INFLUÊNCIA DA POSIÇÃO DE PRIMAS E BLOCOS CERÂMICOS DE ALVENARIA RESISTENTE À GALGA E AO CHATO NA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AXIAL

PESSOA, V. J. H.[1]

[1]Universidade Federal de Pernambuco – UFPE - Graduado e Mestre em Engenharia Civil, email: *vjhpessoa@yahoo.com.br*

RESUMO

Este trabalho se foca sobre as falhas estruturais ocorridas em edificações de alvenaria resistente, levando em conta os materiais empregados, com blocos cerâmicos vazados, destinados à vedação, que não apresentam os requisitos de desempenho necessários para serem considerados estruturais. O estudo realizado utilizou um programa experimental de ensaios em prismas e blocos cerâmicos de vedação, com o objetivo de analizar o seu comportamento em função de seu posicionamento, ao chato (deitado) e à galga (em pé), quando solicitados a uma carga compressiva. Todos os ensaios foram realizados e analisados de modo a observar o seu comportamento e suas propriedades mecânicas, por apresentarem um papel preponderante no tocante à estabilidade desse tipo de edificação. Os resultados alcançados foram comparados com pesquisas anteriores, realizadas em condições de carga semelhantes, com a utilização de blocos de mesma resistência e argamassas de revestimento empregadas em prismas e prototipos de paredinhas. Nesta perspectiva, os resultados indicaram um incremento na capacidade de carga compressiva dos prismas revestidos, tanto ao chato quanto à galga, como também quando comparados com os resultados das pesquisas anteriores que mostravam dados semelhantes.

PALAVRAS CHAVE: alvenaria; prédios "caixão"; alvenaria resistente; prismas; blocos cerâmicos de vedação.

ABSTRACT

This work focuses on the structural flaws in buildings, type coffin, taking into account the materials used, with empty ceramic blocks, intended for sealing, which have no performance requirements necessary to be considered structural elements. The study used an experimental test program prisms and ceramic block seal in order to analyze its behavior depending on its position, the flat (lying) and climbs (standing), when asked to a compressive load .All tests were performed and analyzed in order to observe their behavior and their mechanical properties, because they have an important role as regards the stability of this type of building. The results were compared to previous studies carried out in similar loading conditions, using blocks of same resistance and coating mortars used on prisms and small walls speciment. In this perspective, the results showed an increase in compressive load capacity of coated prisms, both at boring as the climbs, but also when we compared with the results of previous research that showed similar data.

Keywords: masonry, buildings "coffin", structural masonry, prisms, sealing ceramic blocks.

[1]Graduado e Mestre em Engenharia Civil pela UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, Rua Zenóbio Lins, 50, CEP: 50.711-300, Recife, PE.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O estudo sobre a alvenaria, como técnica construtiva, foi sempre um dos alvos principais da Engenharia para o entendimento estrutural dos diferentes espaços construídos utilizados para diversas atividades humanas. Pesquisando mais aprofundadamente, é possível compreender a alvenaria como uma técnica construtiva desenvolvida a partir de pedras naturais ou artificiais interligadas por meio de argamassas aptas a resistir à cargas de compressão, de modo que a disposição dos esforços principais seja aplicada às superfícies das juntas. (MELO, 2007).

O forte desenvolvimento industrial redundou em um significativo avanço no que concerne à tecnologia dos materiais, que progrediram intensamente com o surgimento do concreto armado. Juntamente com os materiais, as técnicas de execução de obras também ganharam novo fôlego, proporcionando assim a criação do que conhecemos hodiernamente por alvenaria estrutural.

Nesse contexto, envolvendo o baixo teor de exigência da legislação e dos órgãos competentes, a Região Metropolitana do Recife (RMR) tornou-se o cenário perfeito para a construção de edifícios em que a alvenaria passou a ter uma função estrutural. Assim, composta com blocos elaborados fundamentalmente para vedação, esse tipo construtivo ficou regionalmente conhecido por "edifício tipo caixão".

Essa técnica ganhou força no decorrer da década de 1970, quando houve uma significativa política de incentivo para a execução de projetos habitacionais tanto por meio da iniciativa privada, com as cooperativas particulares, quanto a partir das cooperativas habitacionais estaduais. Com isso, atualmente, é possível constatar na Região Metropolitana do Recife (RMR) a existência de aproximadamente 6.000 empreendimentos construídos em alvenaria resistente (prédios tipo caixão).

Formada por cerca de três milhões de habitantes e quatorze municípios, a RMR representa a maior parte da concentração urbana do Estado, apresentando aproximadamente 2,5 milhões de pessoas em apenas cinco desses municípios. Destes habitantes, cerca 250 mil moram em prédios construídos em alvenaria resistente (prédios tipo caixão), o que representa aproximadamente 10% da população, como se verifica em Oliveira e Pires Sobrinho (2005), sendo esta parcela, geralmente, de classe média baixa, não dispondo de recursos financeiros para recuperar essas edificações.

Assim, observa-se que, neste tipo de edificação, a relação entre o número de desabamentos ocorridos, 12 no total, desde 1992, e o número de edificações existentes, resulta em uma probabilidade de um desabamento para cada 500 prédios, como podemos observar em Oliveira e Pires Sobrinho (2005). Isto porque, o conhecimento sobre o comportamento estrutural desse tipo construtivo ainda é escasso, tornando imprecisas as suas condições de segurança, devido à "ruína quase imediata que ela apresenta na ocasião de um desmoronamento e o colapso progressivo na maioria dos casos" [2].

Esse tipo de construção em alvenaria resistente apresenta uma série de problemáticas, nas quais o sistema construtivo não tem embasamento técnico-científico, nem normativo. A supressão de cintas e pilaretes, por exemplo, associadas às lajes nervuradas e à fundação não aterrada, conduz a formação de ruína brusca, sem aviso prévio. Nos acidentes ocorridos, constatou-se que os colapsos se deram a partir das paredes de fundação, situadas entre as sapatas corridas de concreto armado e o nível do pavimento térreo, os chamados embasamentos, segundo Oliveira (1997). E para elucidar as origens dessas falhas é preciso compreender como se compõe o esqueleto dessas edificações em alvenaria resistente que, devido ao grande número de obras após alguns anos de finalizadas, apresentavam algum tipo de problema, podendo ser proveniente da resistência dos materiais utilizados ou ainda de alguma falha de projeto ou de vícios de construção.

1.2 Objetivo

O objetivo geral deste artigo é analisar o comportamento de blocos e prismas constituídos de blocos cerâmicos de vedação ao chato e à galga, procurando observar a influência do posicionamento dos blocos na capacidade de resistência nas paredes da superestrutura, juntamente com os embasamentos de parede de alvenaria resistente. O que só será possível a partir da comparação dos resultados da presente pesquisa com outros obtidos por meio da pesquisa de Azevedo (2010), Mota (2006), Andrade (2007) e Araujo Neto (2006), somados com os resultados de amostras de paredes retiradas da superestrutura e embasamento de um edifício tipo caixão na RMR, os quais foram fornecidos pelo ITEP.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1 Materiais

[2] ARAÚJO NETO, Gilberto Nery. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto**. Dissertação apresentada à UNICAP, 2006. p.2.

2.1.1 Cimento Portland (CP II Z 32)

O cimento utilizado nas argamassas de assentamento e revestimento utilizados na confecção dos prismas foi o do tipo CPII F 32, fornecidos em sacos de 50kg e adquiridos em armazém na Região Metropolitana do Recife. Suas características estão dispostas na Tabela 1.0, fornecida pela fábrica de cimento CIMPOR, com valores de referência datados na época dos ensaios desta pesquisa.

Tabela 1.0 - Valores médios de caracterização do cimento

Ensaio	Método	Resultado	Especificação
Finura #75µm (%)	NBR11579	2,1	≤12
Superfície específica (cm²/g)	NBRNM76	4955	≥2600
Início de pega (min)	NBRNM65	182	≥60
Fim de pega (min)	NBRNM65	254	≤600
Expansibilidade (mm)	NBR11582	0	≤5
Resistência à compressão (MPa)	NBR7215	21,1 (3d)	≥10,0
		26,3 (7d)	≥20,0
		34,7 (28d)	≥32,0
Óxido de Magnésio - MgO (%)	FRXPA	5,7	≤6,5
Anidrido sulfúrico - SO3 - (%)	FRXPA	2,84	≤4,0
Oxido de cálcio livre - CaO (Livre) – (%)	FRXPA	1,4	X

2.1.2 Cal hidratada

A cal utilizada para compor a argamassa (assentamento e revestimento) foi a do tipo CHI, cujas características constam na Tabela 2.0.

Tabela 2.0 - Valores médios de caracterização da cal

Ensaio		Cal Hidratada CHI
Natureza de cal hidratada		Cálcica
Finura (%retida)	#30(0.600mm)	0,3
	#200(0.075mm)	1,8
Densidade aparente (g/cm^3)		0,5
Umidade(%)		1,26
Anidrido Carbônico - CO_2		2,21
Anidrido Sulfúrico - SO_3		0,05
Sílica e resíduo insolúvel		0,84
Óxido não hidratado		7,3
CaO, não hidratado		73,72
MgO, não hidratado		0,71

2.2 Método

O número de amostras ensaiadas nos experimentos foi pensado a partir da utilização de um método estatístico fixado por Montgomery (2003), no qual verificou-se que

> *"o experimento teria uma potência de pelo menos 0,95 e calculou-se a potência para vários tamanhos de amostras, (...). Encontrou-se 12 como o número mínimo de réplicas para garantir a potência requerida"*[3].

Desse modo, foram escolhidos inicialmente 15 exemplares de cada tipo, com três blocos ao chato (deitado) e três blocos a galga (em pé). Contudo, ao final dos ensaios foram apresentados os resultados de apenas 12 amostras para evitar dados deturpados, em virtude de possíveis falhas nas amostras que comprometeram de alguma maneira o saldo final dos experimentos. Foram ensaiadas as seguintes tipologias de prismas:

- BIC - Bloco individual ao chato;
- BIG - Bloco individual à galga;
- PSRC - Prismas sem revestimento ao chato com 3 blocos;
- PSRG - Prismas sem revestimento à galga com 3 blocos;
- PCRC - Prismas com revestimento de argamassa com traço 1:2:9 (fraco) com espessura de 20 mm, ao chato com 3 blocos;
- PCRG - Prismas com revestimento de argamassa com traço 1:2:9 (fraco) com espessura de 20 mm, à galga com 3 blocos;

3. RESULTADOS

Na análise dos resultados dos primas revestidos e sem revestimento (à galga e ao chato), com relação à sua resistência à compressão para obteção de uma carga média de ruptura, observando as figuras 1.0, 2.0, 3.0 e 4.0, podemos apreender que os prismas revestidos ao chato apresentaram um crescimento de 36%, quando comparados com os prisma com revestimento à galga. E que, quando comparamos os prismas sem revestimento ao chato, nota-se um crescimento de 78% em relação aos prismas sem revestimento à galga.

[3] ARAÚJO NETO, Gilberto Nery. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto.** Dissertação apresentada à UNICAP, 2006. p.15.

Na análise dos resultados dos blocos individuais à galga e ao chato, com relação a carga média de ruptura, as tabelas 3.0 e 3.1 mostram que os blocos ao chato apresentaram um crescimento de 58%, quando comparados com os blocos à galga. O que pode ser observado também na pesquisa de OLIVEIRA & HANAI (2002), quando se verifica um crescimento na capacidade resistente dos blocos ao chato, sendo possível, desse modo, constatar analogamente um acréscimo na capacidade de carga.

Vale salientar, ainda, que estes resultados foram obtidos de ensaios realizados nos blocos secos, diferentemente do que pede a norma técnica, que estabelece a realização de ensaios com blocos úmidos. Contudo, as amostras utilizadas encontravam-se secas para viabilizar uma maior aproximação com os primas ensaiados na presente pesquisa, já que foram experimentados nas mesmas condições.

Desse modo, podemos observar que os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos prismas e blocos são apresentados na Tabela de 3.0 e 3.1:

Tabela 3.0 - Resultados comparativos de blocos e primas ao chato

Nº	Área (mm²) Ab (L x C)	Dimensão do Bloco e Prisma (mm x mm)	Carga Ruptura KN
BIC	**36100**	190 x 190	66.0
PSRC	**36100**	190 x 190	33.1
PCRC	**43700**	230 x 190	61.3

Tabela 3.1 - Resultados comparativos de primas e blocos à galga

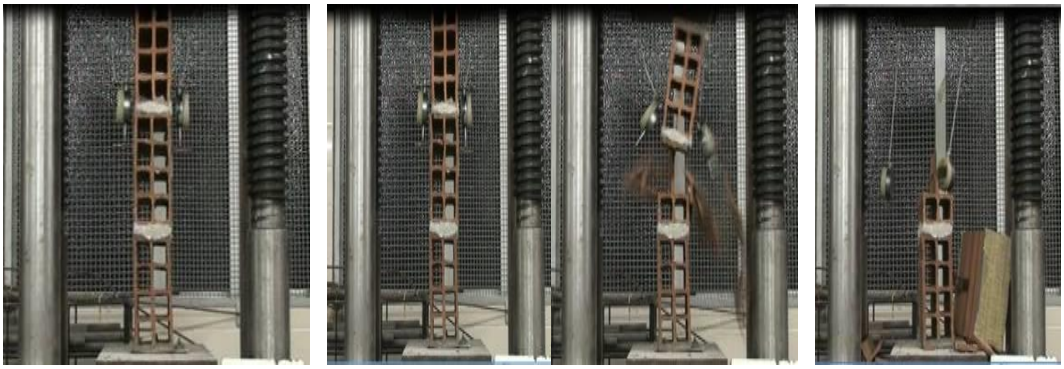
Nº	Área (mm²) Ab (L x C)	Dimensão do Bloco e Prisma (mm x mm)	Carga Ruptura KN
BIG	**17100**	90 x 190	41.8
PSRG	**17100**	90 x 190	18.5
PCRG	**24700**	130x190	45.1



Figura 1.0 - Ruptura do prisma sem revestimento ao chato



Figura 2.0 - Ruptura do prisma ao chato e traço 1:2:9 revestimento 20 mm



(3.0 a) *(3.0 b)* *(3.0 c)* *(3.0 d)*

Figura 3.0 - Sequência de ruptura do prisma 3 blocos sem revestimento

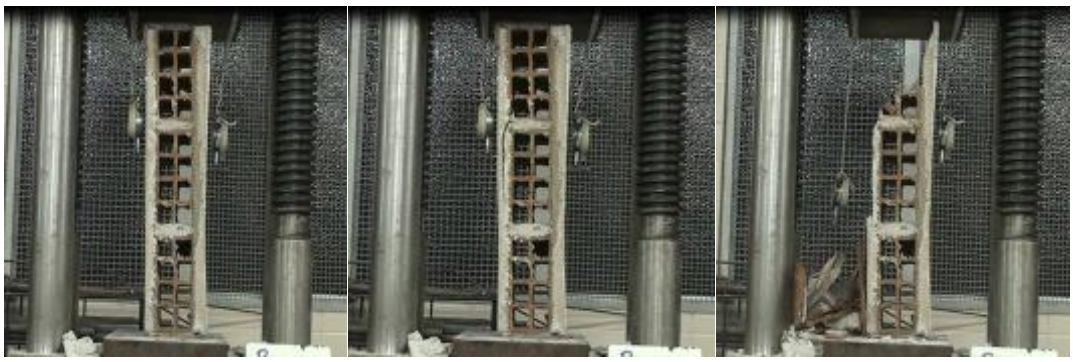


Figura Erro! Nenhum texto com o estilo especificado foi encontrado no documento.**.0 - Ruptura do prisma 3 blocos com traço 1:2:9 revestimento 20 mm (à galga)**

3.1 Análise comparativa de resistência à compressão dos prismas (à galga) sobre os trabalhos pesquisados:

Na observação das Tabelas 3.2 e 3.3, assim como na Figura 5.0, tendo como referencial os prismas sem revestimento, é possível analisar que:

- a simples aplicação do chapisco, com espessura média de 5 mm, foi responsável por um acréscimo médio de 38,7% na carga de rupturas de primas de blocos cerâmicos, quando relacionado com a média dos resultados analisados, sem, no entanto, alterar a forma brusca de ruína.
- no comportamento dos primas revestidos com espessura de 15 mm e argamassa com traço de 1:2:9 (fraco), foi observado um aumento na capacidade resistente na ordem de 149,6%, em média.
- no comportamento dos primas revestidos com espessura de 20 mm e argamassa com traço de 1:2:9 (fraco), verificou-se um aumento na capacidade resistente na ordem de 146,7%, aproximadamente.
- no comportamento dos primas revestidos com espessura de 30 mm e argamassa com traço de 1:2:9 (fraco), foi constatado que houve um aumento na capacidade resistente na ordem de 187,7%, em média.

Dessa maneira, verifica-se que há um acréscimo médio na carga de ruptura dos primas à galga de blocos cerâmicos em função do chapisco e da espessura da argamassa.

Tabela 3.2 - Resumos dos resultados obtidos anteriormente em primas de blocos cerâmicos

Protótipo	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN)	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN) MOTA (2006)	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN) AZEVEDO (2010)	Carga média de ruptura das paredinhas (kN) ANDRADE (2007)	Carga média de ruptura de blocos cerâmicos (kN) amostra de parede de edifício da RMR (ITEP)	Medidas de dispersão									
						Desvio. Padrão (kN)					Coeficiente de Variação (%)				
						Prisma	Prisma MOTA (2006)	Prisma AZEVEDO (2010)	Paredinhas ANDRADE (2007)	Amostra de edifício da RMR (ITEP)	Prisma	Prisma MOTA (2006)	Prisma AZEVEDO (2010)	Paredinhas ANDRADE (2007)	Amostra de edifício da RMR (ITEP)
Sem revestimento	18,5	33,5	9,5	56,3	-	4,0	3,1	2,1	8,7	-	22,0	9,2	22,0	15,4	-
Com chapisco	-	38,1	18,1	84,9	-	-	3,8	5,9	16,3	-	-	9,9	33,0	19,2	-
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm	-	-	39,6	130,4	-	-	-	9,3	24,4	-	-	-	24,0	18,7	-
Revestimento 1:2:9, espessura 20 mm	45,1	83,4	-	-	61,3	10,1	6,2	-	-	19,7	22,0	7,4	-	-	32,2
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	-	100,0	45,0	156,5	-	-	8,9	10,4	16,1	-	-	10,3	23,0	10,3	-

Tabela 3.1 - Incremento da resistência a compressão devido a influência do revestimento (%)

Protótipo	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN)	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN) MOTA (2006)	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN) AZEVEDO (2010)	Carga média de ruptura das paredinhas (kN) ANDRADE (2007)
Com chapisco	-	13,8	90,2	50,8
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm	-	-	317,1	131,6
Revestimento 1:2:9, espessura 20 mm	143,8	148,9	-	-
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	-	198,5	374,5	178,0

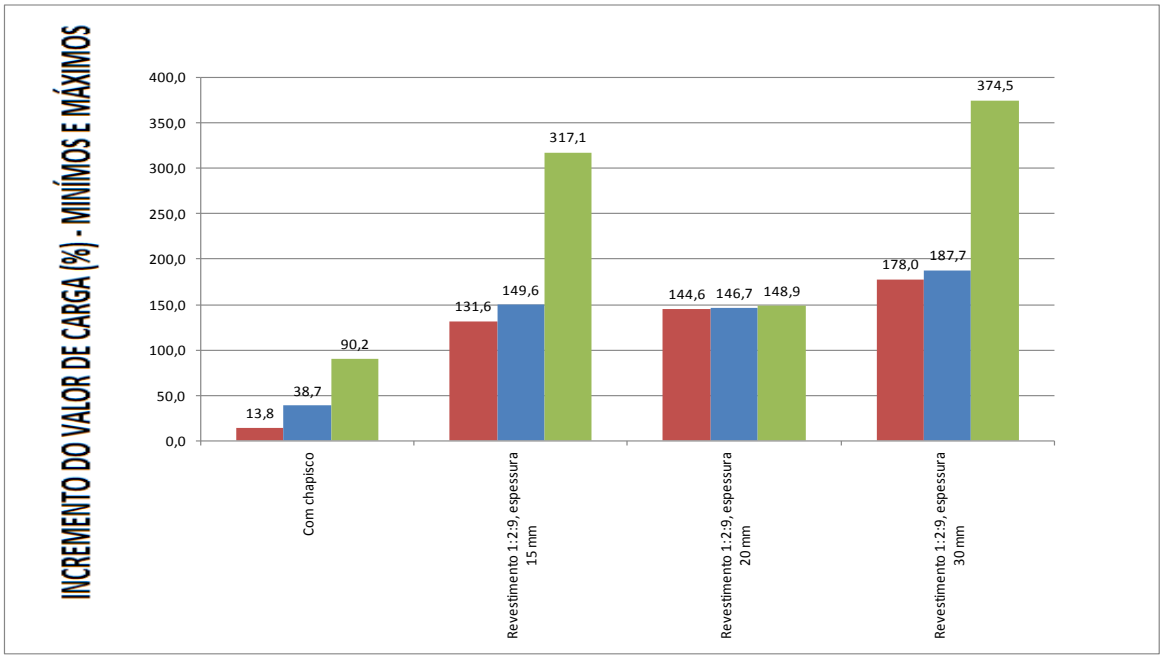


Figura 5.0 - Resumo dos resultados em função do revestimento com relação a carga de ruptura em função dos valores mínimos e máximos

3.2 Análise comparativa de resistência à compressão dos prismas (ao chato) com os resultados de amostras de paredes do embasamento fornecidos pelo ITEP:

A propensão para este estudo se deu a partir da utilização de blocos ao chato nos embasamentos de alguns edifícios da Região Metropolitana do Recife. Assim, debruçando-se sobre este tema, torna-se imperativo um exame comparativo sobre as cargas médias de ruptura de prismas de blocos cerâmicos ao chato da atual pesquisa com os resultados extraídos dos dados de amostras de paredes do embasamento fornecidos pelo ITEP, demonstrados na Tabela 3.4. Neste contexto, é interessante perceber que a área de aplicação de carga do prisma é de 190 x 190 mm^2 e a da amostra do Instituto é variável e alcança, em média, 220 x 350 mm^2.

Tabela 3.2 - Resultados obtidos na presente pesquisa e amostras de paredes do embasamento fornecidos pelo ITEP com relação a carga média de ruptura

Protótipo	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN)	Carga média de ruptura de blocos cerâmicos (kN) amostra de parede de edifício da RMR	Medidas de dispersão			
			Desvio. Padrão (kN)		Coeficiente de Variação (%)	
			Prisma	Amostra de edifício da RMR	Prisma	Amostra de edifício da RMR
Blocos Individuais	66,0	-	26,4	-	40,0	-
Sem revestimento	33,1	-	9,6	-	29,0	-
Revestimento 1:2:9, espessura 20 mm	61,4	96,6	17,6	36,7	29,0	38,0

4. CONCLUSÕES

- Os ensaios realizados em prismas indicaram que o chapisco e o revestimento contribuíram para o aumento da capacidade de carga desses elementos e a sua existência pode ser um dos responsáveis pela "estabilidade" aparente de grande parte das edificações em alvenaria resistente no Estado;
- O incremento de carga referente a camada de revestimento dos prismas à galga foi de 145%;
- O incremento de carga referente a camada de revestimento dos prismas ao chato foi de 82%;
- Na análise dos resultados encontrados nos referidos trabalhos, foi possível observar um acréscimo médio na carga de ruptura dos primas à galga de blocos cerâmicos em função do chapisco, da argamassa de revestimento e da espessura da argamassa, obtendo na uttilização de chapisco um ganho médio de carga de ruptura de 38,7% e para argamassa fraca (1:2:9) com expessura de 20 mm de 146,7%;
- O ensaio de resistência à compressão axial preconiza as recomendações da Norma NBR15270-3, em que os blocos devem passar por um processo de saturação de, no mínimo, 6 horas. Entretanto, as dificuldades no processo de manuseio dos prismas para os locais de saturação, levaram ao questionamento sobre os perigos de danificação desses e os potenciais riscos de comprometimento dos resultados dos

ensaios em virtude de possíveis avariações, o que poderia explicar o elevado coeficiente de variância encontrado. Somado a isso, o fato de todos os trabalhos anteriores terem sido realizados sem a saturação dos prismas, levou assim à opção pelo rompimento destes nas mesmas condições dos referidos trabalhos.

- Na adoção da carga média de ruptura dos blocos individuais à galga como referencial, os resultados dos prismas sem revestimento chegam a 44,3% dos blocos individuais. Outrossim, o resultado para prismas sem revestimento ao chato chegou a 50,1% do valor da carga média de ruptura dos blocos individuais.

- Tomando como base os resultados obtidos na presente pesquisa que relaciona a carga de ruptura média nos prismas, foi possível perceber que os primas revestidos ao chato com argamassa fraca de 20 mm de espessura apresentam 64% dos resultados extraídos das amostras de parede do embasamento fornecidas pelo ITEP.

5. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, em especial, ao Professor-orientador, Silvio Romero de Melo Ferreira e co-orientador, Romilde Almeida de Oliveira, que me orientaram e contribuíram imprescindivelmente para o bom andamento deste trabalho.

6. REFERÊNCIAS

ANDRADE, S.T. A **Influência das características do revestimento na resistência à compressão de paredinhas de alvenaria de blocos cerâmicos de vedação**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, (2007).

ARAÚJO NETO, G. N de. **Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto.** Dissertação (Mestrado), Universidade Católica de Pernambuco, 2006.

AZEVEDO, A. A. C. de **Avaliação comparativa da influência do revestimento simples e armado no comportamento compressivo de prismas e paredinhas de blocos cerâmicos de vedação**. Dissertação (Mestrado), Universidade Católica de Pernambuco (2010).

MELO, MAURO JOSÉ DE ARAUJO CAMPELO. - **Análises de laudos emitidos sobre "prédios tipo caixão" da região metropolitana de recife: causas apontadas para os desabamentos e interdições.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco (2007).

MONTGOMERY, D. C. & RUNGER, G. C. (2003). **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros**. 2º ed. Rio de Janeiro, LTC.

MOTA, J.M. de F**. Influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão axial em prismas de alvenaria resistente de blocos cerâmicos**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco (2006).

OLIVEIRA, R. A. **Laudo Técnico – Edificio Aquarela**. Piedade. Jaboatão dos Guararapes – PE, 1997.

OLIVEIRA, R. A.; PIRES SOBRINHO, C.W.A. **Acidentes com prédios em alvenaria resistente na região metropolitana do Recife.** In: 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE BEHAVIOUR OF DEMAGED STRUCTURES. João Pessoa, 2005, p. 106-111.

OLIVEIRA, R. A. & HANAI, J. B. **Análise do comportamento de paredes de alvenaria construídas com blocos cerâmicos de vedação**. VII International Seminar on Structural Masonry for Developing Countries. Belo Horizonte, 2002.