



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

**COMPORTAMENTO COMPRESSIVO DE PRISMAS E BLOCOS
CERÂMICOS ASSENTADOS À GALGA E AO CHATO
UTILIZADOS EM EMBASAMENTOS DE PAREDES DE
ALVENARIA RESISTENTE**

VICTOR JOSÉ HOLANDA PESSOA

Orientador: Prof. Silvio Romero de Melo Ferreira

Co- Orientador: Prof. Romilde Oliveira de Almeida

Recife, Abril/2013

Victor José Holanda Pessoa

Victor José Holanda Pessoa

**COMPORTAMENTO COMPRESSIVO DE PRISMAS E BLOCOS
CERÂMICOS ASSENTADOS À GALGA E AO CHATO
UTILIZADOS EM EMBASAMENTOS DE PAREDES DE
ALVENARIA RESISTENTE**

Dissertação apresentada ao curso de Programa de Pós-Graduação
em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco
(UFPE) como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Silvio Romero de Melo Ferreira

Co- Orientador: Prof. Romilde Oliveira de Almeida

RECIFE, Abril/2013

Catálogo na fonte
Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

P475c

Pessoa, Victor José Holanda.

Comportamento compressivo de prismas e blocos cerâmicos assentados à galga e ao chato utilizados em embasamentos de paredes de alvenaria resistente / Victor José Holanda Pessoa - Recife: O Autor, 2013.

xvi, 113 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof.^o Dr.^o Silvio Romero de Melo Ferreira.

Co-orientador: Prof.^o Dr.^o Romilde Oliveira de Almeida.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco.

CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2013.

Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Alvenaria. 3. Prédios-Caixaão. 4. Alvenaria Resistente. 5. Prismas. 6. Blocos Cerâmicos - Vedação I. Ferreira, Silvio Romero de Melo (Orientador). II. Título.

624 CDD (22. ed.)

UFPE
BCTG/2013-098

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

A comissão examinadora da Defesa de Dissertação de Mestrado

**COMPORTAMENTO COMPRESSIVO DE PRISMAS E BLOCOS
CERÂMICOS ASSENTADOS À GALGA E AO CHATO
UTILIZADOS EM EMBASAMENTOS DE PAREDES DE
ALVENARIA RESISTENTE**

defendida por

Victor José Holanda Pessoa

Considera o candidato APROVADO

Recife, 21 de fevereiro de 2013

Orientadores:

Prof. Dr. Silvio Romero de Melo Ferreira – UFPE
(orientador)

Prof. Dr. Romilde Almeida de Oliveira – UFPE
(co-orientador)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Romilde Almeida de Oliveira – UFPE
(co-orientador)

Prof. Dr. Fernando Artur Nogueira Silva – UNICAP
(examinador externo)

Prof. Dr. Joaquim Teodoro Romão de Oliveira – UNICAP
(examinador externo)

Dedico este trabalho aos meus familiares, meus pais Paulo e Alba, meus avôs Paulo (in memorian), Terezinha e Bibi (in memorian), juntamente com minha tia Alessandra e meu irmão Dyego, por toda a dedicação e amizade e minha namorada Milena.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, e sempre, agradeço a Deus por tudo e por ele ter me dado a família que tenho. Agradeço aos meus pais por todas as condições que me deram para concluir meus estudos, pelo amor, amizade e confiança sempre depositados em mim; ao meu irmão por ser mais que um irmão, um verdadeiro amigo.

Agradeço à minha namorada, que teve a paciência de estar junto comigo em todas as etapas desta pesquisa. Agradeço também a todos os amigos, familiares e professores que contribuíram direta ou indiretamente com minha formação profissional.

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

Também gostaria de agradecer os Professores da pós-graduação de Engenharia Civil e, especialmente, a Roberto Quental Coutinho. Também sou muito grato aos laboratoristas da UNICAP, Washington Esposito e André Miranda, por me ajudar nos ensaios; à Universidade Católica de Pernambuco, pela liberação do Laboratório de Materiais de Construção para realização dos ensaios nesta pesquisa, em nome de professor José Orlando Vieira Filho.

Agradeço, ainda, à Universidade de Pernambuco, pela liberação do Laboratório de Materiais de Construção para realização do ensaio desta pesquisa, em nome de professor Ângelo Just da Costa e Silva; à empresa TECOMAT - Tecnologia da Construção e Materiais, que colaborou na realização de diversos ensaios em seu laboratório; ao ITEP – Instituto Tecnológico de Pernambuco, na pessoa do Professor Carlos Wellington, por disponibilizar os resultados que embasaram as análises para tal pesquisa, juntamente com o CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo apoio financeiro durante doze meses.

E gostaria de cumprimentar especialmente à Universidade Federal de Pernambuco, que me proporcionou todo o aprendizado profissional, desde da graduação até a pós-graduação.

RESUMO

A presente dissertação tem como proposta central estudar as problemáticas encontradas no processo de construção de edificações do tipo "caixão", analisando a influência do comportamento compressivo de prismas e blocos cerâmicos sobre a sua estrutura. A necessidade deste estudo se deu em decorrência das constantes falhas presentes nesse tipo de edificação, sobretudo na Região Metropolitana do Recife, visto que apresenta uma significativa carência de tecnologia e normas técnicas. Este trabalho se debruça também sobre as falhas estruturais nessas edificações, levando em conta os materiais empregados, com blocos cerâmicos vazados, destinados à vedação, que não apresentam requisitos de desempenho necessários para serem considerados estruturais. O estudo realizado utilizou um programa experimental de ensaios em prismas e blocos cerâmicos de vedação, ao chato (deitado) e à galga (em pé), totalizando 60 prismas e 30 blocos. Os prismas e blocos foram submetidos ao carregamento compressivo e todos eles tiveram o controle de deslocamento nas faces em contato com o deflectômetro. 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 parênteses. 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. Com isso, foi possível observar um acréscimo na carga média de ruptura dos prismas à galga de blocos cerâmicos, em função do chaspico e da argamassa de revestimento.

Palavras-Chave: alvenaria, prédios "caixão", alvenaria resistente, prismas, blocos cerâmicos de vedação.

ABSTRACT

The aim of the thesis is to study the problems encountered in the construction of buildings such as "coffin", analyzing the influence of compressive behavior of prisms and ceramic bricks on its structure. The necessity of this study occurred as a result of the constant failures present in this type of building, especially in the metropolitan area of Recife, due to a significant lack of technology and technical standards. This work also 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. The study used an experimental program for testing prisms and sealing ceramic blocks, the boring (lying) and climbs (standing), totaling 60 blocks and 30 prisms. The prisms and blocks were subjected to compressive loading and all they had control of displacement in the face in contact with the deflectometer. 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 specimen. 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. It was possible to notice an increase in the average load at the breakage of the prisms galga ceramic blocks, depending on with base to covering and mortar coating.

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Edifício Bosque das Madeiras - Engenho do Meio - PE.....	10
Figura 2.2 - Edifício Aquarela - Jaboatão dos Guararapes - PE.....	10
Figura 2.3 - Edifício Érika - Ruína - Olinda - PE	11
Figura 2.4 - Edifício Ijuí - Jaboatão dos Guararapes - PE	11
Figura 2.5 - Carga média de ruptura dos prismas de blocos de concreto (ARAUJO NETO,2006).....	15
Figura 2.6 - Tensão média de ruptura de primas de blocos cerâmicos (MOTA,2006).....	17
Figura 2.7 - Carga média de ruptura de paredinhas de blocos cerâmicos (ANDRADE,2007)	19
Figura 2.8 - Planta do conjunto RMR analisado	21
Figura 2.9 - Variação da cota do Lençol Freático	22
Figura 3.1 - Frasco de aferição	38
Figura 3.2 - Avaliação das características geométricas, físicas e mecânicas ..	42
Figura 3.3 - Avaliação da consistência.....	43
Figura 3.4 - Moldagem e ruptura dos corpos de prova de argamassa	44
Figura 3.5 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral	45
Figura 3.6 - Confeção dos Primas ao chato (tijolo deitado) e à galga (tijolo em pé)	46
Figura 3.7 - Aplicação do chapisco para prismas ao chato	47
Figura 3.8 - Aplicação do chapisco para prismas à galga	47
Figura 3.9 - Aplicação da camada de revestimento	48

Figura 3.10 - Aplicação da camada de revestimento	48
Figura 3.11 - Capeamento dos prismas	49
Figura 3.12 - Capeamento dos prismas	49
Figura 3.13 - Placa de apoio superior e inferior com deflectômetro e Prismas com base de apoio dos deflectômetros colada	50
Figura 3.14 - Prisma pronto para ensaio e identificado	51
Figura 3.15 - Prensa Hidráulica e Máquina universal de ensaio	51
Figura 4.1 - Curva granulométrica do agregado miúdo	53
Figura 4.2 -Valores médios de resistência à compressão axial.....	58
Figura 4.3 - Valores médios de resistência à compressão por tração diametral	59
Figura 4.4 - Carga de ruptura dos blocos individuais ao chato.....	61
Figura 4.5 - Sequência de formas ruptura dos blocos individuais ao chato	61
Figura 4.6 - Carga de ruptura dos blocos individuais à galga.....	62
Figura 4.7 - Sequência de formas ruptura dos blocos individuais à galga	62
Figura 4.8 - Prismas sem revestimento ao chato	63
Figura 4.9 - Ruptura do prisma sem revestimento ao chato.....	63
Figura 4.10 - Prismas com revestimento 20 mm e traço 1:2:9 ao chato.....	64
Figura 4.11 - Ruptura do prisma ao chato e traço 1:2:9 revestimento 20 mm .	64
Figura 4.12 - Prismas sem revestimento à galga	65
Figura 4.13 - Sequência de ruptura do prisma 3 blocos sem revestimento.....	66
Figura 4.14 - Prismas com revestimento 20 mm e traço 1:2:9 à galga.....	66
Figura 4.15 - Ruptura do prisma 3 blocos com traço 1:2:9 revestimento 20 mm (à galga)	67

Figura 4.16 - Carga média de ruptura de primas sem revestimento e blocos ao chato (KN)	68
Figura 4.17 - Carga média de ruptura de primas sem revestimento e primas revestidos ao chato (KN)	68
Figura 4.18 - Carga média de ruptura de primas sem revestimento e blocos à galga (KN)	69
Figura 4.19 - Carga média de ruptura de primas sem revestimento e primas revestidos à galga (KN)	69
Figura 4.20 - Resumo dos resultados em função do revestimento com relação a carga média de ruptura	74
Figura 4.21 - Resumo dos resultados em função do revestimento com relação a carga de ruptura em função dos valores mínimos e máximos	74
Figura 4.22 - Carga x Deslocamento dos blocos individuais à galga - BIG	78
Figura 4.23 - Carga x Deslocamento dos blocos individuais ao chato - BIC	79
Figura 4.24 - Carga x Deslocamento dos prismas sem revestimento à galga..	79
Figura 4.25 - Carga x Deslocamento dos prismas c/revestimento 20 mm de espessura à galga	80
Figura 4.26 - Carga x Deslocamento dos prismas sem revestimento ao chato	80
Figura 4.27 - Carga x Deslocamento dos prismas c/revestimento 20 mm de espessura ao chato	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Carga média de ruptura de primas de blocos de concreto (ARAUJO NETO,2006).....	15
Tabela 2.2 - Tensão média de ruptura de primas de blocos cerâmicos (MOTA,2006).....	17
Tabela 2.3 - Características geométricas dos blocos cerâmicos ensaiados	18
Tabela 2.4 - Cargas de ruptura das paredinhas (ANDRADE, 2007)	19
Tabela 3.5 - Resultados de parede da superestrutura à galga.....	24
Tabela 3.6 - Resultados de parede de embasamento da fundação ao chato ..	25
Tabela 2.5 - Cargas de ruptura: Prismas de 2 blocos e paredinhas (AZEVEDO, 2010)	26
Tabela 2.6 - Cargas de ruptura: Prismas de 3 blocos e paredinhas (AZEVEDO, 2010)	27
Tabela 3.1 - Valores médios de caracterização do cimento	35
Tabela 3.2 - Valores médios de caracterização da cal	36
Tabela 3.3 - Argamassas estudadas	43
Tabela 3.4 - Sistemas construtivos dos prismas	47
Tabela 4.1 - Granulometria de agregado miúdo - NBR NM 248:2003.....	52
Tabela 4.2 - Resumo dos resultados de caracterização.....	53
Tabela 4.3 - Resultados das características físicas	54
Tabela 4.4 - Resultado de inspeção geométrica	55
Tabela 4.5 - Características mecânicas	55
Tabela 4.6 - Valores dos índices de consistência	56

Tabela 4.7 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:1:6	57
Tabela 4.8 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:3	57
Tabela 4.9 - Ensaio de resistência à compressão axial traço 1:2:9	57
Tabela 4.10 - Ensaio de resistência à compressão por tração diametral traço 1:1:6	58
Tabela 4.11 - Ensaio de resistência à compressão por tração diametral traço 1:3	58
Tabela 4.12 - Ensaio de resistência à compressão por tração diametral traço 1:2:9	59
Tabela 4.13 - Resistência à compressão dos blocos individuais ao chato	61
Tabela 4.14 - Resistência à compressão dos blocos individuais à galga	62
Tabela 4.15 - Primas sem revestimento ao chato - PSRC	63
Tabela 4.16 - Primas revestidos ao Chato - PCRC	64
Tabela 4.17 Primas sem revestimento à galga - PSRG	65
Tabela 4.18 - Primas revestidos à galga - PCRG.....	66
Tabela 4.19 - Resultados comparativos de blocos e primas ao chato	68
Tabela 4.20 - Resultados comparativos de primas e blocos à galga	69
Tabela 4.21 - Resistências média dos blocos em MPa	71
Tabela 4.22 - Resumos dos resultados obtidos anteriormente em primas de blocos cerâmicos.....	72
Tabela 4.23 - Incremento da resistência a compressão devido a influência do revestimento (%)	73
Tabela 4.24 - Resultados obtidos na presente pesquisa e amostras de paredes do embasamento fornecidos pelo ITEP com relação a carga média de ruptura	77

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 3.1	37
Equação 3.2	38
Equação 3.3	39
Equação 3.4	39
Equação 3.5	40
Equação 4.1	75

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO.....	vi
ABSTRACT	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE EQUAÇÕES	xiii
SUMÁRIO.....	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
1.1. Considerações Iniciais	1
1.2. Justificativa	3
1.3. Objetivos.....	3
1.4. Estrutura da Dissertação	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICAS.....	6
2.1. Estudo sobre a Alvenaria Resistente	6
2.1.2. Composição da Alvenaria Resistente	7
2.1.3. Relação de acidentes e causas em construção de Alvenaria Resistente	8
2.2. Principais componentes da Alvenaria Resistente	12
2.2.1. Unidades	12
2.2.2. Argamassa	13
2.3. Estudos sobre análise estrutural e resistência de primas à compressão	13

2.3.1. Trabalho desenvolvido por Araújo Neto (2006) com Primas de Blocos de concreto	14
2.3.2. Trabalho desenvolvido por Mota (2006) com Primas de Blocos cerâmicos	16
2.3.3 Trabalho desenvolvido por Andrade (2007) com Paredinhas de Blocos cerâmicos	18
2.3.4. Trabalho desenvolvido por Santiago (2009)	21
2.3.5. Resultados da resistência à compressão de amostras de parede da superestrutura (à galga) e do embasamento (ao chato) fornecidas pelo ITEP:	23
2.3.6. Trabalho desenvolvido por Azevedo (2010) com Primas de Bloco cerâmicos	25
2.3.7. Análise comparativa sobre a influência do tipo de revestimento, tendo com referência os prismas sem revestimento, em função do acréscimo médio de carga de ruptura:.....	29
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1. Características dos materiais.....	35
3.1.1. Cimento Portland (CP II F 32)	35
3.1.2. Cal Hidratada	36
3.1.3. Agregado miúdo	36
3.1.4. Blocos cerâmicos	40
3.1.5. Argamassas de chapisco, assentamento e revestimento	43
3.2. Execução dos prismas.....	45
3.3. Mecanismo de leitura dos deslocamentos	49
3.4. Mecanismo de aplicação de carga.....	51

4 ANÁLISES E RESULTADOS	52
4.1. Granulometria do agregado miúdo ABNT NBR NM 248:2003:.....	52
4.2. Resumo dos resultados obtidos no ensaio de caracterização do agregado miúdo:.....	53
4.3. Avaliação das características geométricas, físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos:	54
4.4. Argamassa de chapisco, assentamento e revestimento:	56
4.5. Argamassa no estado endurecido:	56
4.6. Resistência à compressão dos blocos individuais ao chato e à galga: ..	60
4.7. Resultados de resistência à compressão dos prismas	63
4.8. Resumo dos resultados obtidos a partir dos ensaios em blocos e primas ao chato e à galga, com e sem revestimento:	68
4.9. Análise dos resultados de resistência à compressão dos prismas (ao chato e à galga)	70
4.10. Análise comparativa de resistência à compressão dos prismas (à galga) sobre os trabalhos estudados:.....	70
4.10.1. Análise sobre a influência do tipo de revestimento, tomando com referência os prismas nus (sem revestimento) em função do acréscimo médio de carga de ruptura:	72
4.10.2. Análise para a carga admissível da parede de alvenaria:	75
4.11. Análise comparativa de resistência à compressão dos prismas (ao chato) com os resultados de amostras de paredes do embasamento fornecidos pelo ITEP:.....	77
4.12 Curva carga x deslocamento	78
5 CONCLUSÕES E SURGESTÕES	82
5.1. Conclusões:	82

5.2. Sugestões:	83
REFERÊNCIAS	84
ANEXOS	88

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 apreender 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. Entretanto, 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"¹.

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 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.

1.2. Justificativa

O assombroso número de desabamentos ocorridos de empreendimentos construídos em alvenaria resistente trouxe uma enorme inquietação sobre as causas destes acidentes. Assim, um estudo pormenorizado sobre o tema tornou-se um imperativo para uma melhor compreensão sobre as origens dos problemas neste sistema construtivo. Isto porque,

"nos últimos 20 anos, alguns municípios da Região Metropolitana do Recife, tem sido afetados por problemas diversos em obras de Engenharia Civil, contabilizando, inclusive, óbitos. O mais grave desses problemas, dado ao número de edificações envolvidas, diz respeito aos prédios 'tipo caixa'"².

Neste momento, torna-se imprescindível nos debruçarmos sobre os problemas presentes no embasamento de parede de alvenaria resistente, já que foi esta uma das principais fontes geradoras do colapso nos desabamentos ocorridos. Isto porque, o posicionamento dos blocos se dispõem de maneira horizontal, ao chato, demonstrando assim a necessidade de um estudo sobre o comportamento da estrutura dos blocos em decorrência de sua posição.

1.3. Objetivos

O objetivo geral desta dissertação 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.

Os objetivos específicos são:

² Santiago, Jason William Correia Maia. Deterioração de embasamentos de fundações de prédios construídos em alvenaria resistente. Dissertação apresentada à UNICAP, 2009. p.24.

- realizar ensaios em prismas de três blocos cerâmicos de vedação e blocos individuais, tanto ao chato (deitado), quanto a galga (em pé), solicitados por uma carga compressiva para avaliação dos diferentes comportamentos recorrentes em ambos os blocos.
- comparar os resultados da presente pesquisa com os obtidos por meio da pesquisa de Azevedo (2010), Mota (2006), Andrade (2007) e Araujo Neto (2006), juntamente 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.
- analisar o incremento na carga de ruptura em prismas de blocos cerâmicos em função do chapisco, da espessura do revestimento, do traço de argamassa utilizado, encontrados no presente trabalho com os dados da literatura.

1.4. Estrutura da Dissertação

- CAPÍTULO 1 - Introdução - Apresenta considerações iniciais, demonstrando a importância do estudo sobre alvenaria resistente, em virtude da situação crítica encontrada na RMR que objetivos e descrição da estrutura da dissertação;
- CAPÍTULO 2 - Revisão Bibliográfica - Apresenta os estudos sobre alvenaria resistente, Histórico e problemas em Prédios Tipo Caixão no Brasil, a composição da Alvenaria Resistente, a relação de acidentes e causas neste tipo construtivo, seus principais componentes, assim como estudos sobre análise estrutural e resistência de primas à compressão, juntamente com revisões sobre estudos de primas de blocos cerâmicos e de concreto;
- CAPÍTULO 3 - Materiais e Métodos - Programa Experimental Realizado - Caracterização dos materiais, componentes e primas. Neste capítulo constam todos os experimentos realizados para caracterização dos materiais, forma de execução dos prismas, os equipamentos utilizados para aplicação de carga e leitura de deslocamentos;

- CAPÍTULO 4 - Análise e Resultados - Apresenta a análise dos resultados obtidos nos ensaios e algumas observações pertinentes;
- CAPÍTULO 5 - Conclusões e Sugestões - São apresentadas as conclusões e efetuadas sugestões para futuras pesquisas;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICAS

2.1. Estudo sobre a Alvenaria Resistente

A presente obra compreende um estudo abrangente sobre os diversos aspectos e características da alvenaria resistente, como também procura descrever as fundamentais causas dos desabamentos mais significativos, abarcando ainda as pesquisas mais recentes realizadas sobre o tema proposto.

2.1.1. Histórico e problemas em Prédios Tipo Caixa no Brasil

A alvenaria resistente ganhou espaço no mercado da construção civil no país no decorrer da década de 70, em virtude da volumosa quantidade de empréstimos contraídos junto à órgãos internacionais, que viabilizaram um fluxo significativo de capital para investimentos no campo da construção, redundando em um elevado número de empreendimentos habitacionais.

Esse tipo construtivo absorveu grande parte desses investimentos, abarcando porém, um número expressivo de construtores despreparados que visavam o pragmatismo do rápido retorno do capital investido. Em nosso país a sua recorrência na construção civil se justifica por meio de alguns importantes fatores. Entre eles é possível destacar o seu baixo custo, em comparação com as obras de estruturas convencionais de concreto armado, como também a sua rapidez de execução, juntamente com o baixo valor dos blocos cerâmicos e de concreto produzidos no estado de Pernambuco naquele período.

No tocante ao procedimento característico dessa técnica construtiva, a ausência de fiscalização dos órgãos competentes corroborou ainda mais para a efetivação das falhas de execução. Outro aspecto característico da Alvenaria Resistente é a constante a remoção de partes dos elementos essenciais de sua estrutura, como por exemplo, as cintas, os pilaretes, as vergas, as contravergas e,

em alguns casos, há também a retirada do aterro do caixão, o chamado "caixão vazio". Neste contexto, para Melo (2007), torna-se imprescindível observar

"a falta de cuidado com a qualidade da matéria prima, a composição e mistura da massa, ao prensamento e queima do bloco, e os cuidados com a secagem e resfriamento. Essa negligência da produção é responsável pela baixa qualidade do produto, ocasionando inúmeros defeitos, tais como: falhas geométricas e dimensionais, pequenas espessuras dos septos, trincas, baixas resistências mecânicas e as intempéries, resultando em menor durabilidade (do bloco cerâmico)"³.

Assim, devido a essas falhas na construção dessas edificações, no decorrer dos últimos anos, uma série de patologias e acidentes vêm sendo causados por conta da falta do controle de qualidade dos materiais e métodos construtivos, que buscam a redução de custos, juntamente com a inexistência de normas técnicas.

Neste aspecto, Oliveira e Pires Sobrinho (2005) chamam atenção para a relação entre o número de acidentes ocorridos e o número de edificações existentes que resultam em uma probabilidade de falha de 1:500. No entanto, para casos em que haja risco de vidas humanas esta relação é de no máximo 1:10.000, sendo 1:100.000 o valor desejável. Há de se ponderar, ainda, que na RMR mais de 10 (dez) edifícios já foram demolidos por se ter diagnosticado a não adequação às mínimas condições de segurança de moradia, e atualmente ainda existe uma infinidade de edifícios nestas condições.

2.1.2. Composição da Alvenaria Resistente

As paredes definidas como estruturais são empregadas para transferir as suas cargas ao solo, de acordo com a concepção do projeto de alvenaria estrutural, o que também se apresenta como um princípio fundamental da alvenaria resistente. Essas cargas distribuídas podem ser de dois tipos: verticais e horizontais.

³ Melo, Mauro José Araújo Campelo de. Análise de laudos emitidos sobre "prédios tipo caixão" da Região Metropolitana do Recife: Causas apontadas para os desabamentos e interdições. Dissertação apresentada à UNICAP, 2007. p.43.

A primeira delas ocorre a partir do peso próprio das paredes, juntamente com as cargas distribuídas nas paredes derivadas das lajes atuantes na estrutura. Já as cargas horizontais, atuam na fachada do edifício, sendo absorvidas pelas paredes de contraventamento, não sofrendo flexão em seu plano.

No tocante à utilização dos materiais, a alvenaria resistente é uma técnica construtiva que se distingue de demais pelo uso de unidades de vedação para fins de composição estrutural, ou seja, com o intuito de suportar cargas além do peso próprio. As lajes são em sua maioria nervuradas, ou seja, são lajes pré-moldadas comuns (volterranas), com blocos cerâmicos ou de concreto e com capeamento de concreto. São assentadas diretamente sobre as paredes ou sobre cintas de concreto. As paredes de elevação são construídas em alvenaria de blocos cerâmicos ou de concreto, com espessura média de 0,09 m, assentadas com argamassa de apenas cimento e areia, com argamassa mista de cimento, cal e areia, ou de cimento, saibro e areia.

Neste sentido, Prudêncio Júnior et al.(2002) nos sugere que as paredes devem ser dimensionadas para garantir fundamentalmente uma resistência à quatro tipos de esforços presentes em edificações de alvenaria estrutural, os quais também são itens característicos das construções em alvenaria resistente. São eles: compressão, cisalhamento, flexões no plano e flexões fora do plano da alvenaria.

No estudo das fundações da alvenaria resistente, é possível perceber que o seu desenvolvimento ocorre tanto por meio de alvenaria simples, quanto de alvenaria dobrada, juntamente com as paredes da edificação que podem ser assentadas sobre sapatas corridas em forma de T invertido, de concreto armado. Outrossim, apresenta o assentamento sobre componentes de fundação pré-moldados assentados em camadas de concreto armado.

2.1.3. Relação de acidentes e causas em construção de Alvenaria Resistente

A partir dos inúmeros casos encontrados na RMR, foram tomadas algumas ações de natureza técnica e política para tentar solucionar tais problemas. Alguns

atos tomados foram, primeiramente, a ação civil pública impetrada pelo Ministério Público Estadual e Federal contra prefeituras de cinco municípios da Região Metropolitana do Recife e a Caixa Econômica Federal, determinando o cadastramento e avaliação do grau de risco de desabamento de todos os prédios em alvenaria resistente. Em um segundo momento, foi criada a Lei 13.341 pela Assembleia Legislativa do Estado de Pernambuco, tornando obrigatórias as inspeções periódicas dos edifícios de múltiplos andares, residenciais ou não, públicos ou privados, forçando as inspeções e manutenções também periódicas.

Com o resultado da ação civil pública, anteriormente mencionada, foi realizado o levantamento dos prédios tipo caixão da cidade do Recife, Olinda, Paulista, Jaboatão dos Guararapes e Camaragibe, sendo estimado o grau de risco de cada um deles.

Em meio aos eventos mais atuais de desabamento, a pesquisa de Melo (2007) trás à luz alguns episódios de destaque ocorridos nos últimos anos. Os edifícios Aquarela, Ijuí e Sevilha, em Jaboatão dos Guararapes, o edifício Bosque das Madeiras, no Engenho do meio, em Recife, e edifícios como Erika e Enseada de Serrambi, em Olinda, são exemplos de grande relevância que demonstram a fragilidade peculiar dessa técnica construtiva.

No caso do acidente ocorrido no Conjunto Residencial Bosque das Madeiras - Figura 2.1 - observou-se que a principal causa para o colapso da edificação se deu a partir da execução de rasgos horizontais nos blocos cerâmicos, em uma parede divisória central, para a instalação de eletrodutos ao longo de toda a sua extensão, causando assim o comprometimento estrutural da mesma.



Figura 2.1 - Edifício Bosque das Madeiras - Engenho do Meio - PE

FONTE: Oliveira e Pires Sobrinho (2005)

O problema encontrado no edifício Aquarela - Figura 2.2 - foi referendado pelos desdobramentos da expansão dos blocos cerâmicos em decorrência da umidade (EPU) que, juntamente com as dimensões reduzidas das alvenarias de embasamento projetado, acarretaram no comprometimento da integridade dos blocos, o que gerou o falência da estrutura.



Figura 2.2 - Edifício Aquarela - Jaboatão dos Guararapes - PE

FONTE: Oliveira e Pires Sobrinho (2005)

No tocante ao desabamento do edifício Érika - Figura 2.3 - a origem fundamental da ruína se deu a partir da degradação criada pela ação continuada de íons de sulfato sobre os componentes do cimento, gerando assim a perda de resistência dos blocos que afetou diretamente a integridade do edifício.



Figura 2.3 - Edifício Érika - Ruína - Olinda - PE

FONTE: Oliveira e Pires Sobrinho (2005)

O caso do bloco B, do Conjunto Residencial Enseada de Serrambi, teve a falha nos blocos de fundação como fator primordial para o esgotamento estrutural do edifício. Isto porque, houve uma fragmentação generalizada dos mesmos, em decorrência da inexistência de cintas em concreto armado nos níveis dos pisos que inviabilizaram a manutenção da sua integridade estrutural.

Com relação ao Edifício Ijuí - Figura 2.4 - foi possível perceber que o motivo principal da ruína ocorreu devido a falta de aterro do caixão e inclinação do terreno, que facilitou a passagem de águas pluviais e servidas na fundação, gerando assim o descalçamento das sapatas corridas nos embasamentos. Já no Edifício Sevilha o colapso se incidiu no nível das paredes que constituíam os embasamentos da edificação.



Figura 2.4 - Edifício Ijuí - Jaboatão dos Guararapes - PE

FONTE: Oliveira e Pires Sobrinho (2005)

2.2. Principais componentes da Alvenaria Resistente

Este tipo de alvenaria é constituída fundamentalmente por dois componentes, as unidades (blocos ou tijolos) e a argamassa. Contudo, a utilização de elementos pré-fabricados, como vergas, contravergas, pilares e cintas de amarração, que se faziam presentes na composição dessa técnica construtiva, foram sendo paulatinamente extraídos da estrutura das edificações, de modo que viabilizou o desenvolvimento de empreendimentos de custo mais baixo, porém comprometeu ainda mais estabilidade desse tipo de construção. Cada componente possui solicitações distintas e propriedades diferentes, como pode ser ressaltado a seguir:

2.2.1. Unidades

As unidades são os componentes mais importantes da alvenaria resistente, sendo em grande parte responsáveis pela característica estrutural da alvenaria. Entretanto, é a partir deste princípio que essa técnica construtiva apresenta sua principal falha, já que os blocos de vedação são utilizados com função estrutural. Com isso, observa-se que estes componentes são expostos à esforços de compressão, isolamento térmico e acústico de ambientes.

As propriedades fundamentais que as unidades devem possuir são: resistência à compressão, estabilidade dimensional, absorção adequada, trabalhabilidade e modulação. Quanto as suas dimensões, serão definidas em função do tipo de bloco e função estrutural. Com relação aos blocos cerâmicos suas dimensões mínimas são de 190 mm de comprimento x 190 mm de altura x 90 mm de largura, e as máximas de 390 mm x 190 mm x 190 mm. Para os blocos de concreto com função estrutural as medidas podem ser de 390 mm x 190 mm x 190 mm, enquanto os de vedação medem 390 mm x 90 mm x 190 mm. No caso dos blocos silico-calcáreos as dimensões mínimas podem ser de 240 mm x 52 mm x 115 mm e máximas de 390 mm x 190 mm x 190 mm.

2.2.2. Argamassa

A argamassa é um material constituído por aglomerante (cimento), agregado miúdo, água e eventuais aditivos, podendo ser adicionados ainda cal, fibra, saibro, e etc. Na Região Metropolitana do Recife as mais utilizadas, em prédios tipo caixão, apresentam proporção de 1:6 ou 1:8 (cimento e areia), 1:1:6 (cimento, cal e areia) e 1:3:5 (cimento, saibro e areia) em volume (Alves 2006).

Suas principais funções são de uniformizar e transmitir tensões entre as unidades da alvenaria, prevenir a entrada de água e vento nas edificações e absorver pequenas deformações. As principais propriedades são: trabalhabilidade (consistência, coesão e plasticidade); capacidade de retenção de água, evitando perdas na sua função de ligante; e resistência aos esforços atuantes ainda durante a construção, devendo suportar de forma adequada e trabalhar em conjunto com o bloco, resistindo aos esforços de cisalhamento e tração, devido a sua aderência à estrutura.

2.3. Estudos sobre análise estrutural e resistência de primas à compressão

O presente trabalho também se insere em uma linha de pesquisa que tem a finalidade de investigar o comportamento de prismas e blocos cerâmicos em obras de alvenaria resistente.

Para tanto, a utilização dos resultados alcançados a partir dos referidos trabalhos de Araujo Neto (2006), Mota (2006), Andrade (2007), Santiago (2009), Azevedo (2010), foi garantida por pesquisas que envolveram a Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP), a Associação Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), a Universidade de Pernambuco (UPE), a Secretaria de Ciência e Tecnologia do Governo do Estado de Pernambuco (SECTMA) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) embora não integre formalmente a equipe responsável pelo desenvolvimento da pesquisa, teve participação com alunos de mestrado e doutorado do seu programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Essas pesquisas buscam contribuir para o entendimento do comportamento estrutural das edificações de alvenaria resistente através de ensaios experimentais e numéricos em modelos representativos (blocos cerâmicos ou de concreto, primas e paredinhas), submetidos exclusivamente à carga compressiva, que se constitui no tipo de carregamento usualmente imposto a estes elementos na prática executada.

Nesse contexto, sob apoio da Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia (FINEP), foi possível empreender experimentos em laboratório para avaliar o desempenho dos prismas e blocos cerâmicos, os quais foram direcionados em três linhas de ação:

- analisar do comportamento estrutural de paredes construídas em alvenaria resistente;
- desenvolver modelos para recuperação de edifícios construídos em alvenaria resistente;
- desenvolver processos e modelos de recuperações para uso em situações típicas.

2.3.1. Trabalho desenvolvido por Araújo Neto (2006) com Primas de Blocos de concreto

Araújo Neto (2006) estudou a influência da argamassa de revestimento na resistência à compressão em prismas de alvenaria resistente de blocos de concreto. Realizou também ensaios em prismas com 3 blocos alinhados, onde foram utilizadas 6 amostras com 15 réplicas cada, em um total de 90 prismas.

Minimizando os efeitos de outras variáveis, todos os prismas foram confeccionados sob as mesmas condições com materiais idênticos. Os blocos utilizados foram de dimensões 90 mm x 190 mm x 390 mm e resistência média à compressão de 3,10 MPa. As amostras foram constituídas de blocos sem revestimento, com chapisco, blocos com chapisco e argamassa com espessuras de 15 mm e 30 mm e traços 1:2:9 (fraco) e 1:1:6 (médio).

Os materiais usados na confecção dos prismas foram ensaiados para definição de suas características. Todos os prismas foram rompidos em prensa hidráulica para definição das respectivas resistências à compressão axial, e os resultados, à posteriori, tratados estatisticamente, estão apresentados na Tabela 2.1 e na Figura 2.5 seguintes.

Tabela 2.1 - Carga média de ruptura de primas de blocos de concreto (ARAUJO NETO,2006)

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de dispersão	
		Desvio. Padrão (kN)	COV(%)
Sem revestimento	89,3	14,53	16,28
Com chapisco	98,82	21,3	21,55
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm	185,54	15,86	8,55
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	196,76	16,07	8,17
Revestimento 1:1:6, espessura 15 mm	247,7	26,88	10,85
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm	231,79	28,62	12,35

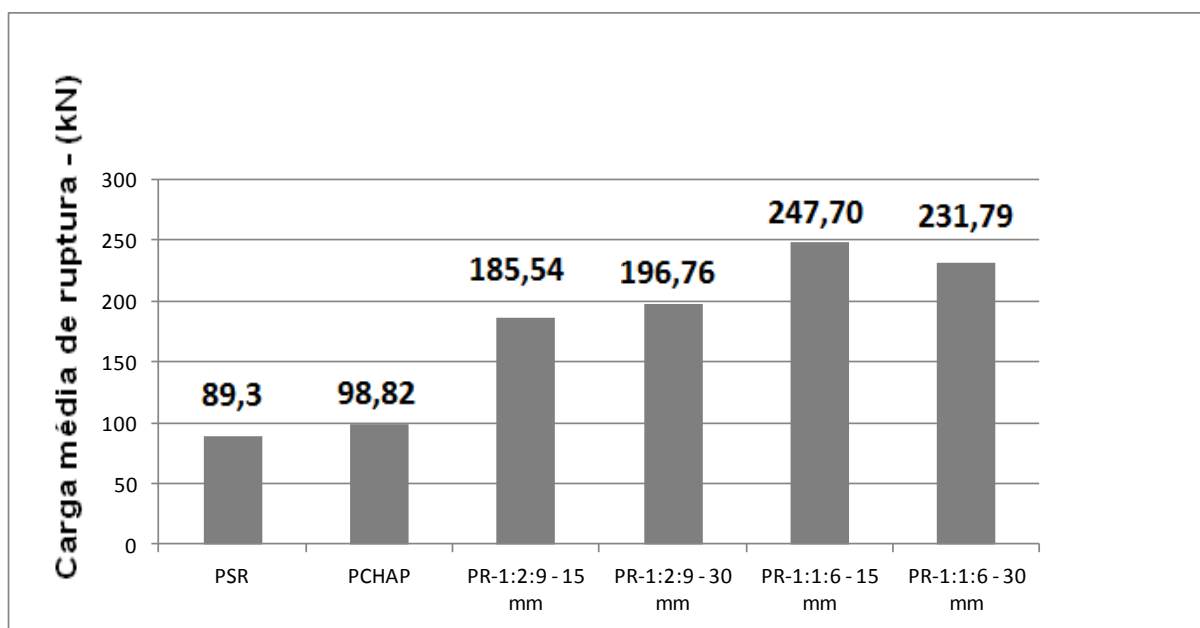


Figura 2.5 - Carga média de ruptura dos prismas de blocos de concreto (ARAUJO NETO,2006)

O exame dos resultados obtidos nesta série de ensaios de prismas de blocos de concreto permite as seguintes observações:

- na comparação de prismas sem revestimento com outros revestidos somente com chapisco, percebe-se que houve um acréscimo em torno de 11% na capacidade de carga do prisma revestido.
- quando se confrontam os resultados dos prismas sem revestimento com os revestidos com argamassa com espessura de 15 mm, nota-se um incremento de, aproximadamente, 177% na capacidade de carga deste, quando experimentado com argamassa forte (1:1:6) e 108% com argamassa fraca (1:2:9).
- quando comparados os prismas sem revestimento com os prismas revestidos com argamassa com espessura de 30 mm, observa-se um incremento na capacidade de carga de, aproximadamente, 159 % para a argamassa forte (1:1:6) e 120 % para a argamassa fraca (1:2:9).

2.3.2. Trabalho desenvolvido por Mota (2006) com Primas de Blocos cerâmicos

Em seu trabalho de mestrado sobre prismas de blocos cerâmicos, são estudadas as formas de ruptura e a influência das argamassas de revestimento em prismas de alvenaria resistente, utilizando blocos cerâmicos vazados assentados com furos na horizontal. Em sua pesquisa foram utilizados blocos com dimensões de 90 mm x 190 mm x 190 mm e resistência de 2,85 MPa, sendo ensaiados um total de 90 primas de blocos cerâmicos. Neste sentido, foi possível observar ainda a intensidade da contribuição do revestimento enquanto propriedade mecânica de extrema relevância para a estabilidade da edificação, já que exerce influência na resistência à compressão axial em prismas de blocos cerâmicos. Os resultados obtidos estão dispostos na Figura 2.6 e na Tabela 2.2.

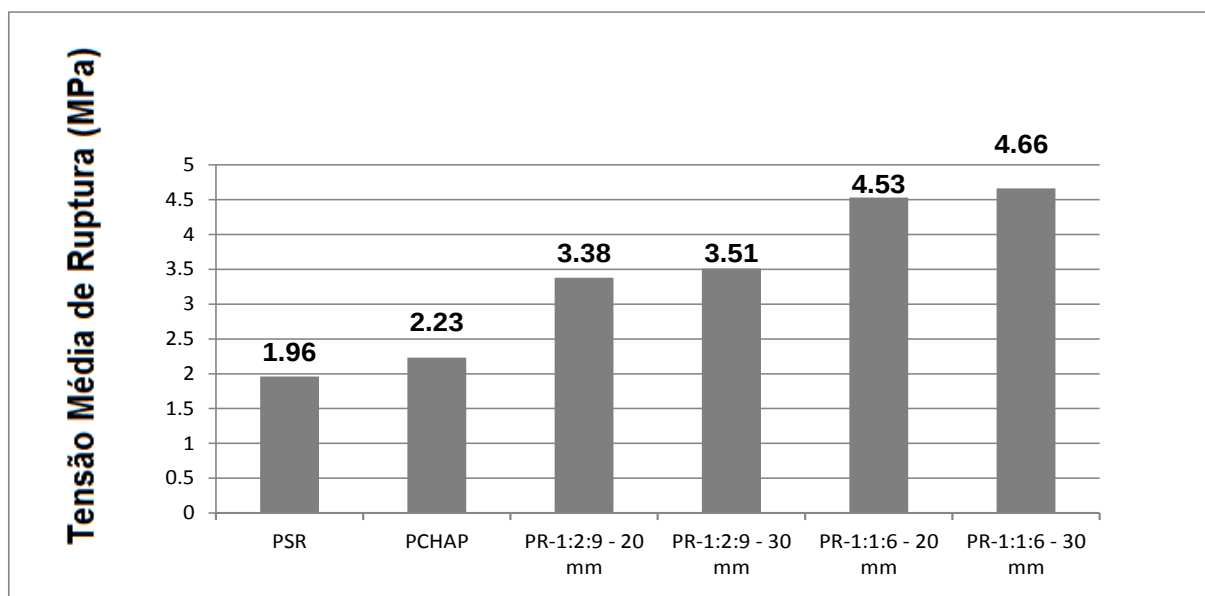


Figura 2.6 - Tensão média de ruptura de primas de blocos cerâmicos (MOTA,2006)

Tabela 2.2 - Tensão média de ruptura de primas de blocos cerâmicos (MOTA,2006)

Protótipo	Carga média de ruptura (MPa)	Medidas de dispersão	
		Desvio Padrão (MPa)	COV (%)
Sem revestimento	1,96	0,18	9,18
Com chapisco	2,23	0,22	9,87
Revestimento 1:2:9, espessura 20 mm	3,38	0,25	7,42
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	3,51	0,36	10,26
Revestimento 1:1:6, espessura 20 mm	4,53	0,39	8,69
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm	4,66	0,61	13,1

O exame dos resultados obtidos nesta série de ensaios de prismas de blocos cerâmicos permite as seguintes observações:

- quando se confrontam os prismas sem revestimento com outros revestidos apenas com chapisco, nota-se um incremento de, aproximadamente, 13,78% na tensão de ruptura deste;

- na comparação de prismas sem revestimento com prismas revestidos de argamassa com espessura de 20 mm, observa-se um acréscimo na tensão de ruptura deste na ordem de 131,12% para a argamassa forte (1:1:6) e 72,45% para a argamassa fraca (1:2:9);
- quando comparados os prismas sem revestimento com os revestidos de argamassa com espessura de 30 mm, percebe-se um incremento na tensão de ruptura deste em torno de 137,76% para a argamassa forte (1:1:6) e 79,08% para a argamassa fraca (1:2:9).

2.3.3 Trabalho desenvolvido por Andrade (2007) com Paredinhas de Blocos cerâmicos

Esta pesquisa apresenta os resultados de ensaios experimentais relativos à influência do traço e da espessura dos revestimentos, bem como da influência de reforço com malhas de aço em revestimentos constituídos de argamassas mistas em paredinhas de alvenaria de blocos cerâmicos de vedação.

No trabalho de Andrade (2007) foram ensaiadas paredinhas, constituindo amostras contendo quinze réplicas cada, nos seguintes casos: paredinhas sem revestimento, apenas chapiscadas, revestidas com argamassas mistas nos traços 1:2:9, 1:1:6 e 1:0,5:4,5 com espessuras de 20 mm e 30 mm, constituídas de cimento, cal e areia e argamassa armada com telas soldadas por eletro fusão.

Essas paredinhas foram confeccionadas com os blocos caracterizados na Tabela 2.3 e os resultados obtidos dispostos na Tabela 2.4 e Figura 2.7.

Tabela 2.3 - Características geométricas dos blocos cerâmicos ensaiados

Características geométricas dos blocos cerâmicos ensaiados	
Comprimento (mm)	190
Largura (mm)	90
Altura (mm)	190
Resistência à compressão (MPa)	2,87

Tabela 2.4 - Cargas de ruptura das paredinhas (ANDRADE, 2007)

Protótipo	Carga média de ruptura (kN)	Medidas de dispersão	
		Desvio. Padrão (kN)	COV (%)
Sem revestimento	56,3	8,7	15,4
Com chapisco	84,9	16,3	19,2
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm	130,4	24,4	18,7
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	156,5	16,1	10,3
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm	168,3	33,3	19,8
Revestimento 1:0,5:4,5, espessura 30 mm	262,2	42,7	16,3
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	321	47,7	14,9
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	367	49,3	13,4
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	417,1	63	15,1

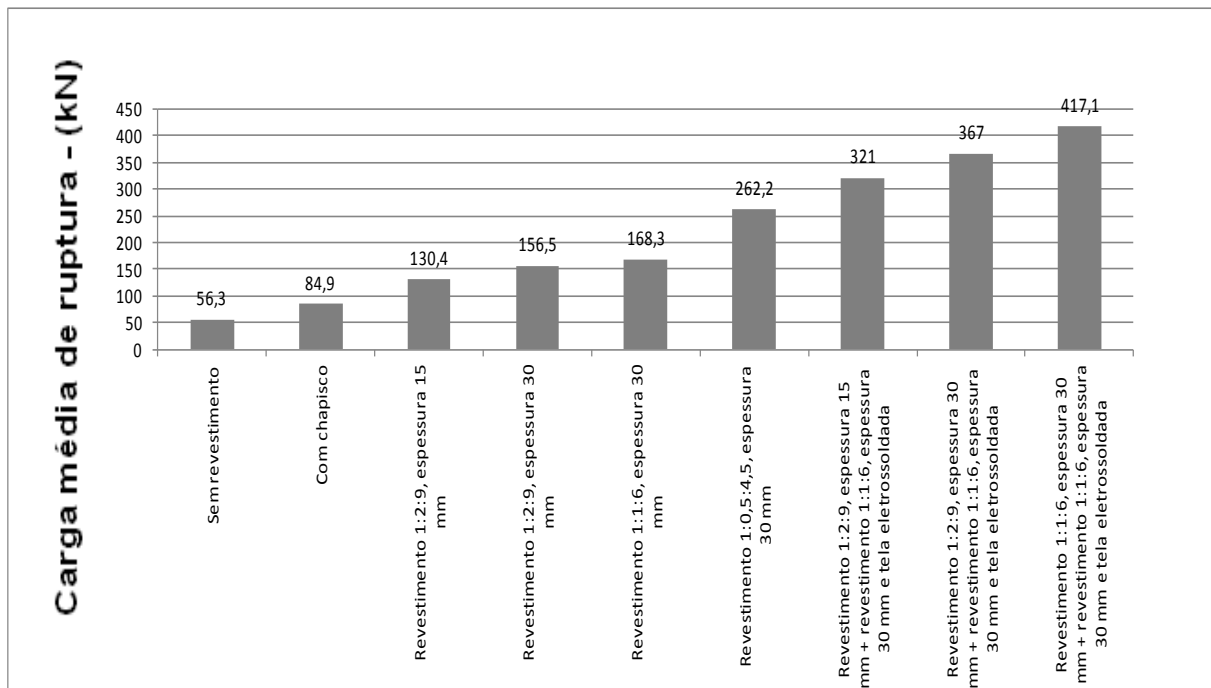


Figura 2.7 - Carga média de ruptura de paredinhas de blocos cerâmicos (ANDRADE, 2007)

A análise dos resultados obtidos durante esta série de ensaios de paredinhas de blocos cerâmicos proporciona a elaboração das seguintes observações:

- quando se comparam as paredinhas sem revestimento com outras revestidas apenas com chapisco, nota-se um incremento de, aproximadamente, 50,8% na carga de ruptura deste;
- quando se comparam as paredinhas sem revestimento com outras revestidas com argamassa com espessura de 15 mm, é possível observar um incremento na carga de ruptura deste de, aproximadamente, 131,61 % para a argamassa fraca (1:2:9);
- quando se comparam as paredinhas sem revestimento com outras revestidas com argamassa com espessura de 30 mm, percebe-se um acréscimo na carga de ruptura deste de, aproximadamente, 177,97% para a argamassa fraca (1:2:9), 198,93% para argamassa média (1:1:6) e 365,71% para a argamassa forte (1:0,5:4,5).
- ao comparar as paredinhas, com argamassa média (1:1:6) armada e conectores com espessura de 30 mm, com os prismas de 3 blocos, revestidos com argamassa média (1:1:6), sem armação e sem conectores com mesma espessura, foi possível observar um incremento na capacidade de carga de, aproximadamente, 147,83 % para os prismas com argamassa armada;

Desse modo, conclui-se que a aplicação do revestimento leva a um aumento na capacidade de carga de compressão dos elementos de alvenaria resistente. Assim, pode-se afirmar que há uma elevação da participação do revestimento no desempenho compressivo das paredes, que tem a sua capacidade de carga elevada devido a um reforço com a argamassa armada.

Andrade (2007) acrescenta ainda que a incorporação de revestimento em argamassa não altera a forma de ruptura das alvenarias, que acontece de forma brusca. No entanto, dentro desse cenário, constatou-se uma significativa participação do revestimento no comportamento compressivo de paredes. Assim, ainda segundo o referido autor, o reforço com telas, que apresenta efetivo travamento e revestimento, além de elevar a capacidade resistente das paredes, produz uma mudança significativa nas suas formas de ruptura.

Há de se considerar também que os conectores, barras que interligam as telas de reforço, exercem papel fundamental no comportamento das alvenarias na

ruptura. Dessa maneira, os incrementos de resistências, expressos em percentuais, dependem da resistência do bloco empregado, onde para blocos de resistências inferiores os incrementos serão maiores, ocorrendo o contrário para blocos de resistências superiores.

2.3.4. Trabalho desenvolvido por Santiago (2009)

Santiago (2009) analisou a estrutura da fundação de edifícios tipo caixão de um conjunto residencial localizado na Região Metropolitana do Recife. Em sua pesquisa foram realizados levantamentos topográficos, coleta de amostras do solo, deformadas e indeformadas, retirando também amostras de alvenaria do caixão perdido (embasamento). Também foram feitas análises quantitativas e qualitativas das árvores encontradas nos arredores das edificações com registros fotográficos. Além disso, foram coletadas amostras para realização de ensaios de biobactéria (*Thiobacillus*), de compressão, de resistência ao cisalhamento do solo natural e inundado, e características físico-químicas do solo.

O conjunto residencial estudado é formado por sete edificações de propriedades similares, tendo cada uma delas com quatro pavimento (térreo e mais três) e oito unidades habitacionais por pavimento, perfazendo um total de 32 unidades por edifício e 224 em todo o conjunto residencial. A fundação dessas edificações é composta por sapata corrida em concreto, executada in loco, apoiada diretamente sobre o terreno. Acima da sapata localiza-se o embasamento em alvenaria dobrada.

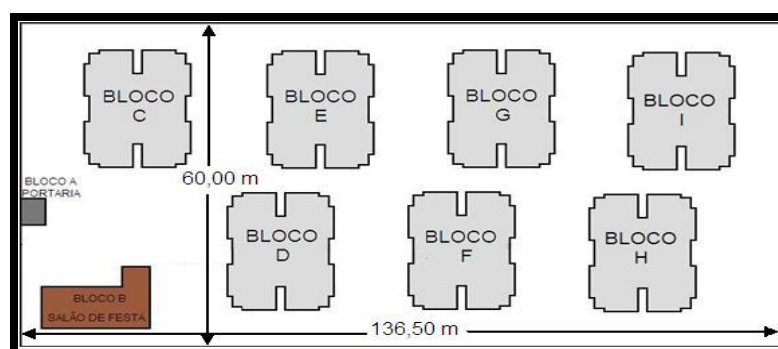


Figura 2.8 - Planta do conjunto RMR analisado

De maneira geral, no que concerne a todos os levantamentos executados em um conjunto residencial da RMR, verifica-se que os prédios do tipo caixão apresentaram alguns vícios decorrentes dos materiais e dos métodos construtivos.

Foi constatado, também, nesses edifícios, a presença do embasamento sem revestimento que, em contato com a variação do lençol freático, ocasiona a deteriorização dos blocos cerâmicos que já apresentavam uma baixa qualidade. Buscou-se, desse modo, identificar os agentes que interagem com os elementos da fundação, causadores de patologias e procedimentos que visam reduzir tais ações.

Nos levantamentos das cotas de embasamento das fundações, do nível do terreno, das lajes do pavimento térreo e do nível da água, observa-se não só que o trecho no final do terreno foi o que apresentou maior contato entre a fundação e o nível do lençol freático, como também que o caixão perdido foi inundado em alguns blocos em determinada época do ano. Como é possível observar na figura 2.9.

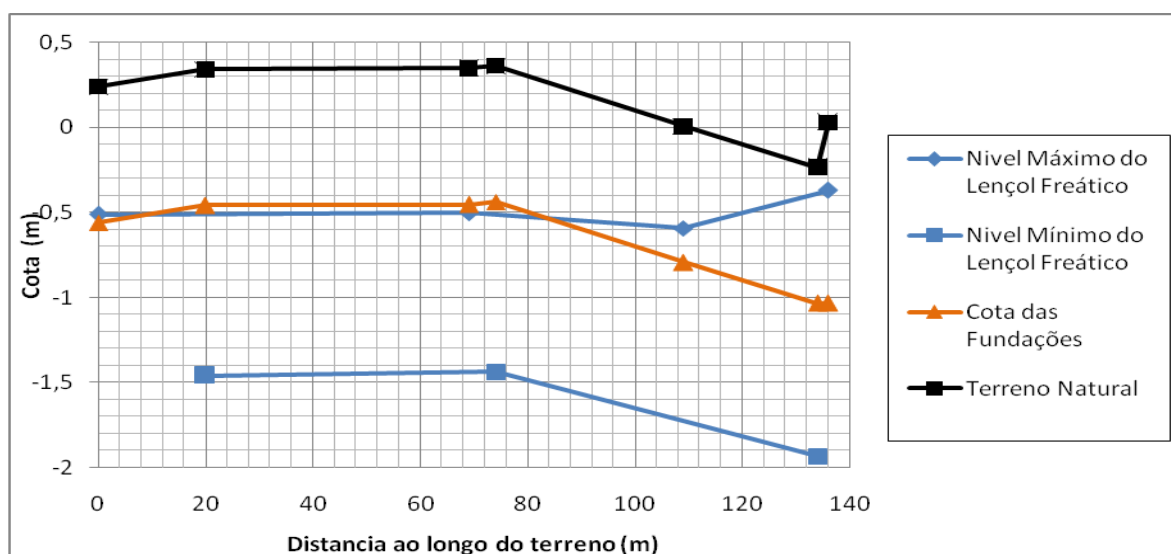


Figura 2.9 - Variação da cota do Lençol Freático

Em meio aos dados colhidos pela vegetação, foram alistadas 102 árvores, tendo porém uma espécie que predominava, com número de 78 árvores da espécie *Clitória Faifchildiana* (Sombreiro), podendo assim ocasionar danos às fundações deste residencial, já que em alguns períodos do ano estas fundações entram em contato com uma variação do nível da água, o que propiciaria a migração de raízes.

Com relação a vistoria no embasamento das fundações, Santiago constatou que os blocos cerâmicos não apresentavam nenhum tipo de revestimento, como também não atingiram a queima necessária para formação da argila em elemento cerâmico, que se estabelece entre 950°C e 1100°C. Além disso, notou-se um forte contato da fundação com substâncias agressivas nas águas do lençol freático, podendo acarretar em danos para a sua estrutura.

No tocante à tensão de empuxo, o mesmo apresentou um aumento na tensão atuante na sapata corrida de 13,7%, valor relativamente pequeno em comparação com edifícios em que houve desabamentos, os quais chegaram a um aumento de 80%. Pode-se salientar, ainda, que a capacidade de carga à compressão foi satisfatória, apresentando também uma variação em seu fator de segurança de 7,057 a 9,054.

Desse modo, Santiago trás à luz os problemas mais recorrentes na fundação de edificações tipo caixão a partir de um exame pormenorizado sobre um conjunto residencial da RMR. Neste trabalho, o referido autor verificou que essa técnica construtiva apresenta uma forte presença de vícios decorrentes dos materiais e processos construtivos, juntamente com a constatação de que os embasamentos sem revestimento, em determinada época do ano, apresentavam contato com elevado nível de água, o que se agrava ainda mais pelo baixo teor de qualidade do bloco. Outro problema estudado foi o contato do embasamento da edificação com raízes de árvores, danificando com isso a integridade estrutural da fundação.

2.3.5. Resultados da resistência à compressão de amostras de parede da superestrutura (à galga) e do embasamento (ao chato) fornecidas pelo ITEP:

Na análise estrutural de um edifício "tipo caixão" em um conjunto residencial localizado na Região Metropolitana do Recife, foram retiradas amostras de parede da fundação e da superestrutura, amostras estas que foram ensaiadas e fornecidas pelo ITEP - Instituto Tecnológico de Pernambuco, e cujos dados foram fornecidos para esta pesquisa.

Os referidos resultados apresentaram grande utilidade para a presente dissertação, por se caracterizarem como informações de peculiar relevância dentro da elaboração das análises comparativas efetuadas sobre o tema proposto. Desse modo, seguem abaixo os dados das amostras de parede fornecidos pelo ITEP com seus respectivos cálculos de medidas de dispersão demonstrados nas Tabelas 3.5 e 3.6, cujas curvas de *carga x deslocamento* são apresentadas no ANEXO A.

A Figura 2.10 situa a localidade em que as amostras de parede foram retiradas tanto da superestrutura quanto do embasamento da fundação de seus respectivos blocos em um conjunto residencial na RMR. Assim, cada bloco residencial ofereceu entre uma e duas amostras para estudo, como, por exemplo, C1 e C2 que foram retiradas do Bloco C.

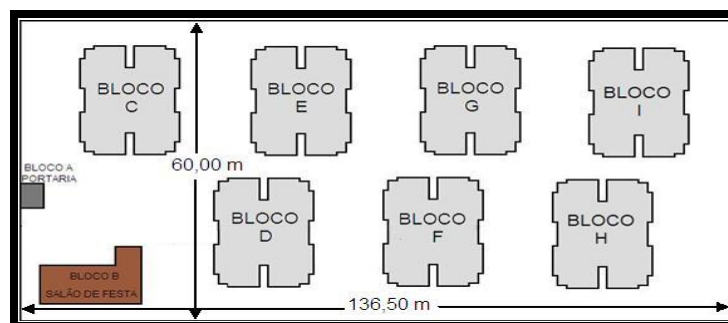


Figura 2.10 - Planta do conjunto RMR analisado

Tabela 2.5 - Resultados de parede da superestrutura à galga

Nº	Área (mm²) Ab (L x C)	Resistência à Compressão		Tensão (MPa)
		Dimensão do Prisma (mm x mm)	Carga Ruptura KN	
C1	60200	140x480x430	82,8	1,38
C2	60000	150x480x400	86,0	1,43
D1	64500	150x490x430	40,1	0,62
D2	61500	150x370x410	51,9	0,84
E1	55300	140x490x395	75,7	1,37
E2	55300	140x475x395	38,6	0,70
F1	46575	135x360x345	52,5	1,13
F2	52000	130x360x400	47,4	0,91
G1	53900	140x500x385	50,0	0,93
G2	53300	130x320x410	41,4	0,78
H1	67200	140x490x480	48,8	0,73
H2	53200	140x495x380	89,7	1,69
I2	45900	135x490x340	92,3	2,01
I22	53300	130x485x410	60,2	1,13
	Media		61,25	1,12
	Desvpad		19,707	0,411
	coef. De var		0,322	0,368

Tabela 2.6 - Resultados de parede de embasamento da fundação ao chato

Resistência à Compressão				
Nº	Área (mm²)	Dimensão do Prisma (mm x mm)	Carga Ruptura	Tensão (MPa)
	Ab (L x C)		KN	
C1	66000	220x410x300	109,2	1,65
C2	92000	230x320x400	91,9	1,00
D1	64400	230x260x280	105,5	1,64
D2	58000	200x300x290	69,5	1,20
E1	60000	200x330x300	91,4	1,52
E2	105000	250x390x420	190,1	1,81
F1	60000	200x380x300	60,7	1,01
G1	94600	220x390x430	92,8	0,98
G2	58000	200x400x290	99,6	1,72
H1	64400	230x340x430	126,7	1,97
H2	58800	210x320x280	72,9	1,24
I2	96800	220x330x440	48,9	0,50
	Media		96,60	1,35
	Desvpad		36,709	0,432
	coef. De var		0,380	0,319

2.3.6. Trabalho desenvolvido por Azevedo (2010) com Primas de Bloco cerâmicos

Em seus estudos, Azevedo realizou ensaios com o objetivo de comparar os resultados obtidos sobre o comportamento de primas de alvenaria dos blocos de vedação, de função estrutural, com os da pesquisa desenvolvida na dissertação de Andrade (2007). Neste sentido, o primeiro procurou examinar o comportamento dos primas constituídos de blocos cerâmicos de vedação com 2 e 3 blocos cerâmicos alinhados, quando solicitados à uma carga de compressão, sendo avaliadas as diferenças de comportamento.

Ainda em sua pesquisa, o referido autor utilizou, na composição dos ensaios, 15 amostras para cada tipo de prisma, os quais foram: prismas sem revestimentos; com chapisco; revestidos com argamassas mistas nos traços 1:2:9, 1:1:6 e 1:0,5:4,5, apresentando espessuras de 15 mm e 30 mm, sendo constituídas de cimento, cal e areia e argamassa armada com telas soldadas por eletro fusão, em um total de 135 prismas com três blocos e 60 com dois blocos.

Os resultados obtidos para prismas com 2 blocos foram dispostos nas Tabela 2.5 e Figura 2.10, e para prismas com 3 blocos foram dispostos nas Tabela 2.6 e Figura 2.11, respectivamente:

Tabela 2.7 - Cargas de ruptura: Prismas de 2 blocos e paredinhas (AZEVEDO, 2010)

Protótipo	Carga média ¹	Carga média de ruptura das paredinhas (kN)	Medidas de dispersão			
			Desvio. Padrão (kN)		Coeficiente de Variação (%)	
			Prisma	Paredinha	Prisma	Paredinha
Sem revestimento	9,72	56,3	3,38	8,7	35	15,4
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	50,43	156,5	13,61	16,1	27	10,3
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm	45,47	168,3	12,2	33,3	27	19,8
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	120,73	417,1	16,89	63	14	15,1

¹Carga média de ruptura dos prismas com 2 blocos (kN)

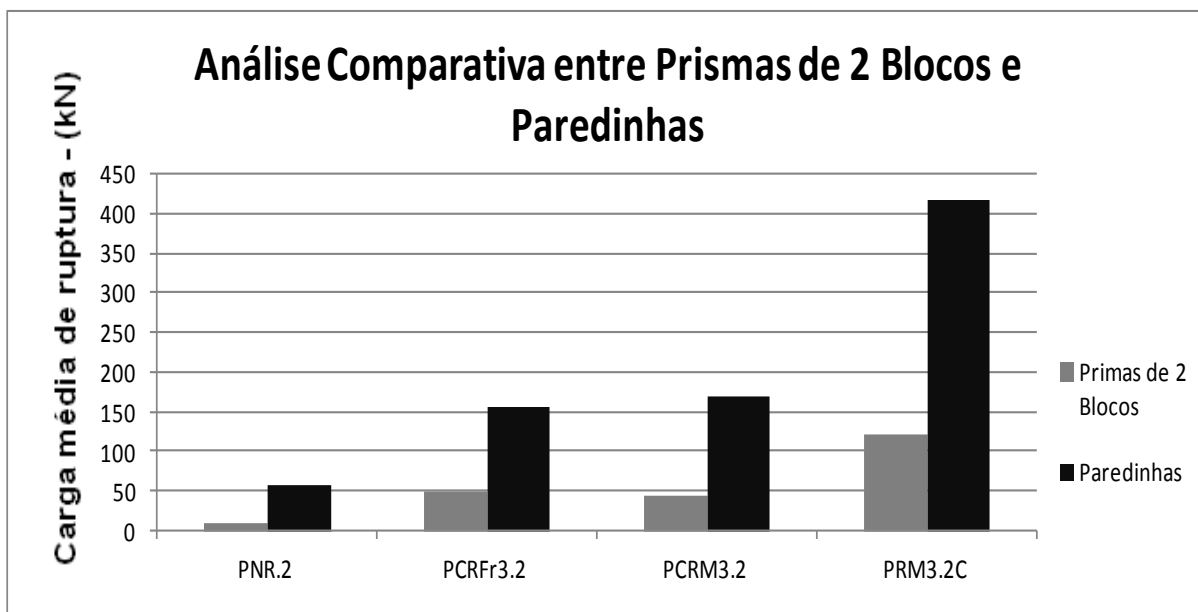


Figura 2.11 - Cargas média de ruptura: Prismas de 2 blocos e paredinhas - AZEVEDO (2010)

Tabela 2.8 - Cargas de ruptura: Prismas de 3 blocos e paredinhas (AZEVEDO, 2010)

Protótipo	Carga média ¹	Carga média de ruptura das paredinhas (kN)	Medidas de dispersão			
			Desvio. Padrão (kN)		Coeficiente de Variação (%)	
			Prisma	Pared.	Prisma	Pared.
Sem revestimento	9,49	56,3	2,08	8,7	22	15,4
Com chapisco	18,05	84,9	5,92	16,3	33	19,2
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm	39,58	130,4	9,33	24,4	24	18,7
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	45,03	156,5	10,38	16,1	23	10,3
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm	52,71	168,3	9,07	33,3	17	19,8
Revestimento 1:0,5:4,5, espessura 30 mm	59,02	262,2	8,81	42,7	15	16,3
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	94,47	321	12,17	47,7	13	14,9
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	100,25	367	10,54	49,3	11	13,4
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	109,11	417,1	11,22	63	10	15,1

¹Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos (kN)

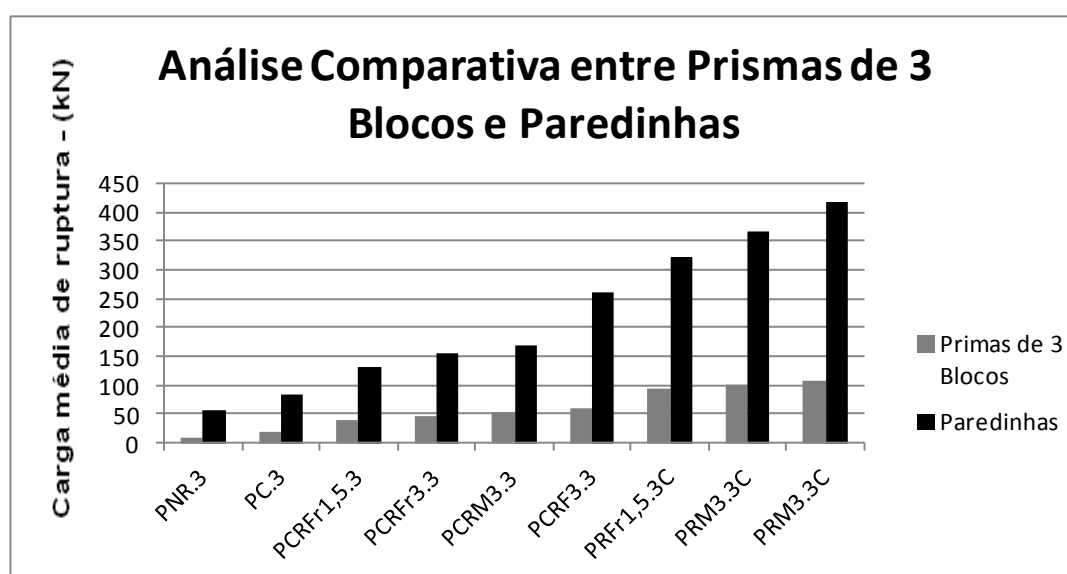


Figura 2.12 - Cargas média de ruptura: Prismas de 3 blocos e paredinhas (AZEVEDO, 2010)

As conclusões de Azevedo (2010) foram:

- quando se compararam os prismas de 2 blocos, sem revestimento, com os prismas de 2 blocos, revestidos com argamassa de 30 mm de espessura, foi possível observar um incremento na capacidade de carga de, aproximadamente, 367% para a argamassa forte (1:1:6) e de 418% para a argamassa fraca (1:2:9). Percebe-se, assim, que o acréscimo da capacidade de carga na argamassa fraca foi maior que na argamassa forte, sendo justificado pelo alto valor no coeficiente de variância na ordem de 27%;
- quando se compararam os prismas de 3 blocos, sem revestimento, com os prismas de 3 blocos, revestidos com argamassa de 15 mm de espessura, foi possível observar um incremento na capacidade de carga de, aproximadamente, 317% para a argamassa fraca (1:2:9).
- quando se compararam os prismas de 3 blocos, sem revestimento, com os prismas com 3 blocos, revestidos com argamassa de 30 mm de espessura, observou-se um incremento na capacidade de carga de, aproximadamente, 522% para a argamassa forte (1:0,5:4,5), de 455 % para a argamassa média (1:1:6) e de 374% para a argamassa fraca (1:2:9). Com isso, verifica-se que o acréscimo da capacidade de carga nos prismas de 3 blocos apresentou coerência com relação ao aumento da qualidade da argamassa, sendo explicado pelo valor coeficiente de variação inferior ao de 2 blocos, menor que 24%;
- na comparação dos prismas de 2 blocos, revestidos com argamassa armada e conectores com espessura de 30 mm, com os prismas de 2 blocos revestidos com argamassa sem armação e sem conectores com mesma espessura, foi possível observar um incremento na capacidade de carga de aproximadamente, 165% para a argamassa média (1:1:6);
- na comparação dos prismas de 3 blocos, com argamassa fraca (1:2:9) armada e conectores com espessura de 15 mm, com os prismas de 3 blocos, revestidos com argamassa fraca (1:2:9) sem armação e sem conectores com mesma espessura, observou-se um incremento na capacidade de carga de, aproximadamente, 139% para os prismas com argamassa armada;

- na comparação dos prismas de 3 blocos, com argamassa fraca (1:2:9) armada e conectores com espessura de 30 mm, com os prismas de 3 blocos, revestidos com argamassa fraca (1:2:9), sem armação e sem conectores com mesma espessura, percebeu-se um incremento na capacidade de carga de, aproximadamente, 123% para os prismas com argamassa armada;
- ao comparar os prismas de 3 blocos, com argamassa média (1:1:6) armada e conectores com espessura de 30 mm, com os prismas de 3 blocos, revestidos com argamassa média (1:1:6), sem armação e sem conectores com mesma espessura, foi possível observar um incremento na capacidade de carga de, aproximadamente, 107% para os prismas com argamassa armada;

Pode-se concluir, então, que os valores dos coeficientes de variação da carga de ruptura dos prismas e das paredinhas reforçadas com a argamassa armada foram próximos e relativamente baixos, mostrando assim uma maior uniformidade da carga última. Este fato pode ser explicado devido à presença das malhas de aço intertravadas por conectores no interior das argamassas.

De maneira geral, a utilização do revestimento tende a aumentar a capacidade de carga de compressão dos elementos de alvenaria resistente com 2 e 3 blocos. Com isso, percebe-se um aumento da participação do revestimento no desempenho compressivo das paredes. Assim, o reforço com argamassa armada tende a elevar a capacidade da carga dos prismas estudados.

2.3.7. Análise comparativa sobre a influência do tipo de revestimento, tendo com referência os prismas sem revestimento, em função do acréscimo médio de carga de ruptura:

A partir do cenário acima descrito, torna-se imprescindível uma observação mais aprofundada sobre a Tabela 2.7, visto que esta apresenta uma análise comparativa entre as cargas médias de ruptura de prismas de blocos cerâmicos e de concreto à galga encontradas nas referidas pesquisas.

Tabela 2.7 - Resumos dos resultados obtidos anteriormente em primas de blocos cerâmicos e de concretos

Protótipo	Medidas de dispersão									
	Desvio. Padrão (kN)					Coeficiente de Variação (%)				
	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN) MOTA (2006)	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos concreto ARAUJO NETO (2006)	Carga média de ruptura dos prismas com 3 blocos cerâmicos (kN) AZEVEDO (2010)	Carga média de ruptura das paredinhas ANDRADE (2007)	Prisma MOTA (2006)	Prisma ARAUJO NETO (2006)	Prisma AZEVEDO (2010)	Prisma MOTA (2006)	Prisma ARAUJO NETO (2006)	Prisma AZEVEDO (2010)
Sem revestimento	33,5	89,3	9,5	56,3	3,1	14,5	2,1	8,7	9,2	16,3
Corn chapisco	38,1	98,8	18,1	84,9	3,8	21,3	5,9	16,3	9,9	21,6
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm	-	185,5	39,6	130,4	-	15,9	9,3	24,4	-	8,6
Revestimento 1:2:9, espessura 20 mm	83,4	-	-	-	6,2	-	-	-	7,4	-
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	100,0	196,8	45,0	156,5	8,9	16,1	10,4	16,1	10,3	8,2
Revestimento 1:1:6, espessura 15 mm	-	247,7	-	-	-	26,9	-	-	-	10,9
Revestimento 1:1:6, espessura 20 mm	111,9	-	-	-	11,1	-	-	-	8,7	-
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm	132,8	231,8	52,7	168,3	17,4	28,6	9,1	33,3	13,1	12,4
Revestimento 1:0.5:4.5, espessura 30 mm	-	-	59,02	262,2	-	-	8,8	42,7	-	-
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	-	-	94,47	321	-	-	12,2	47,7	-	-
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	-	-	100,25	367	-	-	10,5	49,3	-	-
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	-	-	109,11	417,1	-	-	11,2	63,0	-	-

Tendo como referencial os prismas sem revestimento, e observando a Tabela 2.8 e as Figuras 2.13 e 2.14, é possível verificar que:

- a simples aplicação do chapisco, com espessura média de 5 mm, foi responsável por um acréscimo médio de 41,3% na carga de rupturas de primas de blocos cerâmicos e concreto, quando relacionado com a média dos resultados analisados, sem alterar, contudo, 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 185%, 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 148,9%, 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 217,8%, em média.
- no comportamento dos primas revestidos com espessura de 15 mm e argamassa com traço de 1:1:6 (médio), percebeu-se que houve um aumento na capacidade resistente na ordem de 177,4%, em média.
- no comportamento dos primas revestidos com espessura de 20 mm e argamassa com traço de 1:1:6 (médio), foi observado um aumento na capacidade resistente na ordem de 233,9%, em média.
- no comportamento dos primas revestidos com espessura de 30 mm e argamassa com traço de 1:1:6 (médio), notou-se um aumento na capacidade resistente na ordem de 277,6%, em média.
- no comportamento dos primas revestidos com espessura de 30 mm e argamassa com traço de 1:0,5:4,5 (médio), observou-se que ocorreu um aumento na capacidade resistente na ordem de 443,8%, em média.
- no comportamento dos primas com revestimento com traço 1:2:9 (fraco), espessura 15 mm mais revestimento com traço 1:1:6 (médio), espessura 30 mm e tela eletrossoldada, foi averiguado que houve um aumento na capacidade resistente na ordem de 682,8%, em média.

- no comportamento dos primas revestidos com traço 1:2:9 (fraco), espessura 30 mm mais revestimento com traço 1:1:6 (médio), espessura 30 mm e tela eletrossoldada, foi observado um aumento na capacidade resistente na ordem de 754,1% em média.
- no comportamento dos primas com revestimento com traço 1:1:6 (médio), espessura 30 mm mais revestimento 1:1:6 (médio), espessura 30 mm e tela eletrossoldada, constatou-se um aumento na capacidade resistente na ordem de 845,3%, aproximadamente.

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

Tabela 2.8 - Incremento da resistência à compressão devido a influência do revestimento (%)

Protótipo	Carga média de ruptura dos primas com 3 blocos cerâmicos (kN) MOTA NETO (2006)	Carga média de ruptura dos primas com 3 blocos de concreto (kN) AZEVEDO (2006)	Carga média de ruptura dos primas com 3 blocos cerâmicos (kN) AZEVEDO (2010)	Carga média de ruptura das parafusadas (kN) ANDRADE (2007)
Sem revestimento	-	-	-	-
Com chapisco	13,8	10,7	90,2	50,8
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm	-	107,8	317,1	131,6
Revestimento 1:2:9, espessura 20 mm	148,9	-	-	-
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm	198,5	120,3	374,5	178,0
Revestimento 1:1:6, espessura 15 mm	-	177,4	-	-
Revestimento 1:1:6, espessura 20 mm	233,9	-	-	-
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm	296,3	159,6	455,4	198,9
Revestimento 1:0,5:4,5, espessura 30 mm	-	-	521,9	365,7
Revestimento 1:2:9, espessura 15 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	-	-	895,5	470,2
Revestimento 1:2:9, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	-	-	956,4	551,9
Revestimento 1:1:6, espessura 30 mm + revestimento 1:1:6, espessura 30 mm e tela eletrossoldada	-	-	1049,7	640,9

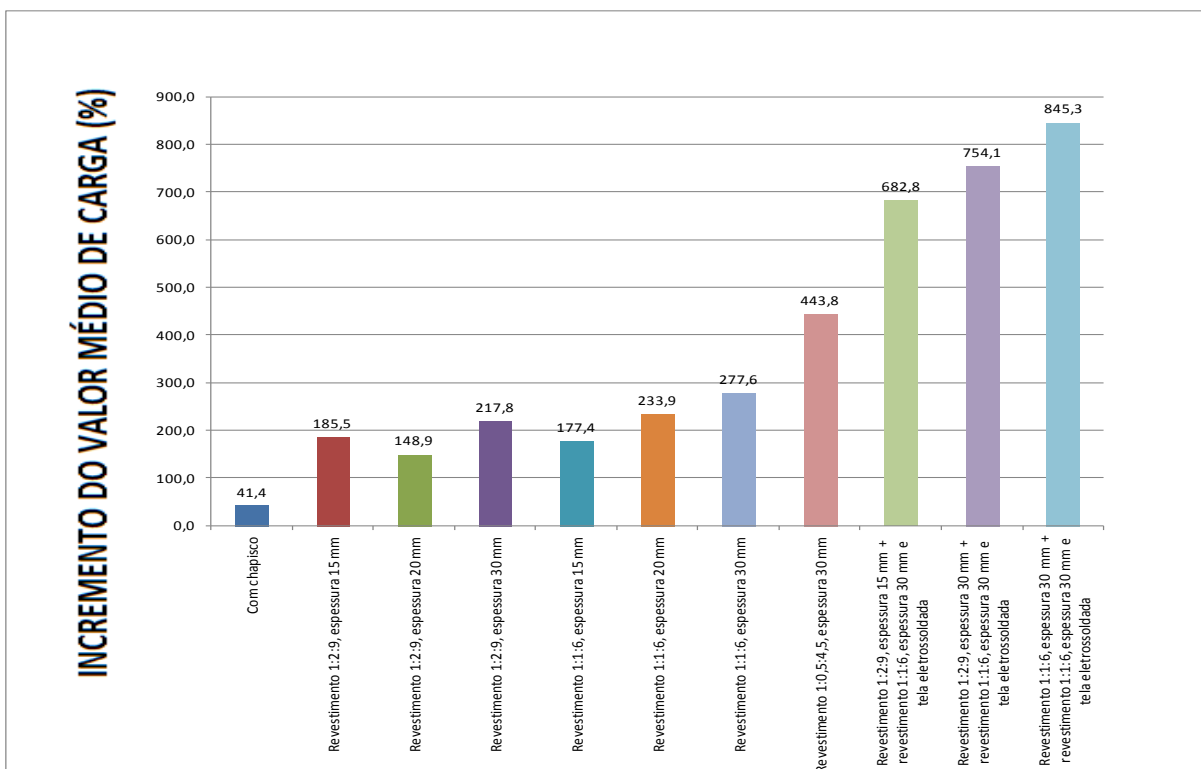


Figura 2.13 - Resumo dos resultados em função do revestimento com relação a carga média de ruptura

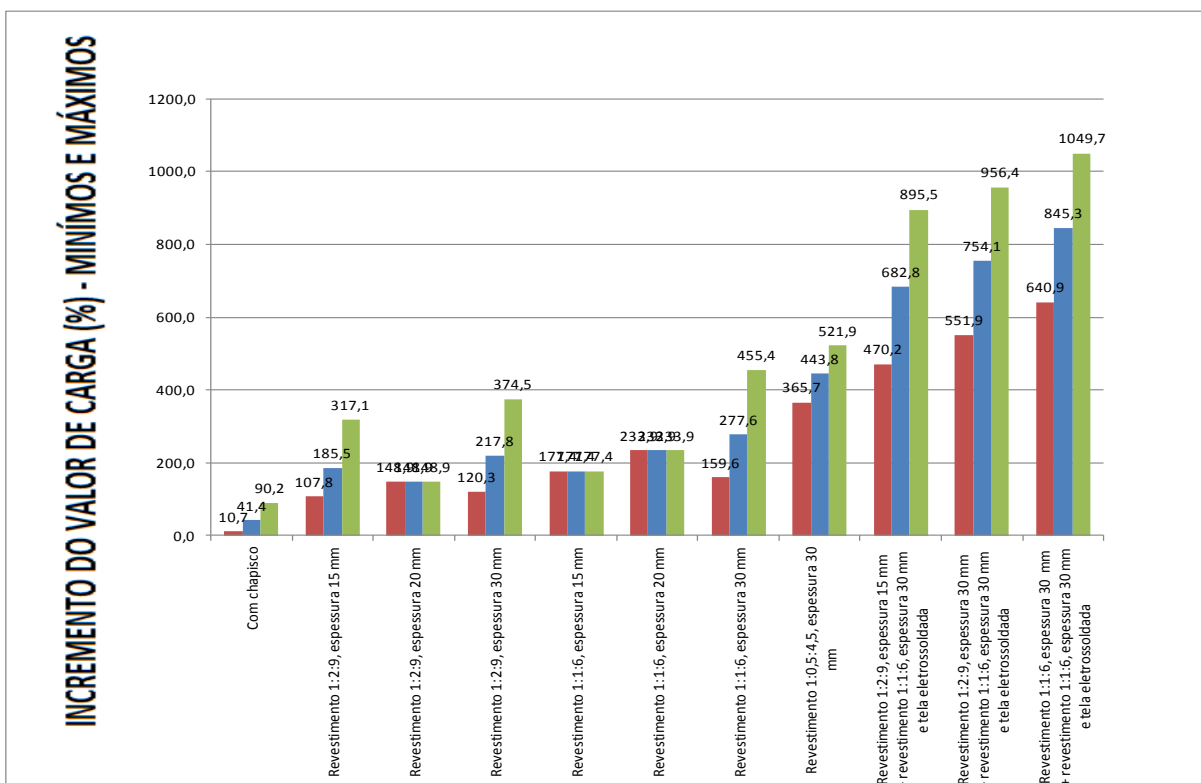


Figura 2.14 - Resumo dos resultados em função do revestimento com relação a carga de ruptura em função dos valores mínimos e máximos

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os ensaios realizados na pesquisa foram desenvolvidos com o objetivo de se obter tanto elementos qualitativos, quanto quantitativos sobre o comportamento de prismas de alvenaria empregados através de blocos de vedação com finalidade estrutural. Desse modo, a inquietação que levou à concretização deste estudo adveio de problemas ocorridos na fundação de prédios tipo caixão, a qual apresenta blocos posicionados ao chato em seus embasamentos.

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"⁴.

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. Essas amostras caracterizam-se por:

- Prismas sem revestimento;
- Prismas com revestimento de 20 mm de traço 1:2:9 (cimento:cal:areia).

A escolha da espessura de revestimento utilizada nos prismas analisados acompanhou os demais trabalhos sobre o tema, tendo como alvo o exame sobre o comportamento dos prismas em função do ganho da carga de ruptura. Contudo, o principal aspecto problematizado na presente pesquisa foi o estudo sobre a

⁴ 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.

relevância do posicionamento dos blocos e a propensão destes a receber diferentes cargas de ruptura, quando dispostos ao chato (deitados) ou à galga (em pé).

Foram utilizados nos ensaios um total de 60 prismas e 30 amostras de blocos cerâmicos individuais. Todos os materiais utilizados nesta pesquisa, componentes e prismas, foram investigados de forma a atender aos requisitos dispostos nas Normas Técnicas Brasileiras pertinentes a cada material.

3.1. Características dos materiais

3.1.1. Cimento Portland (CP II F 32)

O cimento utilizado nas argamassas de assentamento e revestimento utilizados na confecção dos prismas foi o do tipo CII F 32, fornecidos em sacos de 50kg e adquiridos em armazém na Região Metropolitana do Recife. Suas características estão dispostas na Tabela 3.1, fornecida pela fábrica de cimento CIMPOR, com valores de referência datados na época dos ensaios desta pesquisa.

Tabela 3.1 - 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 - SO ₃ - (%)	FRXPA	2,84	≤4,0
Oxido de cálcio livre - CaO (Livre) – (%)	FRXPA	1,4	X

3.1.2. Cal Hidratada

A cal utilizada para compor a argamassa (assentamento e revestimento) foi a do tipo CHI, cujas características constam na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - 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

3.1.3. Agregado miúdo

3.1.3.1. Ensaio de Granulometria do agregado miúdo

A granulometria é um tipo de ensaio que visa classificar a medida dos diâmetros das partículas que o compõem. O método de ensaio é descrito na ABNT NBR NM 248:2003 - Agregado - Determinação da composição granulométrica - e para determinação da granulometria foram utilizadas duas amostras do agregado a ser avaliado, o qual foi lavado e submetido antecipadamente a uma estufa com temperatura de (105 ± 5) °C, quando da realização do ensaio. Sua classificação se produz por meio do peneiramento do material, de forma que cada fração fique retida nas peneiras, onde cada diâmetro do grão é relacionado por porcentagem em peso da amostra.

A areia utilizada foi adquirida em armazém também localizado na Região Metropolitana do Recife e todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção da UNICAP.

3.1.3.2. Determinação da massa específica

Para se determinar a massa específica do agregado miúdo, na realização do ensaio, seguiu-se o procedimento descrito na norma ABNT NBR NM 52:2009 - Determinação de massa específica e massa específica aparente -, que utiliza o frasco aferido na Figura 3.1. A massa específica é a relação entre a massa do agregado seco e seu volume, excluindo os poros permeáveis. Essa massa é calculada pela equação demonstrada abaixo:

$$d_3 = \frac{m}{(V - V_a) - \frac{m_s - m}{\rho_a}}$$

Equação 3.1

Onde :

d_3 , é a massa específica do agregado, em gramas por centímetros cúbicos;

m , é a massa da amostra seca em estufa, em gramas;

V , é o volume do frasco, em centímetros cúbicos;

V_a , é o volume de água adicionado ao frasco, em centímetros cúbicos;

m_s , é a massa da amostra na condição saturada superfície seca, em gramas;

ρ_a , é a massa específica da água, em gramas por centímetro cúbico.



Figura 3.1 - Frasco de aferição

3.1.3.3. Determinação do teor de materiais finos

O procedimento para obter o teor de materiais finos presentes nos agregados é determinado segundo a ABNT NBR NM46:2003 - Determinação do teor de materiais finos que passa através da peneira 75 μm , por lavagem. Neste método, os agregados são submetidos ao processo de lavagem sobre a peneira com abertura de 0,075 mm (75 μm), na qual a quantidade de material mais fino que passa pela abertura da malha desta peneira inclui os materiais solúveis em água, para serem removidos do agregado durante o ensaio.

O resultado foi calculado segundo a expressão:

$$M = \left[(M_i - M_f) \div M_i \right] \times 100 \quad \text{Equação 3.2}$$

M = é a porcentagem de material mais fino que a peneira, 75 μm por lavagem;

M_i = é a massa original da amostra seca, em gramas;

M_f = é a massa da amostra seca após a lavagem, em gramas.

3.1.3.4. Teor de argila em torrões

As argilas em torrões e os materiais friáveis podem ser descritos como materiais presentes nos agregados que são suscetíveis ao desgaste, quando submetidos a pequenos esforços. Seu teor é calculado segundo as recomendações da norma ABNT NBR 7218:2010 - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis.

O cálculo é baseado na fórmula:

$$m_t = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100$$

Equação 3.3

m_t = é o teor de argila em torrões e materiais friáveis, em porcentagem;

m_i = é a massa inicial do intervalo granulométrico, em gramas;

m_f = é a massa após peneiramento via úmida, em gramas.

3.1.3.5. Ensaio de massa unitária

A massa unitária do agregado miúdo é determinada pela ABNT NBR NM45:2006 - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. O método prevê a utilização de um recipiente cilíndrico com volume conhecido de 10 litros, haste metálica, pá para concreto, régua metálica, balança e areia seca, suficiente para ocupar o volume do recipiente. Utilizou-se o método C da norma e o resultado obtido foi calculado segundo a equação:

$$\rho_{ap} = \frac{m_{ar} - m_r}{V}$$

Equação 3.4

Onde:

ρ_{ap} - Massa unitária do agregado, em kg/m³;
 m_{ar} - Massa da amostra mais a do recipiente, em kg;
 m_r - Massa do recipiente vazio, em kg;
 V - Volume do recipiente, em m³.

3.1.3.6. Inchamento do agregado miúdo

Segundo Bauer (2000, p.101), dá-se o nome de inchamento ao aumento de volume que sofre a areia seca ao absorver água. Este aumento é produzido pela separação entre os grãos de areia devido à película de água que se forma em torno do grão, provocando o afastamento da partícula. O ensaio é determinado através da norma ABNT NBR 6467:2009 - Determinação do inchamento do agregado miúdo. O procedimento, determinado em laboratório, consiste em realizar a medição da massa unitária do agregado miúdo com diferentes teores de umidade. O coeficiente de inchamento é, então, calculado pela expressão:

$$CI = (V_h \div V_o) = [(\gamma_s \div \gamma_h) \times ((100 + h) \div 100)] \quad \text{Equação 3.5}$$

Onde:

V_h - Volume do agregado com h% de umidade, em dm³;
 V_o - Volume do agregado seco em estufa, dm³;
 V_h/V_o - Coeficiente de inchamento;
 γ_s - Massa unitária do agregado seco em estufa, em kg/dm³;
 γ_h - Massa unitária do agregado com h% de umidade, em kg/dm³;
 h - Teor de umidade do agregado, em %.

3.1.4. Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos utilizados nessa pesquisa foram analisados com base nas normas vigentes, a ABNT NBR 15270-1:2005 – Componentes cerâmicos Parte1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos e a ABNT NBR 15270-3:2005 – Componentes cerâmicos Parte3: Blocos cerâmicos para

alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaios, que estabelecem os procedimentos para a execução dos ensaios dos blocos cerâmicos estruturais e de vedação.

A aquisição de tais blocos se deu através de um único fornecedor situado na Região Metropolitana do Recife (RMR). Os blocos foram encaminhados ao Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Católica de Pernambuco para avaliação das características geométricas, físicas e mecânicas:

- Nas características geométricas foram avaliadas:
 - medidas das Faces – Dimensões efetivas (figura 3.2a);
 - espessuras dos septos e paredes externas dos blocos;
 - desvio em relação ao esquadro (D), (figura 3.2b);
 - planeza das faces (F), (figura 3.2c);
 - área bruta (A_b)
- Nas características físicas foram avaliadas:
 - massa seca (m_s);
 - índice de absorção d'água (AA);
 - índice de absorção inicial (AAI).
- Na característica mecânica foi avaliada:
 - resistência a compressão.



(3.2 a)



(3.2 b)



(3.2 c)



(3.2 d)



(3.2 e)



(3.2 f)



(3.2 g)



(3.2 h)

Figura 3.2 - Avaliação das características geométricas, físicas e mecânicas

3.1.5. Argamassas de chapisco, assentamento e revestimento

As argamassas utilizadas nesta pesquisa tiveram como referência o estudo de Azevedo (2010), procurando desta forma reproduzir as argamassas com igual consistência para serem avaliadas a partir do tipo de ensaio de "Flow Table", descrito na norma ABNT NBR7215:1997 - Determinação de resistência à compressão - em seu anexo B. Isto é, mesmos traços e mesmo tipo de cimento para que se mantivessem as mesmas características dos prismas moldados e por ele executados.

A Tabela 3.3 demonstra os tipos de argamassas analisadas, bem como seu emprego.

Tabela 3.3 - Argamassas estudadas

Argamassa	Traço
Assentamento	1:1:6
Chapisco	1:3
Revestimento	1:2:9

O ensaio consiste em fazer com que a argamassa seja forçada a se deformar mediante 30 quedas padronizadas em mesa especificada por norma. O resultado do ensaio é exibido por um valor unitário em mm, chamado de medida de espalhamento, que é dado pelo diâmetro (espalhamento) da argamassa após a aplicação dos golpes. Quão menor o espalhamento, pode-se dizer que a argamassa é mais difícil de se deformar.



Figura 3.3 - Avaliação da consistência

3.1.5.1. Argamassas no estado endurecido

Foram ensaiados seis corpos-de-prova cilíndricos nas dimensões 50 mm x 100 mm (diâmetro x altura), para cada traço de argamassa, que foram curados por um período de 28 dias, com a finalidade de obter a resistência à compressão axial (ABNT NBR5738:2008 - Processo de Moldagem e cura de corpos de prova) e resistência à tração por compressão diametral (ABNT NBR7222:2011 - Determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos).

A realização dos ensaios de resistência à compressão diametral e axial, se deu nos Laboratórios de Materiais da UPE e da TECOMAT, como é demonstrado na Figura 3.4.



Figura 3.4 - Moldagem e ruptura dos corpos de prova de argamassa

No ensaio de resistência à tração por compressão diametral, os corpos-de-prova são posicionados de forma que o contato entre os pratos da máquina de ensaio e os corpos-de-prova ocorra apenas ao longo de duas geratrizes diametralmente opostas ao corpo-de-prova, como mostra a Figura 3.5.



Figura 3.5 - Ensaio de resistência à tração por compressão diametral

3.2. Execução dos prismas

Todo o processo de execução dos prismas foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Católica de Pernambuco, na tentativa de aproximar as condições sobre as quais foram realizados os ensaios dos trabalhos anteriores. Haja vista a empreitada viabilizada pela presente pesquisa de desenvolver um estudo comparativo sobre o comportamento dos prismas de alvenaria resistente com as referidas pesquisas.

O local para confecção dos mesmos foi escolhido em função da proximidade com a máquina universal de ensaios do laboratório, tentando-se evitar avariações na estrutura dos prismas, de modo a não promover choques ou quaisquer outros esforços. As amostras também foram transportadas manualmente para impedir a configuração do referido problema.

No total foram confeccionados e ensaiados 60 prismas compostos por três blocos cerâmicos, sendo 30 (trinta) primas ao chato e 30 (trinta) primas à galga, e 30 blocos individuais cerâmicos, sendo 15 (quinze) ao chato e 15 (quinze) à galga. A confecção dos prismas foi realizada nas seguintes etapas: assentamento dos blocos, aplicação de chapisco e aplicação da camada de revestimento. Os períodos de cura da argamassa aplicada foram obedecidos segundo a norma ABNT NBR 15961-2: 2011 - Execução e controle de obra.

Todos os blocos foram assentados com argamassa com 10 mm de espessura, conforme indicado na Figura 3.6. Em todos os prismas confeccionados,

os blocos foram obtidos de um mesmo fornecedor e a argamassa de assentamento foi sempre a mesma. A carga a que os prismas foram submetidos foi exclusivamente compressiva.



Figura 3.6 - Confeção dos Primas ao chato (tijolo deitado) e à galga (tijolo em pé)

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;

A Tabela 3.4 resume todas as tipologias e quantidades de prismas confeccionados de acordo com suas diversidades.

Tabela 3.4 - Sistemas construtivos dos prismas

Tipo	Quantidade de prismas (unid.)	Argamassa de assentamento (traço em volume)	Chapisco (traço em volume)	Argamassa de revestimento (traço em volume)	Espessura do revestimento (mm)
PSRC	15	1:1:6	-	-	-
PCRC	15	1:1:6	1:3	1:2:9	20
PSRG	15	1:1:6	-	-	-
PCRG	15	1:1:6	1:3	1:2:9	20

A etapa seguinte foi a aplicação do chapisco. Os prismas que iriam apresentar revestimento foram inicialmente revestidos com uma camada de chapisco, com espessura de 5 mm no traço 1:3, à exceção dos prismas sem revestimento, também chamados de prismas sem revestimento. O processo de aplicação do chapisco é demonstrado nas Figuras 3.7 e 3.8.



Figura 3.7 - Aplicação do chapisco para prismas ao chato



Figura 3.8 - Aplicação do chapisco para prismas à galga

Depois de transcorridas 24 horas desta aplicação, 30 dos prismas receberam uma camada de revestimento de 15 mm de cada lado. Para facilitar o controle das espessuras do revestimento foram utilizados gabaritos com compensado para realização do acabamento, como mostram as Figuras 3.9 e 3.10.



Figura 3.9 - Aplicação da camada de revestimento



Figura 3.10 - Aplicação da camada de revestimento

Os prismas confeccionados foram submetidos a um processo de cura em condições naturais (temperatura ambiente) por um período mínimo de 28 dias. A confecção e armazenagem dos prismas foi realizada no Laboratório de Materiais de Construção na UNICAP, onde também foram cuidadosamente armazenados, ficando protegidos até completarem o período necessário de cura.

Todos os prismas foram capeados com pasta de cimento no topo e na base, com a finalidade de reparar algumas irregularidades existentes nestas superfícies, tornando-as planas, como observado nas Figuras 3.11 e 3.12:



Figura 3.11 - Capeamento dos prismas



Figura 3.12 - Capeamento dos prismas

3.3. Mecanismo de leitura dos deslocamentos

O processo de medição dos deslocamentos tomou por base o método adotado na pesquisa de Azevedo (2010), em que os deslocamentos foram aferidos a partir de deflectômetros digitais, modelo SYLVAC, com precisão de 10^{-3} mm e curso de 12,5 mm.

Para a fixação dos deflectômetros nas amostras foram fabricadas 240 chapas metálicas em formato de L, com 60 mm de altura por 20 mm de largura, que serviram como base de apoio dos mesmos. Tais chapas foram fixadas previamente aos prismas, no terço médio de seu comprimento através de colagem na face lateral das amostras, utilizando cola do tipo Durepoxi, em uma distância suficiente para permitir o curso livre dos deflectômetros. Desta maneira, foram dispostos em cada uma das laterais do prisma duas placas metálicas e um deflectometro, como pode ser demonstrado na Figura 3.13, evidenciando os mecanismos de medição dos deslocamentos utilizadas:



Figura 3.13 - Placa de apoio superior e inferior com deflectômetro e Prismas com base de apoio dos deflectômetros colada

Para a transmissão dos esforços da prensa para o prisma foram utilizadas 2 chapas de aço com espessura de 50 mm e dimensões que permitiam o apoio de todo prisma. Para identificação das amostras foi usada uma pequena chapa de madeira, onde o número de cada protótipo era identificado como demonstra a Figura 3.14.



Figura 3.14 - Prisma pronto para ensaio e identificado

3.4. Mecanismo de aplicação de carga

O mecanismo utilizado para realização de ensaio de compressão das amostras foi a máquina universal de ensaio, marca PAVITEST, com precisão de leitura de 100 Kgf, interligado a um gabinete com indicador digital de carga e interface computadorizada comandada por software específico, traçando gráficos on-line, tempo x deslocamento ou tempo x carga.



Figura 3.15 - Prensa Hidráulica e Máquina universal de ensaio

4 ANÁLISES E RESULTADOS

Serão apresentados, neste capítulo, os resultados dos ensaios realizados no agregado miúdo e blocos cerâmicos, objetivando tanto a caracterização dos materiais, como também os resultados dos prismas à galga e ao chato. Por fim, serão elaboradas algumas análises comparativas das cargas obtidas nos resultados já mencionados.

4.1. Granulometria do agregado miúdo ABNT NBR NM 248:2003:

De acordo com o resultado obtido da granulometria do agregado miúdo utilizado na pesquisa, referenciado nas Tabelas 4.1 e Figura 4.1, poder-se-ia dizer que esse se encaixa dentro da zona granulométrica utilizável, como descrito na referida norma NBR 7211:2009.

Tabela 4.1 - Granulometria de agregado miúdo - NBR NM 248:2003

Abertura das Peneiras (mm)	Massa retida (%)		Variação das % retidas ≤ 4 %	Média das massas retidas (%)	Massa retida acumulada (%)	Faixas em relação as % retidas acumuladas				
	Ensaio nº 1	Ensaio nº 2				Limites Inferiores		Limites Superiores		
						Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável	Zona Ótima	
9,5	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	0	
6,3	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	0	7	
4,75	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0	0	5	10	
2,36	2,2%	2,8%	0,5%	2,5%	2,5%	0	10	20	25	
1,18	23,0%	19,1%	3,9%	21,0%	23,5%	5	20	30	50	
0,6	42,9%	41,4%	1,5%	42,1%	65,7%	15	35	55	70	
0,3	23,3%	27,3%	4,0%	25,3%	91,0%	50	65	85	95	
0,15	6,7%	7,8%	1,1%	7,3%	98,2%	85	90	95	100	
Fundo	1,9%	1,7%	0,2%	Módulo de finura =	2,81	Dimensão máxima característica (mm)=				2,4

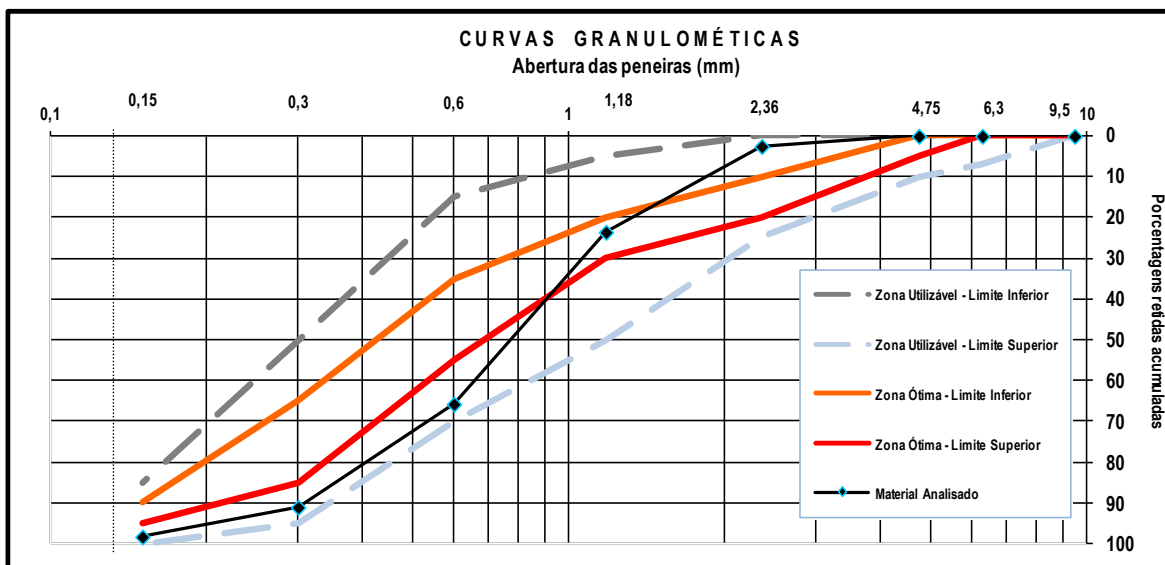


Figura 4.1 - Curva granulométrica do agregado miúdo

4.2. Resumo dos resultados obtidos no ensaio de caracterização do agregado miúdo:

Os resultados alcançados a partir da execução de ensaios de caracterização, apresentados na Tabela 4.2, mostram que os ensaios de torrões de argila e materiais finos estão dentro do limite de aceitabilidade da norma NBR 7211:2009, que é inferior a 3,0%.

Tabela 4.2 - Resumo dos resultados de caracterização

Massa específica (g/cm ³)	Torrões de argila (%)	Materiais Finos (%)	Massa unitária Seca (kg/m ³)	Inchamento	
				Inchamento	Umidade Crítica %
2,71	0,2	2,4	1470	1,23	3,8
NBR NM52	NBR 7218	NBR NM 46	NBRNM45	NBR 6467	

4.3. Avaliação das características geométricas, físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos:

Com relação as dimensões dos blocos, em ambos os critérios abordados pela norma NBR 15270-1 não houve nenhuma não conformidade na análise individual e na média dos resultados obtidos. Quanto à norma NBR15270-3, no tocante às características físicas, os resultados dos índices de absorção d'água se encontram dentro dos limites, entre 8 e 22%, e com analogia ao índice de absorção inicial, os valores aferidos se apresentam inferiores a $(30\text{g}/193,55\text{cm}^2)/\text{min}$. Já os resultados encontrados a partir das características mecânicas mostram-se também dentro dos limites de aceitação por parte da norma NBR15270-3, ou seja, superior à 1,5 MPa.

Em última análise, quanto à avaliação das referidas características mecânicas dos blocos, observou-se que o seu coeficiente de variância apresentou um valor médio, por se encontrar entre 15 e 30%.

Tabela 4.3 - Resultados das características físicas

Nº	a) massa seca	b) Índice de Absorção D'água (AA)		c) Índice de Absorção Inicial (AAI)			
	ms (g)	mu (g)	AA (%)	massa seca temp. ambiente (g)	massa umida após 1 min (g)	Área (cm²)	AAI (g/193,55cm²)/min
1	2285	2556	11,9	2285	2298	167	14,3
2	2170	2451	12,9	2170	2176	167	7,1
3	2151	2472	14,9	2156	2166	169	11,6
4	2132	2377	11,5	2132	2144	167	14,2
5	2114	2429	14,9	2123	2131	172	9,1
6	2261	2590	14,6	2264	2276	169	13,7
unidades não conformes	X	x	0	x	x	x	0

Limites: $8\% \leq AA(\%) \leq 22\%$;
 $AAI \leq (30\text{g}/193,55\text{cm}^2)/\text{min}$;

Tabela 4.4 - Resultado de inspeção geométrica

Nº	a) medidas das faces - dimensões efetivas (mm)			b) Espessura dos septos e paredes externas (mm)		c) Desvio em Relação ao esquadro (mm)	d) Planeza das faces (mm)	e) Área bruta (cm²)
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	Septos	Paredes externas	D	F	Ab
1	87	184	191	9	9	1	3	166
2	89	189	192	8	9	1	2	169
3	87	189	191	7	8	1	1	166
4	87	188	191	7	7	3	0	166
5	87	192	190	8	8	2	2	165
6	88	191	194	8	9	3	3	170
7	87	190	190	7	8	1	1	165
8	89	189	192	8	9	1	1	170
9	89	190	193	8	9	1	1	170
10	88	189	190	8	9	1	3	167
11	88	192	192	8	9	3	1	168
12	88	187	190	7	9	2	1	166
13	87	188	190	8	8	3	3	165
média	88	189	191	8	8	2	2	167
Tolerâncias NBR 15270- 1 (mm)	individual ±	5	5	5				
	média ±	3	3	3	mínimo 6	mínimo 7	máximo 3	máximo 3
unidades não conformes		0	0	0	0	0	0	0

Tabela 4.5 - Características mecânicas

Nº	Área (cm²)	Carga Ruptura	Tensão (MPa)
	Ab (L x C)	KN	
1	165,74	65,5	3,95
2	169,48	42,7	2,52
3	166,17	41,2	2,48
4	165,74	43,1	2,60
5	165,30	32,2	1,95
6	170,28	36,4	2,14
7	165,30	59,9	3,62
8	170,44	36,6	2,15
9	170,36	35,9	2,11
10	167,20	37,4	2,24
11	168,00	38,9	2,32
12	166,25	43,5	2,62
13	165,30	53,9	3,26
media		43,63	2,61
desvpad		10,037	0,621
coef. De var		0,230	0,238

4.4. Argamassa de chapisco, assentamento e revestimento:

As análises comparativas dos resultados obtidos nesta dissertação com a de Azevedo (2010) são apresentadas na Tabela 4.6:

Tabela 4.6 - Valores dos índices de consistência

Argamassa	Traço	Média (mm) AZEVEDO (2010)	Média (mm)
Assentamento	1:1:6	266	264
Chapisco	1:3	305	289
Revestimento	1:2:9	302	293

A quantidade de água empreendida nos traços utilizados no presente trabalho baseou-se em um índice de consistência que se aproximasse de Azevedo (2010), para efeitos de comparação, os quais foram definidos pelo método estabelecido pela norma NBR7215:1997 - Determinação da resistência à compressão do Cimento Portland.

4.5. Argamassa no estado endurecido:

Os resultados dos ensaios de compressão axial, para cada traço, serão apresentados nas Tabelas 4.7 a 4.9, juntamente com a Figura 4.2. Já os resultados dos ensaios de resistência à compressão por tração diametral serão demonstrados nas Tabelas 4.10 até 4.12, assim como na Figura 4.3.

Tabela 4.7 - Ensaios de resistência à compressão axial traço 1:1:6

Argamassa	CP	Área (cm²)	Carga Ruptura (kN) AZEVEDO (2010)	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa) AZEVEDO (2010)	Tensão de ruptura (MPa)
Assentamento traço 1:1:6	1	19.625	14.77	8.26	7.50	4.21
	2	19.625	12.09	7.8	6.20	5.97
	3	19.625	13.39	10.24	6.80	5.22
	4	19.625	8.67	11.19	4.40	5.70
	5	19.625	13.09	9.86	6.70	5.02
	6	19.625	14.66	11.06	7.50	5.63
	Resistência média à compressão				6.52	5.29
	Desvio Padrão				1.15	0.63
	Coeficiente de variação (%)				17.67	11.94

Tabela 4.8 - Ensaios de resistência à compressão axial traço 1:3

Argamassa	CP	Área (cm²)	Carga Ruptura (kN) AZEVEDO (2010)	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa) AZEVEDO (2010)	Tensão de ruptura (MPa)
Chapisco (1:3)	1	19.625	60.16	24.45	30.70	12.45
	2	19.625	60.06	25.43	30.60	12.95
	3	19.625	61.08	29.43	31.10	14.99
	4	19.625	58.66	29.04	29.90	14.79
	5	19.625	57.97	28.73	29.50	14.63
	6	19.625	60.15	28.77	30.60	14.65
	Resistência média à compressão				30.40	14.08
	Desvio Padrão				0.59	1.09
	Coeficiente de variação (%)				1.93	7.71

Tabela 4.9 - Ensaios de resistência à compressão axial traço 1:2:9

Argamassa	CP	Área (cm²)	Carga Ruptura (kN) AZEVEDO (2010)	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa) AZEVEDO (2010)	Tensão de ruptura (MPa)
Revestimento (1:2:9)	1	19.625	6.22	5.18	3.20	2.64
	2	19.625	5.55	5.73	2.80	2.92
	3	19.625	5.54	5.20	2.80	2.65
	4	19.625	6.18	4.56	3.10	2.32
	5	19.625	5.74	4.67	2.90	2.38
	6	19.625	4.23	5.73	2.20	3.16
	Resistência média à compressão				2.83	2.68
	Desvio Padrão				0.35	0.32
	Coeficiente de variação (%)				12.36	11.93

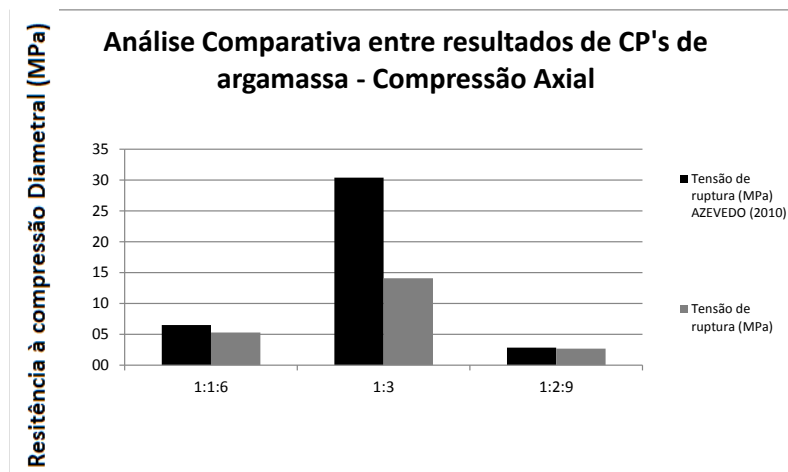


Figura 4.2 -Valores médios de resistência à compressão axial

Tabela 4.10 - Ensaio de resistência à compressão por tração diametral traço 1:1:6

Argamassa	CP	Área (cm²)	Carga Ruptura (kN) AZEVEDO (2010)	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa) AZEVEDO (2010)	Tensão de ruptura (MPa)
Assentamento traço 1:1:6	1	19.625	7.80	3.63	1.0	0.46
	2	19.625	7.00	3.57	0.90	0.46
	3	19.625	8.10	2.93	1.00	0.37
	4	19.625	5.00	3.50	0.60	0.45
	5	19.625	7.90	2.98	1.00	0.38
	6	19.625	5.30	4.46	0.70	0.57
Resistência média à compressão					0.87	0.45
Desvio Padrão					0.18	0.07
Coeficiente de variação (%)					20.21	15.77

Tabela 4.11 - Ensaio de resistência à compressão por tração diametral traço 1:3

Argamassa	CP	Área (cm²)	Carga Ruptura (kN) AZEVEDO (2010)	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa) AZEVEDO (2010)	Tensão de ruptura (MPa)
Chapisco (1:3)	1	19.625	8.80	9.29	1.10	1.18
	2	19.625	23.00	9.17	2.90	1.17
	3	19.625	20.70	7.62	2.60	0.97
	4	19.625	23.10	9.07	2.90	1.16
	5	19.625	28.80	8.86	3.70	1.13
	6	19.625	25.80	8.05	3.30	1.03
Resistência média à compressão					2.75	1.10
Desvio Padrão					0.89	0.09
Coeficiente de variação (%)					32.50	7.84

Tabela 4.12 -Ensaio de resistência à compressão por tração diametral traço 1:2:9

Argamassa	CP	Área (cm ²)	Carga Ruptura (kN) AZEVEDO (2010)	Carga Ruptura (kN)	Tensão de ruptura (MPa) AZEVEDO (2010)	Tensão de ruptura (MPa)
Revestimento (1:2:9)	1	19.625	3.80	1.28	0.50	0.16
	2	19.625	4.90	1.55	0.60	0.20
	3	19.625	5.30	1.00	0.70	0.13
	4	19.625	9.70	1.57	1.20	0.20
	5	19.625	8.10	0.81	1.00	0.10
	6	19.625	7.10	1.65	0.90	0.21
	Resistência média à compressão				0.82	0.17
	Desvio Padrão				0.26	0.04
	Coeficiente de variação (%)				32.32	26.30

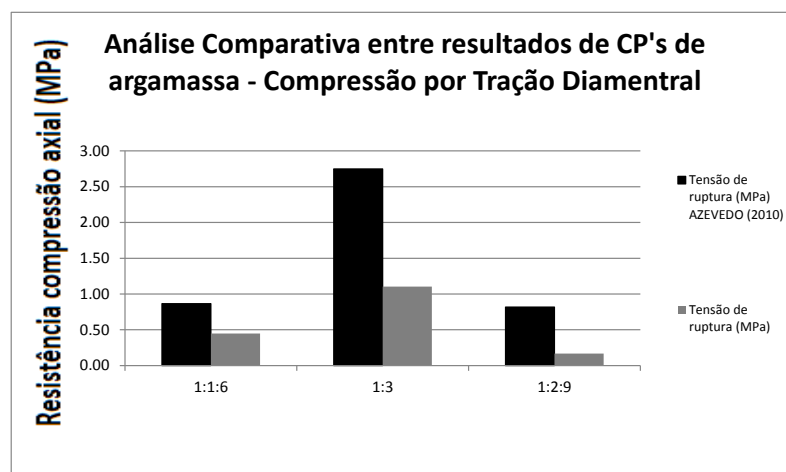


Figura 4.3 - Valores médios de resistência à compressão por tração diametral

Na comparação com os ensaios de Azevedo (2010), no que tange à compressão axial dos corpos de prova de argamassa, foi possível constatar que os resultados do presente trabalho apresentaram o percentual de 81% do valor encontrado pelo referido autor, no traço de 1:1:6. Já com a utilização do traço de 1:3 o percentual obtido foi de 46% e no traço 1:2:9, o valor foi de 95%.

Contudo, na análise sobre a compressão diametral, o resultado obtido ainda a partir da comparação com Azevedo (2010), foi de 52% do percentual alcançado por este, sobre o traço de 1:1:6. Ao passo que no traço de 1:3 o percentual encontrado foi de 40% e no traço 1:2:9 este valor foi para 21%.

A discrepância dos resultados analisados se torna patente quando da apreciação sobre a relação água/cimento utilizada nas referidas pesquisas. Neste ponto, é válido salientar que a presente pesquisa procurou referendar seu índice de consistência a partir dos números encontrados na obra de Azevedo. Não obstante, a obtenção de resultados tão elevados de resistência à compressão dos corpos de prova de argamassa não seria possível por meio da utilização do índice de consistência apresentado pelo referido autor.

4.6. Resistência à compressão dos blocos individuais ao chato e à galga:

Na análise dos resultados dos blocos individuais à galga e ao chato, com relação a carga média de ruptura, as figuras 4.4 e 4.6 e tabelas 4.13 e 4.14 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.

Tabela 4.13 - Resistência à compressão dos blocos individuais ao chato

Resistência à Compressão	
Blocos Individuais ao chato	
Área=36100mm ² , Dimensão=190x190mm	
Nº	Carga Ruptura KN
BIC-1	104.5
BIC-2	101.9
BIC-3	81.0
BIC-4	76.4
BIC-5	81.0
BIC-6	43.2
BIC-7	32.7
BIC-8	40.1
BIC-9	51.3
BIC-10	44.8
BIC-11	93.7
BIC-12	41.9
media	66.04
desvpad	26.36
coef. De var	0.40

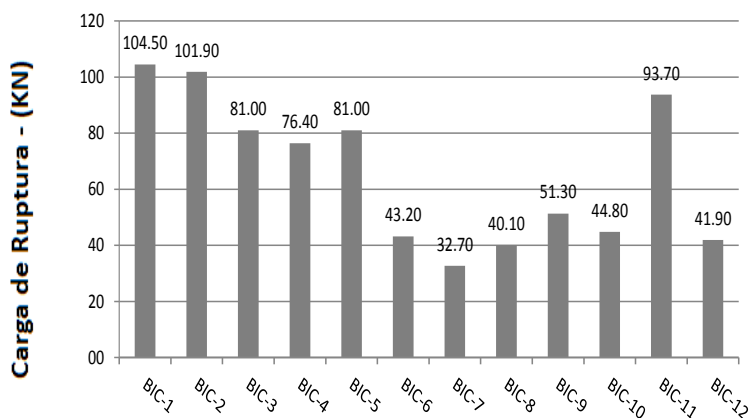


Figura 4.4 - Carga de ruptura dos blocos individuais ao chato

O processo de ruptura é mostrado na Figura 4.5, apresentando em sequência as formas de rupturas dos blocos individuais ao chato, tendo início nos septos que se rompem por cisalhamento e de forma brusca.

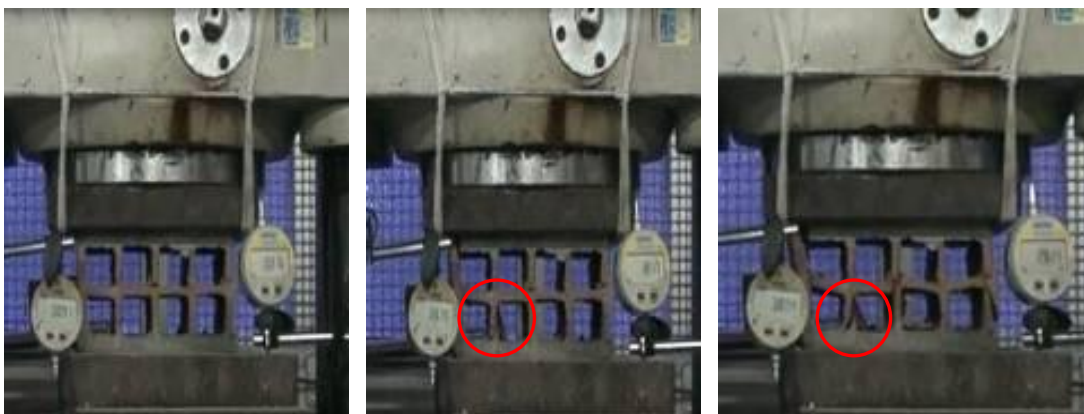


Figura 4.5 - Sequência de formas ruptura dos blocos individuais ao chato

Tabela 4.14 - Resistência à compressão dos blocos individuais à galga

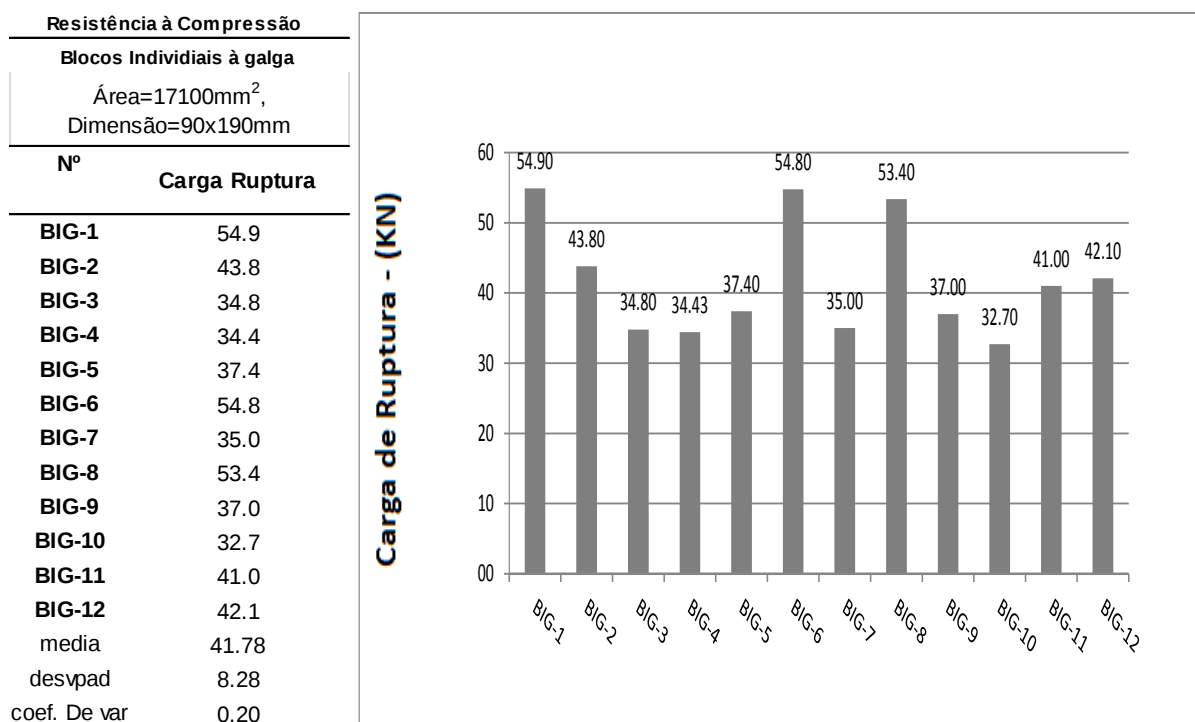


Figura 4.6 - Carga de ruptura dos blocos individuais à galga

O processo de ruptura demonstrado na Figura 4.7 ilustra cronológica e detalhadamente o instante da ruptura até o comprometimento total dos blocos ensaiados.



(4.7 a)

(4.7 b)

(4.7 c)

(4.7 d)

Figura 4.7 - Sequência de formas ruptura dos blocos individuais à galga

4.7. Resultados de resistência à compressão dos prismas

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos prismas são apresentados nas Tabelas de 4.15 a 4.18 e Figuras de 4.8 a 4.14:

Tabela 4.15 - Primas sem revestimento ao chato - PSRC

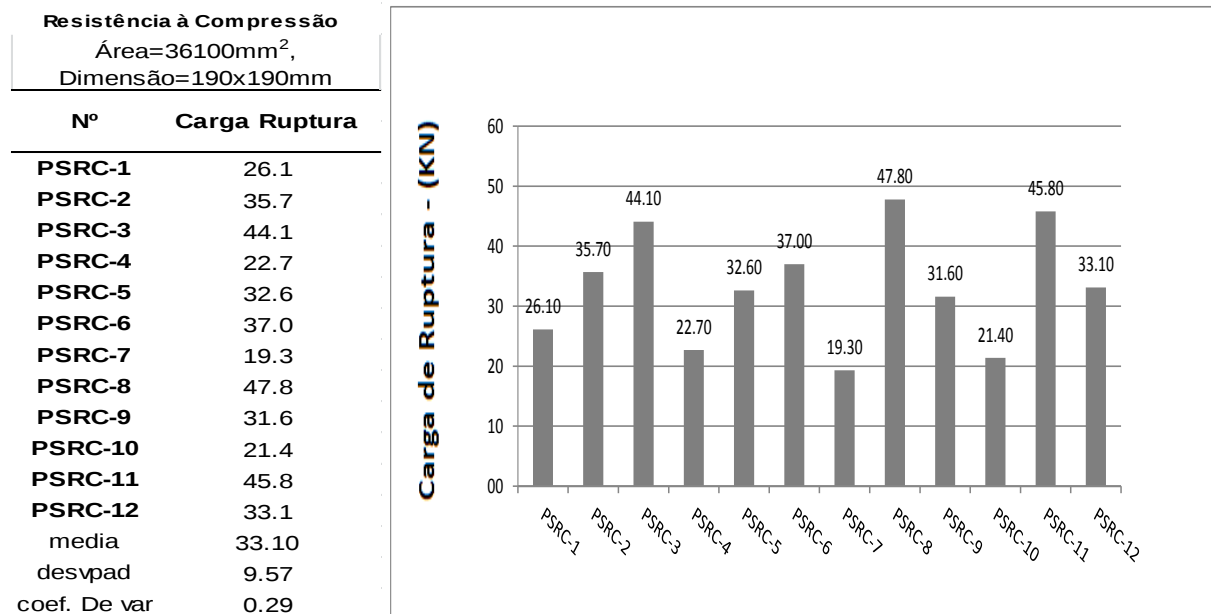


Figura 4.8 - Prismas sem revestimento ao chato

Com relação ao processo de ruptura, a Figura 4.9 mostra que os prismas sem revestimento ao chato têm o mesmo comportamento de ruptura dos prismas sem revestimento à galga.



Figura 4.9 - Ruptura do prisma sem revestimento ao chato

Tabela 4.16 - Primas revestidos ao Chato - PCRC

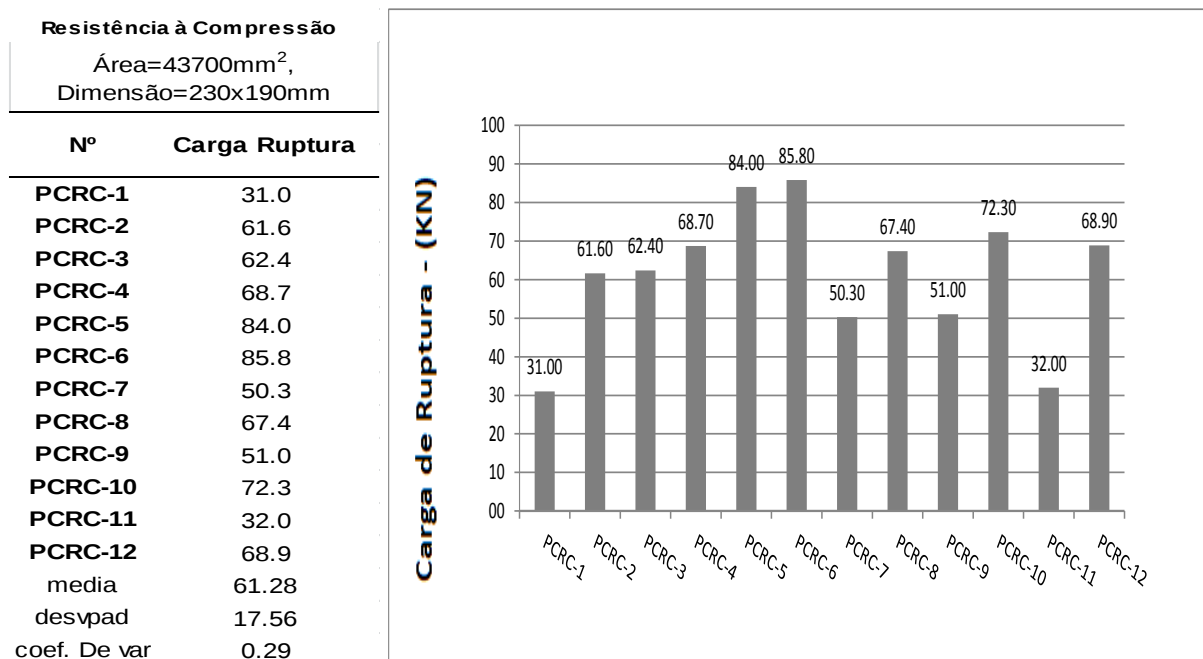


Figura 4.10 - Prismas com revestimento 20 mm e traço 1:2:9 ao chato

Já com relação ao processo de ruptura na Figura 4.11, percebe-se que a forma de ruptura dos prismas revestidos ao chato ocorreu de maneira similar aos prismas com revestimento à galga, em que a ruptura do prisma é transferida dos septos para camada de revestimento, deixando de ser menos explosiva a ruptura, porém, continuando a ser brusca.



Figura 4.11 - Ruptura do prisma ao chato e traço 1:2:9 revestimento 20 mm

Tabela 4.17 Primas sem revestimento à galga - PSRG

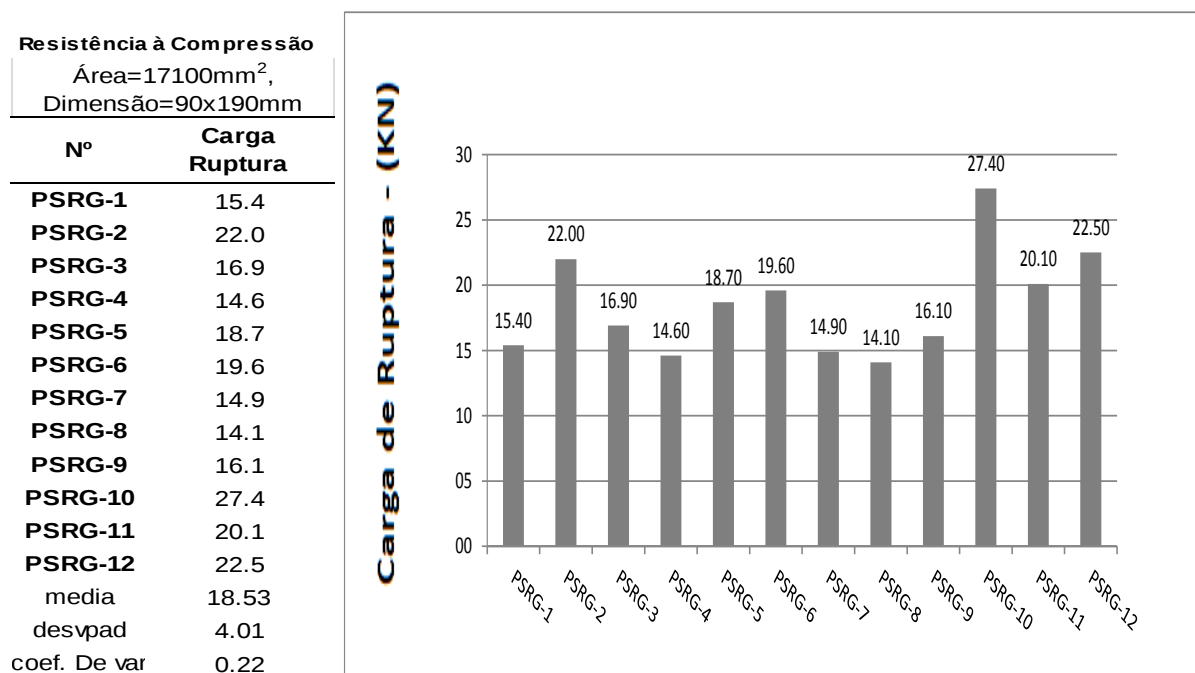


Figura 4.12 - Prismas sem revestimento à galga

No tocante ao processo de ruptura a Figura 4.13 mostra que os prismas sem revestimento à galga têm o mesmo comportamento de ruptura dos prismas sem revestimento ao chato.



(4.13 a)



(4.13 b)



(4.13 c)



(4.13 d)

Figura 4.13 - Sequência de ruptura do prisma 3 blocos sem revestimento

Tabela 4.18 - Primas revestidos à galga - PCRG

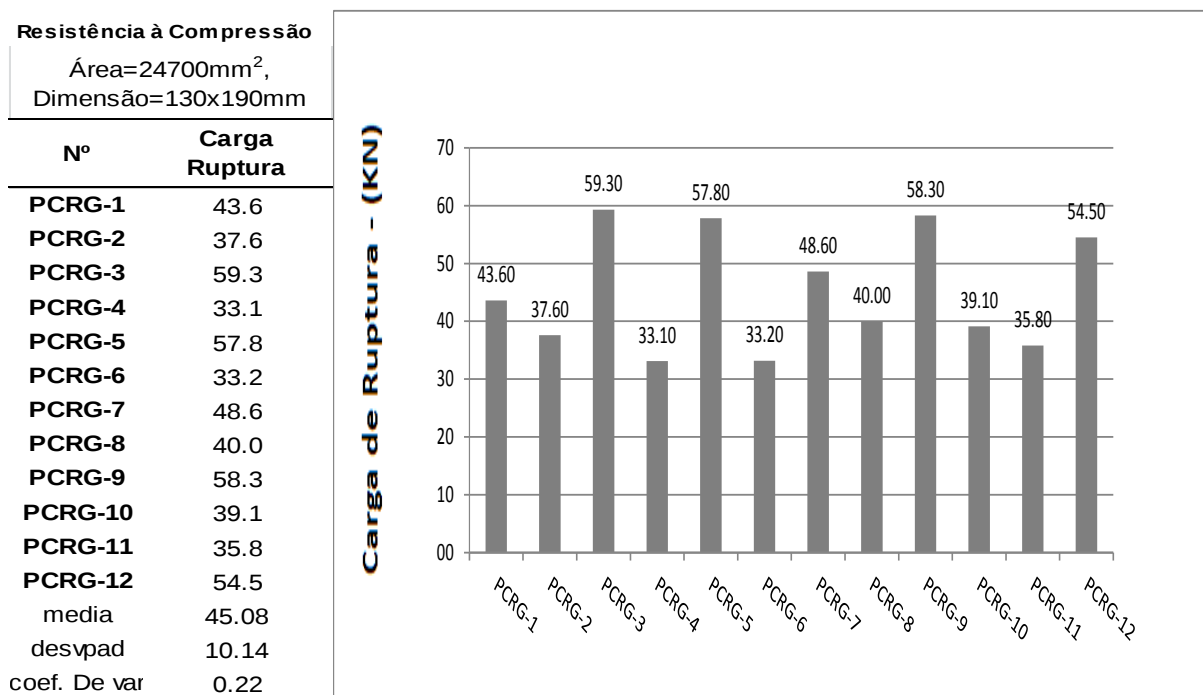


Figura 4.14 - Prismas com revestimento 20 mm e traço 1:2:9 à galga

Em seu processo de ruptura, a Figura 4.15 mostra a ruptura de um prisma revestido com argamassa de 20 mm, em que a carga recebida é transferida dos septos para a camada de revestimento, o que representou uma ruptura menos explosiva, porém, continuando a ser brusca.



Figura 4.15 - Ruptura do prisma 3 blocos com traço 1:2:9 revestimento 20 mm (à galga)

Da análise dos resultados dos primas revestidos e sem revestimento (à galga e ao chato), com relação a carga média de ruptura, podemos apreender que:

- os prismas revestidos ao chato apresentaram um crescimento de 36%, quando comparados com os prisma com revestimento à galga.
- já quando comparamos os prismas sem revestimento ao chato, nota-se um crescimento de 78% em relação aos prismas sem revestimento à galga.

O elevado coeficiente de variância pode ser explicado pelo fato de os prismas não terem sido ensaiados quando saturado por no mínimo 6 horas conforme a recomendação da Norma NBR15270-3. Isto porque, o manuseio dos prismas para os locais de saturação poderia ocasionar danificações nos mesmos, comprometendo assim a legitimidade dos resultados. Somado a isso, o fato de todos os trabalhos anteriores terem sido realizados sem a saturação dos prismas, levando com isso à opção pelo rompimento destes nas mesmas condições dos referidos trabalhos.

4.8. Resumo dos resultados obtidos a partir dos ensaios em blocos e primas ao chato e à galga, com e sem revestimento:

Os resultados dos ensaios de resistência à compressão dos prismas são apresentados na Tabela de 4.19 e 4.20 e Figuras de 4.16 a 4.19:

Tabela 4.19 - Resultados comparativos de blocos e primas ao chato

Nº	Área (mm ²) 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

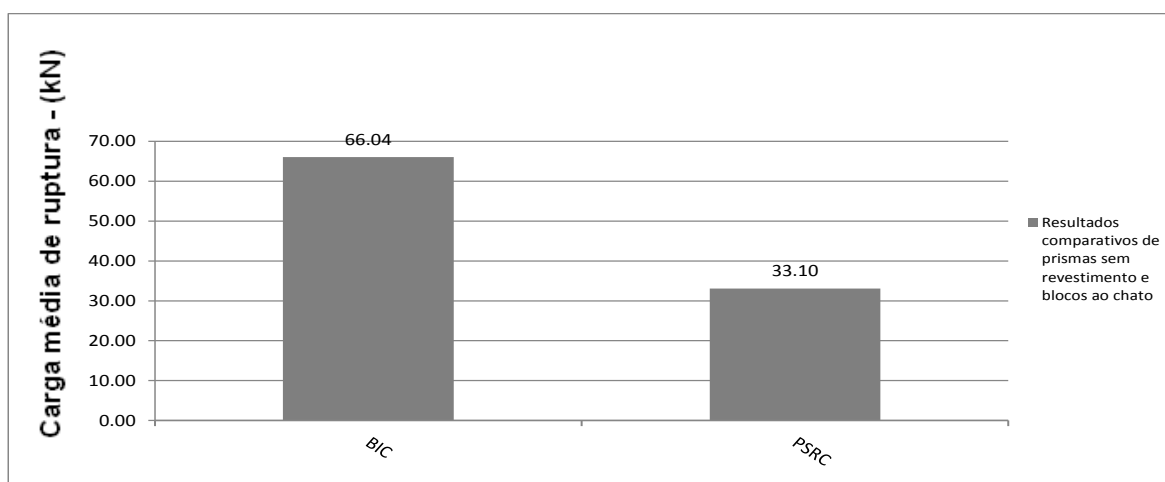


Figura 4.16 - Carga média de ruptura de primas sem revestimento e blocos ao chato (KN)

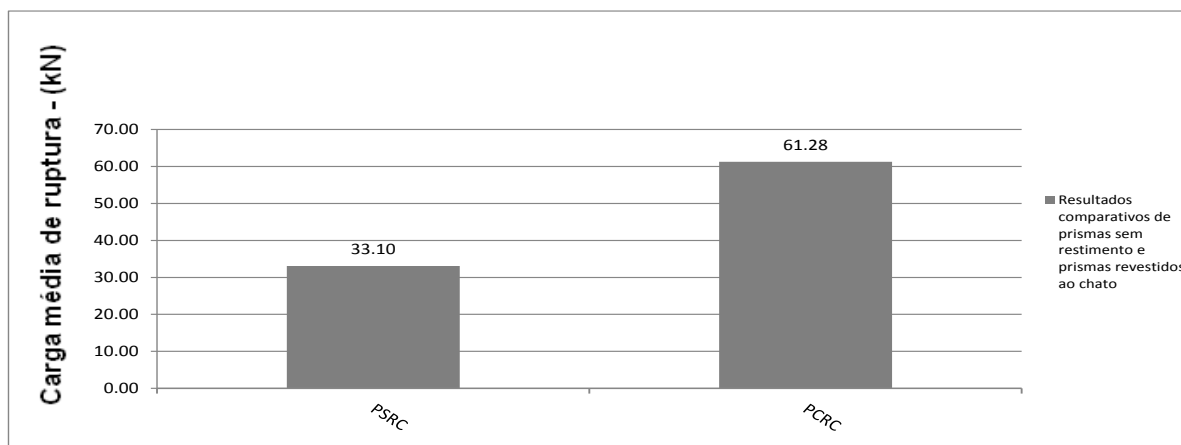


Figura 4.17 - Carga média de ruptura de primas sem revestimento e primas revestidos ao chato (KN)

Tabela 4.20 - Resultados comparativos de primas e blocos à galga

Nº	Área (mm ²)	Dimensão do Bloco e Prisma (mm x mm)	Carga Ruptura
	Ab (L x C)		KN
BIG	17100	90 x 190	41.8
PSRG	17100	90 x 190	18.5
PCRG	24700	130x190	45.1

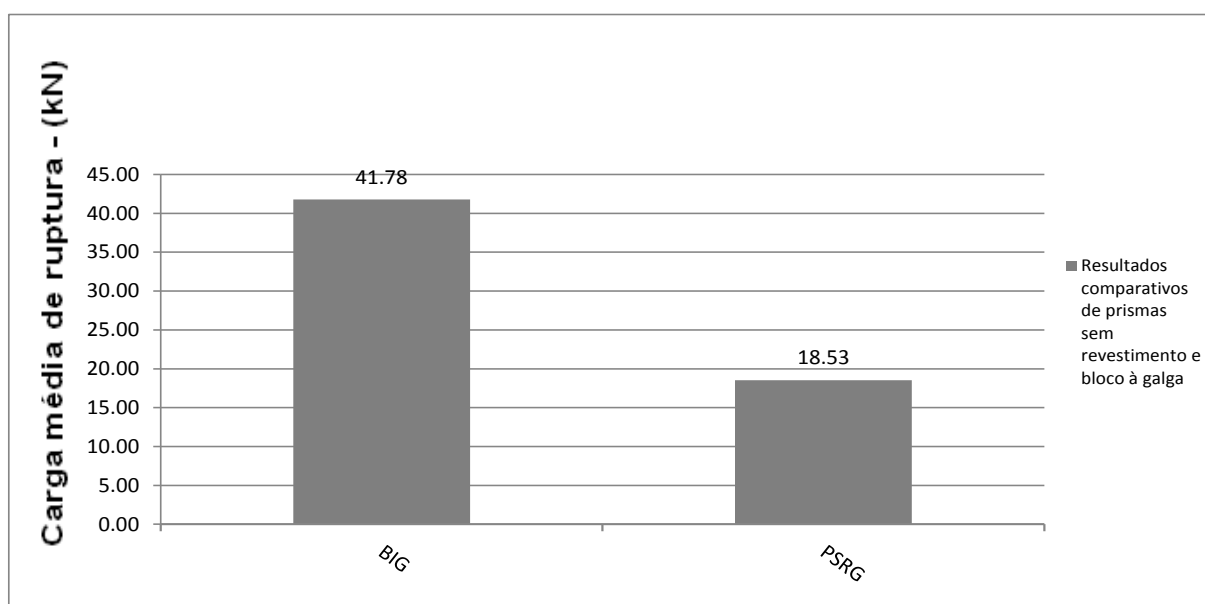


Figura 4.18 - Carga média de ruptura de primas sem revestimento e blocos à galga (KN)

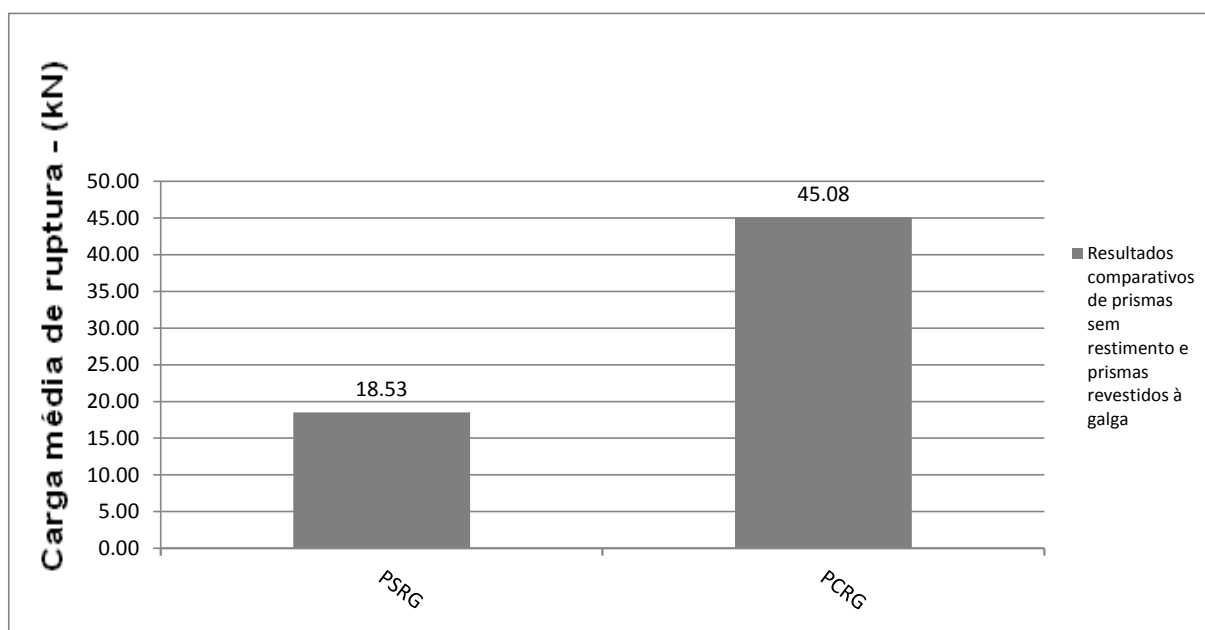


Figura 4.19 - Carga média de ruptura de primas sem revestimento e primas revestidos à galga (KN)

4.9. Análise dos resultados de resistência à compressão dos prismas (ao chato e à galga)

Quando se adota como referência a carga média de ruptura dos blocos individuais à galga, os resultados dos prismas sem revestimento chegam a 44,3% dos blocos individuais, enquanto que os prismas com revestimento chegaram a 108% da carga de ruptura. Outrossim, o resultado para prismas sem revestimento ao chato chegou a 50,1% do valor da carga média de ruptura dos blocos individuais, enquanto que os prismas com revestimento obtiveram o percentual de 92,7% da carga de ruptura.

Os prismas com revestimento feitos com argamassa com 3 blocos ao chato, conforme constam nas Tabelas 4.19 e 4.20, tiveram um incremento na capacidade de carga chegando até ~ 85% de prismas sem revestimento. Já com relação aos prismas com revestimento à galga, verificou-se um acréscimo na sua capacidade de carga de ~ 143% de prismas sem revestimento.

4.10. Análise comparativa de resistência à compressão dos prismas (à galga) sobre os trabalhos estudados:

A partir do cenário acima descrito, torna-se imperativa uma observação mais aprofundada sobre a Tabela 4.22, visto que esta apresenta uma análise comparativa entre as cargas médias de ruptura de prismas de blocos cerâmicos à galga, conforme foi demonstrado pelos estudos anteriores relacionados com a presente pesquisa, juntamente como os resultados de amostras de paredes fornecidas pelo ITEP. Vale salientar, ainda, que a área de aplicação de carga do prisma é de 90 mm x 190 mm e que a amostra de parede fornecida pelo Instituto é variável e tem uma média 140 mm x 375 mm. Outrossim, destaca-se que todos os elementos ensaiados foram confeccionados sob as mesmas condições e mão de obra.

Para efeito de comparação, os dados apresentados por Mota (2006) nos ensaios de resistência à compressão, foram transformados de MPa para KN.

Levando em consideração as áreas dos blocos e dos revestimentos existentes em cada amostra, as formas, as resistências dos blocos e a escala utilizada para execução dos mesmos, é possível analisar comparativamente a resistência média dos blocos individuais para cada pesquisa, observando a tabela 4.21.

Tabela 4.21 - Resistências média dos blocos em MPa

RESISTÊNCIA MÉDIA DOS BLOCOS (MPa)	
MOTA (2006)	2,85
ANDRADE (2007)	2,87
AZEVEDO (2010)	2,05
AUTOR (2013)	2,61

A partir do cenário descrito anteriormente, e observando mais atentamente a Tabela 4.22, torna-se imprescindível a elaboração de uma análise comparativa entre a presente obra com as demais pesquisas debruçadas sobre o tema estudado, de modo a ponderar sobre seus diferentes resultados. Assim, é possível concluir que:

- os dados dos prismas sem revestimento encontrados na presente obra apresentaram o percentual de 55% do valor obtido na pesquisa de Mota (2006). E no tocante aos prismas com argamassa fraca de 20 mm, o percentual alcançado, nesta mesma relação, foi de 54%.
- na comparação com os estudos de Andrade (2007), os prismas sem revestimento utilizados pelo autor desta obra apresentaram o percentual de 33% do valor obtido na pesquisa desse. Contudo, na comparação entre os prismas revestidos com espessura de 15 e 20 mm, respectivamente, o percentual alcançado, nesta mesma relação, foi de 35%.
- na comparação com os estudos de Azevedo (2010), os prismas sem revestimento, utilizados pelo autor desta obra, apresentaram um acréscimo de 94%. Contudo, na comparação entre os prismas revestidos com espessura de

15 e 20 mm, respectivamente, houve um acréscimo de 14% em relação ao primeiro.

- na relação dos dados encontrados de amostras de paredes fornecidas pelo ITEP, com os resultados presentes nesta pesquisa, verificou-se que os prismas com revestimento de 20 mm de espessura utilizados pelo autor desta obra apresentaram uma carga média de ruptura de 73,6% do valor encontrado pelas amostras de paredes fornecidas pelo Instituto.

Tabela 4.22 - 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	-

4.10.1. Análise sobre a influência do tipo de revestimento, tomando com referência os prismas nus (sem revestimento) em função do acréscimo médio de carga de ruptura:

Na observação da Tabela 4.23 e Figuras 4.20 e 4.21, 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 4.23 - 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

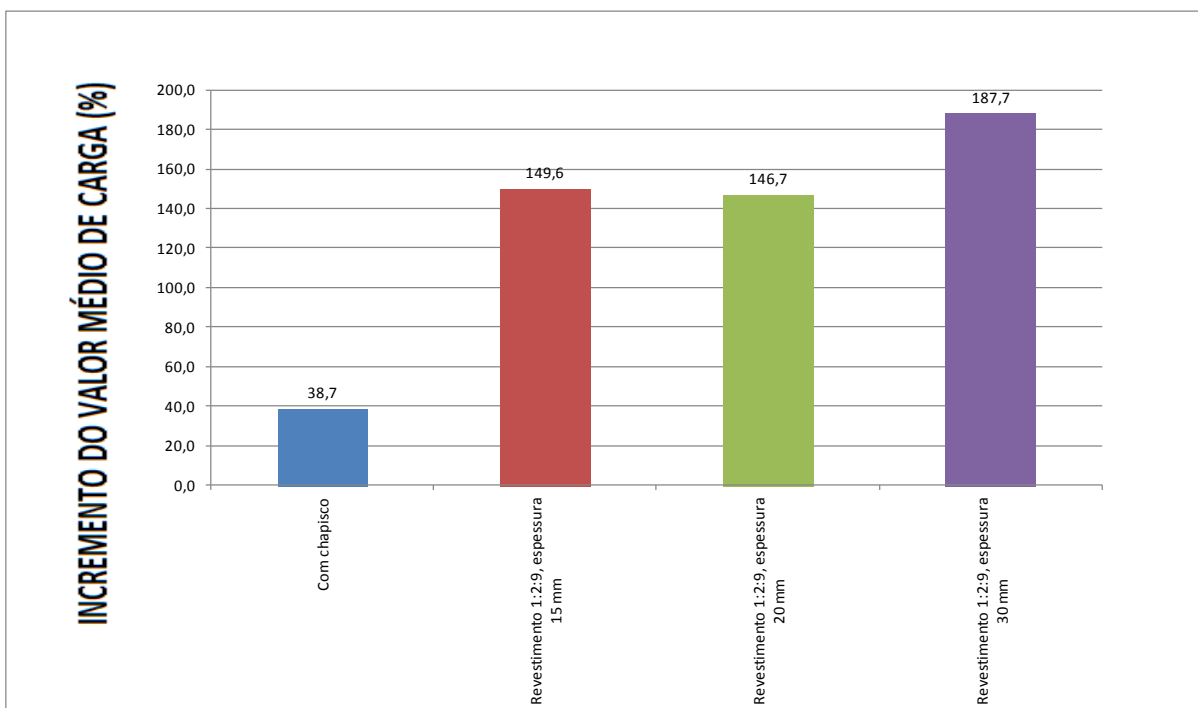


Figura 4.20 - Resumo dos resultados em função do revestimento com relação a carga média de ruptura

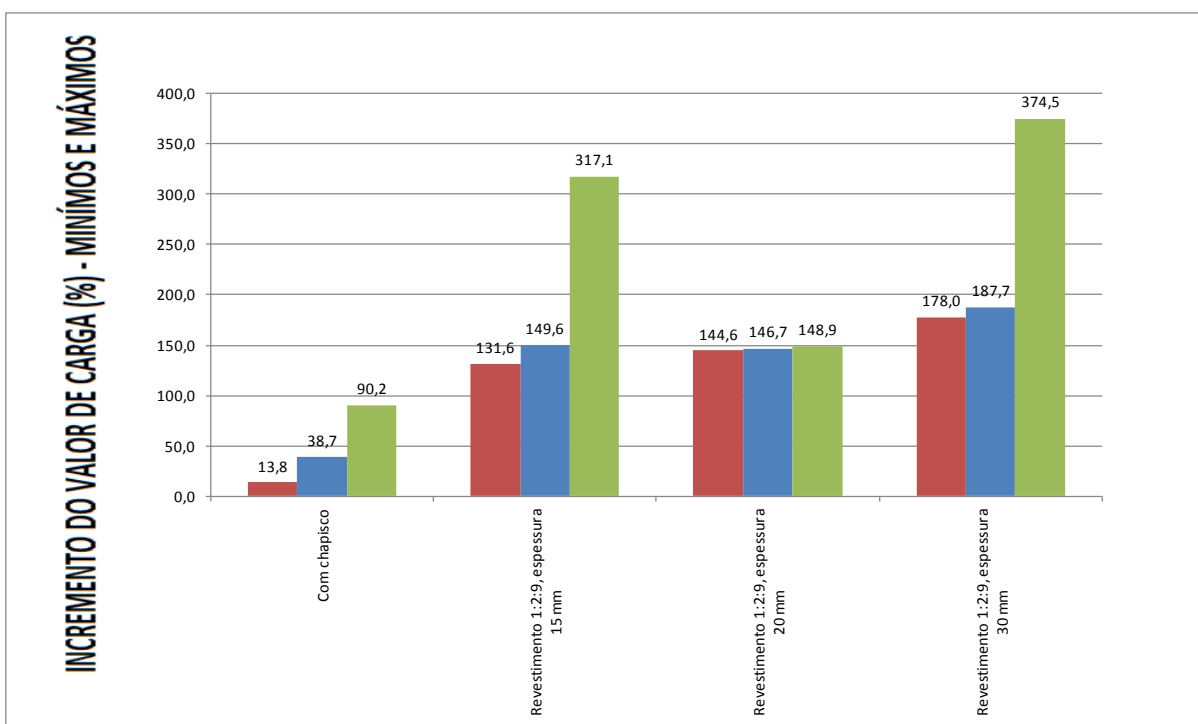


Figura 4.21 - Resumo dos resultados em função do revestimento com relação a carga de ruptura em função dos valores mínimos e máximos

4.10.2. Análise para a carga admissível da parede de alvenaria:

Vale salientar que não existe norma técnica para calcular o comportamento estrutural da alvenaria resistente. Contudo, a norma NBR 10837:2000 – Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto – é a que mais se aproxima ao estudo da alvenaria resistente, possibilitando estimar a carga admissível da parede de alvenaria de bloco cerâmico. Para tanto, a fórmula utilizada para o cálculo deste tipo de carga para blocos vazados de concretos é:

$$P_{alv} = 0,20 \times P_{up} \left[1 - \left(\frac{h}{40 \times t} \right)^3 \right]$$

Equação 4.1

Sendo:

P_{alv} = Resistência da parede;

P_{up} = Carga de ruptura média do prisma;

h = altura efetiva da parede;

t = espessura efetiva da parede.

Supondo uma parede com 280 cm de altura, e usando a média das amostras para primas à galga, é possível observar, com relação a tensão média de ruptura, que:

- Para prisma à galga sem revestimento

$t=90$ mm

$f_{alv} = 0,2 \times 1,08 \times (1 - (280 / (40 \times 9))^3) = 0,114$ MPa

- Para prisma à galga revestido com argamassa fraca de 2,0 cm de espessura

$t=130$ mm

$$f_{alv} = 0,2 \times 1,82 \times (1 - (280 / (40 \times 13))^3) = 0,307 \text{ MPa}$$

- Para amostras da RMR à galga

$$t = 145 \text{ mm}$$

$$f_{alv} = 0,2 \times 1,12 \times (1 - (280 / (40 \times 14))^3) = 0,196 \text{ MPa}$$

Na utilização da mesma análise para carga média de ruptura é admissível observar que :

- Para prisma à galga sem revestimento

$$t = 90 \text{ mm}$$

$$f_{alv} = 0,2 \times 1843 \times (1 - (280 / (40 \times 9))^3) = 195,17 \text{ Kg}$$

- Para prisma à galga revestido com argamassa fraca de 2,0 cm de espessura

$$t = 130 \text{ mm}$$

$$f_{alv} = 0,2 \times 4499 \times (1 - (280 / (40 \times 13))^3) = 759,32 \text{ Kg}$$

- Para amostras da RMR à galga

$$t = 145 \text{ mm}$$

$$f_{alv} = 0,2 \times 6125 \times (1 - (280 / (40 \times 14))^3) = 1087,17 \text{ Kg}$$

Desse modo, comparando-se as cargas atuantes com a capacidade de carga resistente da parede e apreciando a ação favorável do revestimento, é razoável expor que este é um dos possíveis motivos da estabilidade da superestrutura de algumas edificações na Região Metropolitana do Recife com estas características.

4.11. 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 4.24. Neste contexto, é interessante perceber que a área de aplicação de carga do prisma é de 190 x 190 mm² e a da amostra do Instituto é variável e alcança, em média, 220 x 350 mm².

Tabela 4.24 - 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

Tomando como base os resultados obtidos na presente pesquisa para o exame da Tabela 4.24, que relaciona a carga de ruptura média nos prismas, foi possível perceber que os prismas revestidos com argamassa fraca de 20 mm de espessura apresentam 64% dos resultados extraídos das amostras de parede do embasamento fornecidas pelo ITEP. Entretanto, não podemos afirmar que as amostras fornecidas pelo Instituto apresentaram uma tensão maior que os resultados da presente obra, pois as mesmas apresentam uma área maior.

4.12 Curva carga x deslocamento

A partir das Figuras 4.22 a 4.27 pode-se observar os resultados individuais dos deslocamentos de cada tipo de bloco e prisma ensaiado à galga e ao chato nesta pesquisa. Vale salientar também que os valores de deslocamento empregados nos gráficos foram obtidos pela média dos resultados dos dois extensômetros utilizados durante os ensaios.

O processo de apuração dos dados obtidos ocorreu a partir da leitura dos extensômetros nas faces laterais dos blocos, em que dois indivíduos ficaram responsáveis pela leitura dos dados por meio da observação dos valores de deslocamento que variavam em função da velocidade de aplicação da carga, em torno de 0,04 a 0,06 MPa/s, conforme estabelecido por norma NBR15270-3. O que demonstra a grande dificuldade com a qual os resultados foram alcançados.

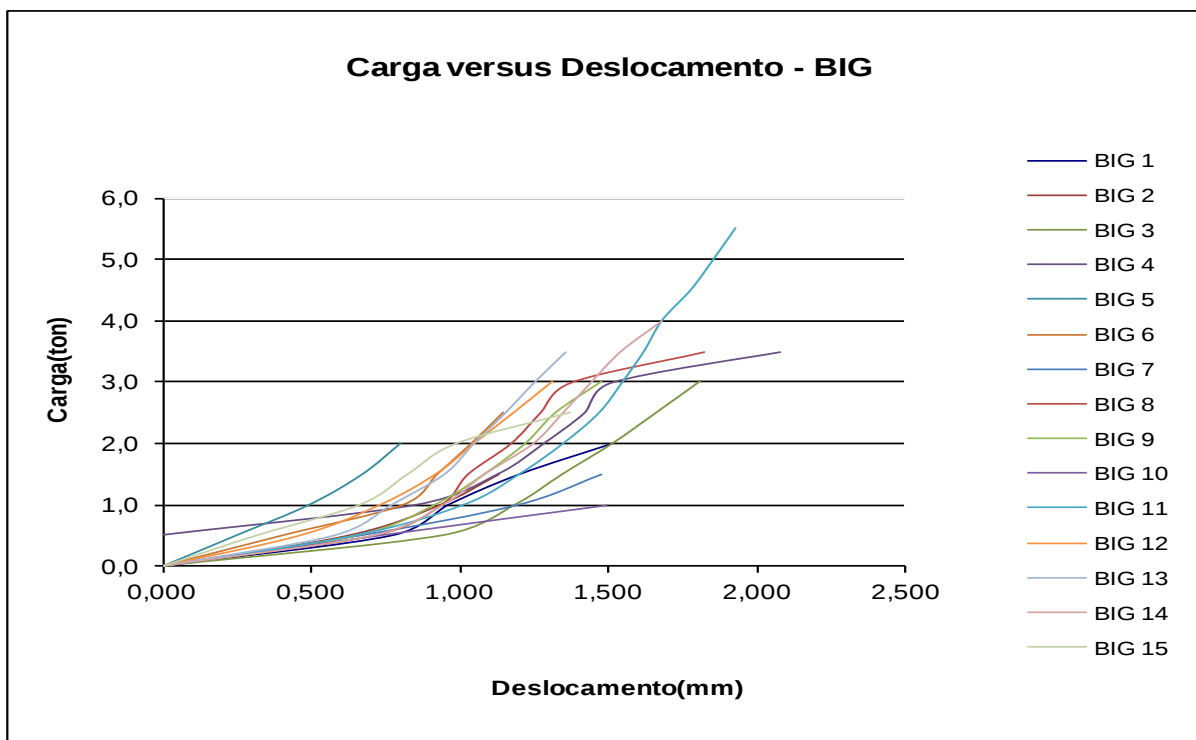


Figura 4.22 - Carga x Deslocamento dos blocos individuais à galga - BIG

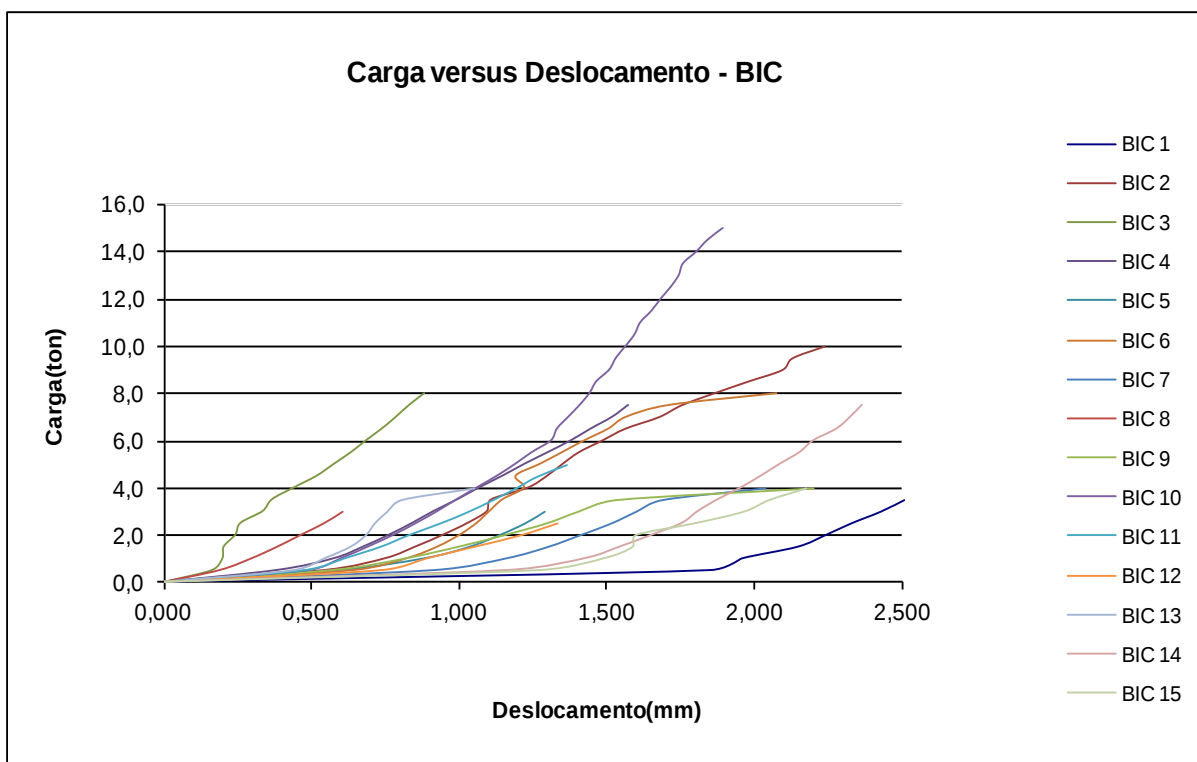


Figura 4.23 - Carga x Deslocamento dos blocos individuais ao chato - BIC

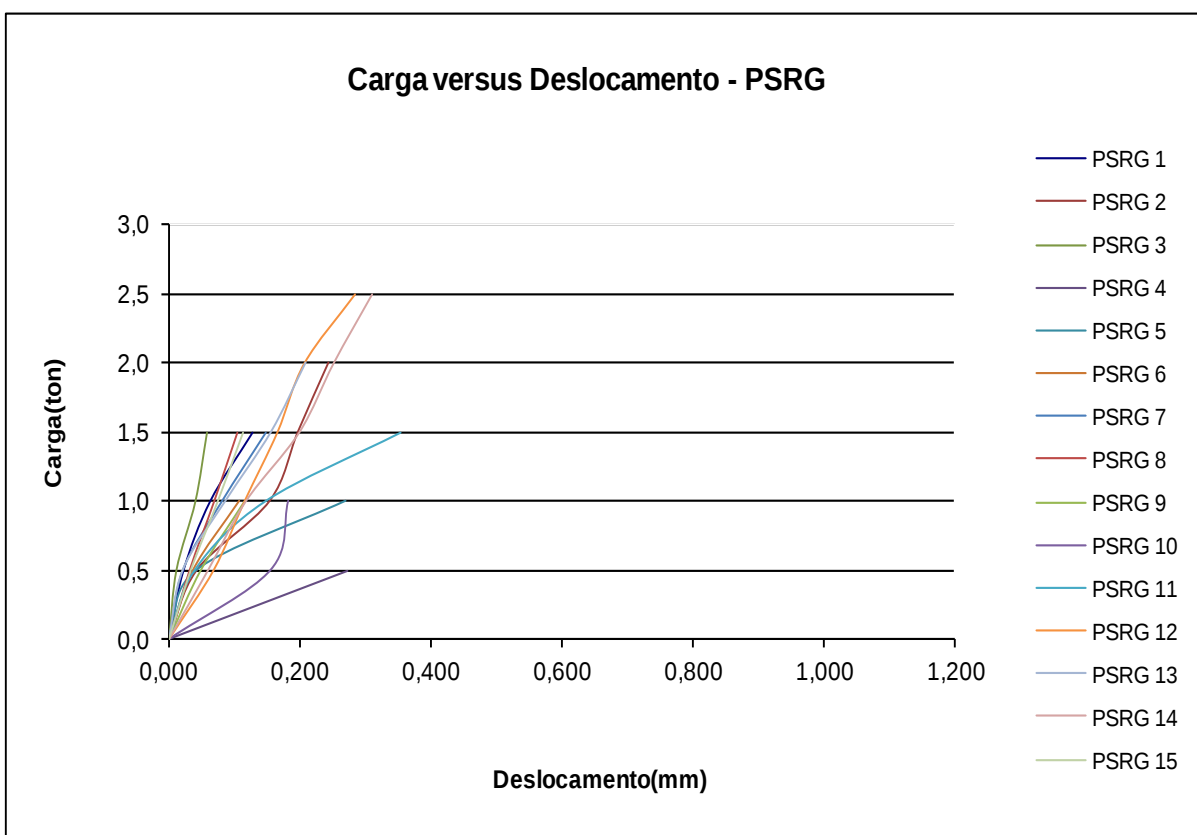


Figura 4.24 - Carga x Deslocamento dos prismas sem revestimento à galga

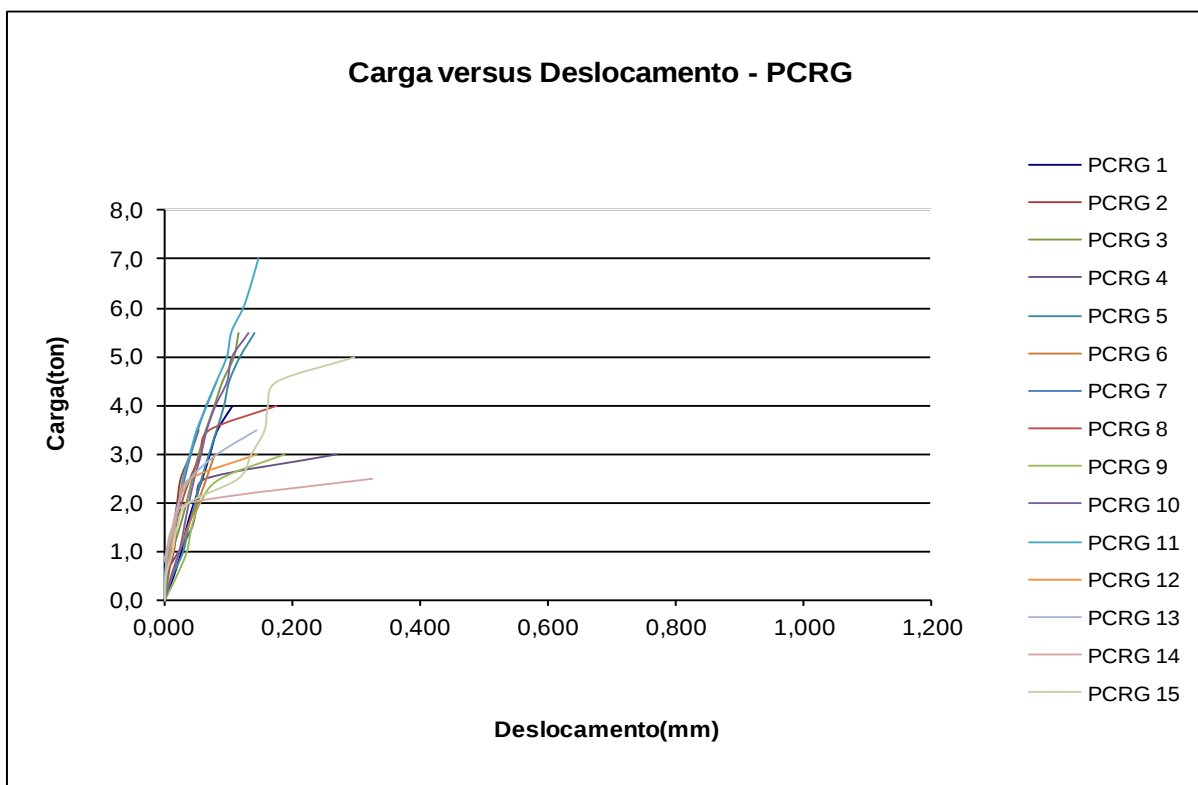


Figura 4.25 - Carga x Deslocamento dos prismas c/revestimento 20 mm de espessura à galga

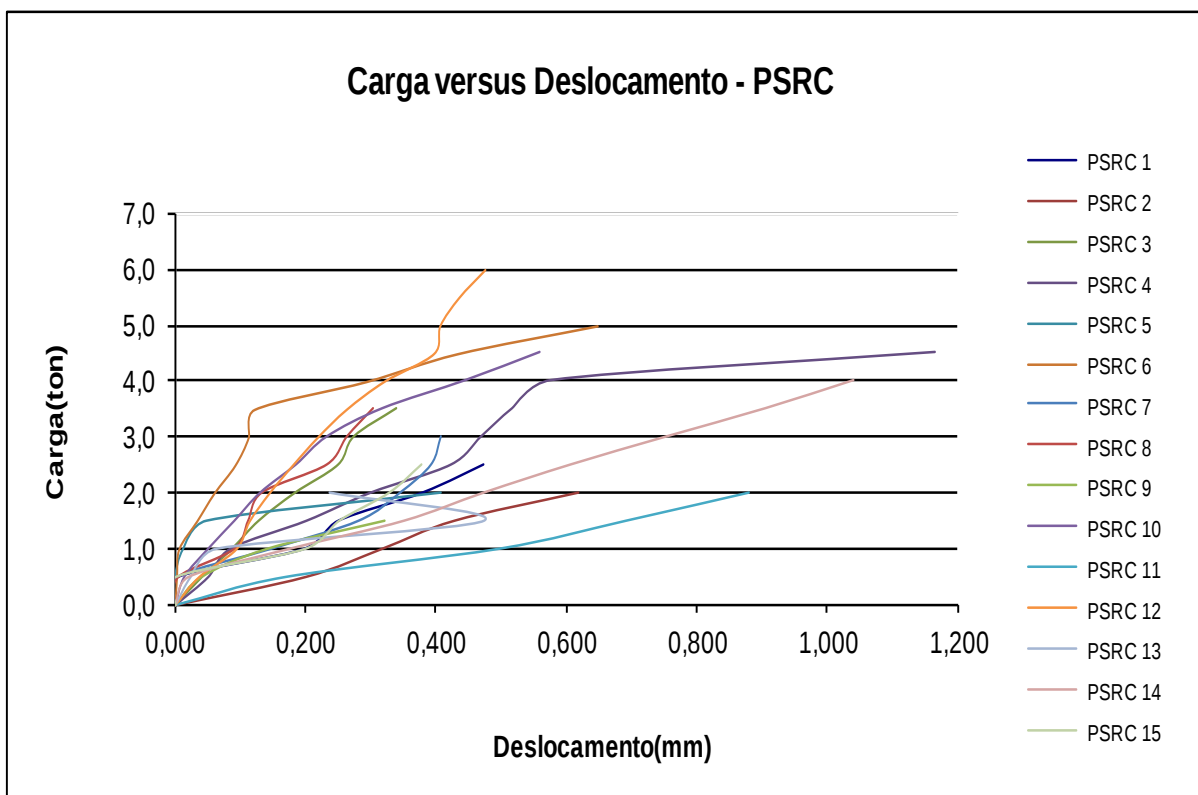


Figura 4.26 - Carga x Deslocamento dos prismas sem revestimento ao chato

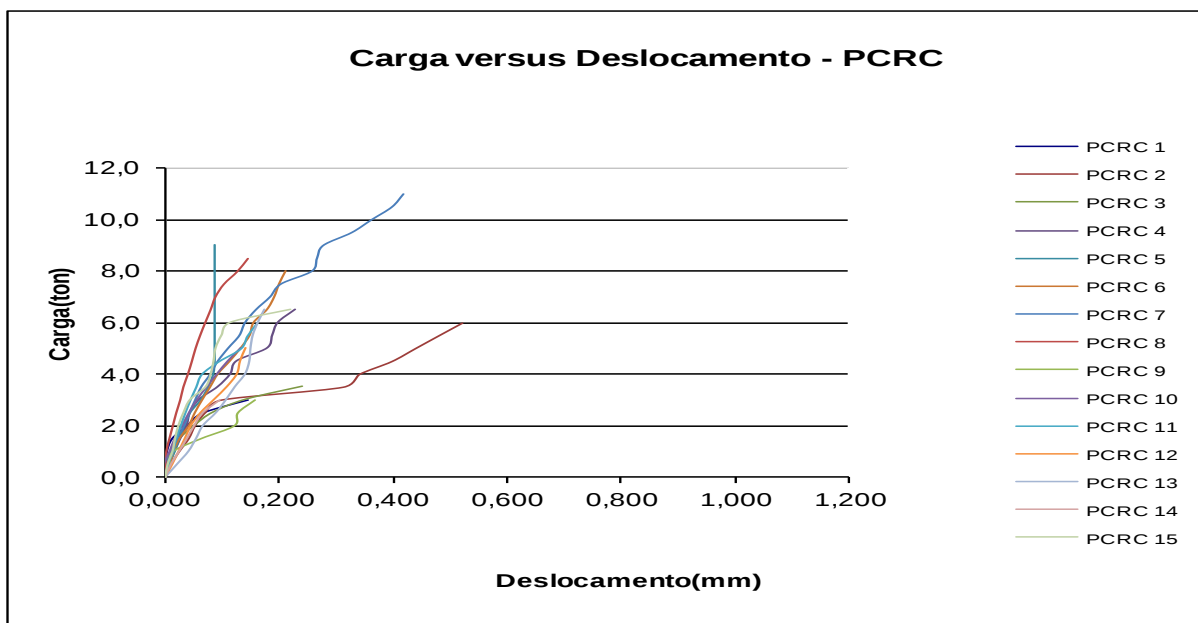


Figura 4.27 - Carga x Deslocamento dos prismas c/revestimento 20 mm de espessura ao chato

Ao analisar, com o método de instrumentação utilizado, os deslocamentos dos blocos e primas ensaiados nesta pesquisa, percebe-se que, em linhas gerais, foi possível observar que os prismas sem revestimento apresentaram rigidez inferior aos primas revestidos. Já os blocos, por possuírem menor altura que os prismas, apresentaram maior diferença entre os resultados de deslocamentos encontrados.

Foi possível analisar também que, entre Figuras 4.22 a 4.27, de carga x deslocamento, houve o aumento da resistência à compressão dos prismas e blocos, diminuindo a deslocamento de ruptura do prisma. Nota-se ainda que há várias “quebras” nas curvas devido às rupturas nos prismas, o que se mostra como uma característica da alvenaria estrutural, pois a parede vai progressivamente apresentando rupturas nas juntas ou nas unidades de alvenaria, durante o processo de carga. Os deslocamentos analisados variaram de 0,3 mm a 2,5 mm tanto para blocos como para primas ao chato e à galga.

Os resultados mostraram que a camada de revestimento, fez elevar a capacidade resistente dos prismas à galga (em pé) em aproximadamente de 150%. E os resultados também mostraram que a camada de revestimento, redundou na elevação da capacidade resistente dos prismas ao chato (deitado) em aproximadamente de 80%.

5 CONCLUSÕES E SURGESTÕES

5.1. Conclusões:

Levando em consideração todos os questionamentos já referidos no decorrer do trabalho, torna-se indispensável a exposição das seguintes conclusões:

- Os ensaios de compressão realizados em componentes e prismas de blocos cerâmicos sem revestimento mostraram rupturas bruscas;
- Os ensaios de compressão realizados em componentes e prismas de blocos cerâmicos revestidos mostraram rupturas menos explosivas, porém continuamente bruscas;
- 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 utilização 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 prismas 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.

5.2. Sugestões:

Faz-se necessária uma maior reflexão contextual sobre o estudo da alvenaria. Por conseguinte, sugere-se analisar outros importantes aspectos, tais como:

- realização de ensaios em alvenaria dobrada para melhor análise da estrutura de fundação nos edifícios tipo "caixão", observando o seu comportamento para buscar estabelecer um quadro médio real;
- efetivação de simulações com elementos finitos dos modelos estudados nesta pesquisa assim como em pesquisa anteriores, vislumbrando uma melhor visualização das tensões atuantes sobre os prismas a serem identificados nas regiões críticas de ruptura.
- desenvolvimento de análises comparativas sobre um número maior de pesquisas, propondo abarcar uma maior quantidade de amostras, favorecendo assim a obtenção de resultados que sejam mais abrangentes quanto ao ganho da capacidade de carga.

REFERÊNCIAS

ABNT/CB-02 - 2º PROJETO 02:123.03-001/1 - DEZEMBRO:2009

Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos — Parte 1: Projetos.

ABNT/CB-02 - 2º PROJETO 02:123.03-001/2 - DEZEMBRO:2009

Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos — Parte 2: Execução e controle de obras.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBRNM45**. Agregados - determinação da massa unitária e do volume de vazios, Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBRNM46**. Agregados - determinação do material fino que passa através da peneira 75 micrometro, por lavagem, Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBRNM52**. Agregado miúdo - determinação de massa específica e massa específica aparente, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBRNM248**. Agregados - determinação da composição granulométrica, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 5738**. Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova, Rio de Janeiro, 2008.

_____. **NBR 6467**. Agregados - determinação do inchamento de agregado miúdo - método de ensaio, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7211**. Agregados para concreto – especificação, Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7215**. Cimento portland – determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, 1997.

_____. **NBR 7218**. Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis, Rio de Janeiro, 2010

_____. **NBR 7222**. Argamassa e concreto – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos, Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 8949**. Paredes de alvenaria estrutural: ensaio à compressão simples, Rio de Janeiro, 1985.

_____. **NBR 10837**. Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto - procedimento, Rio de Janeiro, 2000.

_____. **NBR 15270-1**. Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação e estrutural – terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15270-3**. Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação e estrutural – métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2005

ACCETTI, KRISTIANE MATTAR - **Contribuição ao Projeto Estrutural de Edifícios em Alvenaria**. São Carlos/SP:1998. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 1998.

ALVES, F.S. **Análise do comportamento estrutural de um conjunto de edifícios construídos com alvenaria resistente submetidos á ação de recalques**. Recife/PE, 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, 2006.

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).

CARVALHO, J. M. de **Investigação experimental e numérica aplicada a um edifício caixão da Região Metropolitana do Recife**. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina (2010).

FALCÃO BAUER, L.A. **Materiais de Construção**. Vol. 1, 5ª edição revisada São Paulo. Editora LTC, 2000.

FILHO, ALUIZIO BARBOSA. **LAUDO PERICIAL dos Blocos 30, 50, 70, 80, 90, 98, 110, 120, 130, 140 e 150 da Quadra nº 01** - Cj. Hab. Muribeca – Jaboatão/PE. – 5ª V. Federal - Proc. Nº 10335-19.2009

FERNADES, M. J. G. E FILHO, A. F. S. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com Bloco de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. Graduando em Engenharia Civil e mestre em Engenharia Civil respectivamente.

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).

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).

MOTA, JOÃO MANOEL F.E OLIVEIRA, ROMILDE ALMEIDA. - **Formas de Ruptura em Prismas de Alvenaria Resistente de Blocos Cerâmicos**. II Congresso Brasileiro de Pontes e Estruturas – Rio de Janeiro, 2007.

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

OLIVEIRA, R. A. **Notas de Aulas da Disciplina de Alvenaria Estrutural** – Mestrado de Estruturas, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

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 DAMAGED STRUCTURES. João Pessoa, 2005, p. 106-111.

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

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.

PRUDÊNCIO JUNIOR, L. R.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis: Associação Brasileira de Cimento Portland, 2002

RAMALHO, M. A. e CORRÊA M. R. S. **Notas de Aulas da Disciplina de Alvenaria Estrutural** – Mestrado de Estruturas, UFPE – Universidade de São Paulo, São Carlos , 1999.

SANTIAGO, J. W. C. M. **Deterioração de embasamentos de fundações de prédios construídos em alvenaria resistente**. Dissertação (Mestrado), Universidade Católica de Pernambuco (2009).

SCHNEIDER, R. R. & DICKLEY, W. L. **Reinforced Masonry Design**. Engewood Cliffs, USA. Prendice Hall, 1970.

ANEXOS

Resultados de amostras de paredes de superestrutura e embasamento da fundação de um edifício da RMR fornecidos pelo ITEP



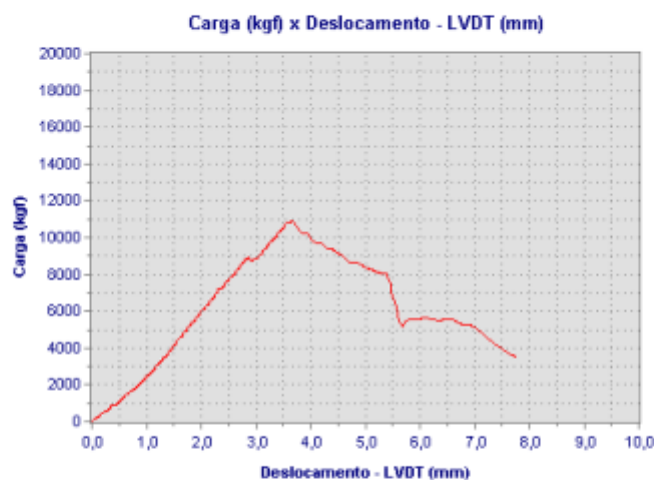
Dados da amostra

Nome da amostra:
Tipo da amostra: Fundação
Data do Ensaio: 24/03/2008
Responsável Técnico: Paula Lins
Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
Observações: Bl. C1
Peso: 34,400
Dimensão: 22 x 41 x 30

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 10.916 (kgf)
Deslocamento Máximo: 7,8 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



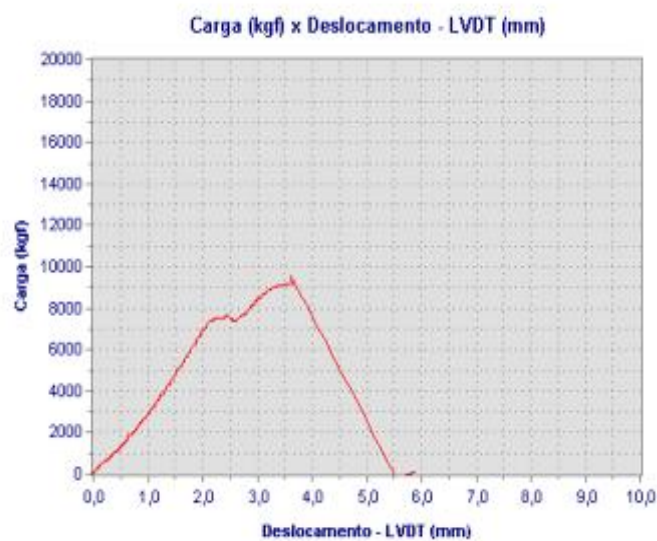
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 24/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
 Observações: Bl. C2
 Peso: 42,600
 Dimensão: 23 x 32 x 40

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 9.194 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 5,9 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



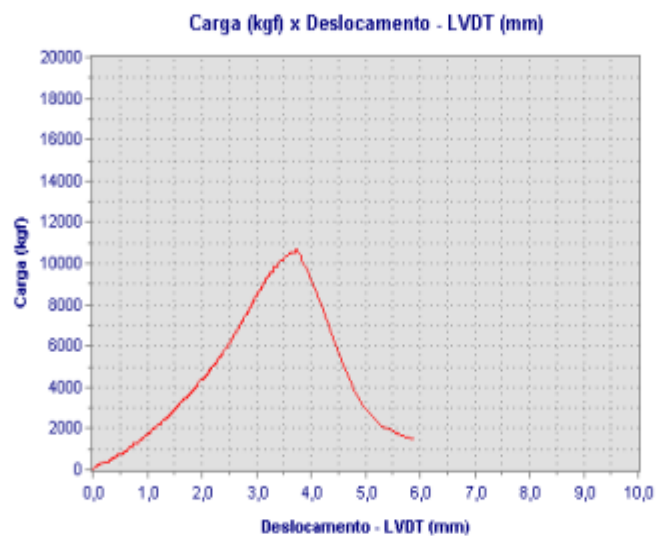
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
 Observações: BI, D1
 Peso: 25,600
 Dimensão: 23 x 26 x 28

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 10.548 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 6,0 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



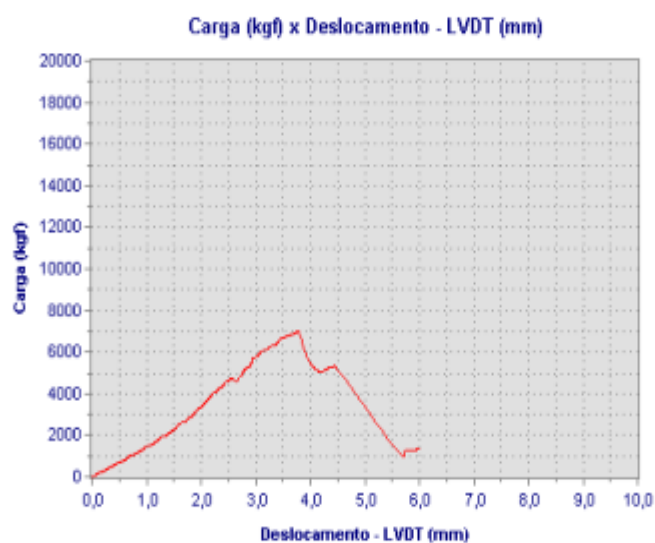
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
 Observações: Bl. D2
 Peso: 22.400
 Dimensão: 20 x 30 x 29

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 6.951 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 6,1 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



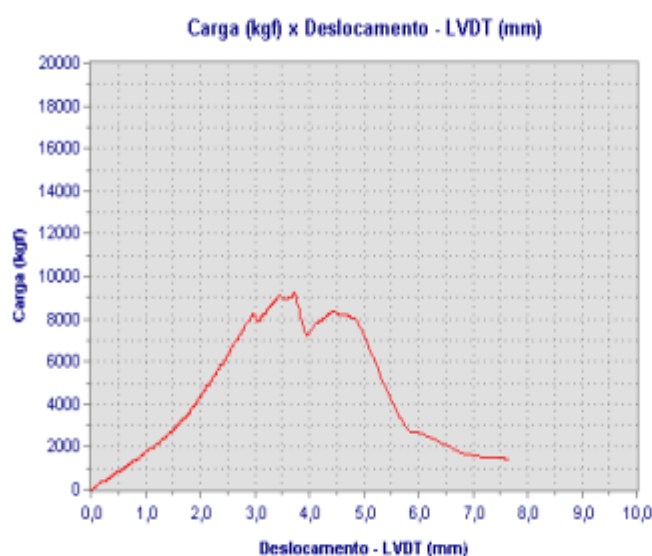
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
 Observações: BL E1
 Peso: 27,400
 Dimensão: 20 x 33 x 30

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 9.140 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 7,7 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



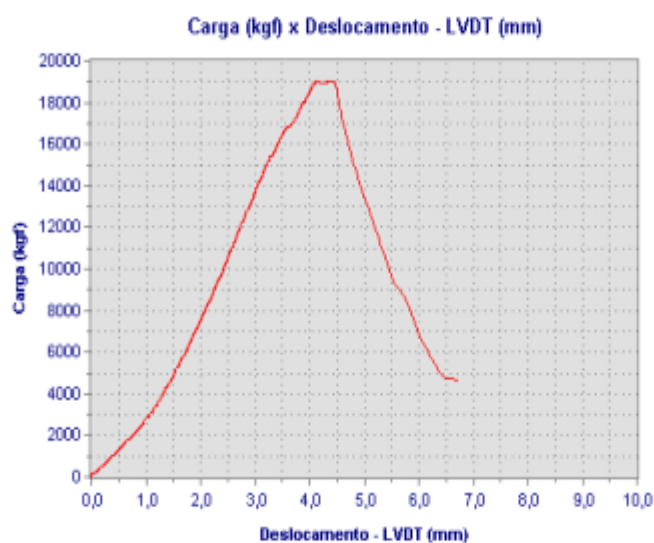
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
 Observações: Bl. E2
 Peso: 59,500
 Dimensão: 25 x 39 x 42

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 19.012 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 6,8 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



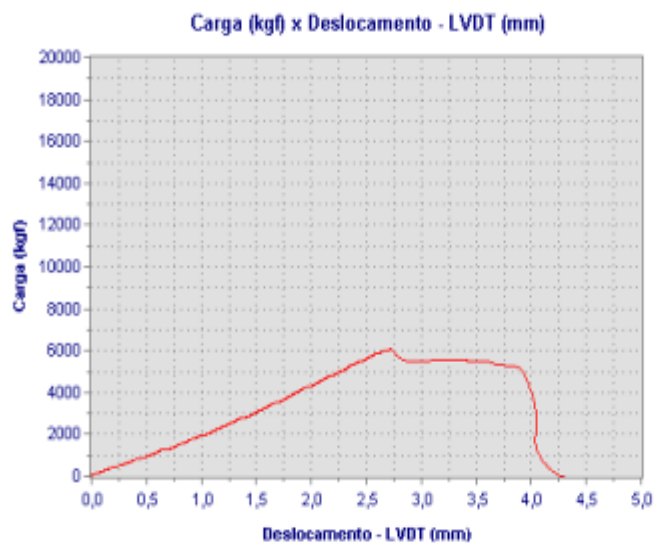
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
 Observações: Bl. F1
 Peso: 28,600
 Dimensão: 20 x 38 x 30

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 6.072 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 4,6 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



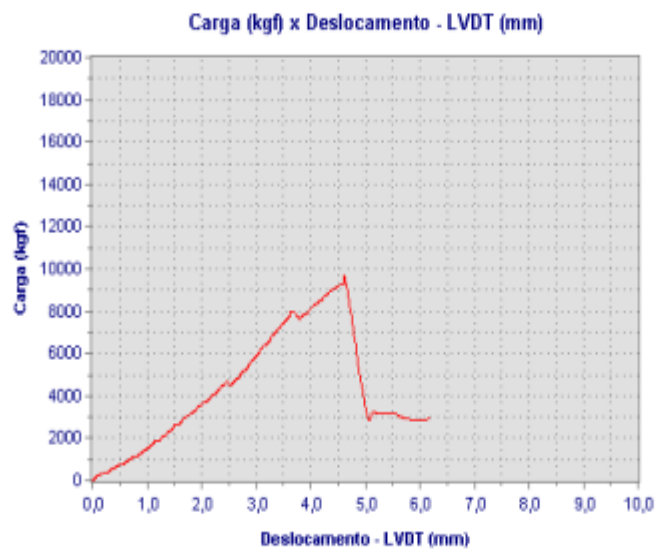
Dados da amostra

Nome da amostra:
Tipo da amostra: Fundação
Data do Ensaio: 24/03/2008
Responsável Técnico: Paula Lins
Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
Observações: Bl, G1
Peso: 53,600
Dimensão: 22 x 39 x 43

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 9.283 (kgf)
Deslocamento Máximo: 6,2 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



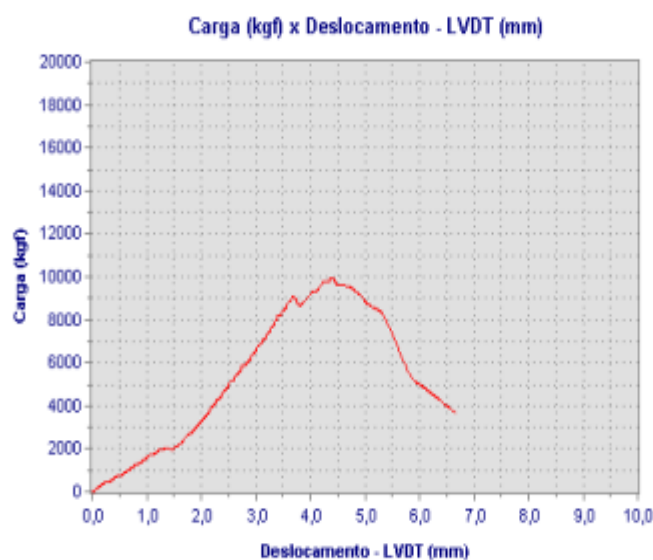
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 24/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
 Observações: BI, G2
 Peso: 33,000
 Dimensão: 20 x 40 x 29

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 9.963 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 6,8 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



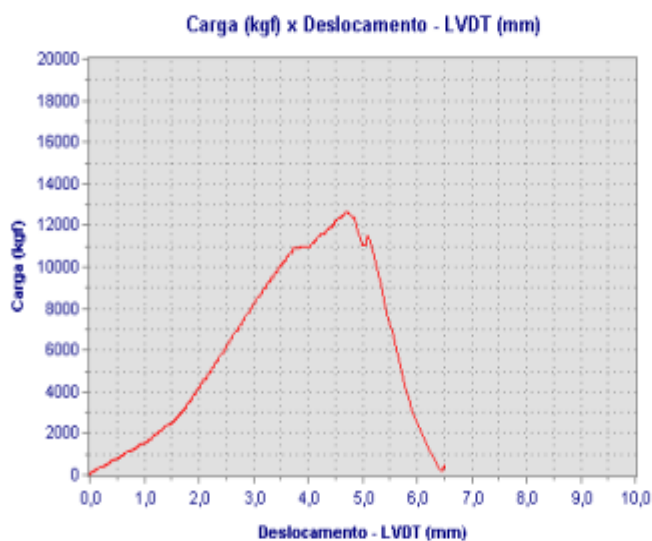
Dados da amostra

Nome da amostra:
Tipo da amostra: Fundação
Data do Ensaio: 24/03/2008
Responsável Técnico: Paula Lins
Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
Observações: Bl. H1
Peso: 48,200
Dimensão: 23 x 34 x 42

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 12.670 (kgf)
Deslocamento Máximo: 6,6 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



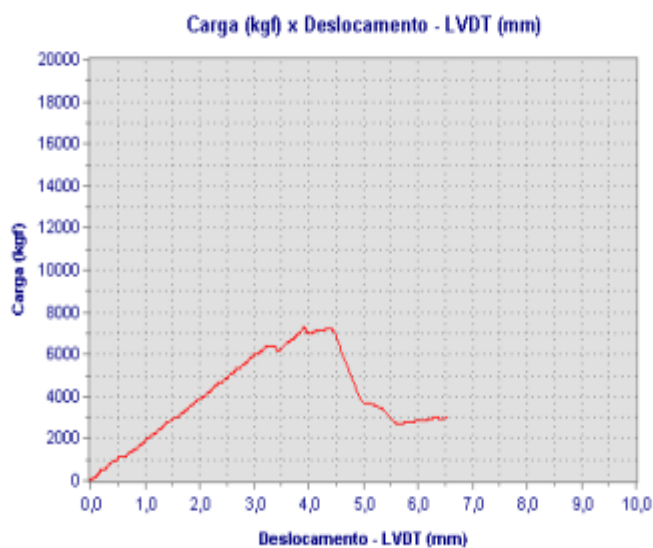
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 24/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
 Observações: Bl. H2
 Peso: 24,600
 Dimensão: 21 x 32 x 28

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 7.287 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 6,6 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



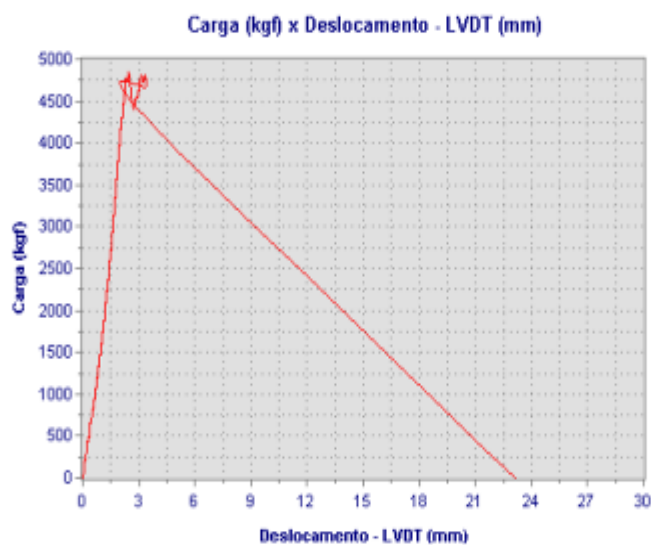
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Fundação
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. 12
 Peso: 43,000
 Dimensão: 22 x 33 x 44

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 4.887 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 25,1 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



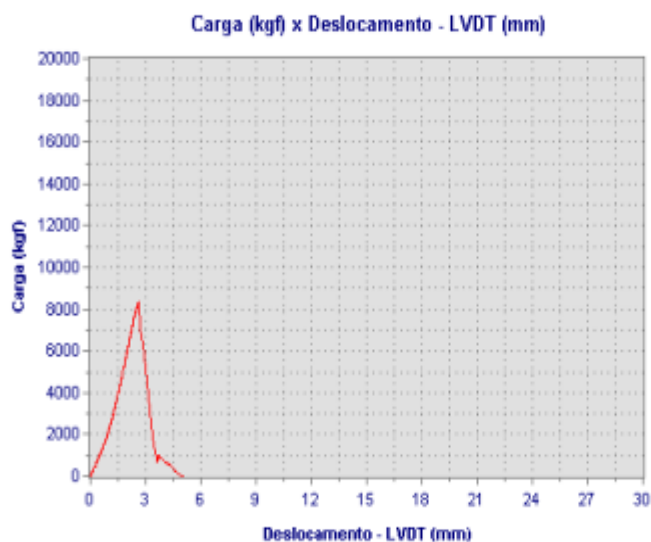
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 26/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. C1
 Peso: 40,900
 Dimensão: 14 x 48 x 43

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 8.284 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 25,4 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



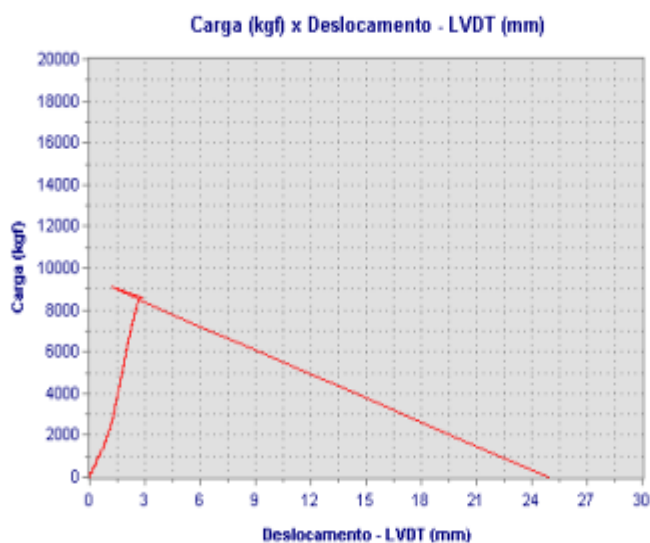
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 26/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. C2
 Peso: 43,200
 Dimensão: 15 x 48 x 40

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 8.602 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 26,4 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



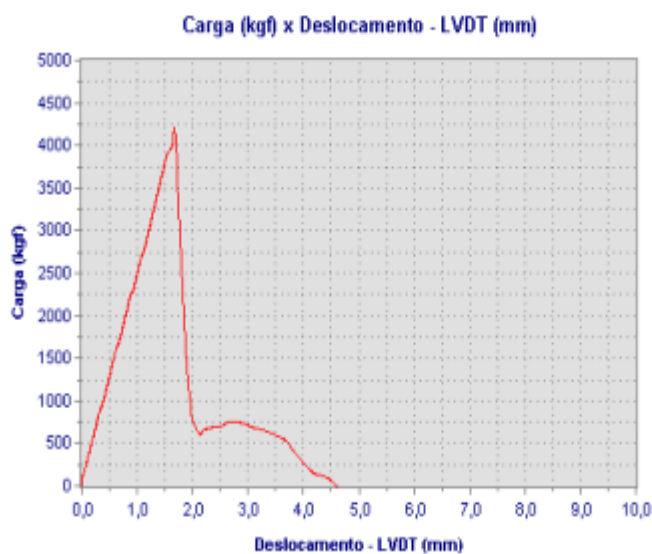
Dados da amostra

Nome da amostra:
Tipo da amostra: Superestrutura
Data do Ensaio: 26/03/2008
Responsável Técnico: Paula Lins
Material Utilizado: Bloco cerâmico seis furos
Observações: Bl. D1
Peso: 44,400
Dimensão: 15 x 49 x 43

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 4.011 (kgf)
Deslocamento Máximo: 5,7 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



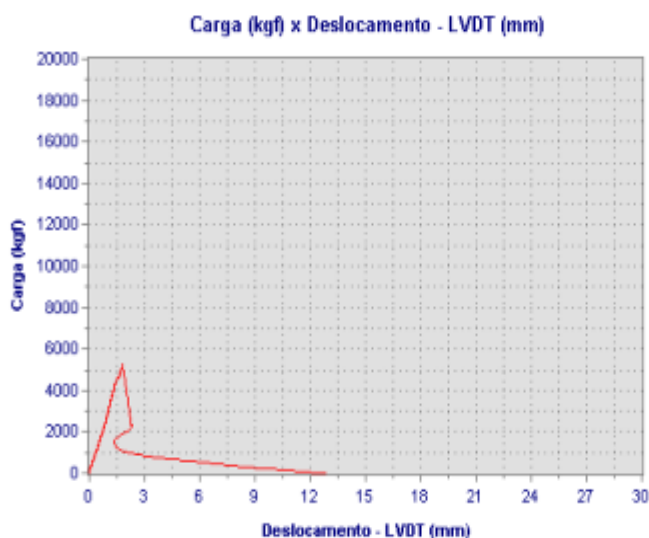
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. D2
 Peso: 24,600
 Dimensão: 15 x 37 x 41

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 5.193 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 24,1 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



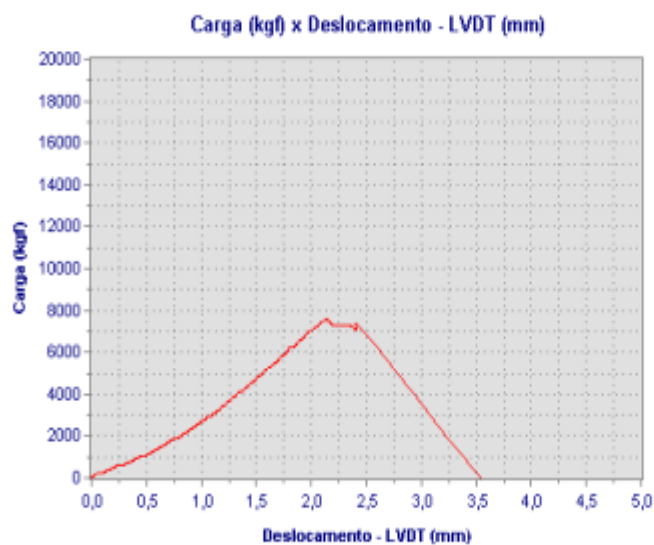
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 26/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. E1
 Peso: 39,400
 Dimensão: 14 x 49 x 39,5

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 7.572 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 4,5 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



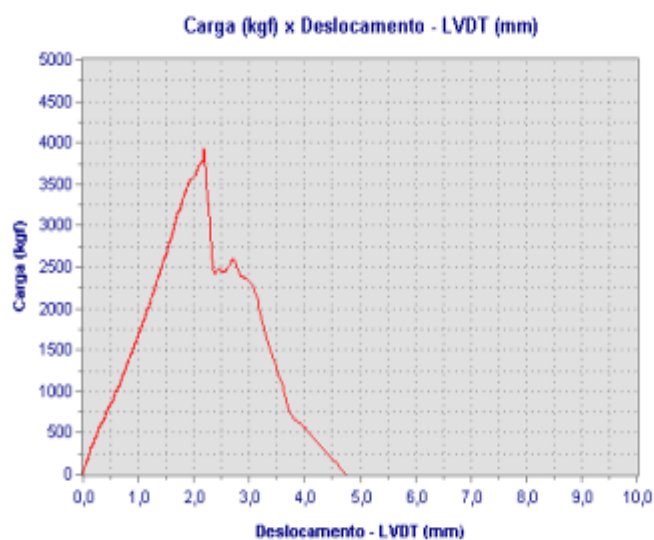
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 26/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. E2
 Peso: 37,400
 Dimensão: 14 x 47,5 x 39,5

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 3.860 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 6,9 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



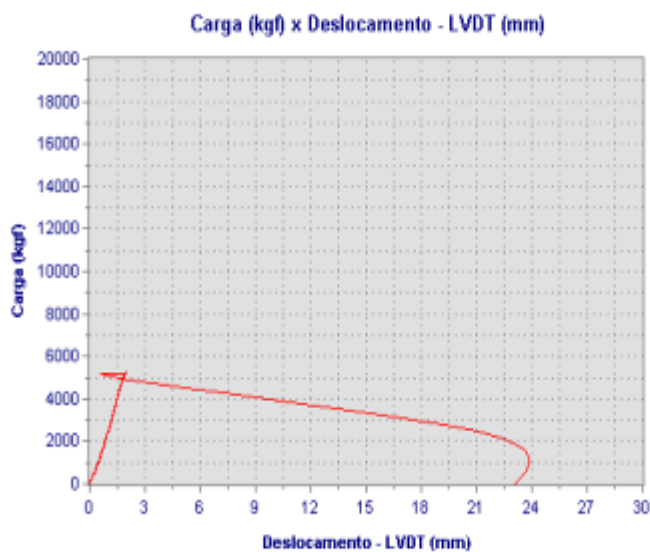
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: BL F1
 Peso: 23,000
 Dimensão: 13,5 x 36 x 34,5

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 5.246 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 22,7 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



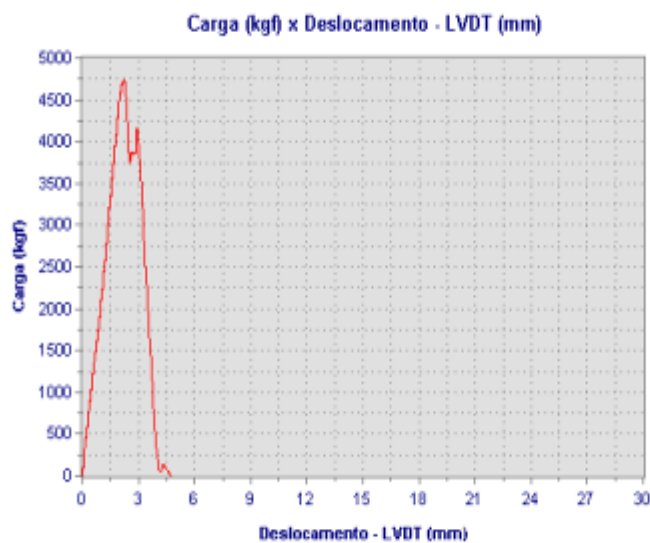
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. F2
 Peso: 26,800
 Dimensão: 13 x 36 x 40

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 4.736 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 29,0 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



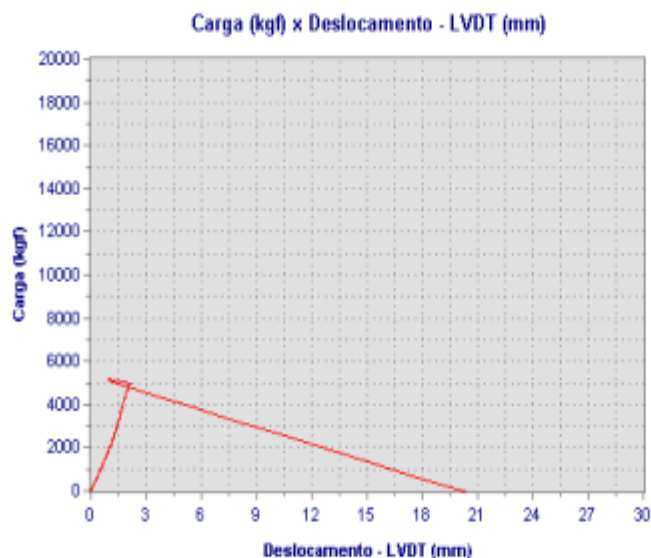
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: BL G1
 Peso: 35,800
 Dimensão: 14 x 50 x 38,5

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 5.002 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 23,2 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



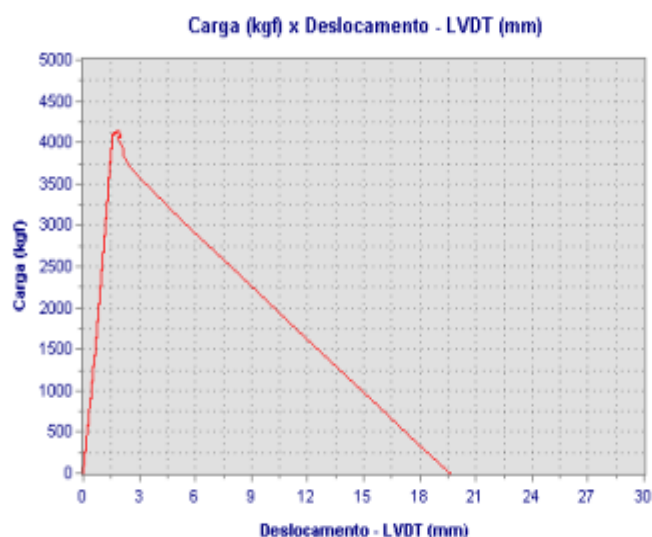
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. G2
 Peso: 26,000
 Dimensão: 13 x 32 x 41

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 4.143 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 22,8 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



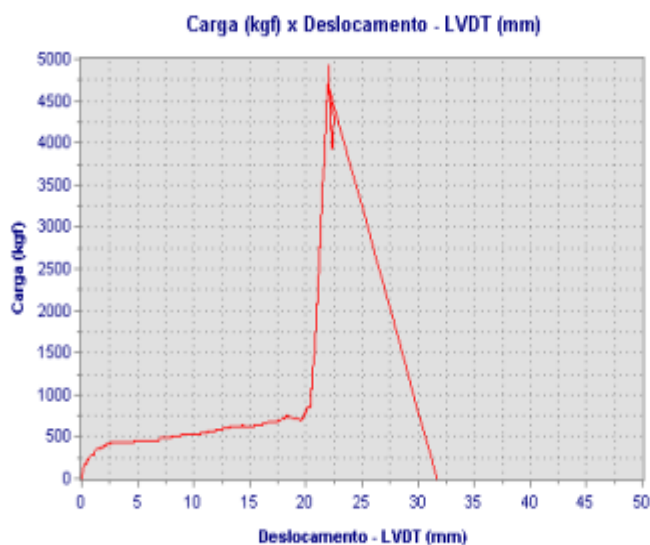
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: BI, H1
 Peso: 45,800
 Dimensão: 14 x 49 x 48

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 4.882 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 32,9 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



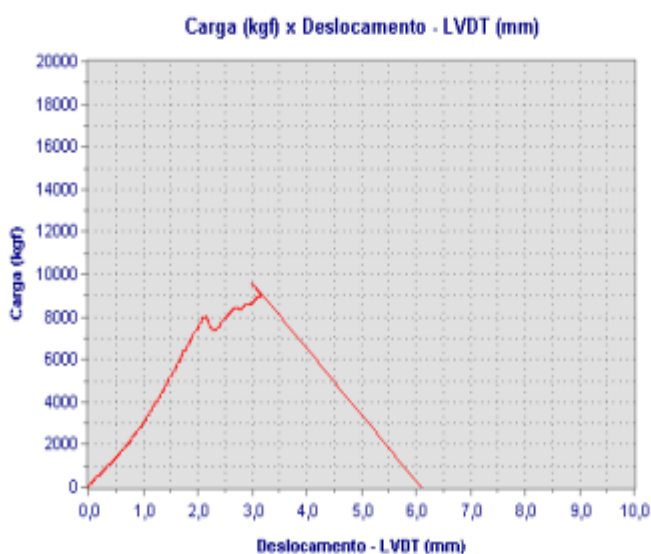
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 25/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. H2
 Peso: 37,000
 Dimensão: 14 x 49,5 x 38

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 8.966 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 6,9 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



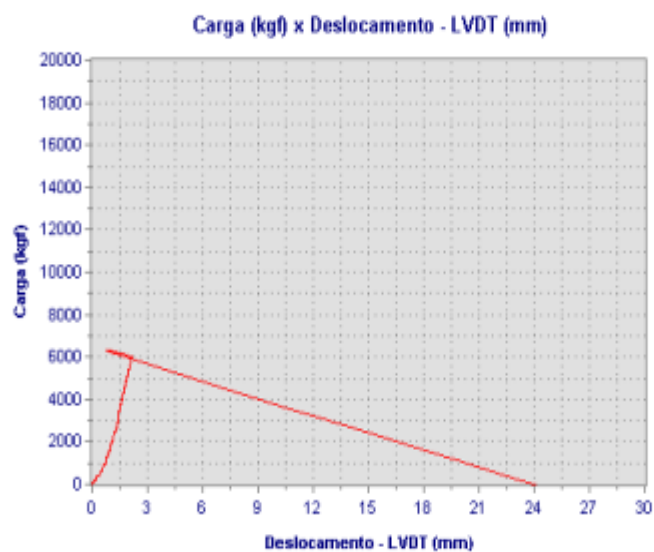
Dados da amostra

Nome da amostra:
 Tipo da amostra: Superestrutura
 Data do Ensaio: 26/03/2008
 Responsável Técnico: Paula Lins
 Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
 Observações: Bl. I2
 Peso: 33,200
 Dimensão: 13 x 48,5 x 41

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 6.022 (kgf)
 Deslocamento Máximo: 25,6 (mm)

Gráfico do ensaio realizado



Dados da amostra

Nome da amostra:
Tipo da amostra: Superestrutura
Data do Ensaio: 26/03/2008
Responsável Técnico: Paula Lins
Material Utilizado: Bloco cerâmico oito furos
Observações: BL 12
Peso: 35,500
Dimensão: 13,5 x 49 x 34

Resultados do ensaio

Carga Máxima: 9.225 (kgf)
Deslocamento Máximo: 6,5 (mm)

Gráfico do ensaio realizado

