carlos, Giovani, Moacir, Fernando Maders, André Zamin, Gabriel, Pederiva, entre muitos outros pela amizade e companheirismo.

Aos professores que tive durante a minha graduação, em especial ao meu orientador Marcelo Adriano Duart, pelos ensinamentos, incentivo e paciência que teve comigo durante este semestre na elaboração deste trabalho.

As empresas que forneceram os materiais para a pesquisa, a Bertó Incorporações, Construtora Union, e a Fida Argamassas.

Ao Engenheiro Valdinei Perini que despertou minha curiosidade sobre o tema desta pesquisa quando eu ainda era seu estagiário.

E por fim o agradecimento aos meus familiares em especial aos meus pais Arlindo e Helena, que sempre se preocuparam comigo e muitas vezes passaram por dificuldades para que eu pudesse seguir em frente na busca de meu objetivo.

RESUMO

A alvenaria estrutural vem sendo bastante empregada na região de Ijuí, no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, e também se mostra como um mercado crescente para este tipo de técnica construtiva. Esta pesquisa estuda a resistência à compressão de prismas de blocos de concreto e de blocos cerâmicos assentados com argamassa de diferentes resistências e com duas espessuras de juntas horizontais visando analisar de forma comparativa os resultados. O uso de argamassa industrializada garante uma qualidade superior além de retirar do canteiro de obras os estoques de areia, cimento e cal, sendo necessário apenas adicionar água em quantia que se atinja uma trabalhabilidade satisfatória, além de já estar preparado para uma determinada resistência, que atestamos que realmente a especificação do produto atende, cabendo apenas fazer uma análise quando a vantagem de pagar mais por uma argamassa mais resistente, pois em nossos resultados vimos que para algumas situações não compensa. Também comparamos resultados obtidos por uma argamassa com traço de obra, que é largamente utilizada nas obras da região, e então verificamos seus resultados frente à argamassa industrializada e percebemos que em algumas situações teve desempenho quanto a resistência dos prismas superior aos resultados obtidos com argamassa industrializada. Também foi verificada a viabilidade de se usar juntas de assentamento mais estreitas (5 mm), comparando com os resultados de juntas de 10 mm e embora a norma recomende juntas não inferiores a 7 mm, nossos resultados mostraram que não houve redução de resistência dos prisma quando se reduziu de 10 mm para 5 mm a junta de assentamento, e isto pode trazer uma economia significativa nos custos com argamassa, sendo assim mesmo atendendo a recomendação da norma (7 mm) temos a garantia da resistência e ainda uma economia de 30% no consumo de argamassa, considerando a possibilidade de se executar uma junta mais estreita, o que demanda maior controle de qualidade. Por fim foi feita uma análise englobando o tipo de argamassa e a espessura das juntas e verificamos que ao substituir argamassa industrializada de 8 MPa por argamassa de 4 MPa e usando juntas de 5 mm, teríamos uma economia superior a 62,5 % apenas nos custos com argamassa, desconsiderando a dificuldade se executar uma junta tão estreita porém os resultados sinalizam para vantagem de se estudar o controle das juntas e também se realizar testes em laboratório e empregar a argamassa mais adequada para a obra, evitando desperdícios de desempenho e conseqüentemente aumento de custos sem o retorno equivalente.

Palavras-chave: Prisma, Argamassa, Blocos cerâmicos, Blocos de concreto.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pirâmides de Gizé e Coliseu 16
Figura 2 – Catedral de Reims e Taj Mahal 17
Figura 3 – Edifício Monadnock, Chicago 17
Figura 4 – Blocos cerâmicos da família 29 19
Figura 5 – Blocos de concreto da família 39 19
Figura 6 – Prisma de dois blocos 23
Figura 7 – Bloco cerâmico 25
Figura 8 – Bloco de concreto 25
Figura 9 – Argamassa industrializada 26
Figura 10 – Bancada 27
Figura 11 – Mesa com chapa de aço 27
Figura 12 – Estufa 28
Figura 13 – Balanças 28
Figura 14 – Tanque de imersão 29
Figura 15 – Prensas 29
Figura 16 – Misturador mecânico 30
Figura 17 – Mesa para índice de consistência 30
Figura 18 – Pontos indicados para efetuas as medições nos blocos 31
Figura 19 – Verificação dimensional 31
Figura 20 – Capeamento dos blocos cerâmicos 32
Figura 21 – Capeamento dos blocos de concreto 33
Figura 22 – Ruptura do bloco cerâmico 33
Figura 23 – Ruptura do bloco de concreto 34
Figura 24 – Capeamento dos CP’s de argamassa 35
Figura 25 – Ruptura dos CP’s de argamassa 35
Figura 26 – Blocos com argamassa 36
Figura 27 – Prisma com gabaritos 37
Figura 28 – Resistência à compressão das argamassas 44
Figura 29 – Prisma cerâmico com Argamassa 1 45
Figura 30 – Prisma cerâmico com Argamassa 2 46

Figura 31 – Prisma cerâmico com Argamassa 3 46
Figura 32 – Valores médios dos prismas cerâmicos 47
Figura 33 – Correlação Custo x Resistência (prisma cerâmico) 48
Figura 34 – Prisma de concreto com Argamassa 1 49
Figura 35 – Prisma de concreto com Argamassa 2 49
Figura 36 – Prisma de concreto com Argamassa 3 50
Figura 37 – Valores médios dos prismas de blocos de concreto 51
Figura 38 – Correlação Custo x Resistência (prisma de concreto) 51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características básicas dos componentes 19
Tabela 2 – Valores de eficiência parede-bloco 20
Tabela 3 – Coeficientes de eficiência 21
Tabela 4 – Quantidade de blocos para ensaios 25
Tabela 5 – Bloco cerâmico – Dimensões 38
Tabela 6 – Bloco de concreto - Dimensões 39
Tabela 7 – Bloco cerâmico - Absorção de água 40
Tabela 8 – Bloco de concreto - Absorção de água 41
Tabela 9 – Bloco cerâmico - Resistência à compressão 42
Tabela 10 – Bloco de concreto - Resistência à compressão 43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....12
1.1 TEMA DA PESQUISA.....12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....12
1.3 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO.....12
1.4 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS DO ESTUDO.....13
1.4.1 Objetivo geral.....13
1.4.2 Objetivos específicos.....13
1.5 JUSTIFICATIVAS.....14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....14
2 REVISÃO DA LITERATURA.....16
2.1 INTRODUÇÃO.....16
2.2 HISTÓRICO.....16
2.3 COMPONENTES E ELEMENTOS DA ALVENARIA ESTRUTURAL.....18
2.3.1 Bloco estrutural.....18
2.3.2 Argamassa de assentamento.....21
2.3.3 Prisma.....22
2.3.4 Graute.....23
3 METODOLOGIA.....24
3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO.....24
3.2 MATERIAIS.....24
3.2.1 Blocos.....24
3.2.2 Argamassas.....26
3.2.3 Equipamentos.....26
3.3 MÉTODOS DE ENSAIO.....30
3.3.1 Verificação dimensional.....31
3.3.2 Índice de absorção d’água.....31
3.3.3 Determinação da resistência à compressão dos blocos.....32
3.3.4 Determinação do índice de consistência das argamassas.....34
3.3.5 Determinação da resistência à compressão das argamassas.....35
3.3.6 Determinação da resistência à compressão dos prismas.....36

4 RESULTADOS.....38
4.1 VERIFICAÇÃO DIMENSIONAL.....38
4.1.1 Verificação dimensional do bloco cerâmico.....38
4.1.2 Verificação dimensional do bloco de concreto.....39
4.2 ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA.....40
4.2.1 Índice de absorção d'água do bloco cerâmico.....40
4.2.2 Índice de absorção d'água do bloco de concreto.....40
4.3 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS.....41
4.3.1 Resistência à compressão dos blocos cerâmicos.....41
4.3.2 Resistência à compressão dos blocos de concreto.....42
4.4 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DAS ARGAMASSAS.....43
4.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS PRISMAS.....44
4.5.1 Prismas cerâmicos.....45
4.5.2 Prismas de concreto.....48
5 CONCLUSÕES.....52
5.1 CONCLUSÕES DO TRABALHO.....52
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....54
ANEXO 1.....57
ANEXO 2.....60
ANEXO 3.....63
ANEXO 4.....65

1 INTRODUÇÃO

1.1 Tema da Pesquisa

O tema deste trabalho é alvenaria estrutural.

1.2 Delimitação do Tema

Analisar a resistência à compressão de prismas de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos e de blocos de concreto assentados com diferentes tipos e espessuras de argamassa.

1.3 Formulação da questão de estudo

Para o melhor desenvolvimento deste estudo fazem-se necessários os seguintes questionamentos:

- Como a resistência da argamassa de assentamento influencia na resistência dos prismas?
- Qual a influência da espessura da junta horizontal de argamassa na resistência dos prismas?
- Qual a diferença entre as argamassas industrializadas e argamassa produzida em obra, considerando a resistência dos prismas?
- Existem vantagens em reduzir a espessura das juntas de assentamento dos blocos e qual a influência na resistência final dos prismas?

1.4 Definição dos objetivos do estudo

1.4.1 Objetivo geral

Determinar a partir de ensaios à compressão simples de prismas de blocos estruturais cerâmicos e de concreto o desempenho dos prismas de blocos, quando analisada a resistência mecânica à compressão, comparando custos.

1.4.2 Objetivos específicos

Especificamente busca-se verificar:

a) A verificação dimensional dos blocos cerâmicos e de concreto, conforme NBR15270-3/2005 e NBR 12118/2006 respectivamente, através da determinação média de suas dimensões (largura, altura e comprimento);

b) a absorção de água dos blocos cerâmicos e de concreto, conforme as mesmas Normas citadas no item a, através da determinação da relação entre os pesos de água absorvida pela amostra saturada e amostra seca;

c) a resistência à compressão axial dos blocos, também conforme as Normas citadas no item a;

d) a resistência à compressão dos prismas de blocos estruturais, conforme a NBR 8215/1983, assentados com diferentes tipos de argamassa;

1.5 Justificativas

O sistema construtivo em alvenaria estrutural consiste na transmissão das cargas através da compressão de suas paredes. Este é o ponto decisivo para o bom desempenho do sistema.

Houve uma migração do sistema construtivo “tradicional” (composto por vigas e pilares) para este novo sistema, sem porem adquirir conhecimentos suficientes para executar esta nova técnica. Foram adotados, por exemplo, a mesma argamassa usada para assentar alvenaria de vedação no assentamento de blocos estruturais.

A adoção desses mesmos traços de argamassa e o uso de blocos desconhecidos, sem o prévio ensaio laboratorial, pode resultar em patologias como trincas ou o descolamento da argamassa do bloco. Essas patologias podem comprometer a transmissão de carga através da parede e levar a estrutura à ruína.

Como a alvenaria estrutural vem sendo bastante empregada na cidade de Ijuí e região, tanto na edificação de residências térreas como em edificações multipavimentadas, esta pesquisa objetiva também fornecer mais informações para os executores e projetistas de obras, até mesmo no sentido de escolher de forma mais técnica os materiais empregados e também evitar uso inadequado de materiais de maior custo, sem obter maior desempenho ou pelo menos um desempenho que compense os aumentos de custo, como seria o caso de uma argamassa com resistência maior (maior custo).

1.6 Estrutura do trabalho

O relatório desta pesquisa está estruturado da seguinte forma:

Neste primeiro capítulo é apresentado o tema da pesquisa, junto com sua delimitação, seguida da questão de estudo, dos objetivos gerais e específicos, justificativa e sistematização do estudo;

O segundo capítulo aborda assuntos relacionados ao tema da pesquisa como:

Histórico da alvenaria estrutural, blocos estruturais, argamassas de assentamento, prismas, graute. Também são apresentadas figuras, tabelas que explicam o conteúdo proposto do estudo.

No terceiro capítulo é descrita a metodologia utilizada na pesquisa, envolvendo o método de estudo, o procedimento da coleta de dados, os materiais e equipamentos utilizados nos ensaios.

O quarto capítulo é constituído da tabulação dos dados obtidos em cada ensaio, seguido da análise, interpretação e comparação dos dados.

O quinto e último capítulo diz respeito às considerações finais, onde são apresentadas as conclusões do estudo e algumas sugestões para trabalhos futuros de pesquisa.

Por fim, é apresentada a bibliografia e em seguida o Anexo 1 que são as fichas de aferimento dimensional, o Anexo 2 que são as fichas de ensaio de resistência à compressão, o Anexo 3 que é a ficha de ensaio de resistência à compressão das argamassas e o Anexo 4 que são as fichas de ensaio de resistência à compressão dos prismas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Introdução

O presente capítulo mostra uma breve revisão da literatura sobre a alvenaria estrutural, a história de seu uso, os materiais utilizados, os blocos cerâmicos, os blocos de concreto, a argamassa e os prismas.

2.2 Histórico

O sistema construtivo em alvenaria é muito antigo. Por volta do ano 10.000 a.C., ela já era utilizada pelas civilizações persa e assíria com tijolos secados ao sol como base para a construção. Materiais mais resistentes e duráveis surgiram em torno do ano 3.000 a.C. com a queima dos tijolos realizada em fornos (GOMES, 1983 *apud* GARCIA, 2000).

No transcorrer dos séculos grandes obras foram construídas utilizando a alvenaria estrutural. Podem-se citar as Pirâmides de Gizé no Egito, o Coliseu em Roma, a catedral de Reims na França, o Taj Mahal na Índia, entre outros, conforme as Figuras 1 e 2. Com uma forma de dimensionamento empírico, suas paredes possuíam grande espessura pois não se tinha conhecimento da resistência estrutural. A técnica era baseada apenas em experiências anteriores (REIS, 2008).

Figura 1 – Pirâmides de Gizé e Coliseu
Fonte: http://pt.wikipedia.org; acessado em 06/05/2009.

Figura 2 – Catedral de Reims e Taj Mahal
Fonte: http://pt.wikipedia.org; acessado em 06/05/2009.

Segundo relata Silva (2008) em 1889 foi construído em Chicago o Edifício Monadnock, conforme a Figura 3. Foi o primeiro caso a utilizar a alvenaria estrutural como é empregada hoje. O edifício possuí 16 pavimentos e 65 metros de altura e como foi dimensionado por métodos empíricos, as paredes da base possuem 1,80 metros de espessura.

Figura 3 – Edifício Monadnock, Chicago.
Fonte: www.vitruvius.com.br; acessado em: 06/05/2009.

No Brasil a alvenaria estrutural teve destaque no estado de São Paulo no ano de 1966 com a construção do conjunto habitacional "Central Parque da Lapa". Ainda no mesmo conjunto, no ano de 1972, foram construídos edifícios com 4 pavimentos em alvenaria armada de blocos de concreto, fato marcante para a utilização desta técnica no país (PRUDÊNCIO JR. *et al.* ,2002 *apud* SILVA, 2008).

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003) recentemente, no Brasil, o sistema construtivo em alvenaria tem sofrido uma grande expansão. Devido à estabilização da

economia, a concorrência fez com que um número crescente de empresas passasse a se preocupar mais com os custos, acelerando as pesquisas e a utilização de novos materiais.

2.3 Componentes e elementos da alvenaria estrutural

Os termos, materiais, componentes e elemento são definidos conforme a NBR 10837/89, onde materiais são as partes elementares da alvenaria estrutural, como a argila, a areia, a pedra, o cimento, a cal e a água; componentes são constituídos a partir dos materiais básicos, como blocos, argamassas e grautes; já os elementos são partes mais elaboradas formadas a partir da união de um ou mais componentes, como prismas, paredes, etc. (GROHMAN, 2006).

2.3.1 Bloco estrutural

Os blocos ou unidades são os principais componentes da alvenaria estrutural. Portanto sua resistência tem relação direta com a resistência final das paredes. De um modo geral, a alvenaria será mais resistente, quanto mais resistente for o bloco.

Segundo Ramalho e Corrêa (2003), quanto ao material componente, as unidades mais empregadas no Brasil para a alvenaria estrutural são respectivamente: unidades de concreto, unidades cerâmicas e unidades sílico-calcáreas.

No que se referem à forma as unidades são classificadas em maciças ou vazadas, sendo que maciças são aquelas cujo índice de vazios seja inferior a 25% da área total. Do contrário as unidades são classificadas como vazadas. Desse detalhe vêm dois conceitos de grande importância estrutural. A tensão referida à área total da unidade, com os vazios desconsiderados, chama-se tensão em relação à área bruta. Já a tensão calculada descontando-se a área de vazios é chamada de tensão em relação à área líquida.

Na cidade de Ijuí os blocos cerâmicos e de concreto mais empregados são os blocos da família 29 e da família 39 respectivamente, que podem ser vistos nas Figuras 4 e 5.

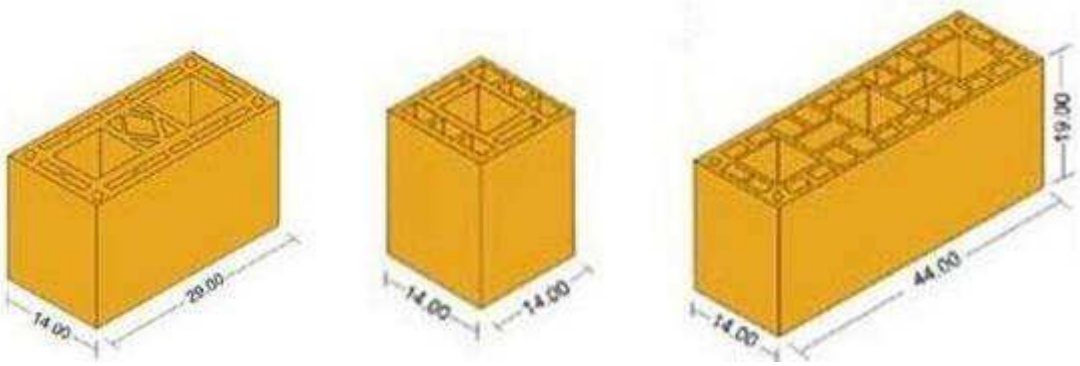

Figura 4 – Blocos cerâmicos da família 29.
Fonte: www.selectablocos.com.br; acessado em: 06/05/2009.

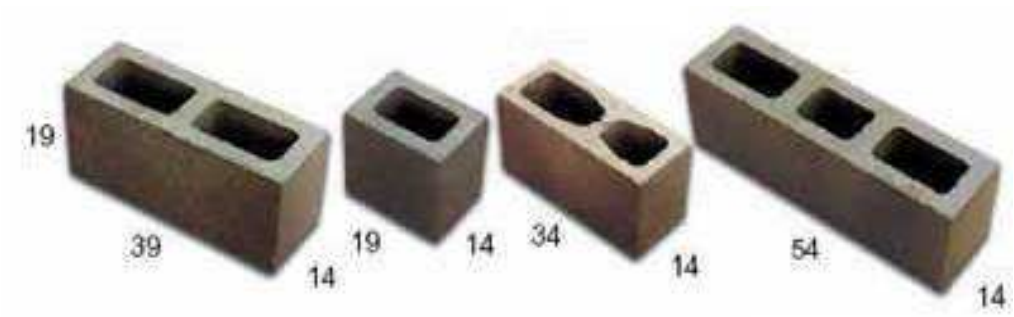

Figura 5 – Blocos de concreto da família 39.
Fonte: www.abcp.org.br; acessado em: 06/05/2009.

As características básicas para cada tipo de bloco estrutural encontram-se na Tabela 1, junto com as normas regulamentadoras.

Tabela 1 – Características básicas dos componentes.

Tipo de bloco	**Dimensão usual padrão** (comp. x largura x altura, em mm)	**Resist. à compressão[1]** (MPa)	**NBR**
Cerâmico	290 x 140 x 190	4,0	15270-2
Concreto	390 x 140 x 190	4,5	6136

Nota: [1] Valores mínimos segundo os critérios de aceitação das normas. Os valores de tensão são relativos à área bruta do bloco.

Quanto ao índice de absorção de água a NBR 15270-2 determina que a absorção não deva ser inferior a 8% nem superior a 22% para os blocos cerâmicos. Para os blocos de concreto a NBR 6136 determina o índice de absorção máxima de 10%. Esses limites de

absorção permitem uma aderência adequada entre os tijolos, blocos cerâmicos 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.

Um conceito importante relativo à resistência dos blocos na resistência à compressão das paredes é a “eficiência”. A eficiência é a relação entre a resistência da parede e a resistência do bloco que a compõe.

A eficiência depende também do material que compõe o bloco e da sua forma geométrica conclui Ramalho e Corrêa (2003). Geralmente, quanto mais resistente for o bloco menor será a eficiência e vice-versa. Usualmente os blocos de concreto apresentam uma eficiência maior do que os blocos cerâmicos.

Na Tabela 2 pode ser visto, de uma forma abrangente, os valores de eficiência encontrados para os casos mais comuns no Brasil: paredes de blocos vazados de concreto ou cerâmico (resistência de 4,5 a 20 MPa) e com argamassas usuais.

Tabela 2 – Valores de eficiência parede-bloco.

Bloco	**Valor mínimo**	**Valor máximo**
Concreto	0,40	0,60
Cerâmico	0,20	0,50

Fonte: Adaptado de *Ramalho e Corrêa*, 2003, p.76.

Em várias pesquisas realizadas na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP) utilizando os mesmos procedimentos de ensaio e o mesmo tipo de junta de assentamento, foram obtidos os coeficientes de eficiência como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Coeficientes de eficiência.

Tipo de bloco	**Dimensões** (mm) (comp. x largura x altura)	**Resistência à compressão do bloco** (MPa)	**Coeficiente de eficiência** (%)
Cerâmico	390 x 190 x 190 (Gomes)	7,6	36
		9,6	32
		15,3	16
	240 x 115 x 113 (Franco)	10,6	36
	290 x 140 x 140 (Muller)	22,5	12
Concreto	390 x 140 x 190 (Aly)	7,9	64
		10,6	60
		13,3	62
	295 x 145 x 190 (Medeiros)	8,4	53
		10,8	46
		11,1	50
		14,9	38

Fonte: Adaptado de *Vilató e Franco*, 2000, p.10.

Avaliando os valores de eficiência encontrados por estas pesquisas, conclui-se que este indicador varia numa faixa de 40 a 60% para os blocos de concreto, e para os blocos cerâmicos varia entre 15 e 35%.

2.3.2 Argamassa de assentamento

A argamassa é definida pela NBR 13281 como sendo uma “mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos ou adições, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada)”.

As funções da argamassa são solidarizar as unidades, distribuir uniformemente as tensões entre as unidades, absorver pequenas deformações e promover a estanqueidade à água e ventos à edificação. A argamassa deve possuir boa trabalhabilidade, plasticidade, resistência e durabilidade para desempenhar suas funções.

De acordo com Garcia (2000) muitos trabalhos foram desenvolvidos a fim de verificar a influência da argamassa de assentamento no comportamento de paredes comprimidas

axialmente. Três fatores se destacaram em matéria de importância: a utilização de juntas e a área preenchida, a espessura da junta e a resistência à compressão da argamassa.

Conforme Garcia (2000) quanto às juntas horizontais, alguns autores defendem que a resistência à compressão da parede não reduz devido ao não preenchimento dos septos transversais com argamassa.

A espessura da argamassa deve respeitar um limite mínimo para que possa corrigir possíveis imperfeições das unidades impedindo-as de se tocarem, o que provocaria uma concentração de tensão afetando a resistência da parede. Quanto à espessura máxima, esta também deve respeitar um limite, pois quanto maior a espessura da junta menor é a resistência da parede.

Segundo Sahlin *apud* Camacho (1995) a cada aumento de 0,3 cm na espessura da argamassa há uma redução de 15% na resistência da parede. A NBR 10837 especifica que a espessura da junta deve ser de 1 cm, a menos que se justifique a adoção de outro valor.

A argamassa não deve ter a resistência à compressão como fator mais relevante, mas sim a plasticidade para que permita a distribuição uniforme das tensões entre as unidades. (RAMALHO E CORRÊA, 2003).

Gomes *apud* Garcia (2000) concluiu que a argamassa de assentamento deve ter como resistência mínima, 70% da resistência do bloco e como máxima, a própria resistência do bloco.

2.3.3 Prisma

Prismas são elementos obtidos através da superposição de certa quantia de blocos, unidos por juntas de argamassa e destinam-se ao ensaio de compressão axial, conforme a Figura 6.

A NBR 10837 estima a resistência das paredes através da resistência dos prismas. Por isso é importante que os prismas sejam executados nas mesmas condições encontradas na construção.

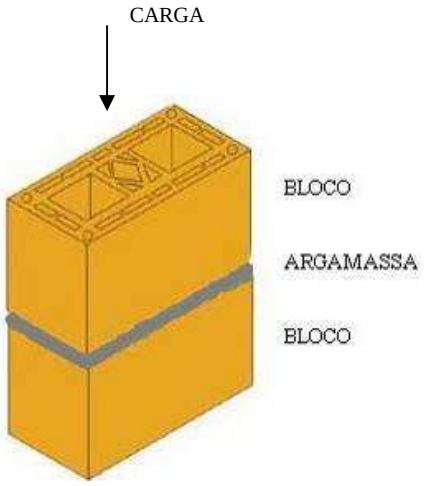

Figura 6 – Prisma de dois blocos.

A bibliografia recomenda o uso de prisma de três blocos para reduzir o efeito gerado pelo confinamento dos pratos da prensa aos blocos das extremidades. Nos prismas de três blocos, o bloco central, geralmente livre do efeito de confinamento dos pratos da prensa, representa melhor o tipo de ruptura da alvenaria.

A vantagem do uso de prismas de dois blocos é que os ensaios podem ser realizados com facilidade por qualquer laboratório equipado com prensa para o ensaio à compressão de corpos de prova de concreto, que é o caso do LEC – UNIJUÍ.

2.3.4 Graute

O graute é um concreto com agregados de pequenas dimensões e com consistência mais fluida do que a do concreto convencional. Serve para preencher totalmente e uniformemente os vazios dos blocos, tornando-se solidário com as eventuais armaduras, protegendo-as da corrosão. O graute também aumenta localmente a resistência à compressão da parede.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação do estudo

A pesquisa realizada classifica-se em dois tipos:

- pesquisa de laboratório: procurou-se refazer as condições de um fenômeno a ser estudado, para observá-lo sob controle.

- pesquisa quantitativa: os resultados obtidos serão analisados e interpretados através de técnicas estatísticas;

3.2 Materiais

3.2.1 Blocos

Os blocos cerâmicos e de concreto foram fornecidos por duas empresas construtoras da cidade de Ijuí em quantidade informada na Tabela 4. O bloco cerâmico ensaiado foi o bloco de dimensões 29x14x19cm (Comp. x Larg. x Alt.) que pode ser visto na Figura 7, já o bloco de concreto foi o de dimensões 39x14x19cm (Comp. x Larg. x Alt.) como se vê na Figura 8.

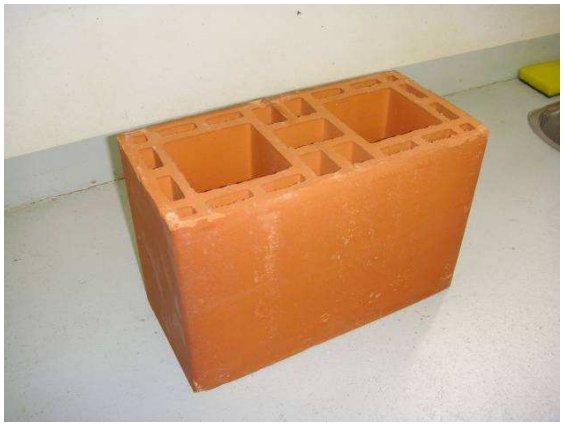

Figura 7 – Bloco cerâmico.

Figura 8 – Bloco de concreto.

Tabela 4 – Quantidade de blocos para ensaios.

ENSAIO	BLOCO CERÂMICO	BLOCO DE CONCRETO
Resistência à compressão axial	6	6
Absorção	13	13
Dimensão	13	13
Prisma Argamassa 1	12	12
Prisma Argamassa 2	12	12
Prisma Argamassa 3	12	12
TOTAL	68	68

3.2.2 Argamassas

Foram utilizados três tipos de argamassa, sendo duas industrializadas e uma com traço de obra rodada em laboratório. As argamassas industrializadas eram compostas por uma mistura seca à base de cimento Portland, Cal Hidratada, areia industrial seca e classificada e fíler mineral. Com resistência nominal de 4 e 8 MPa, classificadas de acordo com a norma NBR 13281/2005 como sendo P4, M6, R3, C2, D6, U3 e P6, M5, R6, C1, D6, U5 respectivamente. Produzida por uma fábrica de outra região do estado, é fornecida em sacas de papel de 40 kg, como se vê na Figura 9.

O traço da argamassa dosado em obra foi de 1:2:6 (cimento, cal, areia). Essa dosagem foi definida através de pesquisa realizada em quatro obras residenciais na cidade de Ijuí. As obras estavam na etapa de levantamento da alvenaria de tijolos furados. A quantia de água foi encontrada através do ensaio de índice de consistência, que será descrito posteriormente. A argamassa com o traço de obra terá os materiais (cimento, cal e areia) fornecidos pelo LEC-UNIJUÍ.

Figura 9 – Argamassa industrializada.

3.2.3 Equipamentos

Os equipamentos utilizados nesta pesquisa serão descritos a partir de agora.

Bancada – utilizada para o aferimento dimensional dos blocos e também para a montagem dos prismas. Na Figura 10 pode ser vista a bancada utilizada.

Figura 10 – Bancada.

Mesa co chapa de aço – utilizada no capeamento dos blocos cerâmicos e de concreto, como se vê na Figura 11.

Figura 11 – Mesa com chapa de aço.

Estufa – utilizada para a secagem dos blocos a fim de determinar sua massa seca para posteriormente determinar o índice de absorção d'água. Na Figura 12 pode ser vista a estufa utilizada.

Figura 12 – Estufa.

Balanças – utilizadas nas pesagens dos blocos secos ou úmidos, dos materiais como argamassa industrializada, cimento, cal e areia. Na Figura 13 podem ser vistas as balanças utilizadas.

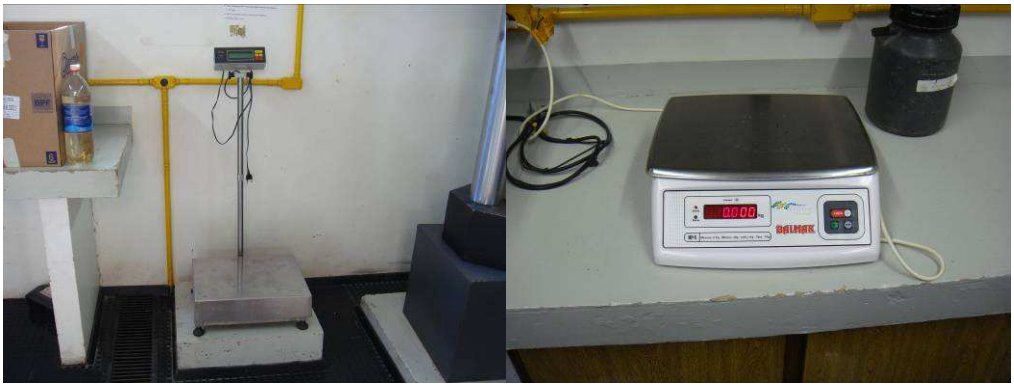

Figura 13 – Balanças.

Tanque de imersão – utilizado para a saturação dos blocos com água à temperatura de 23 ± 5ºC. Na Figura 14 se vê o tanque de imersão.

Figura 14 – Tanque de imersão.

Prensas – utilizadas na determinação da resistência à compressão dos blocos, dos prismas e das argamassas. Na Figura 15 podem ser vistas as prensas utilizadas.

Figura 15 – Prensas.

Misturador mecânico – utilizado no amassamento da argamassa usada para a determinação do índice de consistência da argamassa com traço de obra. Na Figura 16 pode ser visto o misturador mecânico.

Figura 16 – Misturador mecânico.

Mesa para índice de consistência – utilizada na determinação do índice de consistência da argamassa com traço de obra, a fim de se descobrir a quantidade ideal de água. Na Figura 17 se vê a mesa para índice de consistência.

Figura 17 – Mesa para índice de consistência.

3.3 Métodos de ensaio

As amostras fornecidas pelas empresas foram encaminhadas para o LEC – UNIJUÍ, onde foram executados os ensaios descritos a seguir.

3.3.1 Verificação dimensional

A determinação das dimensões (largura, altura e comprimento) foi realizada medindo-se 13 blocos individualmente com paquímetro, com precisão de 0,01 mm, nos pontos indicados conforme a Figura 18. Para os blocos de concreto foram seguidas as orientações da NBR 12118/2006, já os blocos cerâmicos seguiram as orientações da NBR 15270-3/2005. Os blocos eram colocados sobre a bancada e um a um foram aferidas suas dimensões como pode ser visto na Figura 19.

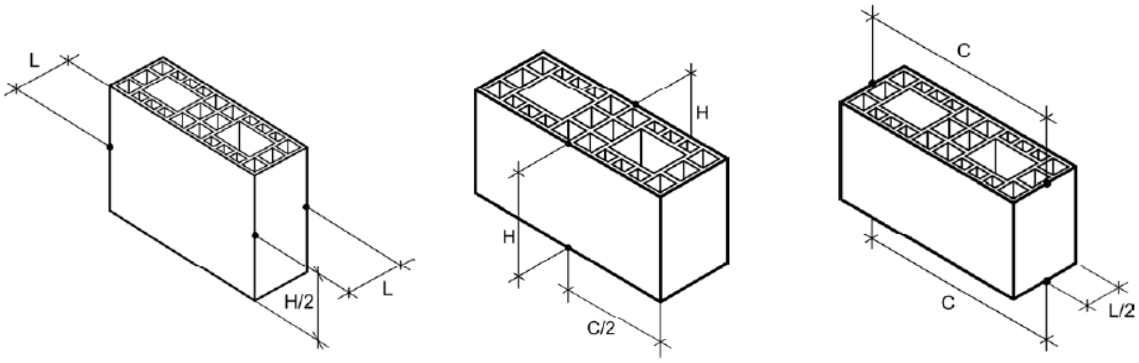

Figura 18 – Pontos indicados para efetuas as medições nos blocos.

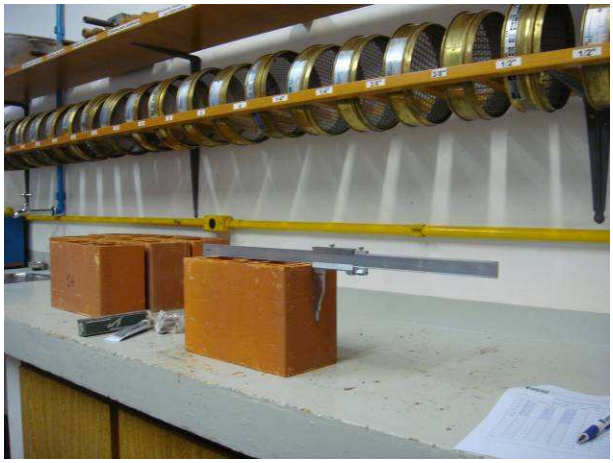

Figura 19 – Verificação dimensional.

3.3.2 Índice de absorção d'água

Para o ensaio de absorção d'água foram separados 13 blocos cerâmicos e 13 blocos de concreto e submetidos à secagem em estufa por 24 horas, a uma temperatura de 110 ± 5°C

conforme a NBR 12118/2006 e a NBR 15270-3/2006 para blocos de concreto e cerâmico respectivamente.

Depois das 24 horas em estufa foi determinada a massa seca individual. Após a determinação da massa seca os corpos de prova foram imersos em água a temperatura ambiente por 24 horas. Após as 24 horas os corpos de prova saturados foram colocados em uma bancada para o que o excesso de água escorresse. A água remanescente foi removida com o auxilio de um pano úmido sendo depois efetuadas as pesagens dos corpos de prova úmidos.

3.3.3 Determinação da resistência à compressão dos blocos

A determinação da resistência à compressão dos blocos de cerâmicos e de concreto se deu conforme a NBR 15270-3/2005 e a NBR 12118/2006 respectivamente. Para a determinação da resistência à compressão dos blocos foi realizada a medição de suas dimensões e a regularização de suas faces que ficariam em contato com os pratos da prensa através do capeamento com pasta de cimento e areia no traço 1:1 na espessura de 3 mm. O capeamento foi realizado sobre uma placa de aço plana e indeformável com uma fina camada de óleo mineral. Nas Figuras 20 e 21 podem ser vistos os capeamentos dos blocos cerâmicos e de concreto respectivamente.

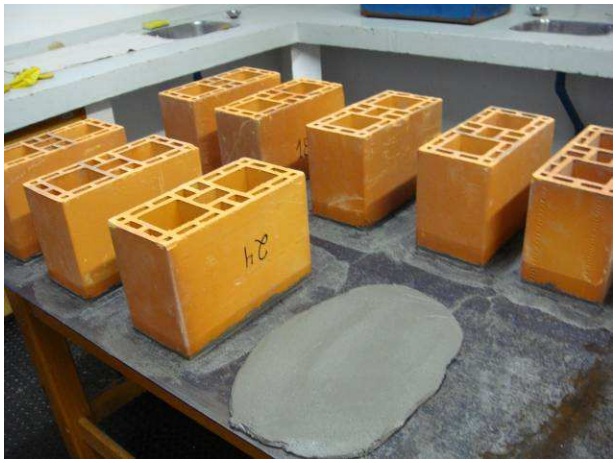

Figura 20 – Capeamento dos blocos cerâmicos.

Figura 21 – Capeamento dos blocos de concreto.

Após o endurecimento das camadas de capeamento, os corpos de prova cerâmicos foram imersos em água por 24 horas para ser efetuado o ensaio em condição saturada. Já os blocos de concreto foram rompidos posteriormente à secagem do capeamento. Nas Figuras 22 e 23 podem ser vistas a rupturas dos blocos cerâmicos e de concreto respectivamente.

Figura 22 – Ruptura do bloco cerâmico.

Figura 23 – Ruptura do bloco de concreto.

3.3.4 Determinação do índice de consistência das argamassas

A argamassa foi submetia ao ensaio de índice de consistência conforme a NBR 13276/2005. A argamassa industrializada com resistência nominal de 4 MPa foi preparada com 17% de água e a com resistência nominal de 8 MPa com 18% de água, conforme recomendação do fabricante. A argamassa com traço de obra foi estimado o uso de 17% de água. Para cada argamassa foi preparada uma quantia suficiente para encher o molde tronco-cônico, sendo que este foi colocado no centro da mesa para índice de consistência. Ele foi cheio em três camadas sucessivas, com alturas aproximadamente iguais, e aplicadas em cada uma delas 15, 10 e 5 golpes respectivamente com um soquete. Foi realizado o rasamento com uma espátula metálica, retirado o molde e acionada a manivela da mesa para índice de consistência de modo que a mesa subisse e caísse 30 vezes em 30 segundos de maneira uniforme. Logo após a ultima queda foi medido com paquímetro o espalhamento do tronco-cônico em três diâmetros tomados em pares em pontos uniformemente distribuídos ao longo do perímetro. O índice de consistência da argamassa é a média das três mediadas, expressa em milímetros.

3.3.5 Determinação da resistência à compressão das argamassas

As argamassas utilizadas foram ensaiadas à compressão axial conforme a NBR 13279/2005, sendo executados quatro corpos de prova cilíndricos, dimensões 10 x 5 cm, para resistência à compressão na idade de 7 e 28 dias. As argamassas utilizadas na moldagem dos CP's foram as mesmas empregadas no assentamento dos prismas, assim obteve-se a resistência real de cada argamassa usada nos prismas. Os corpos de prova foram curados em câmera úmida até atingirem a idade necessária para a execução do ensaio.

Para a argamassa industrializada apenas foi adicionado água em quantia recomendada pelo fabricante que era de 17 a 18% da massa seca de argamassa. Nas Figuras 24 e 25 podem ser vistos o capeamento e a ruptura dos CP's de argamassa.

Figura 24 – Capeamento dos CP's de argamassa.

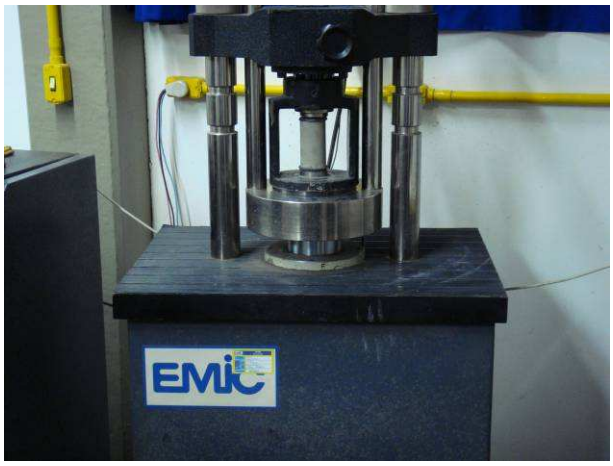

Figura 25 – Ruptura dos CP's de argamassa.

O traço da argamassa dosado em obra foi de 1:2:6 (cimento, cal, areia). Essa dosagem foi definida através de pesquisa realizada em quatro obras residenciais na cidade de Ijuí. As obras estavam na etapa de levantamento da alvenaria de tijolos furados. A quantia de água foi encontrada através do ensaio de índice de consistência, que foi descrito anteriormente.

3.3.6 Determinação da resistência à compressão dos prismas

Os prismas foram executados conforme o método A da NBR 8215/1983, para determinação de dados comparativos de resistência à compressão de prismas executados em laboratório com diversos tipos de argamassas.

O assentamento foi realizado em ambiente fechado com temperatura e umidade do ar controlado. O bloco com um dos lados previamente capeado era colocado sobre uma superfície plana e firme para ser aplicada a argamassa. A argamassa foi colocada uniformemente sobre o bloco, em quantia suficiente, resultando numa superfície convexa e sem sulcos como pode ser vista na Figura 26. Após este procedimento, outro bloco de mesma característica era colocado sobre a argamassa e com o auxílio de um nível o bloco era colocado em sua posição final, resultando numa junta de assentamento de 10 e de 5mm.

Figura 26 – Blocos com argamassa.

Para que as espessuras das juntas ficassem na dimensão desejada, foram usados pequenos taquinhos de madeira na espessura de 10 e 5 mm como gabaritos no momento do assentamento do bloco como se vê na Figura 27. Os prismas permaneceram em ambiente

protegido do sol e do vento para sua cura por 28 dias, conforme indicação da norma 8215/1983.

Figura 27 – Prisma com gabaritos.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos nos ensaios de absorção de água, resistência à compressão e na verificação dimensional foram confrontados com as normas especificas descritas anteriormente. Com os valores encontrados na resistência dos prismas foi verificado o desempenho de cada argamassa e da redução da junta de assentamento.

4.1 Verificação dimensional

4.1.1 Verificação dimensional do bloco cerâmico

Na tabela 5 apresentam-se os resultados dos ensaios das dimensões médias dos blocos cerâmicos.

Tabela 5
Bloco cerâmico - Dimensões

Nº CP	MEDIDAS (mm)		
	L	H	C
14	141,70	190,00	292,50
15	141,00	189,85	291,00
16	140,40	189,25	290,60
17	140,80	189,85	290,80
18	140,55	189,00	290,80
19	140,90	188,85	290,95
20	140,60	189,50	290,35
21	140,45	188,25	290,40
22	140,70	189,30	290,50
23	140,40	188,85	290,30
24	140,50	188,80	290,80
25	140,60	188,55	290,20
26	141,00	189,20	291,30

No anexo 1 encontram-se os dados discriminados desta tabela.

De acordo com as dimensões, verifica-se que as tolerâncias máximas de fabricação de 3 mm para mais ou para menos nas três dimensões não são ultrapassadas, conforme a NBR 15270-3/2005.

4.1.2 Verificação dimensional do bloco de concreto

Na tabela 6 apresentam-se os resultados das dimensões médias dos blocos de concreto.

Tabela 6
Bloco de concreto - Dimensões

Nº CP	MEDIDAS (mm)		
	L	H	C
14	140,55	190,30	390,95
15	140,35	189,60	390,60
16	140,60	191,45	390,75
17	140,55	190,40	391,05
18	140,25	190,95	390,95
19	141,75	191,30	391,05
20	141,30	191,50	391,10
21	140,2	191,30	390,85
22	141,20	191,05	391,45
23	141,85	190,40	391,10
24	140,25	189,60	390,75
25	141,65	189,50	390,90
26	140,50	190,70	391,20

No anexo 1 encontram-se os dados discriminados desta tabela.

De acordo com as dimensões, verifica-se que as tolerâncias máximas de fabricação de 3 mm para mais ou para menos nas três dimensões não são ultrapassadas, conforme a NBR 12118/2006.

4.2 Índice de absorção d'água

4.2.1 Índice de absorção d'água do bloco cerâmico

Na Tabela 7 encontram-se os resultados do ensaio de absorção d'água dos blocos cerâmicos.

Tabela 7
Bloco cerâmico - Absorção de água

N° CP	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	% AA
1	5860	6410	9,39
2	5770	6350	10,05
3	5820	6390	9,79
4	5910	6500	9,98
5	5740	6320	10,10
6	5760	6310	9,55
7	5780	6320	9,34
8	5890	6490	10,19
9	5850	6390	9,23
10	5860	6450	10,07
11	5920	6540	10,47
12	5760	6320	9,72
13	5860	6430	9,73

Segundo a Tabela 7, a absorção do bloco cerâmico, apresenta uma variação entre 9,23 e 10,47%. De acordo com a NBR 15270-2/2005 para os blocos cerâmicos a faixa de absorção aceitável é de 8 a 22%.

4.2.2 Índice de absorção d'água do bloco de concreto

Na Tabela 8 encontram-se os resultados do ensaio de absorção d'água dos blocos de concreto.

Tabela 8
Bloco de concreto - Absorção de água

N° CP	PESO SECO (g)	PESO SATURADO (g)	% AA
1	11880	12850	8,16
2	11630	12650	8,77
3	11590	12700	9,58
4	11620	12760	9,81
5	11840	12850	8,53
6	11420	12570	10,07
7	11680	12760	9,25
8	11740	12810	9,11
9	11670	12700	8,83
10	11740	12930	10,14
11	11096	13060	17,70*
12	11560	12660	9,52
13	11580	12790	10,45

***** Valor desconsiderado

Segundo a Tabela 8, a absorção do bloco de concreto, apresenta um índice de absorção médio de 9,35%. Para os blocos de concreto a NBR 6136/2006 determina o índice de absorção máxima de 10%.

4.3 Resistência à compressão dos blocos

4.3.1 Resistência à compressão dos blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos apresentam os resultados do ensaio da resistência à compressão na Tabela 9.

Tabela 9
Bloco cerâmico - Resistência à compressão

Nº CP	TENSÃO (MPa)
14	8,13
15	12,42
16	10,77
17	10,81
18	12,09
19	10,8

No anexo 2 encontram-se os dados discriminados desta tabela.

Segundo a NBR 15270-2/2005, a resistência a compressão característica da amostra de blocos (f_{bk}), foi de 10,84 MPa, atendendo o requisito de resistência para função estrutural, conforme esta mesma norma.

4.3.2 Resistência à compressão dos blocos de concreto

Os blocos de concreto apresentam os resultados do ensaio da resistência à compressão na Tabela 10.

Tabela 10
Bloco de concreto - Resistência à compressão

Nº CP	TENSÃO (MPa)
14	5,59
15	5,07
16	4,94
17	5,86
18	4,83
19	5,59

No anexo 2 encontram-se os dados discriminados desta tabela.

Segundo a NBR 6136/2006, a resistência a compressão característica da amostra de blocos (f_{bk}), foi de 4,70 MPa, sendo então classificado como classe B, atendendo o requisito de resistência para função estrutural, conforme esta mesma norma.

4.4 Resistência à compressão das argamassas

Para o melhor entendimento dos resultados, foram denominadas de Argamassa 1 a argamassa industrializada com resistência nominal de 4 MPa, Argamassa 2 a argamassa industrializada com resistência nominal de 8 MPa e Argamassa 3 a argamassa com traço de obra. Na Figura 28 podem ser vistos os valores da resistência à compressão das argamassas.

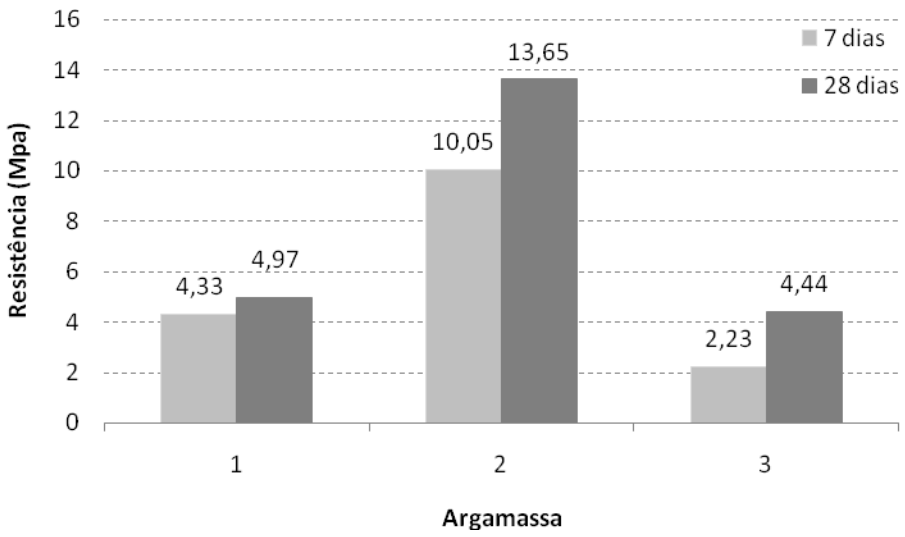

Figura 28 – Resistência à compressão das argamassas.

As argamassas industrializadas (Argamassa 1 e Argamassa 2) realmente apresentam resistências diferenciadas para diferentes tipos de resistência nominal e os valores de resistência estão bem próximos aos valores nominais expressos pelo fabricante, com uma margem de segurança. Já a argamassa rodada em obra apresentou uma resistência adequada para o assentamento de blocos estruturais. No anexo 3 encontram-se os dados discriminados das resistências das argamassas.

4.5 Resistência à compressão dos prismas

No anexo 4 encontram-se os dados detalhados da resistência à compressão dos prismas de blocos cerâmicos e de blocos concreto que serão apresentados a seguir.

4.5.1 Prismas cerâmicos

Argamassa 1

Observando-se a Figura 29 nota-se que os prismas cerâmicos assentados com a Argamassa 1 tiveram um aumento de resistência quando diminuída a espessura da junta de assentamento de 10 para 5mm.

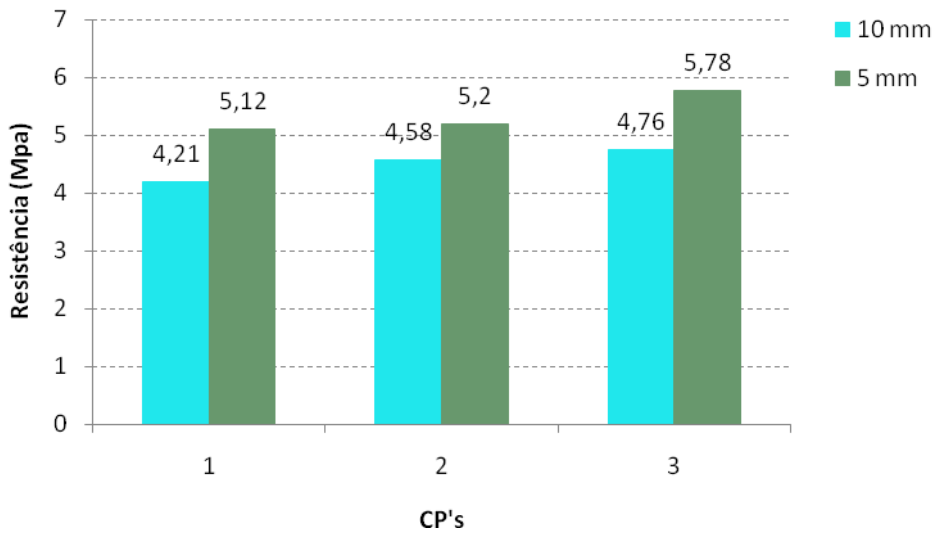

Figura 29 – Prisma cerâmico com Argamassa 1.

Argamassa 2

Para os prismas assentados com a Argamassa 2, observa-se na Figura 30 que não houve variação significativa na resistência para as duas espessuras de junta de assentamento.

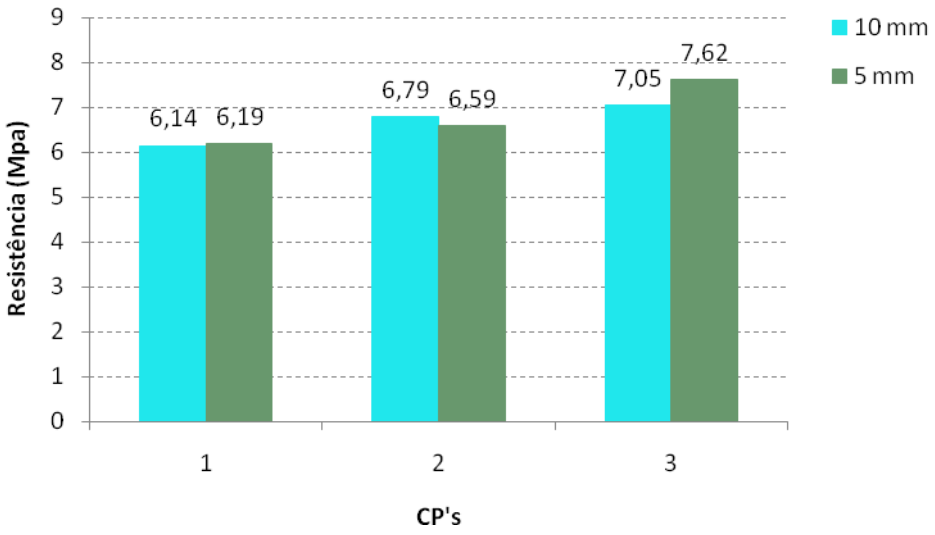

Figura 30 – Prisma cerâmico com Argamassa 2.

Argamassa 3

Já para a argamassa 3, houve um acréscimo de resistência significativo quando se diminuiu a espessura da junta de assentamento de 10 para 5mm, como pode ser observado na Figura 31. Esse aumento de resistência se deve por que a argamassa dosada em obra apresentava-se mais porosa do que as argamassas industrializadas, e, com o estreitamento da junta a argamassa fica mais confinada, aumentando assim a resistência final.

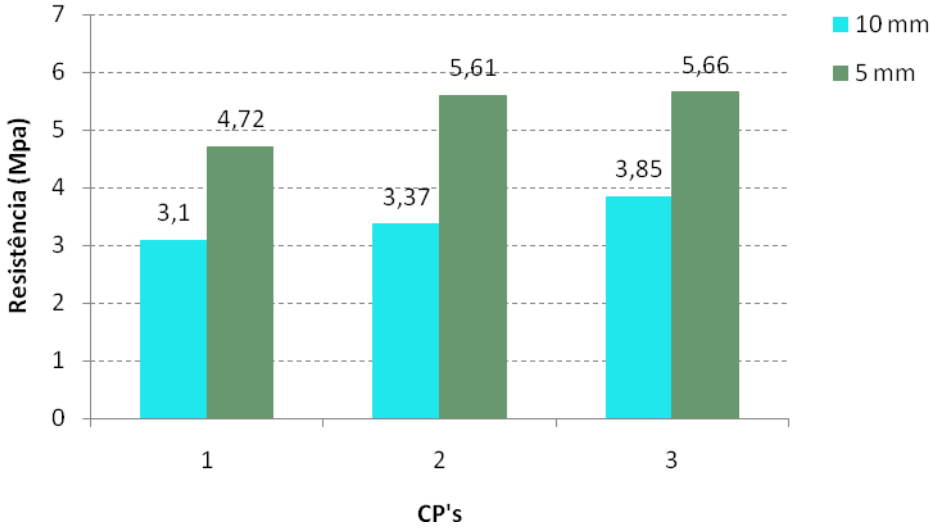

Figura 31 – Prisma cerâmico com Argamassa 3.

Observando a Figura 32, nota-se que não houve perda de resistência com a diminuição da junta de assentamento para os três tipos de argamassa, mas sim um ganho de 18.8, 2.1 e 54.9% para as Argamassas 1, 2 e 3 respectivamente. Analisando a resistência dos prismas em relação à resistência das argamassas, observa-se que há um aumento de resistência dos prismas com Argamassa 2 para os prismas com argamassa 1 para ambas as espessuras de junta de assentamento.

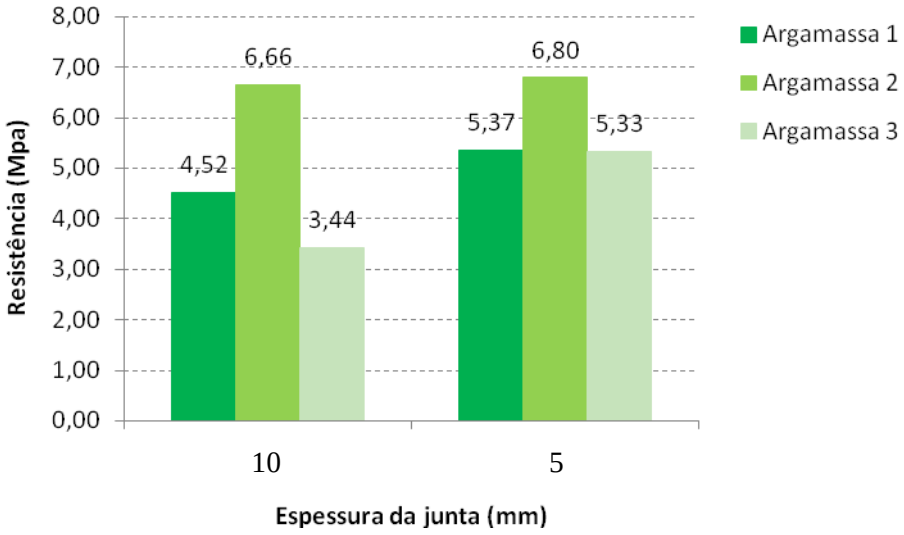

Figura 32 – Valores médios dos prismas cerâmicos.

Observando a Figura 33 percebe-se que a junta de assentamento de 10mm está posicionada acima e mais à esquerda da junta de assentamento de 5 mm. Isto resulta numa resistência menor dos prismas e num gasto maior com argamassa. O estreitamento da junta de assentamento de 10 mm para 5 mm alem de gerar uma economia de 50% no uso de argamassa, ainda levam a valores superiores de resistência.

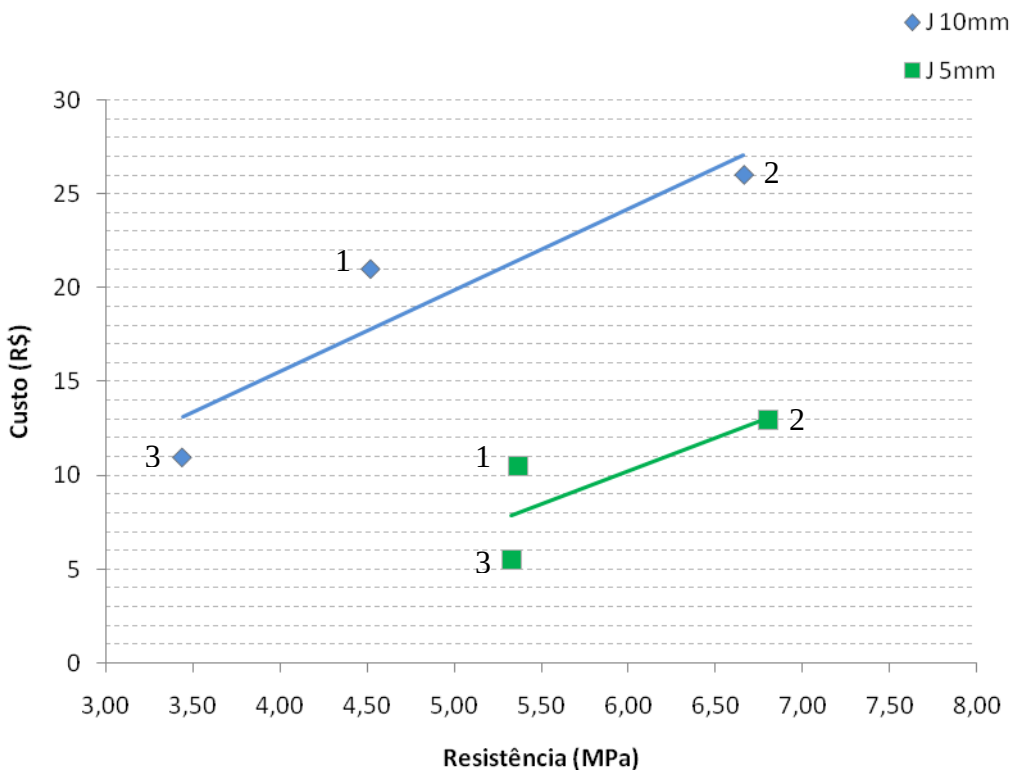

Figura 33 – Correlação Custo x Resistência (prisma cerâmico).

4.5.2 Prismas de concreto

Argamassa 1

Analisando os resultados dos prismas assentados com argamassa 1 (Figura 34), observa-se que houve pequena variação na resistência em relação à junta de assentamento.

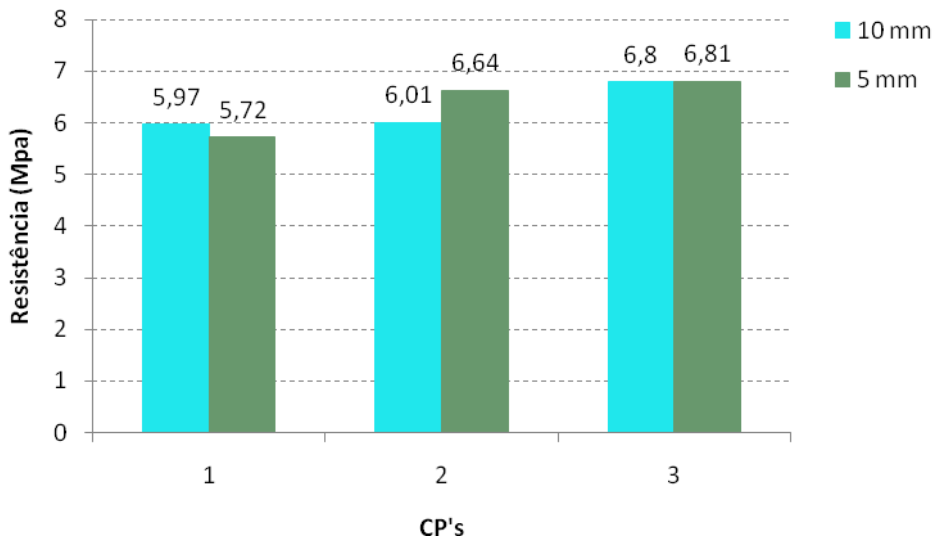

Figura 34 – Prisma de concreto com Argamassa 1.

Argamassa 2

Para os prismas de concreto assentados com a Argamassa 2, observa-se na Figura 35 que os resultados foram praticamente iguais, não havendo perda significativa de resistência com a redução da junta de assentamento.

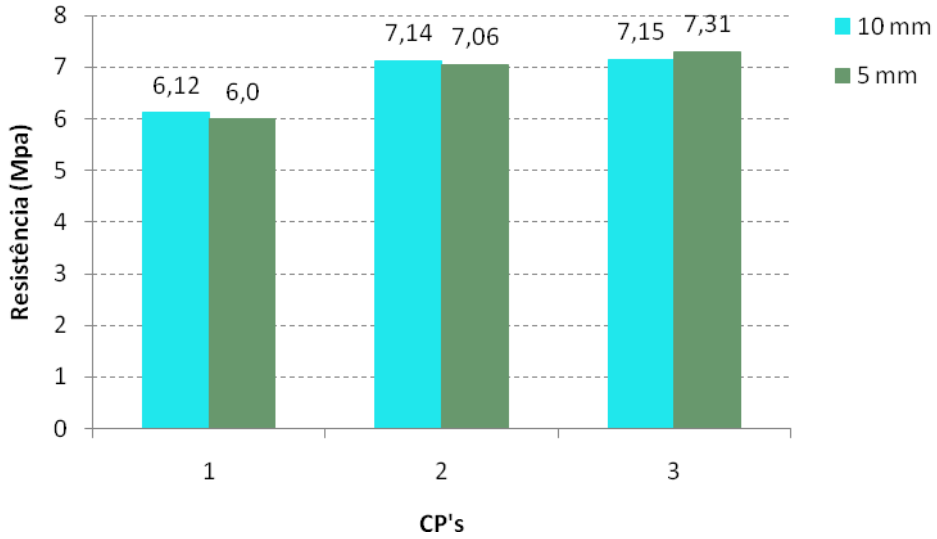

Figura 35 – Prisma de concreto com Argamassa 2.

Argamassa 3

Observando a Figura 36, nota-se que o efeito da redução da junta de assentamento não resultou num aumento de resistência do prisma como ocorreu com o prisma cerâmico assentado com a mesma argamassa. Este fato é consequência da resistência do bloco cerâmico ter uma resistência média de 10,8 MPa enquanto a resistência do bloco de concreto é de 4,7 MPa, com isso conclui-se que não há ganho de resistência nos prismas quando se trabalha com uma argamassa com resistência próxima ou superior a resistência do bloco.

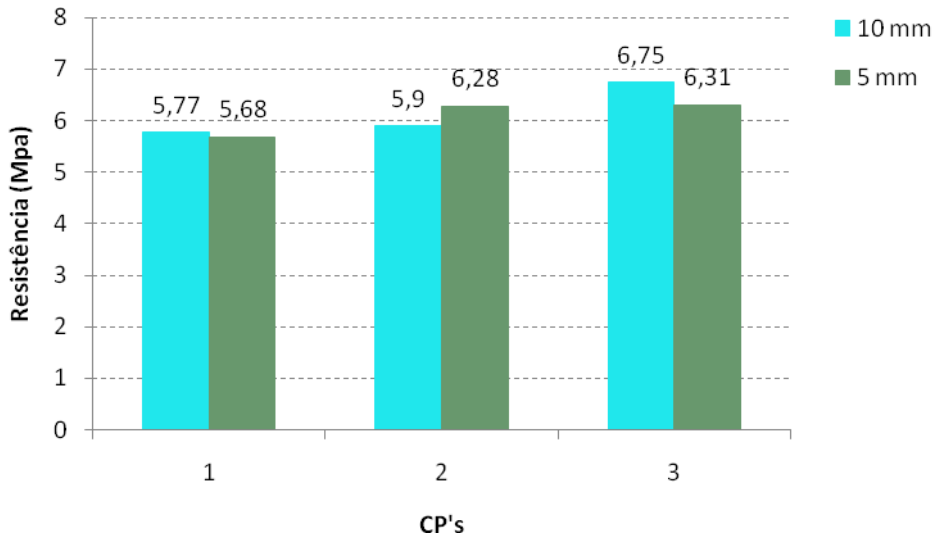

Figura 36 – Prisma de concreto com Argamassa 3.

Na Figura 37 verifica-se que houve um acréscimo de resistência de 2,1% para os prismas assentados com a Argamassa 1 quando diminuída a espessura da junta de assentamento de 10 para 5mm. Já para os prismas assentados com Argamassa 2 e 3 houve uma diminuição insignificativa de resistência de 0,15 e 0,8%.

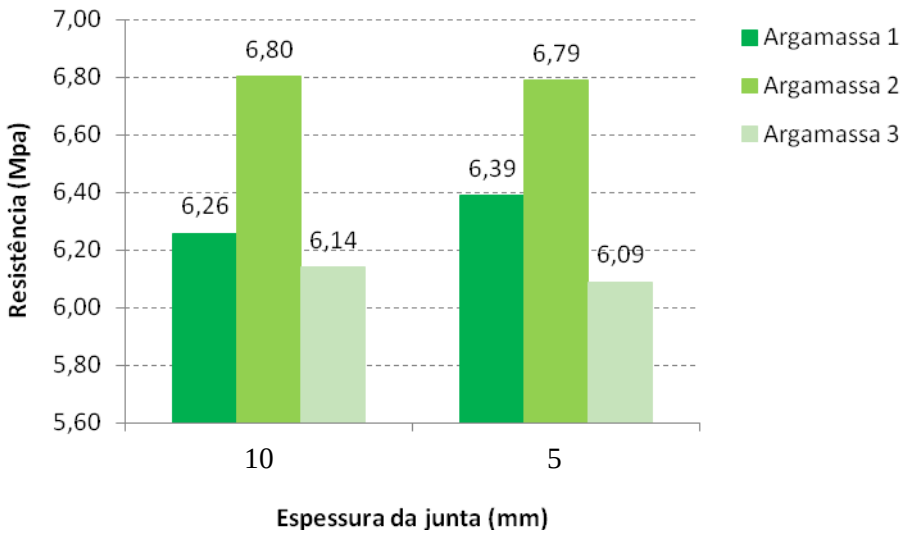

Figura 37 – Valores médios dos prismas de blocos de concreto.

Analisando a Figura 38 percebe-se que a junta de assentamento de 10mm está posicionada justamente acima da junta de assentamento de 5 mm, o que resulta em prismas com praticamente a mesma resistência, porém com um gasto maior em relação à argamassa. Nos prismas com a junta de assentamento de 5mm há uma redução de custos com argamassa de 50% sem haver perda de desempenho na resistência.

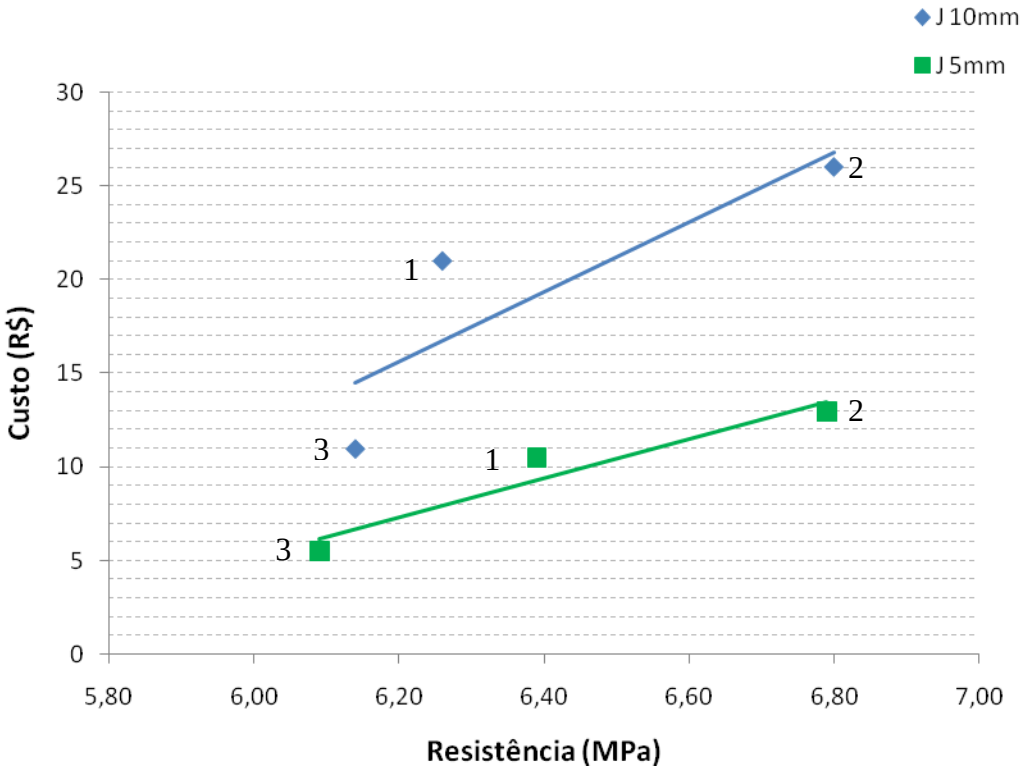

Figura 38 – Correlação Custo x Resistência (prisma de concreto).

5 CONCLUSÕES

5.1 Conclusões do trabalho

A verificação dimensional dos blocos apresentou resultados satisfatórios, enquadrando tanto os blocos cerâmicos como os de concreto nas suas normas específicas. Blocos com dimensões corretas levam a um melhor controle na execução da alvenaria estrutural quanto as dimensões finais das paredes.

Os limites de absorção d'água também foram atendidos pelos blocos cerâmicos e de concreto. 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.

A resistência à compressão dos blocos de concreto e dos blocos cerâmicos atendem os requisitos de suas normas específicas para a função estrutural, comprovando que as empresas fabricantes dos blocos estão comprometidas em fornecer produtos com a qualidade necessária para o bom desempenho da alvenaria estrutural.

Na análise dos traços da argamassa, os prismas executados com argamassa mais resistentes apresentaram maiores resistências que os confeccionados com argamassa menos resistentes. Porém, o aumento da resistência nos prismas com argamassa mais resistente não foi proporcional para cada tipo de bloco. Os resultados apontam que a argamassa de assentamento parece contribuir de forma significativa para a resistência dos prismas em questão.

Para a espessura de junta, alguns prismas não apresentaram diferenças significativas na resistência à compressão. Contudo, os resultados mostraram uma tendência de aumento da resistência na medida em que diminuiu a espessura de junta. Este aumento foi bem claro para os prismas cerâmicos com Argamassa 3. Quando a espessura de junta diminuiu de 10 mm para 5 mm e ocorreu um acréscimo de 55% na resistência dos prismas.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Recomenda-se a realização de outras pesquisas com o objetivo de complementar esta realizada, como:

- Analisar a resistência à flexão de prismas assentados com juntas de 10 mm e 5 mm,

- Verificar a possibilidade de uma diminuição maior da junta de assentamento, testando novas argamassas de assentamento,

- Avaliação da resistência de prismas grauteados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Metodologia de execução –** Passo a passo para construir alvenarias de blocos vazados de concreto. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.abcp.org.br/banner_habitacao/banner_auto_construcao/pdf/Metodol_exec%20_Kit_resposta.pdf>. Acesso em: 06 mai 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos:** Requisitos. NBR 13281. Rio de Janeiro, 2005. 7p.

_____.**Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos - Determinação da resistência à compressão:** Método de ensaio. NBR 13279. Rio de Janeiro, 2005. 9p.

_____.**Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural:** Especificação. NBR 6136. Rio de Janeiro, 2006. 9p.

_____.**Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Determinação da absorção de água, do teor de umidade e da área líquida:** Método de Ensaio. NBR 12118. Rio de Janeiro, 2006. 12p.

_____.**Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto:** Procedimento. NBR 10837. Rio de Janeiro, 1989. 20p.

_____.**Componentes cerâmicos - Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural –** Terminologia e requisitos. NBR 15270-2. Rio de Janeiro, 2005. 11p.

_____.**Componentes cerâmicos - Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação –** Métodos de ensaios. NBR 15270-3. Rio de Janeiro, 2005. 27p.

_____.**Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Preparo e ensaio à compressão**: Método de ensaio. NBR 8215. Rio de Janeiro. 1983. 2p.

CAMACHO, Jefferson Sidney; **Contribuição ao estudo de modelos físicos reduzidos de alvenaria estrutural cerâmica.** 1995. 157f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

GARCIA, Patrícia Domingues; C**ontribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos.** 2000. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.

GROHMANN, Leandro Zampieri; **Análise do comportamento de prismas grauteados de alvenaria estrutural cerâmica.** 2006. 160p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PORTAL VITRUVIUS: **Universo Paralelo de Arquitetura e Urbanismo**. São Paulo, 2009. Disponível em < http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp383.asp>. Acesso em: 06 mai. 2009.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S.; **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**, São Paulo: Pini, 2003. 174p.

REIS, Alessandra Schmitz dos; **Alvenaria estrutural:** uma visão do sistema construtivo. 2008. 81p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

SELECTA BLOCOS: **Produtos.** São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.selectablocos.com.br/estrutural/produtos.htm>. Acesso em: 06 mai 2009.

SILVA, Sílvia Cardozo Becker da; **Alvenaria estrutural de blocos de concreto** - utilização em habitações de baixo custo. 2008. 63p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

VILATÓ, Rolando Ramires; FRANCO, Luiz Sérgio; **A capacidade resistente da alvenaria estrutural não armada.** Relatório Técnico, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

WIKIPÉDIA: **Catedral de Reims**. 2009. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Catedral_de_Reims>. Acesso em: 06 mai. 2009.

WIKIPÉDIA: **Coliseu de Roma**. 2009. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Coliseu_de_Roma>. Acesso em: 06 mai. 2009.

WIKIPÉDIA: **Pirâmides de Gizé**. 2009. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Piramides>. Acesso em: 06 mai. 2009.

WIKIPÉDIA: **Taj Mahal**. 2009. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Taj_Mahal>. Acesso em: 06 mai. 2009.

ANEXO 1

Fichas de ensaio de aferimento dimensional

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CERÂMICOS

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra:

ENSAIO: AFERIMENTO DIMENSIONAL: Bloco cerâmico

14	141,6	141,7	190,0	190,0	292,3	292,55
	141,8		190,0		292,8	
15	140,9	141	189,8	189,85	290,8	291
	141,1		189,9		291,2	
16	140,3	140,4	189,3	189,25	290,5	290,6
	140,5		189,2		290,7	
17	140,7	140,8	190,0	189,85	290,5	290,8
	140,9		189,7		291,1	
18	140,5	140,55	189,0	189	290,4	290,8
	140,6		189,0		291,2	
19	141,1	140,9	188,9	188,85	290,9	290,95
	140,7		188,8		291,0	
20	140,4	140,6	189,0	189,5	290,3	290,35
	140,8		190,0		290,4	
21	140,4	140,45	188,5	188,25	290,5	290,4
	140,5		188,0		290,3	
22	140,6	140,7	189,5	189,3	290,2	290,5
	140,8		189,1		290,8	
23	140,4	140,4	188,9	188,85	290,2	290,3
	140,4		188,8		290,4	
24	140,6	140,5	189,0	188	290,8	290,8
	140,4		187,0		290,8	
25	140,6	140,6	188,8	188,85	290,5	290,2
	140,6		188,9		289,9	
26	141,2	141,1	189,3	189,2	291,2	291,3
	141,0		189,1		291,4	

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CONCRETO

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra:

ENSAIO: AFERIMENTO DIMENSIONAL: Bloco de concreto

14	140,5	140,55	190,4	190,3	391,0	390,95
	140,6		190,2		390,9	
15	140,3	140,35	189,6	189,6	390,5	390,6
	140,4		189,6		390,7	
16	140,5	140,6	191,5	191,45	390,7	390,75
	140,7		191,4		390,8	
17	140,5	140,55	190,4	190,4	391,1	391,05
	140,6		190,4		391,0	
18	140,1	140,25	190,9	190,85	390,9	390,95
	140,4		190,8		391,0	
19	141,7	141,75	191,3	191,3	391,1	391,05
	141,8		191,3		391,0	
20	141,4	141,3	191,1	191,15	391,1	391,1
	141,2		191,2		391,1	
21	140,0	140,2	191,2	191,3	390,8	390,85
	140,4		191,4		390,9	
22	141,2	141,2	191,1	190,55	391,6	391,45
	141,2		190,0		391,3	
23	141,8	141,85	190,5	190,4	391,0	391,1
	141,9		190,3		391,2	
24	140,1	140,25	189,6	189,6	390,6	390,75
	140,4		189,6		390,9	
25	141,7	141,65	189,4	189,5	390,9	390,9
	141,6		189,6		390,9	
26	140,4	140,5	190,9	190,7	391,0	391,2
	140,6		190,5		391,4	

ANEXO 2

Fichas de ensaio de resistência à compressão

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CERÂMICOS

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra:

ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: Bloco cerâmico

Nº CP	MEDIDAS (mm)						ÁREA (mm²)	FORÇA (Newton)	TENSÃO (MPa)
	L	Média	H	Média	C	Média			
14	141,6	141,7			292,3	292,55	41454,34	337200	8,13
	141,8				292,8				
15	140,9	141,0			290,8	291,0	41031	509500	12,42
	141,1				291,2				
16	140,3	140,4			290,5	290,6	40800,24	439300	10,77
	140,5				290,7				
17	140,7	140,8			290,5	290,8	40944,64	442600	10,81
	140,9				291,1				
18	140,5	140,55			290,4	290,8	40871,94	494300	12,09
	140,6				291,2				
19	141,1	140,9			290,9	290,95	40994,86	442900	10,80
	140,7				291,0				

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CONCRETO

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra:

ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: Bloco de concreto

Nº CP	MEDIDAS (mm)						ÁREA (mm²)	FORÇA (Newton)	TENSÃO (MPa)
	L	Média	H	Média	C	Média			
14	140,5	140,55			391,0	390,95	54948,02	307300	5,59
	140,6				390,9				
15	140,3	140,4			390,5	390,6	54820,71	278000	5,07
	140,4				390,7				
16	140,5	140,6			390,7	390,75	54939,45	271400	4,94
	140,7				390,8				
17	140,5	140,55			391,1	391,05	54962,08	322300	5,86
	140,6				391,0				
18	140,1	140,25			390,9	390,95	54830,74	265000	4,83
	140,4				391,0				
19	141,7	141,75			391,1	391,05	55431,34	309800	5,59
	141,8				391,0				

ANEXO 3

Ficha de ensaio de resistência à compressão das argamassas

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

FICHA DE ENSAIO

Interessado:	
Procedência do material:	
Data de recebimento	Ensaiado por: 1682

ENSAIO: COMPRESSÃO AXIAL DE CP CILINDRICO DE CONCRETO E/OU ARGAMASSA

identificação		moldagem		data do ensaio	idade dias	diâmetro cm	área cm²	resistência ruptura	
lab.	Obra	data	hora					Kgf	MPa
96	argam. 1	6/ago		13/ago	7	5,00	19,63	862,8	4,40
97	argam. 1	6/ago		13/ago	7	6,00	19,63	736,2	3,75
98	argam. 1	6/ago		3/set	28	7,00	19,63	1026	5,23
99	argam. 1	6/ago		3/set	28	8,00	19,63	926,2	4,72
100	argam. 2	7/ago		14/ago	7	9,00	19,63	1992	10,15
101	argam. 2	7/ago		14/ago	7	10,00	19,63	1954	9,95
102	argam. 2	7/ago		4/set	28	11,00	19,63	2765	14,09
103	argam. 2	7/ago		4/set	28	12,00	19,63	2593	13,21
265	argam. 3	2/set		9/set	7	13,00	19,63	447,5	2,28
266	argam. 3	2/set		9/set	7	14,00	19,63	430,3	2,19
267	argam. 3	2/set		30/set	28	15,00	19,63	c/defeito	----------
268	argam. 3	2/set		30/set	28	16,00	19,63	872,5	4,44

ANEXO 4

Ficha de ensaio de resistência à compressão dos prismas

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CERÂMICOS

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra: prisma cerâmico/ARGAMASSA 1

ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: Prisma cerâmico

Nº CP	MEDIDAS (mm)						ÁREA (mm²)	FORÇA (Newton)	TENSÃO (MPa)
	L	Média	H	Média	C	Média			
20	140,4	140,6			290,3	290,35	40823,21	171900	4,21
	140,8				290,4				
21	140,4	140,5			290,5	290,4	40786,68	194000	4,76
	140,5				290,3				
22	140,6	140,7			290,2	290,5	40873,35	187100	4,58
	140,8				290,8				
23*	140,4	140,4			290,2	290,3	40758,12	208700	5,12
	140,4				290,4				
24*	140,6	140,5			290,8	290,8	40857,4	236000	5,78
	140,4				290,8				
25*	140,6	140,6			290,5	290,2	40802,12	212000	5,20
	140,6				289,9				

* Prisma com junta de assentamento de 5mm

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CERÂMICOS

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra: prisma cerâmico/ARGAMASSA 2

ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: Prisma cerâmico

Nº CP	MEDIDAS (mm)						ÁREA (mm²)	FORÇA (Newton)	TENSÃO (MPa)
	L	Média	H	Média	C	Média			
26	140,2	140,3			290,2	289,95	40679,99	249600	6,14
	140,4				289,7				
27	141,0	140,9			291,1	291,0	40994,86	289100	7,05
	140,8				290,8				
28	141,4	141,6			291,6	291,6	41290,56	280200	6,79
	141,8				291,6				
29*	141,4	141,35			291,7	291,8	41245,93	314800	7,63
	141,3				291,9				
30*	140,5	140,4			291,0	291	40856,4	269200	6,59
	140,3				291,0				
31*	140,6	140,55			291,0	291,1	40914,11	253400	6,19
	140,5				291,2				

* Prisma com junta de assentamento de 5mm

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CERÂMICOS

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra: prisma cerâmico/ARGAMASSA 3

ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: Prisma cerâmico

Nº CP	MEDIDAS (mm)						ÁREA (mm²)	FORÇA (Newton)	TENSÃO (MPa)
	L	Média	H	Média	C	Média			
32	140,4	140,4			290,6	290,6	40800,24	137500	3,37
	140,4				290,6				
33	140,1	140,0			289,7	289,9	40586	156100	3,85
	139,9				290,1				
34	140,6	140,6			290,6	290,85	40893,51	126900	3,10
	140,6				291,1				
35*	140,0	140			289,5	289,6	40544	191200	4,72
	140,0				289,7				
36*	140,3	140,3			290,5	290,35	40736,11	228500	5,61
	140,3				290,2				
37*	141,0	140,95			290,7	290,75	40981,21	232100	5,66
	140,9				290,8				

* Prisma com junta de assentamento de 5mm

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CONCRETO

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra: prisma de concreto/ARGAMASSA 1

ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: Prisma bloco de concreto

Nº CP	MEDIDAS (mm)						ÁREA (mm²)	FORÇA (Newton)	TENSÃO (MPa)
	L	Média	H	Média	C	Média			
20	141,4	141,3			391,1	391,1	55262,43	332200	6,01
	141,2				391,1				
21	140,0	140,2			390,8	390,9	54797,17	327200	5,97
	140,4				390,9				
22	141,2	141,2			391,6	391,45	55272,74	376100	6,80
	141,2				391,3				
23*	141,8	141,85			391,0	391,1	55477,54	317300	5,72
	141,9				391,2				
24*	141,1	141,25			390,6	390,75	55193,44	373100	6,76
	141,4				390,9				
25*	141,7	141,65			390,9	390,9	55370,99	367600	6,64
	141,6				390,9				

* Prisma com junta de assentamento de 5mm

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CONCRETO

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra: prisma de concreto/ARGAMASSA 2

ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: Prisma bloco de concreto

Nº CP	MEDIDAS (mm)						ÁREA (mm²)	FORÇA (Newton)	TENSÃO (MPa)
	L	Média	H	Média	C	Média			
26	141,9	141,9			391,0	391,15	55504,19	396300	7,14
	141,9				391,3				
27	140,6	140,7			391,5	391,5	55064,48	337200	6,12
	140,7				391,5				
28	141,3	141,2			390,6	390,75	55173,9	394400	7,15
	141,1				390,9				
29*	140,4	140,45			390,5	390,6	54859,77	401300	7,32
	140,5				390,7				
30*	140,2	140,3			390,8	390,75	54822,23	387200	7,06
	140,4				390,7				
31*	140,0	140,15			391,4	391,2	54826,68	329700	6,01
	140,3				391,0				

* Prisma com junta de assentamento de 5mm

	LEC - LABORATÓRI DE ENGENHARIA CIVIL	Cód nº: Certificado nº:

MATERIAIS DE CONCRETO

Interessado: Rafael Viapiana	
Procedência do material:	
Data de recebimento:	Amostra: prisma de concreto/ARGAMASSA 3

ENSAIO: RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES: Prisma bloco de concreto

Nº CP	MEDIDAS (mm)						ÁREA (mm²)	FORÇA (Newton)	TENSÃO (MPa)
	L	Média	H	Média	C	Média			
32	140,3	140,4			390,8	390,8	54868,32	370300	6,75
	140,5				390,8				
33	140,4	140,5			391,0	391,0	54935,5	317200	5,77
	140,6				391,0				
34	140,7	140,75			391,1	391,2	55061,4	324700	5,90
	140,8				391,3				
35*	140,8	140,9			390,9	390,95	55084,86	345700	6,28
	141,0				391,0				
36*	140,6	140,65			391,8	391,6	55078,54	347300	6,31
	140,7				391,4				
37*	141,9	141,85			391,2	391,2	55491,72	309700	5,58
	141,8				391,2				

* Prisma com junta de assentamento de 5mm