



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE
TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e
Construção Civil

INFLUÊNCIA DO CAPEAMENTO E
CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA
A COMPRESSÃO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL DE BLOCOS DE
CONCRETO

Ernesto Silva Fortes

São Carlos (SP), 2012.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE
TECNOLOGIA**

**Programa de Pós-Graduação em Estruturas e
Construção Civil**

**INFLUÊNCIA DO CAPEAMENTO E
CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA
A COMPRESSÃO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL DE BLOCOS DE
CONCRETO**

INFLUÊNCIA DO CAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO

Estudante: **Ernesto Silva Fortes**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de São Carlos – UFSCar – , Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil (DECIV), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Estruturas e Construção Civil.

Orientador: **Guilherme Aris Parsekian**

São Carlos (SP)

2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

F738ic

Fortes, Ernesto Silva.

Influência do capeamento e caracterização da resistência a compressão de alvenaria estrutural de blocos de concreto / Ernesto Silva Fortes. -- São Carlos : UFSCar, 2013.
303 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Alvenaria. 2. Alvenaria estrutural. 3. Blocos de concreto. 4. Pesquisa experimental. 5. Capeamento. I. Título.

CDD: 693.1 (20ª)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil
Rod. Washington Luís, Km 235
13565-905 – São Carlos – SP
Fone: (16) 3351-8261 Fax (16) 3351-8262
e-mail: ppgeciv@ufscar.br site: www.ppgeciv.ufscar.br

“INFLUÊNCIA DO CAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DE ALVENARIA ESTRUTURAL DE BLOCOS DE CONCRETO.”

ERNESTO SILVA FORTES

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em treze de dezembro de 2012.

Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. Guilherme Aris Parsekian
Departamento de Engenharia Civil/PPGECiv /UFSCar
Orientador

Prof. Dr. Humberto Ramos Roman
Departamento de Engenharia Civil/Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC
Examinador externo

Prof. Dr. Jefferson Sidney Camacho
Departamento de Engenharia Civil/UNESP-IS
Examinador externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, que me deu coragem, paciência e sabedoria para realizar este trabalho, e superar mais esta fase da minha vida.

Ao professor Guilherme Aris Parsekian, pela compreensão, paciência, incentivo e instruções nesses anos de convívio e orientação. Pela amizade e respeito, que se construíram durante esse tempo, e, principalmente, pelos esclarecimentos das dúvidas e incertezas que surgiram nesse caminhar.

Aos meus pais amados, Orlando Francisca Fortes e Maria de Fatima da Cruz Silva, pelo amor e apoio incondicional, pois, se hoje eu consegui mais essa vitória, foram eles que me deram condições para alcançá-la.

Às minhas queridas Irmãs, Danisia Fortes, Dirlene Silva, Etelvina Silva, Suzilene Fortes e Stefania Silva que sempre me apoiaram e muito me ajudaram.

Ao meu filho Leonardo Fortes, por ser o meu porto seguro, a minha inspiração e a certeza que me dá forças para lutar.

À minha namorada Risiane Silva pelo apoio, pela compreensão e pela paciência.

Aos amigos que compartilharam esse período da minha vida e que muito me ajudaram:
Juari Santos Rocha, Hernany Gomes, Célio Gomes, Tomaz Vaz entre outros.

A aluna de iniciação científica, Isadora Pinheiro pela ajuda incansável durante os ensaios e na discussão dos resultados.

À Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) que financiou os meus estudos que tanto me ajudou, e ao auxiliar no contato com fabricantes de blocos das variadas resistências e na doação do material a ser ensaiado.

A CAPES e ao Laboratório de Sistemas Estruturais da Universidade Federal de São Carlos (LSE/UFSCar) pelo apoio.

I. RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar a resistência à compressão e o módulo de elasticidade da alvenaria estrutural de blocos de concreto de baixa a alta resistência.

Esse tópico é motivado pela constatação de que existem poucos parâmetros para o dimensionamento à compressão de alvenaria estrutural de blocos de concreto, considerando as várias opções de resistência e grauteamento, em especial para blocos de maior resistência (acima de 12 MPa) cujo uso tem se tornado corrente no Brasil. A partir de levantamento nacional realizado em parceria com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), foi também possível constatar nem sempre ensaios de prismas são efetivamente realizados nos controles de obras executadas nas diferentes regiões do Brasil.

Outro objetivo deste trabalho foi avaliar a possibilidade de utilizar material seco, tais como, madeira compensada, chapa-dura, forro-pacote (chapa mole) para capeamento em substituição à pasta de cimento e fornecer ao meio técnico as relações entre prisma e bloco confiáveis para resistência de blocos de concreto de baixa a alta resistência.

Para tanto, foram realizados ensaios de compressão axial e do módulo de elasticidade dos prismas grauteados e não grauteados, e compressão axial de blocos de concreto com os capeamentos secos, com a pasta de cimento e por meio de processo de retificação para testes comparativos. Foram realizados mais de mil ensaios de argamassas, grautes, blocos e prismas com f_{bkS} variando de 5 a 34 MPa, divididos em dez faixas de resistência.

Baseado nos resultados desta pesquisa, foi possível concluir sobre a necessidade de dosagem adequada do graute e do procedimento executivo, que tem influência na resistência do prisma grauteado. Acerca dos vários capeamentos analisados, após estudo inicial onde todos os capeamentos propostos foram considerados, escolheu-se o chapa-dura como comparativo em relação ao de pasta de cimento. A partir dos resultados e, considerando vários tipos de análises estatísticas, foi possível concluir os dois capeamentos, chapa-dura e pasta de cimento, como equivalentes para o ensaio de bloco.

Em relação ao de prisma oco, nem todas as formulações estatísticas permitem concluir categoricamente pela equivalência para todas as dez faixas de resistência ensaiadas. Entretanto, o valor característico final não resultou em diferença superior a 10%. No caso de prisma grauteado conclui-se pela não equivalência dos tipos de capeamento.

Outra importante conclusão são as indicações de relações entre prisma (oco e grauteado) e bloco para as variadas resistências avaliadas.

II. ABSTRACT

This project aim was to evaluate the compressive strength of masonry concrete block from low to high resistances.

This topic is motivated by the observation that there are no reliable parameters for designing the compression strength of masonry concrete block, considering the various options of strength and grouting available, especially for higher strength blocks (above 12 MPa) whose use has become widespread in Brazil. From the national survey conducted in partnership with the ABCP it was also possible to observe that not always prisms are actually tested as a parameter to control the quality of the job-site execution control in the different regions of Brazil. Another motivating point of this project is the observation of the difficulty procedure and high dispersion of inter-laboratory test data when testing compression strength of blocks and prisms capped with cement paste. It is also objective to evaluate the possibility of using a dry material, such as plywood, hardboard, and fiberboard for capping, replacing the usual cement paste capping. More than a thousand tests were carried out to determine the axial compression and the modulus of elasticity of grouted and non-grouted prisms and concrete blocks with dry capping and the cement paste and by grinding process for comparative testing. The blocks compressive strength ranged from 5 to 34 MPa.

Based on the results it is possible to conclude on the need for proper dosage of the grouting procedure and the executive, which has influence on the prism strength. After a first phase, when all capping materials were considered, the hardboard was chosen as the comparative to cement paste. It is possible to conclude that both capping materials lead to equivalent result when testing concrete blocks. For hollow prism testing, it is not possible to categorically conclude to the statistical equivalence when considering all ten resistance ranges tested, but the characteristic value did not result in a difference greater than 10%. In the case of grouted prism we can conclude to the non-equivalence of types of capping.

Another important conclusion is the indications of prism (hollow and grouted) / block strength ratio for the several resistances evaluated.

III. LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relações de eficiência prisma/bloco, segundo algumas normas internacionais.....	67
Figura 2 – Resultados de relações prisma/bloco, segundo vários autores.	76
Figura 3 - Geometria dos blocos de concreto estudados: blocos de parede fina (PF) e blocos de parede grossa (PG)- (LEGLER <i>et al.</i> , 1998).....	77
Figura 4 - Influência da resistência da argamassa (total) na resistência dos prismas não grauteados (ROMAGNA, 2000).....	81
Figura 5 - Influência da resistência da argamassa (total) na resistência dos prismas grauteados moldados com blocos B1 (ROMAGNA, 2000).....	81
Figura 6 - Influência da resistência do graute na resistência dos prismas com argamassa A1 e assentamento total - (ROMAGNA, 2000)	83
Figura 7 - Influência da resistência dos blocos na resistência dos prismas grauteados, e argamassa A1 - (ROMAGNA, 2000)	85
Figura 8 - influência da resistência dos blocos na resistência dos prismas não grauteados - ..	86
Figura 9 - Influência da resistência dos blocos na resistência dos prismas grauteados para argamassas - menos resistentes (ROMAGNA, 2000).....	86
Figura 10 - Ilustração da correlação de resistência à compressão entre o gesso e a madeira compensada – (OSAMA & AMEED, 2003)	90
Figura 11 - Equipamentos de ensaio pertencentes ao Laboratório de Sistemas Estruturais. ...	96
Figura 12 – Ilustração dos ensaios de granulometria da areia e da brita (fotos do autor).....	97
Figura 13 – Ilustração do ensaio de consistência do graute – Slump Test (fotos do autor)...	100
Figura 14 - Medição das faces dos blocos	102
Figura 15 - Medição das mísulas e das paredes dos blocos.....	102
Figura 16 – Processos de secagem, de saturação e de pesagem dos blocos de concreto (foto autor).	103
Figura 17 – Ilustração do ensaio de compressão da argamassa	107
Figura 18 – Ensaio do Corpo-de-prova do graute.....	109
Figura 19 – Ilustração dos blocos de concreto utilizado - lote (<i>foto autor</i>).....	110
Figura 20 - Montagem e grauteamento dos prismas.	113
Figura 21 – Colocação dos extensômetros elétricos.	113
Figura 22 – Ilustração dos capeamentos com material seco, respetivamente, madeira compensada, forro pacote e chapa dura (<i>foto autor</i>).....	114

Figura 23 - Ilustração do capeamento com pasta de cimento e a retifica respetivamente (<i>foto autor</i>).....	114
Figura 24 – Ilustração do processo de capeamento com pasta de cimento (<i>foto autor</i>)	115
Figura 25 - Ilustração do processo de capeamento com pasta de cimento (<i>foto autor</i>).....	115
Figura 26 – Ilustração do processo de regularização da superfície dos prismas e blocos com material seco (<i>foto autor</i>).....	116
Figura 27 - Ilustração do processo de regularização da superfície dos prismas e blocos com material seco, cont. (<i>foto autor</i>).....	116
Figura 28 - processo de reificação do bloco (<i>foto autor</i>).....	116
Figura 29 - Ilustração da molhagem previa do prisma gradeado (<i>foto autor</i>)	117
Figura 30 – Ilustração da regularização da fase superior do prisma gradeado com pasta de cimento (<i>foto autor</i>)	117
Figura 31 – Moldagem dos prismas (<i>foto autor</i>).	121
Figura 32 – Grauteamento dos prismas (<i>foto autor</i>).	122
Figura 33 – Ilustração do (a) Capeamento com pasta de cimento, e do (b) capeamento com chapa dura (<i>foto autor</i>).	122
Figura 34 – Bloco de concreto do lote utilizado (<i>foto autor</i>).....	125
Figura 35 - Ilustração do capeamento e dos ensaios dos prismas não grauteados (<i>foto autor</i>)	126
Figura 36 – Ilustração do capeamento e dos ensaios dos prismas grauteados (<i>foto autor</i>). ..	128
Figura 37 – Ilustração da chapa dura e do capeamento com pasta de cimento (<i>foto autor</i>)..	128
Figura 38 – Ensaio de compressão axial com obtenção dos deslocamentos (<i>foto autor</i>).....	129
Figura 39 – Ilustração do ensaio (<i>foto autor</i>).....	132
Figura 40 – Ilustração do ensaio de compressão do graute (<i>foto autor</i>).....	133
Figura 41 – ilustração dos ensaios (<i>foto autor</i>).....	134
Figura 42 - <i>Boxplot</i> da análise entre todos os capeamentos para o bloco - B4.....	137
Figura 43 - <i>Boxplot</i> da análise entre todos os capeamentos para o bloco-B8.....	139
Figura 44 - <i>Boxplot</i> da análise entre todos os capeamentos para o bloco-B16.....	141
Figura 45 - Ilustração do ensaio com os dois tipos de capeamento (<i>foto autor</i>).....	142
Figura 46 – <i>Boxplot</i> da análise entre todos os capeamentos para PB4	144
Figura 47 - <i>Boxplot</i> da análise entre todos os capeamentos para PB8	146
Figura 48 - <i>Boxplot</i> da análise entre todos os capeamentos para os prismas não grauteados - PB16.....	148
Figura 49 - <i>Boxplot</i> da análise entre todos os capeamentos para PB4G1.....	150

Figura 50 - Boxplot da análise entre todos os capeamentos para PB8G2.....	152
Figura 51 - Boxplot da análise entre todos os capeamentos para PB16G4.....	154
Figura 52 – Resultados de resistência característica à compressão dos blocos para o capeamento com chapa dura e pasta de cimento.....	162
Figura 53 – Resultados dos coeficientes de variação para os blocos para o capeamento com chapa dura e pasta de cimento.....	162
Figura 54 - Diagramas de caixa por tipos de blocos	163
Figura 55 - Resultados de resistência característica a compressão dos prismas ocios para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento	165
Figura 56 - Resultados dos coeficientes de variação para os prismas ocios para o capeamento com chapa dura e pasta de cimento.....	166
Figura 57 – Resistencia característica a compressão dos blocos e prismas	166
Figura 58 - Diagramas de caixa por tipos de prismas não grauteados em função dos capeamentos	168
Figura 59 - Resultados de resistência característica a compressão dos prismas grauteados para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento	170
Figura 60 - Resultados dos coeficientes de variação para os prismas grauteados para o capeamento com chapa dura e pasta de cimento.....	171
Figura 61 - Resistencia característica a compressão dos prismas grauteados x blocos.	171
Figura 62 – Diagramas de caixa por tipos de prismas grauteados	173
Figura 63 - Resultados das eficiências prismas/blocos para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento.....	174
Figura 64 – Eficiência prisma/bloco	175
Figura 65 - Resultados das eficiências prismas grauteados/prismas ocios para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento.....	176
Figura 66 – Eficiência prismas grauteados/prismas ocios x resistência característica do bloco	177
Figura 67 – Gráfico de relações de eficiência prismas/bloco (normalizações).....	178
Figura 68 - Gráfico de relações de eficiência prismas/bloco (autores diversos)	179
Figura 69 – Comparação dos módulos de elasticidade entre os prismas grauteados, capeados com pasta de cimento e com chapa dura.....	182
Figura 70 - Comparação dos módulos de elasticidade entre os prismas não-grauteados, capeados com pasta de cimento e com chapa dura.	183

IV. LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo de resultados de ensaios experimentais de algumas pesquisas nacionais sobre a resistência à compressão de alvenarias (valores em MPa).....	33
Tabela 2 - Resumo de resultados de ensaios experimentais de algumas pesquisas nacionais sobre a resistência à compressão de alvenarias (valores em MPa) – continuação.....	34
Tabela 3 - Resultados Médios de Elementos com Blocos de Concreto.....	35
Tabela 4 – Dimensões padronizadas dos blocos de concreto	36
Tabela 5 – Espessura mínima das paredes dos blocos de concreto	36
Tabela 6 – Valores de \emptyset	38
Tabela 7 – Requisitos para resistência característica a compressão, absorção e retração (Fonte: NBR 6136: 2007).....	39
Tabela 8 – Propriedades específicas requeridas para a argamassa	41
Tabela 9 – Resultados médios da resistência a compressão e módulo de elasticidade das argamassas (MOHAMAD <i>et al.</i> , 2009)	42
Tabela 10 - <i>Slump</i> admissível para o graute grosso e fino, em função da absorção das unidades de alvenaria.	45
Tabela 11 - Proporção em volume, recomendado para graute fino e grosso para elementos estruturais.....	45
Tabela 12 – Fatores que afetam a resistência da alvenaria	50
Tabela 13 -Resultados de resistência média a compressão, eficiência parede/prisma – (SILVA, 2007).	51
Tabela 14 – Resistência a compressão da alvenaria tendo em conta a resistência do bloco e da argamassa, conforme a $fk = kfb0,7fm0,3$ - EN 1996-1-1: Euro-code 6.	53
Tabela 15 - Resistência à compressão da alvenaria, tendo em vista a resistência do bloco e da argamassa, conforme $fk = kfb0,85$ - EN 1996-1-1: Euro-code6.....	54
Tabela 16 - Valores de K, EN 1996-1-1, para as seguintes situações:	55
Tabela 17 - Requisitos geométricos para os grupos de alvenaria, segundo a EN 1996-1-1.	56
Tabela 18 - Resistência à compressão dos prismas baseados na resistência a compressão do bloco e tipo de argamassa usada na construção, MSJC Specification.	59
Tabela 19 - Fator de correção da resistência à compressão da alvenaria baseados na geometria do prisma, altura e espessura do mesmo.	60

Tabela 20 - Especificação da resistência à compressão dos prismas, $f'm$, para blocos de concreto, Mpa.....	61
Tabela 21 - Fator de correção para a resistência dos prismas com diferentes relações altura/espessura. $imcyc$, México.	62
Tabela 22 – Resistência à compressão dos prismas de concreto ($f_m *$, na área bruta).	63
Tabela 23 - Resistência característica à compressão da alvenaria, na área bruta.	64
Tabela 24 - fator da resistência à compressão (kh).	64
Tabela 25 - Resistência característica a compressão da alvenaria não-grauteada, fk , em Mpa, com blocos com mais do que 25%mas menos do que 60% de espaços vazios e uma relação altura/espessura entre 2,0 e 4,5.	65
Tabela 26 - Resistência característica a compressão da alvenaria não-grauteada, fk , em MPa, com blocos com uma relação altura/espessura igual a 0,6 (Ex: blocos de 29x14x19). ...	65
Tabela 27 - Resistência característica a compressão da alvenaria grauteada, fk , em Mpa, com blocos uma relação altura/espessura entre 0,4 e inferior 0,6 (Ex: blocos de 29x14x19). ...	66
Tabela 28 - Resistência característica a compressão da alvenaria grauteada, fk , em Mpa, com blocos uma relação altura/espessura entre 0,4 e inferior 0,6 (Ex: blocos de 29x14x19). (Continuação).	66
Tabela 29–Resultados de resistência a compressão dos prismas ocos e grauteados, e a eficiência prisma/bloco e prisma grauteado/prisma oco (HENDRY <i>et al.</i> , 2004).	68
Tabela 30 – Resultados de Resistência característica à compressão e eficiência prisma/bloco (CASALI <i>et al.</i> , 2012).	69
Tabela 31 – Resultados de Resistência característica a compressão e eficiência prisma/bloco (GAYED <i>et al.</i> , 2012).	70
Tabela 32 - Resultados de resistência média a compressão e eficiência prisma/bloco (ROMAGNA, 2000)	71
Tabela 33 - Resultados de resistência média a compressão e eficiência prisma grauteado/prisma oco – (ROMAGNA, 2000)	71
Tabela 34 - Resultados de resistência média a compressão, eficiência prisma/bloco (SILVA, 2007)	72
Tabela 35 - Resultados de resistência media a compressão, eficiência prisma/bloco - Silva (2007).	73
Tabela 36– Padronização da especificação de argamassa e graute e valor de prisma para diferentes fbk para blocos de concreto, classe A, B e C (NBR 6136/2007) - (PARSEKIAN, 2012).	74

Tabela 37 - Resultado dos ensaios de compressão axial nos vários elementos e as respectivas eficiências – (LOGULLO, 2006).....	75
Tabela 38 - Resultado dos ensaios de compressão axial nos vários elementos e as respectivas eficiências – (LOGULLO, 2006). Cont.	75
Tabela 39 - Resultados experimentais para os blocos e para os prismas - (LEGLER <i>et al.</i> , 1998)	77
Tabela 40– Resultados do ensaio de compressão axial para a argamassa, para o bloco e para prismas justapostos.	79
Tabela 41 - Comparação dos resultados da resistência à compressão dos prismas – (IZQUERDO, 2011).....	80
Tabela 42 - Características mecânicas dos materiais isolados e do conjunto (MOHAMAD, <i>et al.</i> , 2006)	82
Tabela 43 - Valores de resistência a compressão axial dos elementos – (LOGULO, 2006) ...	84
Tabela 44 - Resultados de ensaio dos prismas grauteados e não grauteados – (LOGULO 2006)	84
Tabela 45 - Valores de resistência dependendo do tipo de capeamento, segundo Maurício, Silva (2004).....	91
Tabela 46 - Procedimentos utilizados na caracterização da argamassa, bloco e parede.....	94
Tabela 47 - Combinações de materiais e número de ensaios a compressão, fase final.	95
Tabela 48 - Média dos resultados do ensaio granulométrico da areia.	97
Tabela 49 – Classificação das areias.....	98
Tabela 50 – Média dos resultados do ensaio granulométrico da brita.	98
Tabela 51 - Classificação da brita (NBR 7211- 7215).....	99
Tabela 52 - Resultados da massa específica unitária para areia média.....	99
Tabela 53 - Resultados da massa específica unitária para brita 0.....	100
Tabela 54 - Resultados da massa específica unitária para CP II – Z 32.	100
Tabela 55 - Traços e consistência dos grautes utilizados.....	101
Tabela 56 – Resultados da absorção de água dos blocos de concreto para cada tipo de capeamento.....	104
Tabela 57 - Classificação dos blocos de acordo item 5.3 da NBR 6136:2007	104
Tabela 58 – Resultados da temperatura e da umidade relativa do ar, durante os ensaios.....	105
Tabela 59 - Traços de argamassa utilizados.....	106
Tabela 60 – Características das argamassas.....	108
Tabela 61 – Características dos grautes	108

Tabela 62 - Tolerâncias máximas de fabricação dos blocos de concreto, segundo NBR 6136/2007.....	109
Tabela 63 – Quantidades de ensaios de blocos de concreto realizados.	110
Tabela 64 - Características dos prismas dos prismas não-grauteados.	111
Tabela 65 - Características dos prismas dos prismas grauteados.....	112
Tabela 66 – Caracterização das argamassas.	118
Tabela 67 - Denominações dos grautes, traços e resistências esperadas.	119
Tabela 68 – Designação dos blocos.	120
Tabela 69 – Características dos prismas não grauteados.	120
Tabela 70 – Caracterização dos prismas grauteados.....	121
Tabela 71 – Denominação das argamassas	123
Tabela 72 – Caracterização dos grautes.	124
Tabela 73 – Caracterização dos blocos.	125
Tabela 74 – Caracterização dos prismas.	126
Tabela 75 – Caracterização dos prismas grauteados.....	127
Tabela 76 - Traços antigos e suas resistências.	131
Tabela 77 - Traços corrigidos e suas resistências.	131
Tabela 78 – Resistência média da argamassa.	133
Tabela 79 - Resultados de resistência característica a compressão dos grautes.	134
Tabela 80 - Resistência característica a compressão dos blocos de concreto.....	135
Tabela 81 - Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para o bloco - B4.	136
Tabela 82 - Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para o bloco - B4, exceto os resultados do capeamento com madeira compensada.....	136
Tabela 83 - Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para B8	138
Tabela 84 - Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para o bloco-B16	140
Tabela 85 - Resistência característica a compressão dos prismas não grauteados.	142
Tabela 86 – Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para os prismas não grauteados-PB4	143
Tabela 87 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB8	145
Tabela 88 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB16.....	147

Tabela 89 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB4G1	149
Tabela 90 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB8G2.....	151
Tabela 91 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB16G4.....	153
Tabela 92 Resultados de resistência característica dos blocos e dos prismas, e as respectivas eficiências.....	155
Tabela 93 – Resistência à compressão característica e coeficiente de variação de prismas ocos de concreto analisados	156
Tabela 94 – Resultados do teste de Kruskal –Wallis para prismas ocos, com capeamentos de chapa dura e pasta de cimento.....	157
Tabela 95 - Resistência à compressão característica e coeficiente de variação de prismas grauteados de concreto analisados	158
Tabela 96 - Resultados do teste de Kruskal –Wallis para prismas grauteados, com capeamentos de chapa dura e pasta de cimento	158
Tabela 97 – Resistência à compressão média das argamassas.....	160
Tabela 98 - Resistência à compressão dos grautes	160
Tabela 99 – Resistência à compressão característica e os coeficientes de variação dos blocos de concreto analisados	161
Tabela 100 - Teste de Mann-Whitney para comparação dos blocos para cada tipo de capeamento.....	163
Tabela 101 - Resistência à compressão característica e os coeficientes de variação dos prismas não grauteados de blocos de concreto analisados	164
Tabela 102 - Teste de Mann-Whitney para comparação dos prismas não grauteados para os dois tipos de capeamento	167
Tabela 103 - Resistência à compressão característica e os coeficientes de variação dos prismas grauteados	169
Tabela 104 - Teste de Mann-Whitney para comparação dos prismas grauteados	172
Tabela 105 – Resultados de eficiência prisma oco/bloco – f_{pk}/f_{bk}	174
Tabela 106 - Resultados de eficiência prisma cheio/ prisma oco – f_{pk}^*/f_{pk}	176
Tabela 107 – Resultado de módulo de elasticidade dos prismas grauteados (capeamento – chapa dura).....	181

Tabela 108 - Resultado de módulo de elasticidade dos prismas grauteados (capeamento – pasta de cimento)	181
Tabela 109 - Resultado de módulo de elasticidade dos prismas não grauteados (capeamento – pasta de cimento)	182
Tabela 110 - Resultado de módulo de elasticidade dos prismas não grauteados (capeamento – chapa dura).....	183
Tabela 111 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B1, com capeamento em chapa dura	197
Tabela 112 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B1, com capeamento em pasta de cimento.....	198
Tabela 113 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B2, com capeamento em Chapa dura	199
Tabela 114 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B2, com capeamento em pasta de cimento.....	200
Tabela 115 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B3, com capeamento em chapa dura	201
Tabela 116 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B3, com capeamento em pasta de cimento.....	202
Tabela 117 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B4, com capeamento em chapa dura	203
Tabela 118 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B4, com capeamento em pasta de cimento.....	204
Tabela 119 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B5, com capeamento em chapa dura	205
Tabela 120 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B5, com capeamento em pasta de cimento.....	206
Tabela 121 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B6, com capeamento em chapa dura	207
Tabela 122 – Resistência à compressão característica do bloco de concreto B6, com capeamento em pasta de cimento.....	208
Tabela 123 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B7, com capeamento em chapa dura	209
Tabela 124 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B7, com capeamento em pasta de cimento.....	210

Tabela 125 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B8, com capeamento em chapa dura	211
Tabela 126 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B8, com capeamento em pasta de cimento.....	212
Tabela 127 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B9, com capeamento em chapa dura	213
Tabela 128 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B9, com capeamento em pasta de cimento.....	214
Tabela 129 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B10, com capeamento em chapa dura	215
Tabela 130 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B10, com capeamento em pasta de cimento.....	216
Tabela 131 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB1, com capeamento em chapa dura.	217
Tabela 132 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB1, com capeamento em pasta de cimento.....	218
Tabela 133 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB2, com capeamento em chapa dura	219
Tabela 134 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB2, com capeamento em pasta de cimento.....	220
Tabela 135 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB3, com capeamento em chapa dura	221
Tabela 136 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB3, com capeamento em pasta de cimento.....	222
Tabela 137 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB4, com capeamento em chapa dura	223
Tabela 138 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB4, com capeamento em pasta de cimento.....	224
Tabela 139 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB5, com capeamento em chapa dura	225
Tabela 140 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB5, com capeamento em pasta de cimento.....	226
Tabela 141 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB6, com capeamento em chapa dura	227

Tabela 142 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB6, com capeamento em pasta de cimento.....	228
Tabela 143 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB7, com capeamento em chapa dura	229
Tabela 144 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB7, com capeamento em pasta de cimento.....	230
Tabela 145 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB8, com capeamento em chapa dura	231
Tabela 146 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB8, com capeamento em pasta de cimento.....	232
Tabela 147 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB9, com capeamento em chapa dura	233
Tabela 148 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB9, com capeamento em pasta de cimento.....	234
Tabela 149 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB10, com capeamento em chapa dura	235
Tabela 150 - Resistência à compressão característica dos prismas ocos, PB10, com capeamento em pasta de cimento.....	236
Tabela 151 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB1, com capeamento em chapa dura	237
Tabela 152 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB1, com capeamento em pasta de cimento.....	238
Tabela 153 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB2, com capeamento em chapa dura	239
Tabela 154 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB2, com capeamento em pasta de cimento.....	240
Tabela 155 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB3, com capeamento em chapa dura	241
Tabela 156 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB3, com capeamento em pasta de cimento.....	242
Tabela 157 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB4, com capeamento em chapa dura	243
Tabela 158 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB4, com capeamento em pasta de cimento.....	244

Tabela 159 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB5, com capeamento em chapa dura	245
Tabela 160 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB5, com capeamento em pasta de cimento.....	246
Tabela 161 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB6, com capeamento em chapa dura	247
Tabela 162 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB6, com capeamento em pasta de cimento.....	248
Tabela 163 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB7, com capeamento em chapa dura	249
Tabela 164 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB7, com capeamento em pasta de cimento.....	250
Tabela 165 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB8, com capeamento em chapa dura	251
Tabela 166 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB8, com capeamento em pasta de cimento.....	252
Tabela 167 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB9, com capeamento em chapa dura	253
Tabela 168 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB9, com capeamento em pasta de cimento.....	254
Tabela 169 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB10, com capeamento em chapa dura	255
Tabela 170 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB10, com capeamento em pasta de cimento.....	256
Tabela 171 – Resistência à compressão/bloco de 4 MPa com capeamento de forro pacote .	257
Tabela 172 – Resistência à compressão/bloco 4 MPa com capeamento de pasta de cimento	257
Tabela 173 – Resistência à compressão/bloco 4 Mpa com capeamento chapa dura	258
Tabela 174 – Resistência à compressão/bloco 4 MPa com capeamento de compensado.....	258
Tabela 175 – Resistência à compressão/bloco 4 MPa retificados	259
Tabela 176 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa com capeamento forro pacote	259
Tabela 177 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa com capeamento pasta de cimento ...	260
Tabela 178 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa com chapa dura	261
Tabela 179 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa com compensado	262
Tabela 180 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa retificados	263

Tabela 181 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa com capeamento de forro pacote	264
Tabela 182 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa com capeamento com pasta de cimento	265
Tabela 183 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa com capeamento com chapa dura ...	266
Tabela 184 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa com capeamento com compensado	267
Tabela 185 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa retificados	268
Tabela 186 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 4MPa e capeamento de forro pacote	269
Tabela 187 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 4MPa e capeamento de pasta de cimento	270
Tabela 188 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 4MPa e capeamento com chapa dura	271
Tabela 189 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 4MPa e capeamento com compensado.....	272
Tabela 190 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 4MPa retificados	273
Tabela 191 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 8MPa com capeamento de forro pacote	274
Tabela 192 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 8MPa com capeamento de pasta de cimento	275
Tabela 193 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 8MPa com capeamento com chapa dura	276
Tabela 194 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 8MPa com capeamento com compensado.....	277
Tabela 195 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 8MPa retificados	278
Tabela 196 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 16MPa com capeamento de forro pacote	279
Tabela 197 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 16MPa com capeamento de pasta de cimento	280
Tabela 198 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 16MPa com capeamento com chapa dura	281
Tabela 199 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 16MPa com capeamento com compensado.....	282
Tabela 200 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 16MPa retificados	283

Tabela 201 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1 e blocos de 4MPa capeados com forro pacote.....	284
Tabela 202 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1e blocos de 4MP capeados com pasta de cimento	285
Tabela 203 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1 e blocos de 4MPa capeados com chapa dura.....	286
Tabela 204 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1 e blocos de 4MPa capeados com compensado	287
Tabela 205 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1 e blocos de 4MPa retificados.....	288
Tabela 206 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa capeados com forro pacote.....	289
Tabela 207 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa capeados com pasta de cimento	290
Tabela 208 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa capeados com chapa dura.....	291
Tabela 209 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa capeados com compensado	292
Tabela 210 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa retificados.....	293
Tabela 211 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 16MPa capeados com forro pacote.....	294
Tabela 212 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 16MPa capeados com pasta de cimento	295
Tabela 213 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 168MPa capeados com chapa dura.....	296
Tabela 214 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 16MPa capeados com compensado	297
Tabela 215 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 16MPa retificados.....	298
Tabela 216 – Blocos de 4 MPa, largura, altura, comprimento e área bruta	299
Tabela 217 – Blocos de 4 MPa, espessura mínima longitudinal e transversal e espessura equivalente	299
Tabela 218 – Blocos de 4 MPa, dimensão dos furos	300

Tabela 219 – Blocos de 4 MPa, raio das mísulas.....	300
Tabela 220 – Blocos de 8 MPa, largura, altura, comprimento e área bruta.....	300
Tabela 223 – Blocos de 8 MPa, espessura mínima longitudinal e transversal e espessura equivalente	301
Tabela 224 – Blocos de 8 MPa, dimensões dos furos.....	301
Tabela 225 – Blocos de 8 MPa, raio das mísulas.....	301
Tabela 226 – Blocos de 16MPa, largura, altura, comprimento e área bruta.....	302
Tabela 227 – Blocos de 16 MPa, espessura mínima longitudinal e transversal e espessura equivalente	302
Tabela 228 – Blocos de 16 MPa, dimensão dos furos	303
Tabela 229 – Blocos de 16 MPa, raio das mísulas.....	303

V. LISTA DE SIMBOLOS

a/c - Fator água/cimento

A_b - área do bloco;

A_g - área bruta;

A_g - área do graute;

A_n - área líquida;

A_{total} - área total;

b- largura;

d- altura;

E_0 - Módulo de elasticidade secante para a proporção tensão/resistência de 30% ou também chamado de módulo de elasticidade tangente inicial;

$E_{20\%}$ - Módulo de elasticidade secante para a proporção tensão/resistência de 20%.

E_a - Módulo de elasticidade da argamassa

E_{alv} - Módulo de elasticidade da alvenaria

E_b - Módulo de elasticidade do bloco

E_b - módulo de elasticidade do bloco;

E_g - módulo de elasticidade secante do graute para a deformação de 0,002;

E_p - Módulo de elasticidade do prisma

E_{sec} - Módulo de elasticidade secante;

f_a - Resistência à compressão média da argamassa

f_{arg}^* - Resistência à compressão confinada da argamassa;

f_{bk} - Resistência característica à compressão do bloco

$f_{bk,est}$ - Resistência característica à compressão estimada do bloco

f_{bm} - resistência à compressão média do bloco;

f_{bn} - Resistência à compressão normalizado;

f_{bt} - Resistência à tração do bloco

f_{bt} - Resistência à tração por compressão diâmetral;

f_c - Resistência à compressão uniaxial;

f_k - Resistência característica à compressão da parede

f_{pk} - Resistência característica à compressão do prisma

f_{prisma} - Resistência à compressão do prisma;

f_t - resistência à tração;

h - Altura da parede;

h/t - Relação altura/espessura

h_a - Altura da junta de argamassa;

h_b - Altura do bloco;

i - Argamassa de traço 1:0 a $\frac{1}{4}$:3

ii - Argamassa de traço 1: $\frac{1}{2}$: 4 a 4 $\frac{1}{2}$

iii - Argamassa de traço 1: 1 : 5 a 6

iv - Argamassa de traço 1: 2 : 8 a 9

l - comprimento;

Sd - Desvio padrão

t - Espessura da parede;

t_s - Espessura da parede do bloco;

w - Espessura equivalente de uma seção transversal quadrada do prisma;

wg - Peso específico do concreto;

η - Relação A_b/A_{total} ;

v - Coeficiente de Poisson;

VI. LISTA DE ABREVIATURAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACI - American Concrete Institute

AS - Normalização Australiana

ASTM - American Society For Testing and Materials

BS - Normalização Britânica

CSA - Normalização Canadense

EUROCODE 6 – Normalização Europeia

NBR - Norma Brasileira

NMX - Normalização Mexicana

VII. SUMÁRIO

I. RESUMO	7
II. ABSTRACT	8
III. LISTA DE FIGURAS	9
IV. LISTA DE TABELAS	12
V. LISTA DE SIMBOLOS	24
VI. LISTA DE ABREVIATURAS	26
VII. SUMÁRIO	27
1 Introdução	29
1.1 Problema de pesquisa	29
1.2 questão de pesquisa	31
1.3 objetivo	31
1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS	31
2 Revisão bibliográfica	32
2.1 BLOCO	35
2.2 aragamassa de assentamento	40
2.3 Graute	43
2.4 alvenaria	46
2.5 Resistência À compressão da parede de alvenaria de blocos de concreto segundo algumas normas internacionais	52
2.6 Prismas	57
3 programa experimental	92
3.1 primeira fase do programa experimental	96
3.2 Segunda fase do programa experimental	107
3.3 fase intermediária	117
3.4 fase final do programa experimental	123

4	<i>Análise dos resultados</i>	130
4.1	Primeira fase do programa experimental	130
4.2	Segunda fase do programa experimental	132
4.3	fase intermediária do programa experimental	156
4.4	fase final do programa experimental	159
5	<i>considerações finais</i>	185
6	<i>Referências Bibliográficas</i>	189
7	<i>APÊNDICE</i>	194
7.1	análise estatística	194

1 INTRODUÇÃO

Edifícios de alvenaria estrutural são atualmente utilizados na construção de edifícios, nas diversas regiões do Brasil. Apesar disto, pesquisas, e mesmo disciplinas de graduação nessa área, ainda são recentes e restritas a poucas instituições de ensino superior. Dessa forma, o desenvolvimento de pesquisas e ensino dessa tecnologia se torna importante na medida em que permite o desenvolvimento dos procedimentos práticos e teóricos envolvidos na construção de edifícios, além da formação de pessoal qualificado para trabalhar na área. A qualificação de pessoal e o desenvolvimento de tecnologias no setor de edificações tem especial relevância considerando o grande déficit habitacional nacional, e considerando também que este é um dos principais setores da economia brasileira.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O comportamento à compressão de paredes é certamente o mais importante aspecto da alvenaria estrutural, já que esse efeito é preponderante em construções feitas com esse sistema. Por esse motivo, as primeiras pesquisas nacionais tratam especificamente desse tema. Entretanto, essas pesquisas são limitadas a blocos de resistência moderada, com poucas contemplando blocos de maior resistência (>12 MPa), além de não haver estudo abrangente no qual combinações de várias resistências de blocos, argamassa e graute sejam estudadas no mesmo trabalho.

O mecanismo de ruptura à compressão da alvenaria foi amplamente descrito e estudado em diversas pesquisas nacionais, como Sabbatini (1978), Gomes (1983), Franco (1987), Muller (1989), Aly (1991), Medeiros (1993), Mendes (1998), Mohamad (1998), Garcia (2000), entre outros.

Segundo esses estudos, de uma maneira geral, as alvenarias têm o seguinte comportamento na compressão: a argamassa presente entre as juntas horizontais têm sua deformação lateral restringida pelo atrito com os blocos, ficando sujeita a um estado tri-axial de tensão. Os blocos, por sua vez, ficam sujeitos à compressão axial e tração lateral. A ruptura ocorre devido à tração lateral bidirecional nos blocos que, inicialmente, causam fissuras verticais antes da parede entrar em colapso.

Em recente estudo em parceria com ABCP¹, vários laboratórios nacionais foram convidados a fornecerem resultados de ensaio para permitir padronizar as relações entre prisma e bloco (oco e cheio) de várias resistências de bloco de concreto. Infelizmente, o resultado da consulta foi inócuo, pois poucos resultados (alguns de caráter inconsistente) foram fornecidos.

Outro ponto notado no meio técnico é a dificuldade em se realizar o ensaio de prisma. Parte dessa dificuldade tem causa no tipo de capeamento com pasta de cimento, que é um procedimento lento e que exige muito cuidado e prática por parte do laboratorista. Se for possível a substituição dessa capeamento por outro “seco”, o procedimento de ensaio pode ser muito melhorado, com vantagens em termos de tempo e facilidade de execução e menor dependência da experiência do laboratorista.

Ainda é possível destacar o fato de haver grande dispersão desses resultados com o capeamento com pasta de cimento, contribuindo para justificar o estudo de uma possível forma de capeamento com material seco.

Deve-se ressaltar aqui que a normalização canadense permite capeamento com "forro pacote", ou seja, quando as superfícies não tem desnível maior que 1/406 mm. Então, um critério poderia ser de usar forro pacote quando se encontra dentro desse limite e retificar apenas quando estiver fora desse limite.

Outros capeamentos tradicionalmente utilizados com sucesso e que necessitam de menor tempo de cura que a pasta de cimento, são o gesso e o enxofre. Entretanto essas opções foram desconsideradas neste estudo. O gesso traz problemas ambientais quando se torna entulho, visto que ainda não se descobriu uma forma de reciclar tais materiais. Quanto ao enxofre, há muito que se sabe que tal material é prejudicial ao operador. Optou-se então por procurar opções de capeamento seco, como chapadura (Duratex), chapamole (forropacote), Madeirit, além da retificação das faces do bloco.

As constatações descritas neste tópico levam a conclusão de ser necessário o estudo aqui proposto.

¹ Padronização de Parâmetros e Detalhes Para Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto, projeto de extensão UFSCar, **Processo:** 23112.003625/2010-75.

1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão da pesquisa é o aprimoramento dos procedimentos de ensaios e dos parâmetros para projeto de alvenarias de blocos de concreto no quesito de resistência a compressão avaliada a partir de ensaios de blocos e prismas.

1.3 OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo estudar a influência do capeamento seco em substituição à pasta de cimento, nos ensaios de resistência a compressão de prismas e blocos de concreto.

Pretende-se ainda oferecer ao meio técnico relações de resistência à compressão de bloco/prisma (oco e cheio), considerando resistências características a compressão de blocos (f_{bk}) de 5 á 34 MPa, indicando parâmetros confiáveis para trabalho, contribuindo para a precisão e segurança da construção de edificações.

1.4 DESCRIÇÃO DOS CAPÍTULOS

Após este capítulo de introdução, no capítulo 2 é descrito uma extensa revisão bibliográfica, na qual se procurou levantar dados e especificações sobre as relações entre prisma e bloco em várias referências. Também foi procurado identificar experiências anteriores nos procedimentos de ensaios, em especial, no uso de capeamentos diversos.

O capítulo 3 evidencia-se em detalhes a metodologia utilizada no programa experimental, passando pelas diversas fases e tipos de ensaios, detalhando os procedimentos e equipamentos adotados.

No capítulo 4 apresenta-se os resultados dos ensaios e suas análises, incluindo verificações de acordo com métodos estatísticos distintos, e a apresentação analítica dos parâmetros para projetos obtidos a partir deste trabalho.

O capítulo 5 traz as conclusões e considerações finais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em geral a alvenaria é reconhecida como durável, esteticamente agradável, de bom desempenho térmico e acústico. Quando bem projetada, o sistema construtivo em alvenaria estrutural traz as vantagens de ganho em rapidez, diminuição de desperdícios e custo competitivo; em outras palavras, racionalização da obra.

Dentre as possibilidades de contribuições para racionalização do sistema, incluem-se o desenvolvimento e divulgação de pesquisas que permitam um dimensionamento preciso da edificação. Dessa forma, um maior conhecimento sobre o comportamento de um determinado elemento estrutural irá permitir que ele seja utilizado de maneira segura e econômica.

Para atender a essa demanda por conhecimentos na área, o que irá permitir a construção de edificações mais econômicas e seguras, é necessário o desenvolvimento de pesquisas para atender as lacunas ainda apontados pela bibliografia.

Assim, como na atual norma para cálculo de alvenaria de blocos de concreto, NBR 15961:2011 parte 1 e 2, o projeto e controle da estrutura de alvenaria são baseados nos ensaios de prismas, sendo esse o principal parâmetro considerado. De acordo com a nova norma, algumas modificações foram introduzidas ao meio técnico, como a necessidade de caracterização prévia dos materiais, adoção de valores característicos, nova forma cúbica para corpo-de-prova de argamassa, entre outras.

Apesar de todas essas vantagens e do atual uso extensivo do sistema de alvenaria estrutural, ainda constata-se que poucos parâmetros técnicos e conceitos de projeto de alvenaria estrutural são disponíveis ao engenheiro estrutural, o que acaba contribuindo para o pouco conhecimento geral sobre esse tema.

Na tabela 1 são resumidos alguns resultados de ensaios experimentais nacionais a partir da resistência à compressão de alvenaria. Exceto quando indicado, os dados dessa tabela referem-se a tensões na área bruta, resistência da argamassa em corpo-de-prova cilíndrico de 100x50mm, prisma de dois blocos, prismas e paredes não grauteadas.

Tabela 1 - Resumo de resultados de ensaios experimentais de algumas pesquisas nacionais sobre a resistência à compressão de alvenarias (valores em MPa)

		f_b	f_a	f_p	f_{gk}	f_{par}	Observações
ALY (1991)	blocos vazados de concreto	7,90		6,40		5,10	
		10,60		9,30		6,40	
		13,30		9,80		8,30	
		7,90		6,40		8,10	
		10,60		9,30		9,90	todos os furos grauteados
		13,30		9,80		11,10	
		7,90		6,40		10,00	
		10,60		9,30		10,80	todos os furos grauteados, 0,2% de aço
		7,90		6,40		9,20	
		10,60		9,30		12,30	todos os furos grauteados, 0,3% de aço
MEDEIROS (1993)	blocos vazados de concreto	8,40	4,55			4,28	
		8,40	5,89			4,64	
		10,80	4,55			4,83	
		10,80	5,89			5,26	
		14,90	4,55			4,97	
		14,90	5,89			6,52	
MENDES (1998)	bloco cerâmico vazado	22,89	6,47	8,18			
		22,89	6,68	12,28	49,87		
		22,89	7,00	14,66	28,32		
		22,89	6,52	17,94	13,94		
		22,89	19,86	12,56			
		22,89	19,09	20,81	49,57		
		22,89	19,78	19,53	25,08		
		22,89	21,15	21,33	12,37		
MOHAMAD (1998)	blocos vazados de concreto	10,70	19,90	10,56			
		10,70	8,63	8,60			
		10,70	4,20	8,17			
		10,70	2,28	7,54			
		15,70	19,90	11,70			
		15,70	8,63	10,80			
		15,70	4,20	8,84			
						prisma de 3 blocos, argamassa em toda área de assentamento	

Tabela 2 - Resumo de resultados de ensaios experimentais de algumas pesquisas nacionais sobre a resistência à compressão de alvenarias (valores em MPa) – continuação

		f_b	f_a	f_p	f_{gk}	f_{par}	observações
GARCIA (2000)	bloco cerâmico vazado	12,56	22,98	6,39		4,24	argamassa em toda área de assentamento, ensaios realizados na EESC/USP a pedido da Cerâmica Selecta
		12,56	22,98	7,23		4,16	
		12,56	12,83	5,55		4,24	prisma de 3 blocos, argamassa em toda área de assentamento, ensaios realizados na EESC/USP a pedido da Cerâmica Maristela
		12,56	12,83	5,21		4,16	
		8,25	12,25	5,59		4,05	sem informação quanto à área de assentamento da argamassa, ensaios realizados no IPT a pedido da Cerâmica Selecta
		8,25	11,54	5,38		3,82	
		8,25	11,32	4,92		3,01	
		7,65	14,50	7,07		4,94	
		7,65	10,75	6,84		4,47	
		7,65	10,93			4,55	
		11,40	6,80	6,70		4,40	
		11,40	9,40	7,00		4,60	
		11,40	8,80	6,70		4,10	
		11,50	8,70	6,90		4,60	
		11,50	9,40	8,10		4,70	
		11,50	9,60	7,10		4,30	
		7,40	8,00	5,00		3,60	
		7,40	8,30	4,80		3,50	
		7,40	8,60	4,60		3,30	
		9,80	12,40	5,80		4,60	
		9,80	9,10	4,60		4,50	
		9,80	8,00	4,70		3,60	
		12,15	10,97	11,67	26,06	6,71	Argamassa em toda a área de assentamento, 1/2 dos furos grauteados
		12,15	13,24	11,43	31,49	7,39	Argamassa em toda a área de assentamento, 3/4 dos furos grauteados
		12,15	13,24			4,02	Argamassa em toda a área de assentamento, sem grauteamento

Cavalheiro e Gomes (2002) resumem e analisam vários ensaios de blocos, prismas e paredes de blocos de concreto armado (maior $f_{bk} = 10$ MPa), com resultado da relações de resistência indicados na Tabela 3.

Tabela 3 - Resultados Médios de Elementos com Blocos de Concreto

66 Paredes	RELAÇÕES ADMENSIONAIS			
	f_{pa}/f_a	$f_{pa}/f_{ppa/}$	$f_{pa}/f_p/$	f_p/f_b
Média aritmética	0,51	1,00	0,69	0,80
Desvio padrão	0,08	0,12	0,13	0,07
Coefficiente de variação	0,16	0,12	0,19	0,09

Outras pesquisas, (p. ex. ROMAGNA, 2000; MAURÍCIO, 2005) trazem resultados de ensaio à compressão, porém limitadas a poucas resistências e de valor baixo.

Andolfato *et al.* (2008a e 2008b) relatam ensaios em blocos de duas resistências e variados tipos de capeamento (gesso, argamassa, forro pacote, borracha, enxofre, pasta de cimento e papelão), chegando a conclusão de que a pasta de cimento, devido a sua grande variabilidade de resultados, e tempo de emprego na regularização, não se mostrou como sendo um dos materiais mais indicados para o capeamento em blocos de concreto, tanto para os de maior resistência quanto para os de menor.

Na sequência são descritas algumas propriedades dos componentes da alvenaria, procurando identificar sua influência na resistência à compressão.

2.1 BLOCO

O bloco estrutural determina grande parte das características da alvenaria estrutural tais como a resistência à compressão, precisão dimensional, estabilidade, resistência ao fogo e à penetração da chuva, estética e isolamento térmico e acústico, representando dessa forma cerca de 80 a 95% do volume da parede. Os blocos são as unidades fundamentais da alvenaria, visto que, em conjunto, com a argamassa é determinante para a resistência a tração, ao cisalhamento e durabilidade da obra.

Segundo a norma brasileira ABNT NBR 6136:2007, o bloco vazado de concreto é o elemento básico da alvenaria cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta.

Segundo essa norma, os blocos de concreto podem ser classificados quanto ao uso e quanto à resistência. Quanto ao uso podem ser postas em duas classes:

- Classe AE - podem ser aplicados em todas as situações; nomeadamente paredes externas acima ou abaixo do nível do solo, e podem ser expostas as umidades ou a intempéries e não receberem qualquer tipo de revestimento de argamassa de cimento;
- Classe BE – usadas somente ao nível do solo, para paredes externas e internas; caso expostas às intempéries as paredes externas devem receber um revestimento com argamassas de cimento.

Os blocos de concreto devem atender às dimensões padronizadas preconizadas por norma, conforme a Tabela 4, permitindo tolerâncias de ± 2 mm para largura e ± 3 mm para a altura e comprimento.

Tabela 4 – Dimensões padronizadas dos blocos de concreto

Dimensões nominais (cm)	Designação	Dimensões padronizadas		
		Largura	Altura	Comprimento
20 x 20 x 40	M-20	190	190	390
20 x 20 x 20		190	190	190
15 x 20 x 40	M-15	140	190	390
15 x 20 x 20		140	190	190

Para que os blocos sejam considerados estruturais devem atender as espessuras mínimas estabelecidas em norma indicadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Espessura mínima das paredes dos blocos de concreto

Designação	Paredes longitudinais (a) (mm)	Paredes transversais	
		Paredes (a)	Espessura (b)(mm/m)
M-20	25	25	188
M-15	32	25	188

(a) Média das medidas das três paredes tomadas no ponto mais estreito

(b) Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em mm), dividida pelo comprimento do bloco (em metros lineares).

Ainda a norma é eficiente ao definir mais algumas condições a serem respeitadas quanto aos blocos estruturais, nomeadamente a menor dimensão do furo não deve ser inferior a 8 cm para os blocos de 14 cm e 12 cm para os blocos de 19 cm de largura. Quanto às mísulas de acomodação, a norma estabelece um valor mínimo de 2 cm entre as paredes longitudinais e transversais.

Segundo Drysdale *et al.* (2002, pág.108), o primeiro passo para entender a alvenaria é entender as propriedades dos blocos.

2.1.1 Propriedades mecânicas

Os blocos estruturais de concreto são caracterizados segundo suas propriedades influenciando dessa forma as principais características da alvenaria. Como principais características da alvenaria podem destacar-se a resistência à compressão, a tração, o módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson.

2.1.1.1 Resistência a compressão

A resistência característica à compressão dos blocos de concreto f_{bk} é a sua principal característica e deve ser sempre determinada na área bruta do bloco.

Segundo a norma Brasileira de bloco de concreto NBR 6136:2007, quando o desvio padrão não é conhecido, caso mais comum, a resistência característica (f_{bk}) dos blocos de concreto determinada através dos ensaios de bloco deve ser calculada através das expressões indicadas a seguir. Determina-se:

n – numero de blocos da amostra

$i - i = n/2$ ou $i = \frac{n-1}{2}$ se n for impar

De seguida determina-se a resistência à compressão característica estimada do lote ($f_{bk, est}$)

$$f_{bk, est} = 2 \frac{f_{b1} + f_{b2} + \dots + f_{bn-1}}{n - 1} - f_{bi}$$

$f_{b1}, f_{b2} \dots f_{bn-1}$ = valores de resistência à compressão dos blocos da amostra, ordenados crescentemente, isto é, f_{b1} é o menor valor obtido e f_{bn-1} é o penúltimo valor.

De seguida calcula-se: $f_{bk1} = f_{b1} \times \phi$, sendo ϕ dado pela Tabela 6:

Tabela 6 – Valores de ϕ

Numero de blocos da amostra	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ϕ	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1	1,01

Drysdale *et al.* (2002, pág.135) indica que a resistência à compressão dos blocos de concreto é importante sobre dois pontos de vista. Primeiro, quanto maior a resistência, maior a durabilidade sob condições severas de intempéries; segundo, os ensaios de compressão axial dos blocos em conjunto com os ensaios de compressão da argamassa podem servir como condições básicas para determinar a resistência a compressão da alvenaria, ou seja, a resistência à compressão dos blocos tem sido utilizada como uma medida de qualidade, e como meio para prever outras propriedades tais como a resistência à compressão da alvenaria.

Logulo (2006), em seus ensaios, constatou que os blocos mais resistentes podem aumentar a resistência da alvenaria grauteada contrariando dessa forma Aly e Sabatini (1994, p.120), os quais afirmaram que a resistência à compressão das paredes grauteadas diminui com o aumento da resistência do bloco.

2.1.1.2 Resistência à tração

Os esforços de compressão impõem na alvenaria tensões de tração no bloco e tensões de compressão lateral na argamassa que variam de acordo com a rigidez dos mesmos. Essa preocupação com os esforços de tração fez com que fosse desenvolvida dois métodos para estimar a resistência à tração dos blocos: os ensaios diretos e os indiretos.

Pesquisadores normalmente optam por testes indiretos para determinar a resistência à tração, a partir do ensaio de compressão já que há grande dificuldade realizar testes diretos confiáveis. Na alvenaria é comum o ensaios de tração na flexão e de compressão diagonal como formas de estimar resistências à tração.

2.1.1.3 Módulo de elasticidade e a relação tensão-deformação

O módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson são propriedades de extrema importância, visto que estão diretamente ligadas ao mecanismo de ruptura da alvenaria (CALÇADA, 1998).

Isso pode ser explicado, sendo que quanto mais deformável for o bloco, menor será o módulo de elasticidade, e maior o coeficiente de Poisson; com isso melhor se consegue aproveitar a sua resistência, porque as tensões de tração provocadas pela interação com a argamassa serão menores.

Drysdale *et al.* (2002, pág.114) propõe para o módulo de elasticidade dos blocos de concreto um valor igual a aproximadamente de 500 a 1000 vezes a resistência à compressão dos blocos de concreto. Considerando ainda que o coeficiente de Poisson pode ser tomado como sendo 0,2.

2.1.1.4 Propriedades físicas

A norma Brasileira traz algumas características físicas de que os blocos devem respeitar para serem aplicados na alvenaria estrutural. A NBR 6136: 2007 indica valores limites de resistência, absorção e retração linear por secagem, conforme indicados na Tabela 7.

Tabela 7 – Requisitos para resistência característica a compressão, absorção e retração (Fonte: NBR 6136: 2007).

Classe	Resistência característica f_{bk} (MPa)	Absorção média (%)		Retração %
		Agregado normal	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	≤ 10	$\leq 13,00$	$\leq 0,065$
B	$\geq 4,0$		(média)	
C	$\geq 3,0$		$\leq 16,00$	
D	$\geq 2,0$		(individual)	

A absorção é uma propriedade importante para que se tenha uma boa ligação entre a argamassa e os blocos, visto que se os blocos absorvem muita água da argamassa isso resultaria em uma ligação muito pobre. Dessa forma, a absorção deve ser controlada, pois também está relacionada com retração e em alguns casos com a durabilidade, Drysdale *et al.* (2002, pág.137).

2.1.1.5 Umidade relativa

Segundo a NBR 12118: 2011, item 6.2.3, para que o ensaio de compressão axial do bloco seja aceito, no momento de sua realização, a umidade relativa do bloco deve acusar um valor de $(35\pm 10)\%$, caso contrário o ensaio deve ser desconsiderado.

2.1.1.6 Retração

A retração é ocasionada pela diminuição do volume do bloco, pela evaporação da água existente no seu interior. É definida como a variação de uma dimensão de um corpo-de-prova devido a secagem a partir de uma condição saturada até uma massa e um comprimento de equilíbrio, sob condições de secagem acelerada padronizada (ROMAGNA, 2000).

Portanto, igualmente para outros produtos com cimento Portland, é importante controlar a retração dos blocos de concreto, pois pode ocasionar fissuras ao longo da parede, além do encurtamento da altura da mesma, afetando o desempenho das outras estruturas ou elementos não estruturais (DRYSDALE *et al.*, 2002).

Diante disso, a NBR 6136:2007 define para retração dos blocos de concreto um valor que deve ser menor ou igual a 0,065%.

Assim, os blocos de concreto devem ser assentados secos, pois, caso contrário, podem retrair e causar fissuras nas paredes por serem susceptíveis à retração por secagem.

2.2 ARAGAMASSA DE ASSENTAMENTO

A ABNT NBR 13281: 2005 define argamassa de assentamento como sendo uma mistura homogênea de agregados miúdo(s), aglomerante(s), inorgânico(s) e água contendo, ou não,

aditivos com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria (argamassa industrializada).

A argamassa tem como função prover um assentamento uniforme dos blocos e ligar as unidades de alvenaria formando um conjunto composto que ira suportar condições impostas pelas cargas e pelo tempo (DRYSDALE *et al.*, 2002).

A função da argamassa é o de transmitir as tensões atuantes aos blocos, solidarizar as paredes e acomodar as eventuais deformações.

Portanto, a trabalhabilidade da argamassa deve ser compatível com as características dos materiais constituintes da alvenaria e com os equipamentos a serem empregados na mistura, transporte e aplicação. Para tanto, a ASTM define alguns tipos de argamassa tendo em conta suas proporções de materiais ou pelas especificações das suas propriedades, conforme indicados na Tabela 8.

Tabela 8 – Propriedades específicas requeridas para a argamassa

Argamassa	Tipos	Resistência compressão media (MPa)	Retenção de agua (%)	Ar incorporado (%)
Cimento - Cal	M	17,2	75	12
	S	12,4	75	12
	N	5,2	75	14
	O	2,4	75	14
Argamassa de cimento	M	17,2	75	12
	S	12,4	75	12
	N	5,2	75	14
	O	2,4	75	14

2.2.1 Resistência à compressão

De acordo com a NBR 15961-1: 2011 item 6.1.2, a resistência à compressão da argamassa deve ser limitado ao valor máximo de 0,7 em relação à resistência característica especificada para o bloco, referida à área líquida.

Isso pode ser explicado pelo fato de que, usualmente, um incremento de 100% na resistência da argamassa pode levar a um incremento de menos de 10% na resistência da parede. Portanto, é regra geral não escolher uma argamassa com maior resistência à compressão do que o especificado, sendo que a trabalhabilidade da argamassa é geralmente mais importante do que a resistência à compressão. Ou seja, investe-se numa melhor trabalhabilidade que produza melhor aderência, o que contribui para uma construção de alvenaria mais durável (DRYSDALE *et al.*, 2002).

Argamassas muito resistentes podem até melhorar a resistência a compressão da alvenaria, porém irão aumentar consideravelmente o potencial de fissuração desta. A ocorrência de fissuras prejudica o desempenho da alvenaria. Assim, por esse motivo, existe a recomendação de limitar o valor máximo de resistência.

2.2.2 Módulo de elasticidade e o coeficiente de Poisson

Mohamad *et al.* (2009), com o objetivo de caracterizar mecanicamente as argamassas de assentamento e prever o módulo de ruptura e de elasticidade, realizou um programa experimental com ensaios de resistência à compressão, e tração na flexão sob estados de tensões uniaxial e multiaxial. Na Tabela 9 mostra-se os resultados dos módulos de elasticidade e da resistência à compressão, tendo em vista os traços da norma BS - 5628.

Tabela 9 – Resultados médios da resistência a compressão e módulo de elasticidade das argamassas (MOHAMAD *et al.*, 2009)

Traço	Resistência a compressão				E30%			
	n	Média (MPa)	s.d (MPa)	c.v (%)	n	Média (MPa)	s.d (MPa)	c.v (%)
I	3	20.3	0.32	1.6	4	12769	846	6.6
I*	4	18.7	0.86	4.6	3	13065	558	4.3
II	3	7.4	0.77	10.4	4	4788	565	11.8
II*	4	8.8	0.13	1.5	3	6491	537	8.3
III	3	4.5	0.63	14	4	3177	343	10.8
III*	4	8.5	0.27	3.1	4	6152	339	5.5

2.3 GRAUTE

O graute para as construções em alvenaria é um concreto com alto *slump*, composto por materiais cimentícios, agregados, e água. Então, ao contrário do concreto normal, o graute sempre deve apresentar um alto *slump*, na ordem dos 200 á 250 mm; ou seja, uma relação alta entre água e cimento. Isso acontece porque o espaço para receber o graute é tipicamente pequeno e a água é rapidamente absorvida pelas unidades da alvenaria (DRYSDALE *et al.*, 2002).

A NBR 15961-1: 2011, itens 3.4, define o graute como sendo um componente utilizado para preenchimento de espaços vazios de blocos com a finalidade de solidarizar as armaduras à alvenaria, ou aumentar sua capacidade resistente. Portanto, deve-se ter características no estado fresco que garantam o completo preenchimento dos furos, e não apresente retração que provoque o descolamento do graute das paredes dos blocos.

Já a norma americana TMS 602-08/ACI 530.1-08/ASCE 6-08 define o graute como sendo uma mistura plástica de matérias cimentícios, agregados e água, com ou sem aditivos, inicialmente produzidos com consistência que facilita o grauteamento sem segregação dos constituintes.

Portanto, o graute não é um concreto nem uma argamassa; existem diferenças distintas na quantidade de água e na composição do material entre esses materiais. O concreto difere do graute na medida em que contém um agregado muito mais grosso e uma relação significativamente mais baixa de água-cimento. O concreto é vertido com uma quantidade mínima de água em formas não absorventes. Por outro lado, o graute é vertido com uma relação água-cimento significativamente alta sobre formas essencialmente absorventes—unidades de alvenaria ou núcleos. A relação água-cimento inicialmente alta é rapidamente reduzida porque a alvenaria absorve muita água.

A argamassa, por outro lado, difere do graute na medida em que muitas vezes é composta por cal hidratada, agregados finos e água; esta última é necessária somente para torná-la trabalhável.

Embora algumas normas de edifício permitam que sejam usadas argamassas do tipo M e S (ou equivalentes) como substituto do graute, em menor aplicação, desde que adicionada água para adquirir trabalhabilidade, e somente em obras com alto nível de supervisão.

Por outro lado a NBR 15961 – 2: 2011 permite que se empregue argamassa de assentamento utilizada na obra para preenchimento dos vazados, apenas em elementos de alvenaria não

armados e sem qualquer tipo de armadura, seja construtiva ou dimensionada, desde que os ensaios do prisma apresentem os resultados especificados pelo projetista.

Portanto, para garantir que o graute tenha o *slump* apropriado e uma boa plasticidade, a NBR 15961-2: 2011 permite que seja utilizada cal na mistura do graute e que o seu teor não deva ser superior a 10 % em volume em relação ao cimento.

Entretanto, na prática atualmente os nortes americanos raramente adicionam cal ao graute, devido ao fato dos grautes para as obras serem em grandes quantidades, e geralmente são transportados por caminhões das fábricas para o local onde será bombeado.

2.3.1 Resistência à compressão

A resistência à compressão do graute deve ser tal que o prisma grauteado atinja a resistência à compressão especificada pelo projetista. Tendo em vista que, para elementos de alvenaria armada, a resistência a compressão característica deve ser especificada com valor mínimo de 15 MPa. Caso o graute tenha sido produzido em obra, devem ser realizados ensaios com antecedência adequada, comprovando o atendimento das características descritas acima, NBR 15961 – 2: 2011.

Tal norma brasileira especifica que a resistência à compressão axial do graute deve ser determinada de acordo com uma amostra de seis exemplares, moldadas em formas cilíndrica metálicas.

A norma americana TMS 602-08/ACI 530.1-08/ASCE 6-08 especifica para a resistência à compressão do graute, f'_g , um valor igual ou superior em relação a resistência à compressão da alvenaria, f'_m , mas não deve exceder 34,47 MPa.

A norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE apresenta algumas recomendações quando se utiliza o graute fino e grosso em elementos de alvenaria estrutural com unidades de alvenaria sendo que: o graute deve ter uma resistência a compressão mínima de 12,5 MPa. O tamanho mínimo dos agregados não deve ser superior a 10mm. Nas Tabela 10 e Tabela 11 estão indicadas os *slump* nominal baseados na absorção dos blocos, e os traços em volume recomendados para o graute fino e grosso para os elementos de alvenaria.

Tabela 10 - *Slump* admissível para o graute grosso e fino, em função da absorção das unidades de alvenaria.

Absorção das unidades de alvenaria (%)	Slump Nominal (mm)
8 á 10	150
10 á 15	175
15 á 20	200

Tabela 11 - Proporção em volume, recomendado para graute fino e grosso para elementos estruturais.

Tipo	Cimento hidráulico	Cal hidratada	Areia	Brita
Argamassa	1	0 a 0,25	2,25 á 3	-
Concreto	1	0 a 0,1	2,25 á 3	1 a 2

Já de acordo com a norma Australiana AS 3700 - 1998 o graute deve ser proporcionado para uma resistência característica a compressão, f'_c , não inferior a 12 MPa.

A norma europeia EN 1996-1-1: Eurocode6 especifica como resistência a compressão mínima para o graute um valor igual ou superior a 12 MPa.

Contudo na ausência de ensaios, pode-se estimar a resistência à compressão do graute para a alvenaria de blocos de concreto como sendo o dobro da resistência à compressão do bloco na área buta, sendo que é recomendado aproximar esses valores para classes de resistência do concreto, 15, 20, 25 MPa e etc., mas nunca inferior a 15 MPa e nem superior a 30MPa (PARSEKIAN & SOARES, 2011).

Drysdale *et al.* (2002) afirmam que o ensaio de resistência à compressão do graute é importante do ponto de vista do controle da qualidade, além dela ter influência no desenvolvimento do comprimento do reforço pela armadura e na resistência da alvenaria grauteada.

2.3.2 Módulo de elasticidade

De acordo com a norma Americana, na ausência de ensaios que comprovem o módulo de elasticidade do graute, E_g , deve ser tomada como: $E_g = 500f'_g$.

2.4 ALVENARIA

Alvenaria é um material de construção bem provado, possuindo excelentes propriedades em termos de durabilidade, aparência e custo, em comparação com as alternativas. No entanto, a qualidade da alvenaria de um edifício depende dos materiais usados e, portanto, todos os materiais da alvenaria devem estar de acordo com certos padrões mínimos (HENDRY *et al.*, 2004).

A alvenaria é a construção de estruturas de unidades individuais definidos e ligados entre si por uma argamassa de assentamento; o termo alvenaria também pode se referir às próprias unidades. Os materiais comuns de construção de alvenaria são tijolo, pedra, mármore, granito, pedra calcária, pedra elenco, bloco de concreto, bloco de vidro e cerâmico. Alvenaria é geralmente uma forma altamente durável de construção. No entanto, os materiais utilizados, a qualidade da argamassa, o graute e a sua construção, e o padrão em que as unidades são montadas podem afetar significativamente a durabilidade da construção da alvenaria em geral.

A nova norma de alvenaria de concreto, ABNT NBR 15961-2: 2011, define três tipos de elemento de alvenaria como sendo (i) elemento de alvenaria não armada, (ii) elemento de alvenaria armada e (iii) elemento de alvenaria pretendida.

Elemento de alvenaria não armado é o elemento de alvenaria no qual não há armadura dimensionada para resistir aos esforços solicitantes. Elemento de alvenaria armado é o elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para resistir aos esforços solicitantes. Elemento de alvenaria pretendida é o elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras ativas.

Portanto, a alvenaria nos edifícios normalmente atua como um elemento estrutural que suporta ou resiste às cargas, e como elemento arquitetônico para dividir ou fechar espaços.

2.4.1 Movimentação térmica

O cuidado com a movimentação térmica das alvenarias permite prevenir o surgimento de patologias, nomeadamente fissuras. As fissuras são ocasionadas pelo aparecimento de tensões em função da alteração dimensional devido às variações dimensionais de expansão ou retração térmica e de expansão por variação da umidade. Dessa forma, é de extrema

importância a utilização de blocos de qualidade com menor potencial de expansão e também a previsão de juntas para permitir a livre variação dimensional sem aparecimento de tensões.

A adoção de juntas que não oferecem resistência significativa à expansão ou retração, permite o controle dos movimentos das estruturas de alvenaria (DRYSDALE *et al.*, 2002).

Diante disso, a ABNT NBR 15961-1: 2011 sugere na ausência de dados experimentais para alvenaria de blocos de concreto adotar um coeficiente de dilatação térmica linear igual a $9,0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

A norma Americana TMS 602-08/ACI 530.1-08/ASCE 6-08 recomenda para a alvenaria de blocos de concreto um coeficiente de dilatação térmica linear igual: $kt= 8,1 \times 10^{-6} \text{ mm/mm/}^\circ\text{C}$), na ausência de dados experimentais.

2.4.2 Movimentação higroscópica

O efeito de retração é uma das principais causas de fissuração em edifícios de alvenaria estrutural, quando esta não é tratada corretamente. Quando a retração é impedida, provoca o aparecimento de tensões de tração na alvenaria e, sendo as argamassas e blocos de concreto, assim como outros componentes à base de cimento, caracterizados por uma baixa resistência à tração, dependendo da combinação de sua intensidade com a resistência à tração, e o módulo de deformação da argamassa ou do concreto, pode ocorrer fissuração (PARSEKIAN *et al.*, 2006).

Portanto, na ausência de dados experimentais, a NBR 15961-1: 2011 permite, em relação ao coeficiente de retração da alvenaria de concreto, um valor igual a $500 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$. Esse valor deve ser aumentado para $600 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$ quando os blocos forem produzidos sem cura a vapor, e na verificação de perdas quando a protensão é aplicada antes de 14 dias após a execução da parede.

2.4.3 Fluência

A fluência é uma propriedade dos materiais que apresentaram aumento na deformação ao longo do tempo sob uma tensão constante. Portanto, a NBR 15961-1: 2011 admite que, para

efeitos de avaliação aproximada dos Estados Limites de Serviço (ELS), a deformação final, com a inclusão da fluência, deve ser considerada no mínimo igual ao dobro da deformação elástica.

Apesar do fato de que o bloco de concreto é extensamente utilizada em aplicações estruturais de edifícios altos acima de 20 pavimentos, relativamente pouco se sabe sobre a fluência da alvenaria de blocos de concreto (Drysdale *et al.*, 2002).

2.4.4 Módulo de elasticidade.

O estudo da deformabilidade de paredes de alvenaria de blocos de concreto é de fundamental importância para a caracterização desse material e o desenvolvimento de análises de estruturas compostas por esse tipo de material, visto que ela depende das características dos blocos e da argamassa.

Assim, na ausência de ensaios que comprovam o valor do módulo de elasticidade da alvenaria, a norma Brasileira, NBR 15961-1: 2011 recomenda que sejam adotados os seguintes valores:

- $E_m = 800f_{pk}$ e menor do que 16 GPa,
- E o coeficiente de Poisson da alvenaria igual a 0,2.

Para a norma Mexicana, NMX-C-404-ONNCCE, o módulo de elasticidade para alvenaria estrutural de concreto (E_m) deve ser determinada seguindo um dos procedimentos abaixo:

- Ensaando os prismas moldados com unidades de alvenaria e argamassa que serão utilizados na obra;
- Contudo, na ausência de ensaios pode-se adotar as equações abaixo:

$$E_m = 800f_m^* \text{ (MPa) - para cargas a curto prazo;}$$

$$E_m = 350f_m^* \text{ (MPa) - para cargas permanentes.}$$

De acordo a norma Britânica, a alvenaria quando submetida à compressão, é um elemento elástico; portanto;

- Sob carregamento de curto prazo, o módulo de elasticidade na ausência de ensaios pode ser tomado como sendo:

$$E_m = 900f_k \quad (\text{MPa})$$

- E sob carregamento a longo prazo, módulo de elasticidade (E_m) permitindo a fluência e retração onde adequado, pode ser tomado como sendo:

$$E_m = 450f_k \quad (\text{MPa})$$

Na ausência de ensaios que comprovem o módulo de elasticidade da alvenaria de concreto, E_m , a norma Americana, TMS 602-08/ACI 530.1-08/ASCE 6-08, recomenda a seguinte equação:

$$E_m = 900f'_m$$

Sendo que:

- E_m - Módulo de elasticidade para a alvenaria de concreto;
- f'_m - Resistência a compressão da alvenaria.

Segundo a Norma Europeia EN 1996-1-1: Euro-Code6, o módulo de elasticidade secante (E) deve ser determinado com base em ensaios de acordo com a EN 1052-1. Entretanto, na ausência de um valor determinado por meio de ensaios, pode-se adaptar os valores indicados a seguir:

- O módulo de elasticidade secante da alvenaria a curto prazo (E) utilizado em análises estruturais pode ser tomado como sendo:

$$E = 1000f_k$$

E - Módulo de elasticidade para a alvenaria de concreto a curto prazo;

f_k - Resistência à compressão da alvenaria.

- O módulo de elasticidade secante da alvenaria a longo prazo (E) deve ser baseado no módulo de elasticidade secante da alvenaria a curto prazo, reduzida para permitir os efeitos de fluência:

$$E_{\text{longo prazo}} = \frac{E_{\text{curto prazo}}}{1 + \phi_{\infty}}$$

ϕ_{∞} - é o coeficiente final de fluência

Sendo que:

- Para concreto com agregados densos o ϕ_{∞} varia entre 1,0 á 2,0;
- E para concreto com agregados leves o ϕ_{∞} varia entre 1,0 á 3,0.

2.4.5 Resistência à compressão

O projeto estrutural em alvenaria requer uma compressão clara do comportamento do conjunto unidade-argamassa em condições de carga diferentes. Isso se dá porque as paredes de alvenaria são elementos verticais, quando estruturais, em que a resistência à compressão é o fator predominante no projeto.

De acordo com Parsekian & Soares (2010) da resistência à compressão da alvenaria depende em grande escala do tipo de bloco e em menor escala da mão-de-obra, e em menor escala ainda da argamassa.

Mais detalhadamente Hendry *et al.* (2004) apresentam uma tabela com os fatores mais importantes que afetam da resistência à compressão da alvenaria.

Tabela 12 – Fatores que afetam a resistência da alvenaria

Características dos blocos	Características das argamassas	Alvenaria
Resistência	Resistência	Ligação
Tipo e geometria:	Mistura	Direção das tensões
<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos • Perfurados • Vazados • Relação altura/espessura • Características de absorção 	Relação água/cimento retentividade da água Características de deformação relativa do bloco	Tensões concentradas localmente.

Enquanto que Curtin *et al.* (segundo edição, pag. 27) de forma mais simplificada afirmam que a resistência característica a compressão da alvenaria depende: da resistência característica

da unidade da alvenaria; da argamassa especificada; da forma das unidades; se a alvenaria é argamassada ou não; a espessura das juntas de argamassa; e o padrão de acabamento.

Segundo a ABNT NBR 15961-1: 2011, a resistência característica à compressão simples da alvenaria f_k deve ser determinada com base no ensaio de paredes (ABNT NBR 8949) ou ser estimada como 70% da resistência característica de compressão simples do prisma f_{pk} ou 85% da de pequena parede f_{ppk} . Esses valores se referem todos na área bruta, ou seja:

- $f_k = 0,70f_{pk}$ - resistência característica à compressão simples da alvenaria, determinada com base no ensaio de prismas.
- $f_k = 0,85f_{ppk}$ - resistência característica à compressão simples da alvenaria, determinada com base no ensaio de pequenas paredes.

Para avaliar a resistência à compressão da alvenaria estrutural, Silva (2007) realizou alguns ensaios de resistência à compressão axial em paredes de blocos de concreto (90x240) cm, utilizando duas resistências de blocos e uma única argamassa, resultando em 4 ensaios de parede. Os resultados dos ensaios das paredes, assim como dos prismas e a eficiência parede/prisma, são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 -Resultados de resistência média a compressão, eficiência parede/prisma – (SILVA, 2007).

(SILVA, 2007) (prismas com uma junta de argamassa)						
Resistência a compressão média das argamassas f_a (MPa)	Bloco	Resistência a compressão média dos blocos f_{bm} (MPa)	Resistência a compressão média dos prismas f_{pm} (MPa)	Resistência a compressão média das paredes f_{km} (MPa)	Eficiência parede/prisma	oco
AM1	5,00	B1	11,80	10,10	8,56	0,85
AM1	5,00	B2	22,00	14,40	8,16	0,57

Segundo a autora, a realização dos ensaios de paredes são complexos e exigem cuidados maiores devido a sua *esbelteza*, tornando-a frágil e instável. Sendo que houve perda de uma das paredes no decorrer dos ensaios, mesmo com todos os cuidados.

Analisando a eficiência parede/prisma ocós, verifica-se um diminuição da mesma que pode ser explicada pela utilização de uma argamassa muito fraca, tendo em conta o bloco utilizado de 22 MPa.

2.5 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DA PAREDE DE ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO SEGUNDO ALGUMAS NORMAS INTERNACIONAIS

De acordo com várias normas, são descritos abaixo as especificações para consideração da resistência a compressão de uma parede no projeto estrutural.

2.5.1 EN 1996-1-1: Euro-code 6: *Design of Masonry Structures - Part 1-1: General rules for buildings - Rules for reinforced and unreinforced masonry*

O EUROCODE 6 propõe duas equações para determinar a resistência característica a compressão da alvenaria simples, baseada na resistência a compressão do bloco, na resistência média a compressão da argamassa convencional, a espessura da junta de argamassa e tendo em conta um fator K que depende do tipo de bloco e da argamassa, quando não se tem disponível resultados de ensaios. São elas:

$$f_k = k f_f^{0,7} f_m^{0,3} \text{ - Equação 1 - alvenaria com argamassa tradicional – junta de 10mm.}$$

$$f_k = k f_b^{0,85} \text{ - Equação 2 - alvenaria com argamassa fina, ou seja, 3mm ou menos de espessura.}$$

- Sendo: K = constante que depende do tipo de bloco e da argamassa. Os valores de k estão disponível na tabela 3.3 da norma EUROCODE 6 (1996)
- f_b = *resistencia a compressão do bloco (MPa)*
- f_k = *resistencia caraterisitica a compressão da alvenaria (MPa)*
- f_m = *resistencia media a compressão da argamassa (MPa)*

Utilizando a fórmula proposta pelo EN 1996-1-1, foi construída uma tabela de resistência à compressão das paredes para a alvenaria estrutural com blocos vazados com argamassa tradicional e valores de eficiência parede/bloco. Esses valores estão indicados na Tabela 14.

Tabela 14 – Resistência a compressão da alvenaria tendo em conta a resistência do bloco e da argamassa, conforme a $f_k = k f_b^{0,7} f_m^{0,3}$ - EN 1996-1-1: Euro-code 6.

EN 1996-1-1: Eurocode6			
Resistência à compressão do bloco f_b (MPa)	Resistência À compressão da argamassa f_m (MPa)	Resistência À compressão da parede f_k (MPa)	Eficiência parede/bloco
3,00	4,00	1,64	0,55
4,00	4,00	2,00	0,50
6,00	6,00	3,00	0,50
8,00	6,00	3,67	0,46
10,00	8,00	4,68	0,47
12,00	8,00	5,31	0,44
14,00	12,00	6,68	0,48
16,00	12,00	7,34	0,46
18,00	14,00	8,35	0,46
20,00	14,00	8,99	0,45

Observando os resultados da Tabela 14 obtidas com a equação: $f_k = k f_b^{0,7} f_m^{0,3}$ - Equação 1, proposta pelo EN 1996-1-1: Euro-Code 6, parede de alvenaria assentados com argamassa tradicional – junta de 10mm, verifica-se uma pequena variação na eficiência parede/prisma. Segundo a tabela acima a eficiência varia de 0,55 á 0,45, diminuindo com o aumento da resistência dos blocos.

Tabela 15 - Resistência à compressão da alvenaria, tendo em vista a resistência do bloco e da argamassa, conforme $f_k = k f_b^{0,85}$ - EN 1996-1-1: Euro-code6.

Euro - Code6 – 2006			
Resistência à compressão do bloco f_b	Resistência à compressão da argamassa f_m	Resistência à compressão da parede f_k	Eficiência parede/bloco
3,00	4,00	1,27	0,42
4,00	4,00	1,62	0,41
6,00	6,00	2,29	0,38
8,00	6,00	2,93	0,37
10,00	8,00	3,54	0,35
12,00	8,00	4,13	0,34
14,00	12,00	4,71	0,34
16,00	12,00	5,28	0,33
18,00	14,00	5,83	0,32
20,00	14,00	6,38	0,32

Analisando as Tabela 14 e Tabela 17, foi observado reduções em relação a resistência à compressão das paredes na ordem de 23% á 43%, considerando as juntas horizontais finas menores que 3 mm. Foi possível, então, observar pelos resultados apresentados nas tabelas acima reduções na eficiência parede/bloco na ordem dos 23% à 43%. A Tabela 16 traz os valores de K a serem utilizados nas equações acima, conforme o tipo de bloco a ser utilizado.

Tabela 16 - Valores de K, EN 1996-1-1, para as seguintes situações:

Unidades de alvenaria		Argamassa tradicional	Argamassa fina (= ≤ 3 mm de espessura)	Argamassa com baixa densidade	
				600= $\leq p$ ≤ 700 kg/m ³	700= $\leq p$ ≤ 1500 kg/m ³
Cerâmica	Grupo* 1	0,5	0,75	0,3	0,4
	Grupo* 2	0,45	0,55	0,3	0,4
	Grupo* 3	0,35	0,25	0,2	0,25
	Grupo* 4	0,3	não usado	não usado	não usado
Sílico calcário	Grupo 1	0,5	0,8	não usado	não usado
	Grupo 2	0,45	0,55	não usado	não usado
Agregados de concreto	Grupo 1	0,5	0,8	0,45	não usado
	Grupo 2	0,5	0,8	0,45	não usado
	Grupo 3	0,3	não usado	não usado	não usado
	Grupo 4	0,3	não usado	não usado	não usado
Concreto celular auto clavado	Grupo 1	0,5	0,85	0,45	não usado
Pedras artificiais	Grupo 1	0,5	0,75	não usado	não usado
Pedras naturais	Grupo 1	0,5	não usado	não usado	não usado

*designações de grupos de unidades de alvenaria, de acordo com o tamanho, orientação e percentagem de vazios nas unidades quando estabelecidas.

Tabela 17 - Requisitos geométricos para os grupos de alvenaria, segundo a EN 1996-1-1.

	Materiais e limites para as unidades de alvenaria							
	Grupo 1 (todos os materiais)	blocos	Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
			Furos verticais				furos horizontais	
volume de todos os furos (% do volume total)	≤ 25	Cerâmica	> 25; ≤ 55		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 70	
		Silico-calcário	> 25; ≤ 55		não usado		não usado	
		Concreto (b)	> 25; ≤ 60		> 25; ≤ 70		> 25; ≤ 50	
volume de qualquer furo (% do volume total)	≤ 12,5	Cerâmica	cada múltiplo furo ≤ 2 furos de pressão no total até 12,5		cada múltiplo furo ≤ 2 furos de pressão no total até 12,6		cada múltiplo furo ≤ 30	
		Silico-calcário	cada múltiplo furo ≤ 15 furos de pressão no total até 30		não usado		não usado	
		Concreto (b)	cada múltiplo furo ≤ 30 furos de pressão no total até 30		cada múltiplo furo ≤ 30 furos de pressão no total até 30		cada múltiplo furo ≤ 25	
valor da espessura declarada para as paredes transversais e longitudinais (mm)	Sem requisitos		Paredes transversais	Paredes longitudinais	Paredes transversais	Paredes longitudinais	Paredes transversais	Paredes longitudinais
		Cerâmica	≥ 5	≥ 8	≥ 3	≥ 6	≥ 5	≥ 6
		Silico-calcário	≥ 5	≥ 10	não usado		não usado	
		Concreto (b)	≥ 15	≥ 18	≥ 15	≥ 15	≥ 20	≥ 20
valores combinados da espessura (a) declarada das paredes transversais e longitudinais	Sem requisitos	Cerâmica	≥ 16		≥ 12		≥ 12	
		Silico-calcário	≥ 20		não usado		não usado	
		Concreto (b)	≥ 18		≥ 15		≥ 15	

2.6 PRISMAS

Com a moderna utilização dos materiais com alta resistência e elementos esbeltos, a resistência à compressão é por vezes de importância fulcral nas estruturas que suportar grandes cargas. Os ensaios de compressão em prismas de alvenaria são usados como bases para determinar as tensões de projeto, e em alguns casos como medida do controle de qualidade. A importância do comportamento do prisma a compressão é foco de muitas pesquisas no Brasil e no mundo e a potencial correlação com outras características tem vindo a ser investigadas.

Entende-se por prisma um elemento de alvenaria que resulta da união de dois ou mais blocos por uma junta de argamassa com espessura nunca superior a 13mm. Essa espessura é capaz de reduzir a resistência a compressão axial do prisma. Ainda em relação à espessura, nunca será inferior a 7 mm, sendo que pode originar tensões de contato localizadas que alteram o comportamento da alvenaria, podem ser grauteadas ou não grauteadas.

A capacidade de resistência dos ensaios e a especificação dos limites de altura, assim como outras considerações práticas, têm levado ao uso do prisma como o tipo de ensaio padrão para determinar a resistência a compressão da alvenaria ao invés dos ensaios em escala real.

2.6.1 Ensaio

Segundo a norma de alvenaria de concreto ABNT NBR 15961-2: 2011, resistência à compressão da alvenaria deve ser controlada pelo ensaio de prisma, conforme ensaio preconizado na mesma norma no Anexo A.

Entende-se que no ensaio de prisma é possível prevenir que o mecanismo de transferência de carga seja do topo à base, sendo a característica fundamental desse ensaio. Para tanto, deve-se prever um capeamento capaz de prever uma superfície plana e lisa, além de uma espessura do prato da prensa capaz de transferir uniformemente a carga sobre o prisma.

Drysdale *et al.* (2002) afirmam que a superfície dos prismas pode ser capeada com uma fina espessura de argamassa, com capeamento colado como os a base de gesso ou capeados com material a base de enxofre.

2.6.2 Mecanismo de ruptura

Mohamad *et al.* (2006) após realizarem ensaios de compressão em prismas confeccionados com diferentes blocos de concreto e argamassas, verificaram que os prismas podem atingir a ruptura de duas formas diferente: (i) a indução de tração no bloco até atingir o limite de resistência a tração; (ii) acontece pelo esmagamento da junta de argamassa de assentamento, quando a argamassa atingir o limite de resistência a compressão confinada.

De acordo com Drysdale *et al.* (2002) os ensaio de compressão axial de prisma com relação altura-espessura baixa (menor do que 2:1) tendem a produzir uma ruptura cônica de cisalhamento por compressão. Este tipo de ruptura pode ser observado nos ensaio de corpo-de-prova cilíndrico de concreto, e está igualmente relacionada com o efeito do confinamento dos pratos dos ensaios. Alternativamente, prismas com altura suficiente para minimizar o efeito, exibe fissuração vertical por meio dos blocos de alvenaria. O mesmo tipo de ruptura ocorre em prismas de menor altura, caso o efeito do confinamento seja eliminado.

2.6.3 Resistência à compressão dos prismas

De acordo com Hendry *et al.* (2004), convencionalmente, a resistência à compressão da alvenaria de blocos vazados com os furos grauteados é considerada como sendo a soma da resistência dos blocos vazados e a resistência do graute ensaiados separadamente. Contudo, segundo os autores, mesmo quando os materiais têm aproximadamente a mesma resistência nominal, esta regra não é sempre viável, pois pode haver uma diferença nas tensões laterais do bloco, e graute com resistência superior a do bloco na área líquida. Isso resulta em uma tendência para separa o graute das paredes dos blocos.

Portanto, segundo os autores, ao longo do tempo, várias formulações formam propostas para calcular a resistência da alvenaria de blocos grauteados, como a equação abaixo sugerida por Khalaf (1991), a qual fornece a resistência à compressão dos prismas grauteadas, f'_m :

$$f'_m = 0,3f_b + 0,1f_{mr} + 0,25fc - \text{Equação 3}$$

Sendo que:

f_b é a resistência a compressão das unidades de alvenaria

f_{mr} é a resistência a compressão da argamassa

f_c é a resistência a compressão do graute

2.6.3.1 Resistência à compressão dos prismas e a eficiência prisma/bloco segundo as normas internacionais.

Exceto quando indicado, os dados das tabelas referem-se às tensões na área bruta.

2.6.3.1.1 Especificações para a alvenaria estrutural TMS 602-08/ACI 530.1-08/ASCE 6-08

De acordo com o ACI, na ausência de ensaios para determinar a resistência à compressão dos prismas com blocos de concreto, podem ser utilizados os valores da Tabela 18, a qual está baseada na resistência do bloco e do tipo de argamassa usado na construção. Ou por meio da Tabela 18, baseada no ensaio do prisma tendo em conta um fator de correção, sendo que os ensaios devem consistir em três prismas moldados e ensaiados de acordo com a ASTM C 1314.

Considerando a área líquida = 0,5 x área bruta, os resultados da Tabela 18, que, inicialmente, eram considerados na área líquida, os quais foram transformados em área bruta.

Tabela 18 - Resistência à compressão dos prismas baseados na resistência a compressão do bloco e tipo de argamassa usada na construção, MSJC Specification.

ACI - 2011				
Resistência à compressão dos blocos de concreto (MPa)		Resistência a compressão dos prismas (MPa)	Eficiência prisma/bloco (M ou S)	Eficiência prisma/bloco (N)
Argamassa do Tipo M ou S	Argamassa do Tipo N			
-	6,55	4,66	-	0,71
6,55	7,41	5,17	0,79	0,70
9,66	10,52	6,9	0,71	0,66
12,93	13,96	8,62	0,67	0,62
16,55	18,1	10,35	0,63	0,57

Para blocos de concreto com menos de 102 mm de altura, a resistência à compressão do prisma deve ser considerada com sendo 85% dos valores tendo em conta a tabela acima.

Para usar a tabela acima, deve-se respeitar:

1.1 - Os blocos são escolhidos e testados em conformidade com a ASTM C 55 ou ASTM C 90

1.2 - As espessura das blocos não devem exceder 15,9 mm

1.3 - Para os prismas grauteados, o graute deve seguir um dos seguintes requisitos:

- O graute deve estar em conformidade com o artigo 2.2 da ASTM 602/ACI 530.1/ASCE 6.
- A resistência à compressão mínima do graute deve ser igual ou superior à resistência a compressão da alvenaria, mas nunca inferior a 13,79 Mpa. A resistência a compressão do graute deve ser determinada de acordo com a ASTM C1019.

Tabela 19 - Fator de correção da resistência à compressão da alvenaria baseados na geometria do prisma, altura e espessura do mesmo.

hp/tp	1,3	1,5	2	2,5	3	4	5
Fator de correção	0,75	0,86	1,00	1,04	1,07	1,15	1,22

hp – altura total do prisma; tp – espessura do prisma

A ASTM C – 1314 apresenta algumas recomendações para os ensaios de prismas:

- A argamassa deve ser colocada nas paredes transversais dos blocos.
- Argamassamento nas paredes transversais dos blocos, exceto para alguns casos: algumas obras não colocam argamassa nas paredes transversais, contudo, para os ensaios de prismas o argamassamento deve ser total. A ASTM C – 1314 (5.6) especifica claramente que os prismas devem ser moldados com argamassamento total, ou seja, deve-se colocar argamassa em todas as paredes dos blocos vazados;
- Em relação ao transporte, a ASTM C 1314 6.1 afirma que cada prisma deve ser amarrado ou preso para prevenir danos durante o levantamento e o transporte;
- Os prismas devem também estar seguros para prevenir choques, saltos ou o típico tombamento durante o transporte.

2.6.3.1.2 CSA Standard S304.1 -04 – Design of Masonry Structures

Segundo a normalização canadense, a resistência de prisma pode ser obtida realizando ensaios de prisma ou baseado na resistência a compressão do bloco e da argamassa, de acordo com a Tabela 20.

Considerando a área líquida = 0,5 x área bruta, os resultados da Tabela 20, que inicialmente eram considerados na área líquida, foram transformados em área bruta.

Tabela 20 - Especificação da resistência à compressão dos prismas, $f'm$, para blocos de concreto, Mpa.

CSA Standard S304,1 -04								
Resistência a compressão do bloco (MPa)	Tipo de argamassa S		Tipo de argamassa N		Eficiência prisma/bloco (Argamassa S)		Eficiência prisma/bloco (Argamassa N)	
	Prismas Ocos	Prismas maciços ou Grauteados	Prismas Ocos	Prismas maciços ou Grauteados	Prismas Ocos/bloco	Prismas Grauteados/ Prismas Ocos	Prismas Ocos/bloco	Prismas Grauteados/ Prismas Ocos
5,00	3,25	5,00	3,00	4,50	0,65	1,54	0,60	1,50
7,50	4,90	7,50	4,00	6,00	0,65	1,53	0,53	1,50
10,00	6,50	10,00	5,00	7,50	0,65	1,54	0,50	1,50
15,00	8,75	13,50	6,00	9,00	0,58	1,54	0,40	1,50
20,00	11,00	17,00	7,00	10,50	0,55	1,55	0,35	1,50

*É permitida a interpolação linear dos valores apresentados na Tabela 20.

CSA Standard apresenta algumas recomendações sobre a tabela acima:

Para paredes parcialmente grauteadas, um valor ponderado da $f'm$ pode ser utilizado para contabilizar a porcentagem do comprimento da parede que é grauteada. Uma alternativa pode ser tratar as partes grauteadas e não grauteadas separadamente, desde que a compatibilidade das deformações seja incluída.

2.6.3.1.3 NMX-C-404-ONNCCE – Norma Mexicana - Técnica complementar para dimensionamento e construção de alvenaria estrutural.

Segundo a norma Mexicana NMX-C-404-ONNCCE, a resistência à compressão dos prismas de blocos de concreto (f_m^*) baseado na área bruta, pode ser determinada seguindo um dos procedimentos a seguir:

1. O primeiro procedimento seria os ensaios de prismas construídos com blocos e argamassas a serem utilizados na obra:

Segundo esta norma, os prismas devem ser moldados com no mínimo três unidade de alvenaria com junta ao prumo. A relação altura-espessura deve estar entre 2 e 5. Devem ser ensaiados, no mínimo, nove prismas, construídos com unidades de alvenaria, vindos de, pelo menos, três lotes do mesmo produto, para determinar a resistência à compressão dos prismas. Lembrando que a tensão média obtida para cada prisma deve ser multiplicada por um fator de correção, indicados na Tabela 21.

Tabela 21 - Fator de correção para a resistência dos prismas com diferentes relações altura/espessura. imcyc, México.

Relação altura/Espessura ¹	2	3	4	5
Fator de correção	0,75	0,9	1	1,05

¹ Para relações de altura/espessura intermediarias o fator de correção deve ser interpolada.

Então, a resistência à compressão de projeto para a alvenaria estrutural deve ser:

$$f_m^* = \frac{\overline{f_m}}{1 + 2,5C_m}$$

onde:

- f_m - resistência a compressão média do prisma na área bruta, corrigida pelo fator de correção, conforme Tabela 21;
- C_m – coeficiente de variação da resistência a compressão dos prismas, que não deve ser menor do que 0,15.

2. Tendo em conta a resistência das unidades de alvenaria e da argamassa.

A resistência à compressão dos prismas pode ser determinada tendo em vista a resistência das unidades de alvenaria e da argamassa, devem-se respeitar, assim, os requisitos de qualidade especificados na norma canadense.

Tabela 22 – Resistência à compressão dos prismas de concreto (f_m^* , na área bruta).

NMX-C-404-ONNCCE – Norma Mexicana-2012						
Resistência a compressão do bloco f_p^* (MPa) ¹	Resistência a compressão dos prismas f_m^* (MPa)					
	Argamassa I	Argamassa II	Argamassa III	Eficiência prisma/bloco Argamassa I	Eficiência prisma/bloco Argamassa II	Eficiência prisma/bloco Argamassa III
10,00	5,00	4,50	4,00	0,50	0,45	0,40
15,00	7,50	6,00	6,00	0,50	0,40	0,40
20,00	10,00	9,00	8,00	0,50	0,45	0,40

¹ Para valores intermediários de f_p^* , interpolação linear para a mesma argamassa é permitida.

De acordo com a NMX-C-404-ONNCCE, os valores de f_m^* , na Tabela 22, são válidos para as unidades de alvenaria em conformidade com f_p^* estabelecidos na Tabela 22 e, de acordo com as especificações para o peso específico unitário mínimo de cada unidade de alvenaria estabelecidas na mesma norma para as unidades de concreto, o mínimo é 1700 kg/m^3 , sendo a espessura das juntas horizontais de argamassa entre 10 a 12 mm.

2.6.3.1.4 AS 3700-1998 - *Masonry structures*

De acordo com a norma Australiana, na ausência de ensaios, a resistência característica a compressão dos prismas deve ser determinada de acordo com a Tabela 23.

Considerando a área líquida = $0,5 \times$ área bruta, os resultados da Tabela 23 que, inicialmente, eram considerados na área líquida, foram transformados em área bruta.

Tabela 23 - Resistência característica à compressão da alvenaria, na área bruta.

AS 3700- Austrália – 1998		
Resistência a compressão do bloco f_b (MPa)	Resistência a compressão do prisma (MPa)	Eficiência prisma/bloco (Argamassa M3)
2,5	1,55	0,62
5	2,2	0,44
7,5	2,77	0,37
10	3,15	0,32
12,5	3,5	0,28
15	3,85	0,26
20	4,4	0,22
25	4,95	0,20

*interpolação linear dos valores dos blocos pode ser utilizada.

Segundo a norma Australiana, o resultado da resistência à compressão não confinada da unidade de alvenaria obtida nos ensaios deve ser multiplicado por um fator (kh), conforme especificado na Tabela 24.

Tabela 24 - fator da resistência à compressão (kh).

Relação entre a altura da unidade de alvenaria e a espessura da junta de argamassa*	0	3	7,6	12	≥ 19
Fator da resistência à compressão	0	0,6	1	1,15	1,3

*interpolação linear dos valores dos blocos pode ser utilizada.

2.6.3.1.5 BS 5628 – 1: 2005 – Parte 1: Utilização de Alvenaria Estrutural não Armada. Norma Britânica.

De acordo com a BS 5628, a resistência característica à compressão de qualquer alvenaria (f_k) pode ser determinada por meio de ensaios em paredes. Contudo, na ausência destes ensaios, a resistência característica à compressão da alvenaria (f_k) em condições normais de argamassamento, definidos em termos da forma e da resistência à compressão das unidades da alvenaria e a designação da argamassa especificada pela norma, pode ser determinada tendo em vista a resistência à compressão dos prismas, obtida a partir das Tabelas 25, 26 e 28.

Tabela 25 - Resistência característica a compressão da alvenaria não-grauteada, f_k , em Mpa, com blocos com mais do que 25%mas menos do que 60% de espaços vazios e uma relação altura/espessura entre 2,0 e 4,5.

Resistência a compressão do bloco (MPa)	Resistencia a compressão dos prismas (MPa)				Eficiência prisma oco /bloco			
	(i) 12MPa	(ii) 6MPa	(iii) 4MPa	(iv) 2MPa	(i) 12MPa	(ii) 6MPa	(iii) 4MPa	(iv) 2MPa
2,90	2,80	2,80	2,80	2,80	0,97	0,97	0,97	0,97
3,60	3,50	3,50	3,50	3,50	0,97	0,97	0,97	0,97
5,20	5,00	5,00	5,00	4,40	0,96	0,96	0,96	0,85
7,30	6,60	6,40	6,10	5,80	0,90	0,88	0,84	0,79
10,40	8,10	7,50	7,10	6,70	0,78	0,72	0,68	0,64
17,50	11,20	9,90	9,00	8,00	0,64	0,57	0,51	0,46
22,50	13,10	11,60	10,20	8,90	0,58	0,52	0,45	0,40
30,00	16,00	14,00	12,00	10,20	0,53	0,47	0,40	0,34
40,00	19,40	16,70	14,00	11,50	0,49	0,42	0,35	0,29

*interpolação linear dos valores dos blocos pode ser utilizada.

Tabela 26 - Resistência característica a compressão da alvenaria não-grauteada, f_k , em MPa, com blocos com uma relação altura/espessura igual a 0,6 (Ex: blocos de 29x14x19).

Resistência a compressão do bloco (MPa)	Resistência a compressão dos prismas ocos (MPa)				Eficiência prisma oco /bloco			
	(i) 12MPa	(ii) 6Mpa	(iii) 4MPa	(iv) 2MPa	(i) 12MPa	(ii) 6MPa	(iii) 4Mpa	(iv) 2MPa
2,90	1,40	1,40	1,40	1,40	0,48	0,48	0,48	0,48
3,60	1,70	1,70	1,70	1,70	0,47	0,47	0,47	0,47
5,20	2,50	2,50	2,50	2,20	0,48	0,48	0,48	0,42
7,30	3,40	3,20	3,20	2,80	0,47	0,44	0,44	0,38
10,40	4,40	4,20	4,10	3,50	0,42	0,40	0,39	0,34
17,50	6,30	5,50	5,10	4,60	0,36	0,31	0,29	0,26
22,50	7,50	6,50	6,00	5,30	0,33	0,29	0,27	0,24
30,00	9,50	7,90	7,20	6,20	0,32	0,26	0,24	0,21
40,00	11,20	9,30	8,20	7,10	0,28	0,23	0,21	0,18

*interpolação linear dos valores dos blocos pode ser utilizada.

Tabela 27 - Resistência característica a compressão da alvenaria grauteada, f_k , em Mpa, com blocos uma relação altura/espessura entre 0,4 e inferior 0,6 (Ex: blocos de 29x14x19).

BS 5628 – 1: 2005 – Parte 1						
Resistência a compressão do bloco (MPa)	Resistência a compressão dos prismas grauteados (MPa)		Resistência a compressão dos prismas ocos (MPa)		Eficiência prisma grauteado/prisma oco	
	(i) 12MPa	(ii) 6MPa	(i) 12MPa	(ii) 6MPa	(i)	(ii)
2,90	2,80	2,50	1,40	1,40	2,00	1,79
3,60	3,50	2,90	1,70	1,70	2,06	1,71
5,20	4,50	3,70	2,50	2,50	1,80	1,48
7,30	5,60	4,60	3,40	3,20	1,65	1,44
10,40	7,20	5,90	4,40	4,20	1,64	1,40
17,50	9,70	7,90	6,30	5,50	1,54	1,44
22,50	11,30	9,10	7,50	6,50	1,51	1,40
30,00	13,50	10,80	9,50	7,90	1,42	1,37
40,00	15,40	12,30	11,20	9,30	1,38	1,32

*interpolação linear dos valores dos blocos pode ser utilizada.

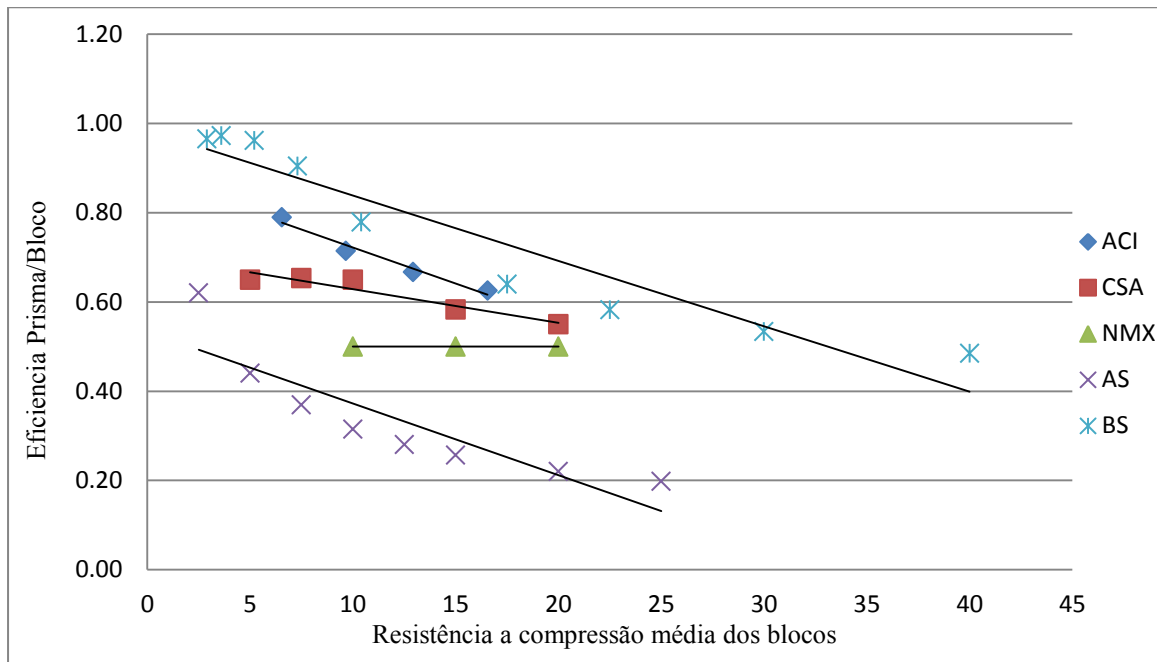
Tabela 28 - Resistência característica a compressão da alvenaria grauteada, f_k , em Mpa, com blocos uma relação altura/espessura entre 0,4 e inferior 0,6 (Ex: blocos de 29x14x19). (Continuação).

BS 5628 – 1: 2005 – Partes 1					
Resistência a compressão dos prismas grauteados (MPa)		Resistência a compressão dos prismas ocos (MPa)		Eficiência prisma grauteado/prisma oco	
(iii) 4MPa	(iv) 2MPa	(iii) 4MPa	(iv) 2MPa	(iii)	(iv)
2,30	2,20	1,4	1,4	1,64	1,57
2,50	2,10	1,7	1,7	1,47	1,24
3,20	2,60	2,5	2,2	1,28	1,18
4,10	3,30	3,2	2,8	1,28	1,18
5,20	4,30	4,1	3,5	1,27	1,23
7,00	5,70	5,1	4,6	1,37	1,24
8,10	6,60	6,0	5,3	1,35	1,25
9,60	7,80	7,2	6,2	1,33	1,26
11,10	9,00	8,2	7,1	1,35	1,27

*interpolação linear dos valores dos blocos pode ser utilizada.

A figura abaixo ilustra, por meio de um gráfico, a eficiência da relação entre prisma e bloco, segundo as normas internacionais tratadas acima. Considerando, pois, os valores de resistência à compressão dos blocos por seus valores médios.

Figura 1 – Relações de eficiência prisma/bloco, segundo algumas normas internacionais.



ACI – normalização americana (argamassa tipo M ou S)

CSA - normalização canadense (argamassa tipo S)

NMX - normalização mexicana (argamassa tipo I(12,5MPa))

AS - normalização australiana (argamassa tipo M3)

BS - normalização britânica (argamassa tipo i (12,5MPa))

1.1.1.1 Resistência à compressão dos prismas, e a eficiência prisma/bloco segundo alguns autores.

Utilizando a equação proposta por Hendry *et al.* (2004), $f'_m = 0,3f_b + 0,1f_{mr} + 0,25f_c$ - Equação 3, apresenta-se na Tabela 29 os valores de resistência a compressão dos prismas ocios e grauteados, como também a eficiência entre prisma/bloco e prisma grauteado/prisma ocioso, utilizando resistências de blocos, de argamassa e de graute mais comuns no Brasil. Exceto quando indicado, os dados das tabelas referem-se a tensões na área bruta.

Tabela 29—Resultados de resistência a compressão dos prismas ocos e grauteados, e a eficiência prisma/bloco e prisma grauteado/prisma oco (HENDRY *et al.*, 2004).

Henry et al (2004)						
Resistencia do bloco f_b (MPa)	Resistencia da argamassa f_{mr} (MPa)	Resistencia do graute f_c (MPa)	Resistencia do prisma oco f'_m (MPa)	Resistencia do prisma grauteado f'_m (MPa)	Eficiência prisma oco/bloco	Eficiência prisma grauteado/prisma oco
3,00	4,00	15,00	1,30	5,05	0,43	3,88
4,00	4,00	15,00	1,60	5,35	0,40	3,34
6,00	6,00	15,00	2,40	6,15	0,40	2,56
8,00	6,00	20,00	3,00	8,00	0,38	2,67
10,00	8,00	20,00	3,80	8,80	0,38	2,32
12,00	8,00	25,00	4,40	10,65	0,37	2,42
14,00	12,00	25,00	5,40	11,65	0,39	2,16
16,00	12,00	30,00	6,00	13,50	0,38	2,25
18,00	14,00	30,00	6,80	14,30	0,38	2,10
20,00	14,00	30,00	7,40	14,90	0,37	2,01

Com o objetivo de estudar a influência da geometria e do tipo de argamassa na relação prisma/bloco, a deformação e o mecanismo de ruptura dos prismas com blocos estruturais. Casali *et al.* (2012) utilizou quatro tipos de argamassas, sendo duas industriais (P3 3 P4) e duas de cimento e cal (C1 e C2); além disso, utilizou dois tipos de blocos, sendo um com espessura de parede de 25 mm, e outro com 32 mm.

Na Tabela 30 observam-se os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial da argamassa, dos blocos de concreto e dos prismas.

Tabela 30 – Resultados de Resistência característica à compressão e eficiência prisma/bloco (CASALI *et al.*, 2012)

Casali <i>et al.</i>,(2012) (prismas com duas juntas de argamassa)					
Resistência compressão média das argamassas f_a (MPa)		Bloco	Resistência característica compressão dos blocos f_{bk} (MPa)	Resistência característica compressão dos prismas ocos f_{pk} (MPa)	Eficiência prisma/bloco
C2	15,44	B1	20,9	15,74	0,75
C1	10,9			15,15	0,72
P4	9,38			10,07	0,48
P3	6,85			8,53	0,41
C2	15,44	B2	22,2	14,8	0,67
C1	10,9			15,87	0,71
P4	9,38			13,9	0,63
P3	6,85			11,74	0,53

Observando os resultados da Tabela 30, os autores concluíram que a geometria dos blocos de concreto e o tipo de argamassa influenciam o comportamento mecânico das alvenarias. Como pode-se observar pela tabela as maiores eficiências prisma/bloco foram encontradas nos prismas com argamassa de cimento-cal. Os prismas moldados com argamassa industrial apresentaram elevadas deformações e o esmagamento da junta de argamassa com 50% da carga de ruptura. A geometria dos blocos de concreto também influencia a resistência à compressão dos prismas. Blocos de concreto com menores espessuras resultam em níveis menores de resistência à compressão para os prismas moldados com argamassa industrial. Contudo, prismas com a mesma geometria, mas moldados com argamassa de cimento-cal produzem maiores resultados. Há uma tendência de diminuição da eficiência prisma/bloco quando se aumenta a resistência do bloco.

Gayed *et al.* (2012) construíram e ensaiaram 100 prismas ocos na Universidade de Alberta no Canada com o objetivo de estudar a relação entre a resistência dos blocos e dos prismas com o intuito de calibrar os resultados de eficiência prisma/bloco propostos na norma Canadense. Assim, foram utilizados blocos com resistência nominal de 5 á 20 Mpa, ambas as argamassas de cimento e de cimento-cal e prismas com duas juntas de argamassa (três blocos).

São apresentados na Tabela 31 os resultados dos ensaios de compressão axial nos blocos, na argamassa e nos prismas ocós.

Tabela 31 – Resultados de Resistência característica a compressão e eficiência prisma/bloco (GAYED *et al.*, 2012).

Gayed <i>et al.</i> (2012) (prismas com duas juntas de argamassa)				
Resistência compressão média das argamassas f_a (MPa)	Bloco	Resistência a compressão média dos blocos f_{bm} (MPa)	Resistência a compressão média dos prismas ocós f_{pm} (MPa)	Eficiência prisma/bloco
12,4	B4	3,65	2,48	0,68
8,68	B3	11,14	8,71	0,78
7,87	B2	11,15	10,09	0,90
12,13	B1	15,65	12,22	0,78

De acordo com os resultados obtidos na Tabela 31, e analisando os valores de resistência dos prismas e da eficiência prisma/bloco propostos pela norma Canadense, os autores concluíram que os valores da norma são significativamente conservadores, chegando a ser 15% á 69% menores que os resultados obtidos nos ensaios. Ainda segundo os autores, os resultados dos ensaios sugerem que a resistência à compressão dos prismas de alvenaria com blocos de concreto moldados com argamassa do tipo S e N podem ser razoavelmente previstos multiplicando a resistência dos blocos por um fator de 0,7 e 0,6, respectivamente.

Para estudar o comportamento de prismas de blocos de concreto grauteados e não grauteados, Romagna (2000) realizou ensaios em prismas de três blocos, executados com três tipos de bloco (B1, B2 e B3) e dois tipos de argamassa (A1 e A2). Os resultados dos ensaios são mostrados nas Tabelas Tabela 32 e Tabela 33 para os prismas ocós e grauteados, respectivamente.

Tabela 32 - Resultados de resistência média a compressão e eficiência prisma/bloco (ROMAGNA, 2000)

(ROMAGNA, 2000) (prismas com duas juntas de argamassa)				
Resistência a compressão média das argamassas f_a (MPa)	Bloco	Resistência a compressão média dos blocos f_{bm} (MPa)	Resistência a compressão média dos prismas ocos f_{pm} (MPa)	Eficiência prisma/bloco
7,68	B1	7,23	4,63	0,64
7,39	B2	13,92	10,35	0,74
7,81	B3	19,4	12,76	0,66

De acordo com a autora, a análise dos resultados dos ensaios mostram que a influência da resistência da argamassa é mais significativa para os prismas não grauteados, em relação aos prismas grauteados. Observa-se também uma diminuição da eficiência prisma/bloco quando se aumenta a resistência do bloco.

Tabela 33 - Resultados de resistência média a compressão e eficiência prisma grauteado/prisma oco – (ROMAGNA, 2000)

(ROMAGNA, 2000) (prismas com uma junta de argamassa)				
Bloco	Resistência a compressão média dos prismas ocos f_{pm} (MPa)	Resistência a compressão média dos grautes f_{gm} (MPa)	Resistência à compressão média dos prismas grauteados f_{pm}^* (MPa)	Eficiência prisma grauteado/prisma oco
B1	4,63	G2 - 15,10	11,15	2,41
B2	10,35	G3 - 25,08	17,84	1,72
B3	12,76	G4 - 40,62	17,14	1,34

Observando a Tabela 33, percebe-se uma diminuição da eficiência prisma grauteado/prisma oco. Para blocos de menores resistências, no caso de 4.63 MPa, dobra-se o valor de eficiência, enquanto que para blocos de resistência moderada, no caso de 14 MPa, a resistência do prisma grauteado aumenta 70% em relação ao prisma oco.

Silva (2007), para avaliar a resistência à compressão da alvenaria, realizou diversos ensaios de blocos, argamassa, graute e prismas, tendo em vista várias combinações desses elementos. Dessa forma, os corpos-de-prova utilizados foram: prisma de dois blocos, prisma de três blocos, painel com dimensão de 45x60 cm, painel com dimensão de 90x100 cm e parede com dimensão de 90x240 cm. Com isso, foram realizadas séries de ensaios, com a combinação dos três fatores condicionantes: geometria do corpo-de-prova, resistência do bloco e resistência da argamassa. Os resultados dos ensaios são apresentados na Tabela 34.

Tabela 34 - Resultados de resistência média a compressão, eficiência prisma/bloco (SILVA, 2007)

(SILVA, 2007)					
(prismas com uma junta de argamassa)					
Resistência a compressão média da argamassa f_a		Bloco	Resistência a compressão média dos blocos f_{bm} (MPa)	Resistência à compressão média dos prismas f_{pm} (MPa)	Eficiência prisma /bloco
AM1	5	B1	11,8	10,1	0,86
AM2	10,8			14,4	1,22
AI1	7,5			9,4	0,80
AI2	22,5			13,7	1,16
AM1	5	B2	22	14,4	0,65
AM2	10,8			14,9	0,68
AI1	7,5			11,2	0,51
AI2	22,5			20,9	0,95

Tabela 35 - Resultados de resistência média a compressão, eficiência prisma/bloco - Silva (2007).

(SILVA, 2007)					
(prismas com duas juntas de argamassa)					
Resistência a compressão média das argamassas f_a (MPa)		Bloco	Resistência a compressão média dos blocos f_{bm} (MPa)	Resistência a compressão média dos prismas f_{pm} (MPa)	Eficiência prisma bloco/bloco
AM1	5,00	B1	11,80	10,50	0,89
AI1	7,50			9,80	0,83
AM2	10,80			12,80	1,08
AI2	22,50			13,00	1,10
AM1	5,00	B2	22,00	13,80	0,63
AI1	7,50			12,10	0,55
AM2	10,80			14,11	0,64
AI2	22,50			20,20	0,92

De acordo com a autora, e como pode ser observado pelas tabelas e citado por vários autores, a eficiência para blocos com maior resistência diminui em relação a blocos menos resistentes; este fenômeno pôde ser observado nas eficiências dos prismas de três blocos (PR3).

Em Parsekian (2012) é apresentada a Tabela 36 – Padronização da especificação de argamassa, graute, o valor de prismas para diferentes f_{bk} de concreto, e as eficiências prisma/bloco. A Tabela 38 reproduz tais valores.

Tabela 36– Padronização da especificação de argamassa e graute e valor de prisma para diferentes f_{bk} para blocos de concreto, classe A, B e C (NBR 6136/2007) - (PARSEKIAN, 2012)

Manual de Parâmetros e detalhes para Projeto de edifícios de alvenaria estrutural com blocos de concreto – (PARSEKIAN, 2012)

f_{bk} (MPa)	f_a (MPa)	f_{gk} (MPa)	Eficiência prisma/bloco (f_{pk}/f_{bk})	f_{pk} (Mpa)	Eficiência prisma/bloc o (f_{pk}/f_{pk})	f_{pk}^* (Mpa)
3,00	4,00	15,00	0,80	2,40	2,00	4,80
4,00	4,00	15,00	0,80	3,20	2,00	6,40
6,00	6,00	15,00	0,80	4,80	1,75	8,40
8,00	6,00	20,00	0,80	6,40	1,75	11,20
10,00	8,00	20,00	0,75	7,50	1,75	13,13
12,00	8,00	25,00	0,75	9,00	1,60	14,40
14,00	12,00	25,00	0,70	9,80	1,60	15,68
16,00	12,00	30,00	0,70	11,20	1,60	17,92
18,00	14,00	30,00	0,70	12,60	1,60	20,16
20,00	14,00	30,00	0,70	14,00	1,60	22,40

f_a – resistência a compressão média da argamassa;

f_{bk} – resistência característica à compressão do bloco;

f_{pk} – resistência característica a compressão do prisma vazio;

f_{gk} – resistência característica a compressão do graute;

f_{pk}^* – resistência característica a compressão do prisma grauteado.

De acordo com a Tabela 36 e como citado por vários autores, a eficiência para blocos com maior resistência diminui em relação a blocos menos resistentes tanto para os prismas vazios como para os grauteados. Prismas grauteados montados com blocos de baixa resistência, no caso, até 4 MPa tendem a dobrar a sua resistência em relação aos prismas vazios.

Com o objetivo de estudar influência do graute e da taxa de armadura no comportamento da alvenaria de blocos de concreto, Logullo (2006) realizou ensaios de compressão axial em unidades: prismas de três blocos e pequenas paredes, montados com um só tipo de argamassa, com blocos de duas resistências distintas, designadas B1 e B2. Resumidamente, a autora realizou ensaios em prismas e paredes vazias, prismas e paredes grauteadas com as diferentes combinações de classes de bloco, e graute e com a combinação de blocos, grautes e taxas de armadura.

Na Tabela 37 é apresentado o resultado dos ensaios para as diferentes combinações de classes de bloco e graute e com a combinação de blocos, grautes e taxas de armadura.

Tabela 37 - Resultado dos ensaios de compressão axial nos vários elementos e as respectivas eficiências –
(LOGULLO, 2006)

(LOGULLO, 2006) (prismas com duas juntas de argamassa)				
Bloco	Resistencia a compressão média das argamassas f_a (MPa)	Resistência a compressão média dos blocos f_{bm} (MPa)	Resistência a compressão média dos prismas ocos f_{pm} (MPa)	Eficiência prisma oco/bloco
B1	6,77	8,64	5,63	0,65
B2	6,77	15,76	7,77	0,49

Assim, como foi observado por outros autores, inclusive Logullo (2006), verificou-se, de acordo com a Tabela 37, uma diminuição da eficiência prisma/bloco quando se aumenta a resistência do bloco.

Tabela 38 - Resultado dos ensaios de compressão axial nos vários elementos e as respectivas eficiências –
(LOGULLO, 2006). Cont.

Logull (2006) (prismas com uma junta de argamassa)				
Bloco	Resistência à compressão média dos grautes f_{gm} (MPa)	Resistência à compressão média dos prismas ocos f_{pm} (MPa)	Resistência à compressão média dos prismas grauteados f_{pm}^* (MPa)	Eficiência prisma grauteado/prisma oco
B1	18,80	5,63	11,29	2,01
B2	27,46	7,77	15,17	1,95

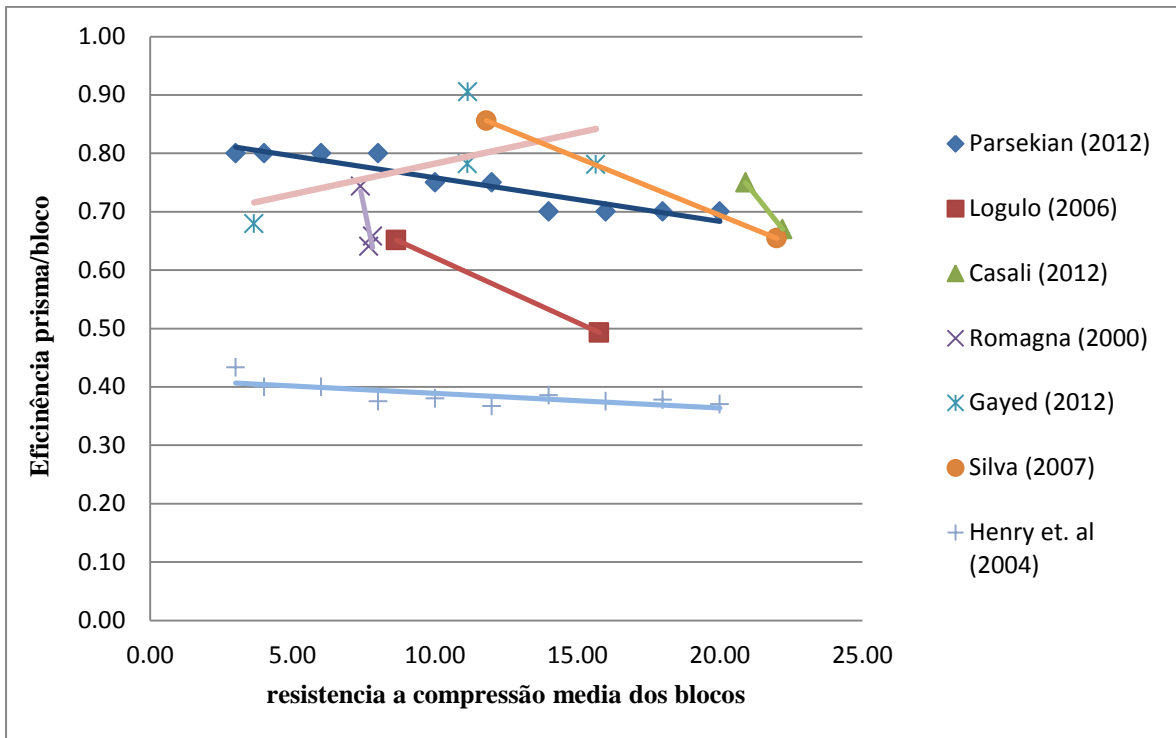
Observando a Tabela 38, é possível verificar uma redução não muito acentuada da eficiência do prisma grauteado/prisma oco, quando se aumenta a resistência à compressão da alvenaria, igualmente verificado por outros autores.

Segundo Logullo (2006), o grauteamento praticamente dobrou a resistência do prisma grauteado, comparado com o prisma vazio na área bruta. Entretanto, esse aumento não é necessariamente proporcional à relação efetiva de áreas.

Os prismas grauteados apresentaram diminuição na deformação de ruptura com a utilização de grautes mais rígidos.

A Figura 2 traz um resumo das relações de eficiência prisma bloco, segundo diversos autores.

Figura 2 – Resultados de relações prisma/bloco, segundo vários autores.



2.6.4 Fatores que afetam a resistência à compressão dos prismas

Segundo o ACI, o prisma é a montagem de unidades de alvenaria por juntas de argamassa com ou sem graute usado como Corpo-de-prova para ensaios, com o objetivo de determinar algumas propriedades da alvenaria estrutural.

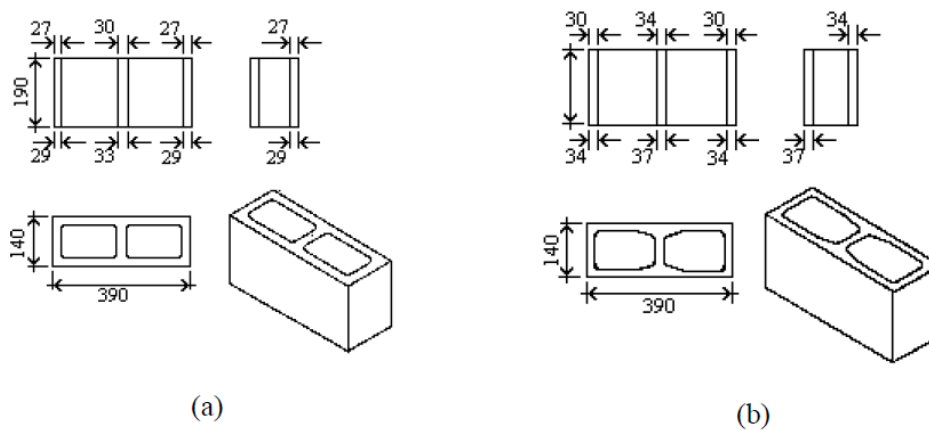
Para alvenaria não grauteada ou grauteada, existem muitos parâmetros de resistência e geometria que afetam a relação entre a resistência do prisma e a resistência dos blocos.

2.6.4.1 Geometria dos blocos

Visto que as fissuras verticais estão relacionadas com o desenvolvimento de uma tensão lateral no bloco, segue-se que a magnitude desta tensão é afetada pela geometria do bloco. A altura dos blocos afeta, então, a resistência à compressão dos prismas.

Lengler *et al.* (1998), com o objetivo de verificar a influencia da geometria dos blocos na resistência a compressão dos prismas de blocos de concreto grauteados e não grauteados, ensaiou dois tipos de blocos, conforme a NBR 6136, com septos diferentes (conforme Figura 3), usando um tipo de argamassa (1:1:5) e dois tipos de graute, 15MPa (G1) e 30MPa (G2), resultando em 12 prismas para cada tipo de bloco.

Figura 3 - Geometria dos blocos de concreto estudados: blocos de parede fina (PF) e blocos de parede grossa (PG)- (LEGLER *et al.*, 1998)



A Tabela 39 mostra os resultados dos ensaios de blocos e dos prismas, sendo que esses valores se referem à média dos resultados, e para os blocos de parede fina a área líquida foi de 54,47%, e os blocos de parede grossa a área líquida foi de 66%, ambos com uma área bruta de 546cm².

Tabela 39 - Resultados experimentais para os blocos e para os prismas - (LEGLER *et al.*, 1998)

Tipo de bloco	Resistência a compressão do bloco (MPa)	Tipos de prisma	Resistência a compressão dos prismas (MPa)
Parede fina	11,52	Oco	6,62
		C/ Graute 1	10,71
		C/ Graute 2	12,34
3 Parede grossa	11,71	Oco	7,01
		C/ Graute 1	8,45
		C/ Graute 2	10,27

De acordo com os autores, a forma dos septos dos blocos interfere no desempenho da alvenaria quanto à resistência a compressão, sendo que houve um melhoramento no aproveitamento da resistência dos blocos, tanto para os prismas grauteados como para os não grauteados quando se reduz a área líquida do bloco.

Os autores questionam a norma Britânica, pois preveem a resistência à compressão da alvenaria por meio de tabelas sem ter em conta a geometria dos blocos e a resistência do graute superior a dos blocos.

Casali *et al.* (2012) analisado a influência da geometria dos blocos na resistência dos prismas ensaiou dois grupos de prismas com espessura de paredes diferentes. Sendo os blocos, um com espessura de parede de 25 mm e outro com 32 mm.

De acordo com os autores, a geometria dos blocos de concreto influencia o comportamento mecânico das alvenarias. Portanto, a geometria dos blocos de concreto tem influencia na resistência a compressão dos prismas.

3.1.1 Altura dos prismas

Muitos autores por meio de vários ensaios de prismas com uma relação altura-espessura a volta de dois observaram uma ruptura cônica por cisalhamento-compressão que não é consistente com o modo de ruptura observado nos elementos estruturais para a alvenaria estrutural.

Portanto, segundo Drysdale *et al.* (2002), um prisma vazado de dois blocos com uma junta de argamassa não pode simular a real interação entre a argamassa e os blocos para representar o comportamento de uma parede em escala real. Segundo os autores, algumas pesquisas mostraram que o número certo de juntas de argamassa é talvez tão importante quanto à relação altura-espessura. Assim, os autores afirmam que o uso de prismas de dois blocos seria o limite prático para controle de qualidade de prismas construídas em obras, tanto em termos de transporte e da acomodação da altura da maioria das máquinas comerciais de ensaio. Ou seja, para pesquisas, desenvolvimento de produtos, ou de outras situações especiais, deve-se moldar prismas com uma relação altura-espessura suficiente e um número de juntas de

argamassa que permite que ocorra um modo de ruptura correta. Para os autores, prismas de três ou quatro blocos representam um modo de ruptura similar às paredes.

Jaber (2010) ensaiou vários prismas de bloco de concreto, grauteados e não grauteados, com o objetivo de estudar a influência da altura do prisma na resistência a compressão do mesmo, e observou que um aumento na altura dos prismas indica uma redução de cerca de 30% na resistência a compressão.

Com o objetivo de analisar a influência do formato do corpo-de-prova no comportamento da alvenaria estrutural de blocos de concreto submetida à compressão axial, Silva & Camacho (2010) realizaram ensaios em blocos de concreto vazados, prismas de concreto vazados de dois blocos, prismas de três blocos, prismas contrafiados de três fiadas de altura e um bloco e meio de comprimento e prismas contrafiados de três fiadas de altura e dois blocos de comprimento.

Na Tabela 40 é mostrada os resultados dos ensaios realizados pelos autores nos vários corpos-de-prova.

Tabela 40– Resultados do ensaio de compressão axial para a argamassa, para o bloco e para prismas justapostos.

Corpos-prova	Resistência a compressão média da argamassa (MPa)	Resistência a compressão do bloco (MPa)	Resistencia Resistência a compressão dos prismas (dois blocos - justapostos) (MPa)	Resistência a compressão dos prismas (três blocos - justapostos) (MPa)
9,00	7,89	13,91	12,42	12,79

De acordo com os autores, analisados os resultados, não há diferença significativa na resistência média à compressão axial obtida com as diferentes disposições de prismas utilizados nos ensaios. Para os autores, os resultados dos ensaios demonstraram que os prismas de dois blocos, como é recomendado pela NBR 15961:2011 é a melhor solução para estimar a resistência à compressão da alvenaria não armada, sendo que há 95% de confiança (conforme análise da normalidade dos dados, pelo Método Analítico de Kolmogorov-Smirnov (K-S)) de que não ocorreram resultados significativamente diferentes, apresentando ao mesmo tempo maior facilidade de montagem e de ensaio.

3.1.2 Resistência da argamassa

Como foi mencionado, as propriedades da argamassa afetam a resistência à compressão axial dos prismas. Embora um aumento da resistência da argamassa aumente a resistência do prisma, o aumento é menos pronunciado para argamassas mais resistentes.

Drysdale *et al.* (2002), por meio de ensaios de prismas com blocos de concreto, afirmam também que argamassas mais resistentes, não tem efeito apreciável na resistência a compressão de prisma de alvenaria grauteada ou não grauteada.

Isquierdo (2011), em ensaios resistência a compressão axial de prismas com argamassamento parcial e total, observou os resultados apresentados na Tabela 41.

Tabela 41 - Comparação dos resultados da resistência à compressão dos prismas – (IZQUERDO, 2011)

Tipo de argamassamento	Resistência a compressão média dos prismas (MPa)	Comparação das resistências
I (Total)	7,82	II < I em 33%
II (Parcial)	5,25	
I (Total)	5,83	II < I em 39%
II (Parcial)	3,55	

Analisando os dados dos ensaios apresentados na Tabela 41, a autora observou diferenças em relação a resistência à compressão axial dos prismas com argamassamento total e parcial, sendo essa diferença entre 33% e 39%.

De acordo com a ABNT NBR 15961-1:2011, deve-se prever uma redução de 20% na resistência à compressão da parede de alvenaria se as juntas horizontais tiverem argamassamento parcial, e a resistência for determinada com base no ensaio de prisma ou pequena parede, moldados com a argamassa aplicada em toda a área líquida dos blocos.

Cunha (2001) realizou ensaio em prismas grauteados de blocos de concreto para a avaliação da resistência à compressão em função da resistência da argamassa. Segundo o autor, a resistência da argamassa não exerce influência na resistência a compressão dos prismas grauteados.

Tendo em vista os resultados da pesquisa realizada por Romagna (2000), mencionada nos capítulos anteriores, a autora elaborou alguns gráficos que ilustram a influência da resistência à compressão da argamassa na resistência a compressão axial dos prismas grauteados e não grauteados, conforme se pode observar pelas Figuras 4 e 5.

Figura 4 - Influência da resistência da argamassa (total) na resistência dos prismas não grauteados (ROMAGNA, 2000)

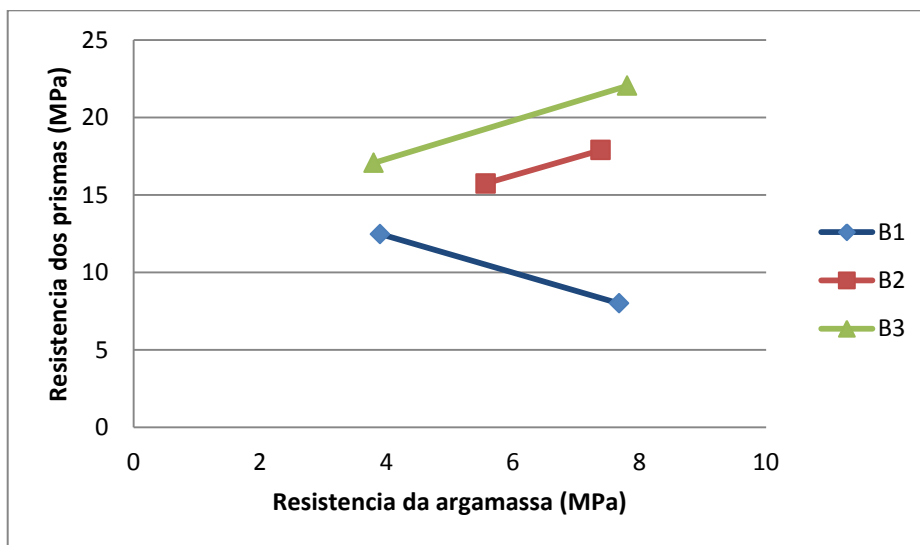
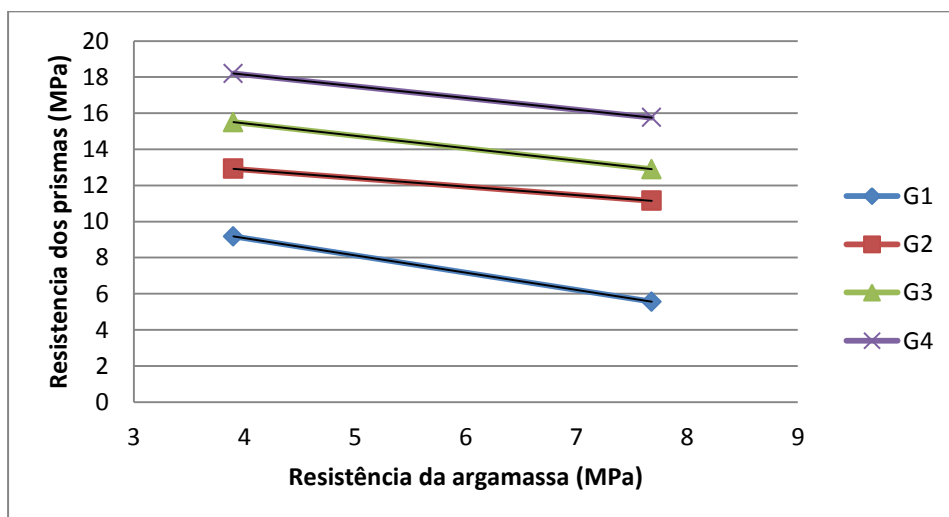


Figura 5 - Influência da resistência da argamassa (total) na resistência dos prismas grauteados moldados com blocos B1 (ROMAGNA, 2000)



De acordo com a autora, a análise dos resultados dos ensaios mostram que existe influência da argamassa na resistência a compressão dos prismas, sendo que essa influência é mais

significativa para os prismas não grauteados do que para os prismas grauteados, o que pode ser observado, pelas Figuras 4 e 5.

Mohamad *et al.* (2006) realizaram ensaios em prismas confeccionados com diferentes blocos de concreto e argamassas, sendo os resultados demonstrados na Tabela 42.

Tabela 42 - Características mecânicas dos materiais isolados e do conjunto (MOHAMAD, *et al.*, 2006)

Designação	f_a	f_b	f_{prisma}	E_{prisma}	E_a (MPa)	E_{aa}/E_a
M2- 1:0,25:3	19,20	27,00	20,20	17808,00	11069,00	1,61
M2- 1:0,5:4,5	7,60	27,00	18,60	11600,00	6048,00	1,92
M2-1:1:6	5,41	27,00	15,20	10868,00	4529,00	2,40

f_a : resistência a compressão média da argamassa;

f_b : resistência a compressão média dos blocos;

f_{prisma} : resistência a compressão média dos prismas;

$E_{prisma}(E_{aa})$: módulo de elasticidade da argamassa confinada;

E_a : módulo de elasticidade da argamassa obtida uniaxial.

Os autores concluíram por meio da relação entre módulo de elasticidade da argamassa confinada e módulo de elasticidade das argamassas obtidas uniaxialmente (E_{aa}/E_a) que há uma tendência de equilíbrio entre as proporções de forças absorvidas pelo bloco e pela junta. Isso acontece porque a resistência à compressão da argamassa confinada é superior. Segundo os autores, quanto mais fraca for a argamassa, maior será a relação entre $\frac{E_{aa}}{E_a}$, conforme se pode ver pela Tabela 42. Os autores ainda afirmam que pode ser esse o motivo do pouco aumento da resistência do prisma em função do incremento de resistência da argamassa.

3.1.3 Resistência do graute

Mantendo a resistência dos blocos pode-se aumentar a resistência dos prismas grauteados quando se aumenta a resistência do graute; assim, a resistência dos prismas grauteados é comandada pela resistência do graute (CUNHA, 2001). Cunha (2001) observou também que o

uso de grautes cada vez mais resistentes, com baixas relações água/cimento, não contribui muito para o aumento da resistência dos prismas de alvenaria. Com isso, torna-se inviável o uso desses tipos de graute com o intuito de se aumentar a capacidade portante da estrutura, pois essa medida acarreta em uma elevação do custo da estrutura sem a obtenção do resultado esperado, tornando-se inviável a utilização de blocos de maior resistência.

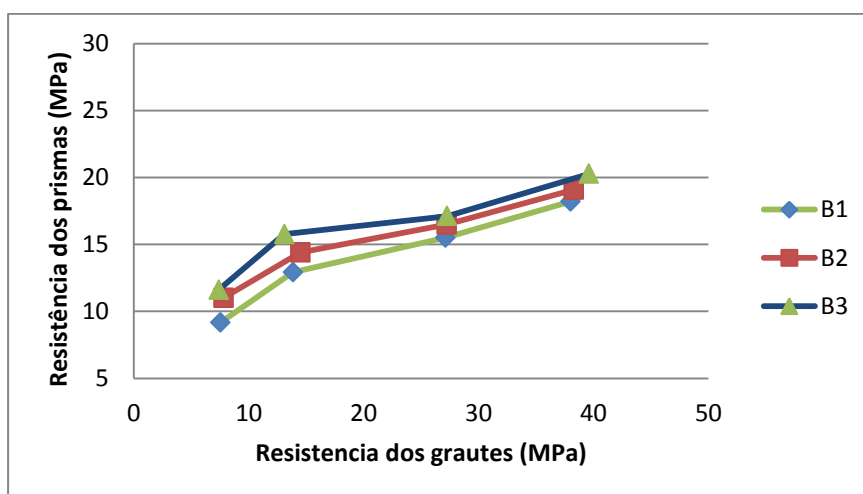
Jaber (2010) ensaiou prismas de blocos de concreto grauteados e não grauteados à compressão, e verificou que o graute de concreto aumentou a resistência dos prismas em 17% a 21%, e pela análise das curvas tensão deformação dos prismas grauteados e não grauteados, observou que se comportam da mesma forma, com isso o autor propôs uma equação para estimar o valor da resistência a compressão da alvenaria:

$$f_k = 0,63f_b^{0,49} f_a + 0,5f_g^{0,3} - (\text{JABER, 2010})$$

De acordo com Cunha (2001), a avaliação da resistência a compressão de prismas grauteados em função do efeito da absorção de água no graute demonstrou que a perda de água do graute pode causar o aumento da resistência dos prismas, mas também pode reduzir a resistência do prisma em até 28,6%. Isto se deve ao fato da perda de aderência entre a interface graute/bloco.

Dos ensaios realizados por Romagna (2000) colocados acima, a autora construiu gráficos que demonstram a influência do graute na resistência dos prismas, observado na Figura 6.

Figura 6 - Influência da resistência do graute na resistência dos prismas com argamassa A1 e assentamento total - (ROMAGNA, 2000)



De acordo com a autora, o aumento da resistência do graute influi na resistência dos prismas, e que, a partir de certa resistência de bloco, esse aumento não é significativo, como pode ser observado pela Figura 6.

Logullo (2006), em ensaios de prismas grauteados e não grauteados conforme programa experimental mencionado atrás, observou os seguintes resultados de ensaios, conforme Tabela 43 e 44.

Tabela 43 - Valores de resistência a compressão axial dos elementos – (LOGULO, 2006)

Corpos-de-prova	Resistência a compressão (MPa)	Coefficiente de variação %
Bloco - B1	8,64	7,39
Bloco - B2	15,76	8,88
Graute - G1	18,80	9,17
Graute - G2	27,46	13,14
Argamassa - A1	6,77	12,64

Tabela 44 - Resultados de ensaio dos prismas grauteados e não grauteados – (LOGULO 2006)

Corpos-de-prova	Resistência a compressão media dos prismas ocos - fpm (MPa)	Resistência a compressão media dos prismas grauteados - fpm* (MPa)	relação fpm*/fpm
Prisma B1-G1	5,63	11,29	2,00
Prisma B1-G2	5,63	10,50	1,87
Prisma B2-G1	7,77	15,33	1,97
Prisma B2-G2	7,77	15,17	1,95

Observando os resultados da Tabela 44, percebe-se que o grauteamento dobrou a resistência dos prismas grauteados. Segundo a autora, com a utilização de grautes mais rígidos houve uma redução da deformação de ruptura dos prismas grauteados, com isso uma homogeneização do comportamento de deformabilidade da alvenaria e do bloco que a constitui.

Quanto maior a resistência à compressão dos grautes, menor a fissuração vertical ocorrida nos prismas e maior aparecimento de fissuras inclinadas, quando se compara prismas ocos e grauteados de blocos de concreto (CUNHA, 2001).

3.1.4 Resistência das unidades

A resistência à compressão dos prismas de alvenaria está diretamente relacionada com a resistência à compressão dos blocos.

Num intervalo de resistência dos blocos, a resistência à compressão dos prismas parece aumentar linearmente com a resistência dos blocos. Isso acontece porque o mecanismo de ruptura dos prismas é muito diferente da ruptura a compressão dos blocos, não é supressa que outros fatores como tensão resistente e a geometria podem resultar em resultados significativamente dispersos. Para os ensaios feitos em diferentes laboratórios, espessuras dos pratos de ensaio, propriedades das argamassas, e as técnicas de ensaio podem todos causar dispersão de valores (Drysdale *et al.*, 2002).

Com o programa experimental desenvolvida por Romagna (2000), a autora construiu alguns gráficos que demonstram a influência da resistência das unidades na resistência à compressão dos prismas, conforme as Figuras 7, 8 e 9.

Figura 7 - Influência da resistência dos blocos na resistência dos prismas grauteados, e argamassa A1 - (ROMAGNA, 2000)

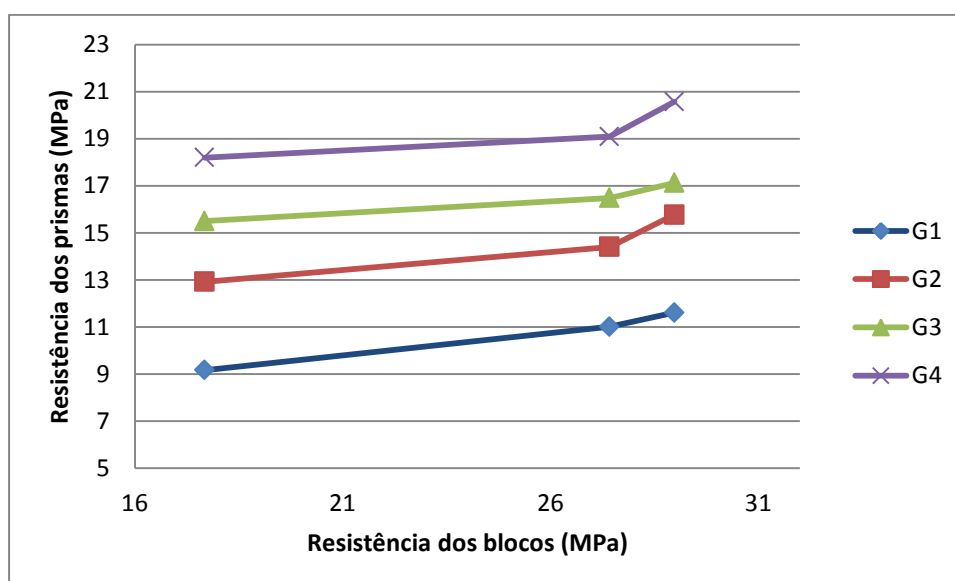


Figura 8 - influência da resistência dos blocos na resistência dos prismas não grauteados - (ROMAGNA, 2000)

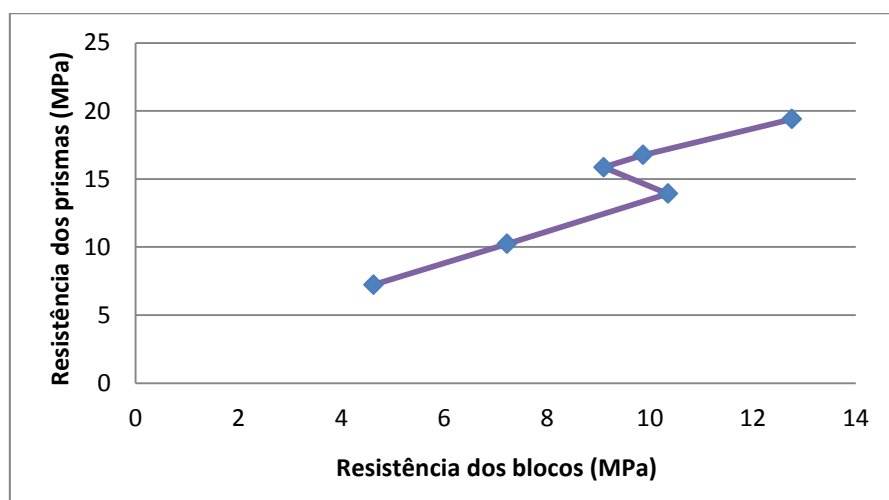
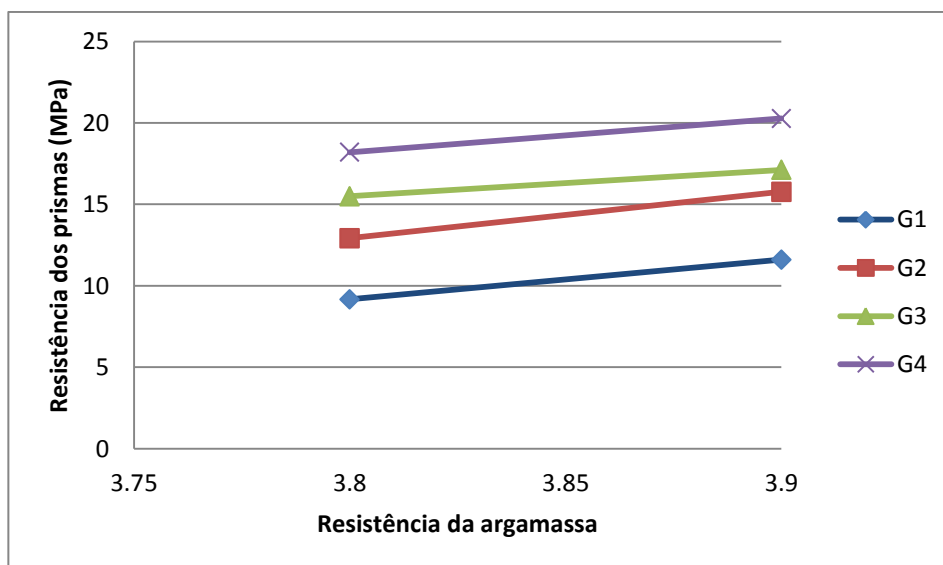


Figura 9 - Influência da resistência dos blocos na resistência dos prismas grauteados para argamassas - menos resistentes (ROMAGNA, 2000)



De acordo com autora, verifica-se um aumento da resistência do prisma quando se aumenta a resistência do bloco, mas esse aumento não é diretamente proporcional ao aumento da resistência do bloco, isso pode ser observado pelas Figuras 7 e 8.

Ainda segundo a autora, para prismas grauteados, a medida que se aumenta a resistência do graute, quando se utiliza argamassas menos resistentes, não se obtém um aumento

significativo da resistência dos prismas aumentando a resistência dos blocos, conforme a Figura 8.

3.1.5 Restrição dos pratos de ensaio

A resistência à compressão dos prismas e dos blocos de concreto reduz-se em 20% quando se reduz o atrito entre as placas de ensaio e a superfície de carregamento dos blocos, conforme observado por Barbosa (2008) ao realizar um programa experimental extensivo de caracterização mecânica dos materiais constituintes da alvenaria e suas implicações na análise do comportamento de corpos-de-prova e elementos estruturais.

Drysdale *et al.*, (2002) afirmam que o modo de ruptura para os prismas ensaiados entre os pratos de ensaio sólidos demonstraram que a ruptura cônica dos blocos e dos prismas baixos não representa o comportamento de ruptura da parede. Para os autores, uma forma de resolver esse problema, seria fazer uso dos pratos-escova que apresentam uma restrição muito baixa resultando em uma fissuração de ruptura dos blocos, dos prismas baixos, e dos prismas altos, característicos das paredes.

3.1.6 Espessura das juntas de argamassa

Pelas considerações da prática e da estética à espessura da argamassa resultou num valor padrão considerado 10 mm. Contudo, a mão-de-obra e as tolerâncias da construção dos outros componentes levam a uma variação dessa espessura.

Segundo a ABNT NBR 15961-2: 2011, as juntas de argamassa devem ter espessura de 10 mm, exceto as juntas horizontais da primeira fiada que deve ter espessura no intervalo de 5 mm a 20 mm, com uma variação de no máximo de ± 3 mm.

De acordo com Drysdale *et al.* (2002), a influência da espessura da argamassa é menos pronunciado para a alvenaria de concreto, isso porque tem propriedades mais similares com argamassa e, portanto, é menos afetado pelas diferenças entre os materiais. Ainda segundo os autores, para a alvenaria totalmente grauteada, o efeito da espessura das juntas é muito reduzida devido à continuidade do graute.

3.1.7 Influência do capeamento na resistência a compressão dos corpos-de-prova

O capeamento tem influência nos resultados dos ensaios de resistência à compressão axial dos corpos-de-prova, sendo que os melhores desempenhos no momento foram obtidos na utilização da pasta de enxofre. Outros materiais estudados apresentaram resultados considerados satisfatórios nos casos estudados por diversos autores, dentre eles incluem-se os preparos por meio da retificação e utilização de neoprene confinado, os resultados obtidos para estes capeamentos diferem em valores inferiores a 10% em relação aos obtidos com o enxofre.

Tanto o neoprene, quanto a retifica são boas alternativas, destacando principalmente o primeiro por possuir um fácil manuseio e não causar danos à saúde dos que o opera, contudo cuidados são necessários, especialmente no tempo de vida útil do material.

Izquierdo (2011) realizou ensaios em prismas de concreto de dois blocos capeados com forro pacote, e acrescenta que a ruptura de modo geral apresentou pelo desenvolvimento de uma fissura vertical ao longo de suas espessuras levando a divisão dos blocos por meio dos septos transversais, essa fissura apresentou mais acentuada e definida, nos prismas com argamassamento parcial. Ainda segundo o autor, os prismas com argamassamento total apresentaram uma fissura vertical mais leve e, além disso, houve o esmagamento dos blocos.

Dentro desses pressupostos, Bezerra (2007) realizou uma avaliação da influência dos vários métodos de regularização da superfície dos corpos-de-prova na resistência à compressão dos mesmos, utilizando duas famílias de concreto, cada uma com 60 corpos de prova, dos quais de 15 espécimes para cada tipo de capeamento. Nesta, o autor define três tipos de métodos de regularização da superfície dos corpos de prova para realização dos ensaios de compressão: o sistema de capeamento colado, sistema de capeamento não colado e sistema de desgaste mecânico.

No sistema de capeamento colado, no qual estão compreendidos os materiais que formam uma camada regular, aderida física ou quimicamente à superfície dos topos do corpo-de-prova. São eles: capeamento com mistura de enxofre, e com pasta ou argamassa de cimento.

Para o sistema de capeamento não colado, pode-se citar os materiais utilizados como amortecedores para as bases do corpo-de-prova, estando este material confinado ou não. Os mais usuais são os elastômeros, como o neoprene. Porém, pode-se utilizar a areia confinada. Por último, o sistema de desgaste mecânico (retificação) que consiste na preparação da superfície do topo por meio da retirada de uma fina camada de material, proporciona um alisamento e tornando a superfície livre de ondulações e abaulamentos, garantindo que as camadas inferiores à camada removida estejam estruturalmente íntegras.

O autor conclui que dentre os três tipos e materiais utilizados no capeamento, os que apresentaram melhores resultados foram os capeamentos com enxofre e os capeamentos elastoméricos com almofada de neoprene com espessura de 10 mm e durezas de 68 e 78 shore A, utilizando reforço metálico para confinamento.

Ainda segundo Bezerra (2007) o tipo e o material de capeamento podem influenciar significativamente nos resultados do ensaio de resistência à compressão em concretos. E que, com o aumento da velocidade de aplicação do carregamento, os resultados do ensaio de resistência à compressão de um mesmo concreto tende a aumentar.

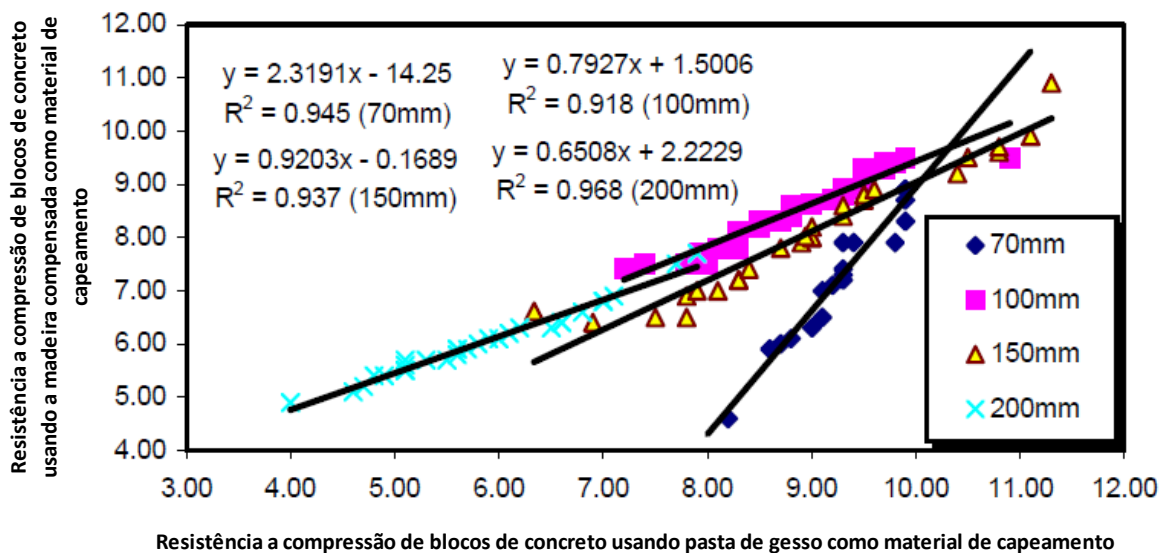
De acordo com NBR 5738:2003, o sistema de desgaste mecânico (retifica), consiste na remoção, por meios mecânicos, de uma fina camada de material do topo a ser preparado. Esta operação é normalmente executada em máquinas especialmente adaptadas para essa finalidade, com a utilização de ferramentas abrasivas. A retificação deve ser feita de tal forma que se garanta a integridade estrutural das camadas adjacentes à camada removida, e proporcione uma superfície lisa e livre de ondulações e abaulamentos.

Dentro dos processos de capeamento, Osama & Ameen (2003) realizaram ensaios em blocos de concreto vazados com a mesma resistência, variando a espessuras das paredes dos blocos, e o tipo de capeamento entre a pasta de cimento, madeira compensada, pasta de gesso e para comparação ensaiou os blocos sem capeamento, chegando a algumas relações entre os diferentes tipos de capeamento.

Com base nos ensaios, foram desenvolvidos pelos autores gráficos de correlação linear que possibilitam a conversão de valores de resistência à compressão de blocos vazados de concreto usando a pasta de cimento, gesso ou madeira compensada.

A Figura 10 ilustra uma das correlações proposta pelos autores, no caso entre o gesso e a madeira compensada.

Figura 10 - Ilustração da correlação de resistência à compressão entre o gesso e a madeira compensada – (OSAMA & AMEED, 2003)



Os autores concluíram que os blocos de concreto vazados não devem ser testados sem algum tipo de capeamento aprovado, e que a madeira compensada pode ser usada como forma de capeamento. Entretanto, que não existe uma correlação simples para relacionar valores de resistência à compressão usando pasta de gesso e madeira compensada.

Já Mauricio & Silva (2004) estudaram a influência de vários tipos de capeamentos na variação e no valor da resistência à compressão de blocos de concreto para alvenaria estrutural. Para tanto, utilizaram dois grupos de blocos A e B com resistências à compressão distintas. Cada grupo continha uma amostra de 140 blocos, divididos igualmente para 7 tipos de capeamento, dentre os quais estão o enxofre, gesso, forro pacote, pasta de cimento, argamassa, papelão e borracha.

Na Tabela 45 são apresentados os valores de resistência característica a compressão dos blocos e os respectivos coeficientes de variação para cada tipo de capeamento.

Tabela 45 - Valores de resistência dependendo do tipo de capeamento, segundo Maurício, Silva (2004)

Capeamento	Resistência à compressão (MPa)	Coefficiente de variação
Gesso	8,93	10,00
Argamassa	6,68	10,00
Forro Pacote	7,81	12,00
Borracha	5,00	9,00
Enxofre	8,90	11,00
Pasta de Cimento	6,79	11,00
Papelão	6,96	12,00

Segundo os autores, é suposto que pequenas imperfeições advindas do capeamento conduzam às concentrações de tensões em alguns pontos do bloco no momento do ensaio e, assim, conduzam a resultados distintos do esperado.

Neste estudo os autores concluíram que:

- Para a borracha, no momento de ruptura, o bloco apresentou uma fissuração mais intensa e fora dos padrões, alcançando ruptura com cargas inferiores à média dos outros blocos capeados, diferindo assim dos outros blocos que obtiveram formas de ruptura semelhante na maioria dos tipos de capeamento. Este também apresentou a maior variação de resistência e com o estado de fissuração precoce dos blocos, dificilmente retrata a qualidade real da unidade.
- Para a pasta de cimento, os resultados apresentaram grande variabilidade e, além do mais, exige certo tempo de emprego na regularização; sendo assim, este material não se mostra indicado para capeamentos em blocos de concreto, independente da resistência do bloco.
- Para o forro pacote, apesar dos resultados obtidos serem inferiores aos de gesso e enxofre, se trata de um material de fácil utilização e baixa variação de valores. Com essas características, indica-se para lotes de blocos onde se requer obter uma estimativa rápida das resistências.
- O gesso e o enxofre são os materiais para capeamento mais indicados para estudos experimentais de resistência à compressão axial de blocos de concreto para alvenaria estrutural.

4 PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste tópico é descrito o programa experimental realizado neste trabalho. Será apresentado a seguir, a caracterização dos materiais, traços de argamassa e graute utilizados, procedimento de moldagem dos prismas, métodos empregados para ensaio de blocos, prismas ocios e cheios e os equipamentos utilizados nos ensaios de resistência à compressão. O programa experimental se divide, então, em fase 1, fase 2, fase intermediária, fase final.

Sendo portanto:

- Fase 1 do programa experimental: Caracterização dos materiais (areia, brita, cimento) e o estudo dos traços (argamassa e graute);
- Fase 2 do programa experimental: Escolha do tipo de capeamento alternativo;
- Fase intermediária: Correção da face superior dos prismas grauteados, pelo uso do aditivo dry d1 c compact e a molhagem prévia dos prismas;
- Fase final: caracterização de argamassa, graute, bloco e prisma, com variadas resistências e capeamentos.

Todos os ensaios foram executados no Laboratório de Sistemas Estruturais (LSE), da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Além disso, todos os prismas montados e as leituras das deformações foram realizados por um único operador. As tabelas e gráficos contendo os resultados de todos os ensaios executados se encontram no Apêndice.

A metodologia consistiu na realização de ensaios à compressão axial da argamassa, graute, bloco, prisma ocioso e prisma cheio e ensaios de módulo de elasticidade nos prismas ociosos, e nos prismas cheios, para a variabilidade de resistências de blocos de concreto fabricados no Brasil, desde 5 a 34 MPa.

- Inicialmente foi feita a caracterização dos materiais, nomeadamente a areia, a brita, o cimento Portland e a cal, depois foram realizados estudos de traços adequados de argamassa e graute.

- Na sequência, foram feitos estudos de prismas e blocos com diferentes tipos de capeamento, nomeadamente chapa dura, forro pacote, madeira compensada, retifica e pasta de cimento.
- Em função dos resultados da fase anterior, foi realizado um estudo intermediário, com o objetivo de reduzir a retração do graute; assim, fez-se uso de um aditivo industrial dosada com o traço do graute e ainda corrigiu-se, com pasta de cimento a fase superior dos prismas cheio, que depois de grauteadas retrair criando uma região côncava no prisma que no caso do capeamento com pasta de cimento é facilmente resolvido. Também foi realizada a molhagem prévia dos prismas antes do grauteamento.
- Em função dos resultados, foram realizados ensaios de caracterização de blocos e prismas com as variadas resistências, considerando o capeamento com pasta de cimento e outro capeamento escolhido na fase anterior.

O principal resultado esperado foi o fornecimento ao meio técnico de parâmetros confiáveis para projeto, contribuindo para a precisão e segurança da construção de edificações, e possível melhoria no procedimento de ensaio, o que pode contribuir para efetiva realização adequado do controle de obras.

Os procedimentos a serem adotados em cada ensaio são descritos na Tabela 46.

Tabela 46 - Procedimentos utilizados na caracterização da argamassa, bloco e parede.

	Ensaio	Procedimento
ARGAMASSA	Teor de Água Para Obtenção do Índice de Consistência-Padrão	ABNT NBR 13276/2005
	Retençãode Água	ABNT NBR 13277/2005
	Densidade de Massa e Teor de Ar Incorporado	ABNT NBR 13278/2005
	Densidade de Massa Aparente no Estado Endurecido	ABNT NBR 13280/2005
	Resistência a Compressão	ABNT NBR 13280/2005, NBR 7215/1996
BLOCO	Especificação	ABNT NBR 13270-3/2005
	Índice de Absorção Inicial	ABNT NBR 13270-3/2005
	Absorção total	ABNT NBR 13270-3/2005
	Resistência à Compressão	ABNT NBR 13270-3/2005
GRAUTE	Resistência à Compressão	NBR 7215/1996
PAREDE	Resistência de Prisma	ABNT NBR 15961-2:2011

Inicialmente foram realizados estudos de traços de argamassa e graute para determinação das misturas adequadas para se atingir as resistências indicadas na Tabela 47. Deve-se destacar que várias dessas resistências foram estudadas em trabalhos recentes no Laboratório de Sistemas Estruturais da UFSCar, como no trabalho de Iniciação Científica de Gregory Lee Pinheiro² onde 45 diferentes traços de argamassa foram ensaiados em corpos-de-prova de formas variadas. Essa experiência foi aproveitada no trabalho aqui desenvolvido. Esta etapa é aqui chamada de FASE 1.

Na sequência, foram escolhidos três resistências de bloco e três tipos de capeamento (com material seco) mais a pasta de cimento e a retifica, para a realização de ensaios comparativos

² Gregory Lee Pinheiro. Elaboração de parâmetros para formulação de traços de argamassa a partir de ensaios de resistência à compressão em moldes cúbicos de 4 cm. Trabalho Iniciação Científica. Bolsista CNPq.

(em função do capeamento) de bloco, prisma oco e prisma cheio. A parte dessa FASE 2, foi escolhido o capeamento alternativo à pasta de cimento.

A FASE FINAL do trabalho consiste na realização dos ensaios de caracterização de argamassa, graute, bloco e prisma, com variadas resistências e capeamentos, conforme Tabela 47.

Tabela 47 - Combinações de materiais e número de ensaios a compressão, fase final.

f_{bk}	f_a	f_{gk}	Número de ensaios a compressão				
			argamassa	graute	Bloco*	prisma oco*	prisma cheio*
3,0	4,0	15,0	6	6	24	24	24
4,0	4,0	15,0			24	24	24
6,0	6,0	15,0	6	6	24	24	24
8,0	6,0	20,0			24	24	24
10,0	8,0	20,0	6	6	24	24	24
12,0	8,0	25,0			24	24	24
14,0	12,0	30,0	6	6	24	24	24
16,0	12,0	30,0			24	24	24
18,0	14,0	30,0	6	6	24	24	24
20,0	14,0	30,0			24	24	24
Total					240	240	240

* 12 CPs com capeamento com pasta de cimento e 12 capeados com outro material

4.1 PRIMEIRA FASE DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Esta fase teve como objetivo o estudo dos traços adequados de argamassa e graute a serem utilizados nas fases seguintes. Com isso, demonstra-se todo o rigor e precisão que se pretende para o referido trabalho.

4.1.1 Equipamentos utilizados nos ensaios

Nos ensaios foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Máquina hidráulica para ensaio à compressão, Marca EMIC, modelo PC200-ESP;
- Máquina hidráulica para ensaio à compressão, Marca EMIC, modelo DL60000-ESP;
- Máquina hidráulica para ensaio à compressão, Marca EMIC, Pórtico - 100 tf;
- Sistema de aquisição de dados computadorizado, para indicação e registro das medições efetuadas pelas células de carga;
- Transdutores de deslocamento .

A Figura 11 ilustra algumas das máquinas de ensaio utilizadas durante o trabalho; todos os equipamentos pertencentes ao LSE.

Figura 11 - Equipamentos de ensaio pertencentes ao Laboratório de Sistemas Estruturais.



4.1.2 Determinação da granulometria da brita e da areia

Este ensaio foi baseado na norma ABNT NBR 7217:1987, a qual foi utilizada para determinação da porcentagem, em peso, que cada partícula representa na massa total de agregado ensaiado. Com os resultados deste ensaio, foi classificado os agregados em estudo.

Figura 12 – Ilustração dos ensaios de granulometria da areia e da brita (fotos do autor).



A média dos resultados obtidos no ensaio de granulométrica, de acordo com os procedimentos da ABNT NBR 7217:1987, foram tabelados e estão disposta abaixo:

Tabela 48 - Média dos resultados do ensaio granulométrico da areia.

	PENEIRAS	Peso	%	%
	# (mm)	G	retida	acumulada
Média	4,75	0,00	0,00	0,00
	2,36	1,00	0,20	0,20
	1,18	40,00	8,00	8,20
	0,6	64,5	12,90	21,10
	0,3	131,00	26,20	47,30
	0,15	209,50	41,90	89,20
	fundo	48,50	9,70	98,90

Sendo dimensão máxima característica dos grãos a malha na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa, encontramos para esta areia um valor que representa 0,2% em massa, ou seja, temos que a dimensão máxima dos grãos é de 2,4mm. Outro parâmetro que pode ser obtido por meio da análise desses resultados é o módulo de finura, soma das porcentagens retidas acumuladas nas peneiras de série normal dividida por 100, tendo para este um valor de 2,65.

Tabela 49 – Classificação das areias

Tipo de areia	Tamanho nominal (mm)		Módulo de finura (MF)
	Mínima	Máxima	
muito fina	0,15	0,6	MF < 2,0
fina	0,6	1,2	2,0 < MF < 2,4
média	1,2	2,4	2,4 < MF < 3,2
grossa	2,4	4,8	MF > 3,2

Comparando os valores encontrados com os apresentados na Tabela 49, pode-se concluir que o agregado se trata de uma areia média.

Processo semelhante foi utilizado para a determinação da granulometria da brita, porém tendo como modificações o fato de que cada amostra continha 5kg deste agregado e a variação das malhas se dava de 12,5 a 9,5mm.

O resultado da média das amostras recolhidas esta apresentada na Tabela 50.

Tabela 50 – Média dos resultados do ensaio granulométrico da brita.

	PENEIRAS	Peso	% retida	% acumulada
	# (mm)	g		
Media				
	12,5	0	0	0
	9,5	120	2,4	2,4
	6,3	2144	42,88	45,28
	4,76	1123,5	22,47	67,75
	Fundo	1599,5	31,99	99,74

Com os valores obtidos, determinamos que a dimensão máxima característica da brita é de 9,5mm e seu módulo de finura 1,7.

Tabela 51 - Classificação da brita (NBR 7211- 7215)

Pedra britada numerada	(NBR-7211/NBR- 7225)		Comercial	
	Tamanho nominal			
Malha da peneira (mm)				
Número	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
brita 0	4,8	12,5	4,8	9,5
brita 1	12,5	25	9,5	19
brita 2	25	50	19	38
brita 3	50	76	38	50
brita 4	76	100	50	76
brita 5				

Com os resultados obtidos da Tabela 50, comparados com os valores da Tabela 51, classifica-se o agregado em estudo como brita 0.

4.1.3 Cálculo da massa específica unitária

Este ensaio procedeu-se de acordo com a norma ABNT NBR NM 45: 2006, e consistiu na determinação da massa específica unitária da areia e da brita citadas anteriormente e do Cimento Portland CP II – Z 32, para fins de conversão do traço em volume para traço em massa. Os materiais ensaiados estavam no estado solto, portanto foi adotado o “Método C” da referida norma.

Os resultados deste ensaio estão apresentados nas Tabelas Tabela 52, Tabela 53 e Tabela 54.

Tabela 52 - Resultados da massa específica unitária para areia média.

Amostra	ma	Vr	ρ
	(Kg)	m3	kg/m3
1	2,021	0,001275	1585,6826
2	2,031	0,001275	1593,5286
3	2,024	0,001275	1588,0364
Media	2,03	0,001275	1589,08

Tabela 53 - Resultados da massa específica unitária para brita 0.

Amostra	ma	Vr	ρ
	(Kg)	m ³	kg/m ³
1	1,819	0,001275	1427,1928
2	1,783	0,001275	1398,9471
3	1,824	0,001275	1431,1158
Media	1,81	0,001275	1419,09

Tabela 54 - Resultados da massa específica unitária para CP II – Z 32.

Amostra	ma	Vr	ρ
	(Kg)	m ³	kg/m ³
1	1,477	0,001275	1158,859
2	1,411	0,001275	1107,075
3	1,405	0,001275	1102,367
Média	1,43	0,001275	1122,77

Por meio desses resultados de massa específica unitária e com alguns traços experimentais, em volume estudado, conseguiu-se obter a quantidade de materiais necessários em massa para produção dos grautes desejados.

Passada a etapa acima, partiu-se para a confecção dos grautes. Primeiramente, precisou-se saber as consistências de cada traço com o ensaio de abatimento de tronco de cone (*slump test*). Depois, a necessidade era descobrir a real resistência que os mesmos possuíam através da modelagem e do ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.

4.1.4 Ensaio de abatimento tronco cone (*slump test*)

Os procedimentos deste ensaio se encontram definidos na norma ABNT NBR NM 67: 1998, e foram seguidos para determinação da consistência dos traços definidos para os grautes.

A Figura 13 ilustra o *slump test* dos grautes.

Figura 13 – Ilustração do ensaio de consistência do graute – Slump Test (fotos do autor)



4.1.5 Modelagem de corpos-de-prova cilíndricos

A modelagem dos corpos-de-prova foi realizada de acordo com a norma ABNT NBR 5738:2003.

Seguindo todo o procedimento especificado na referida norma, apresentam-se na Tabela 55, os resultados de abatimento tronco-cone, as resistências à compressão axial esperada e, assim como os traços de grautes estudados, em volume e em massa.

Tabela 55 - Traços e consistência dos grautes utilizados.

Traço experimental em volume G1 - 1:0,1:2,4:2,2							
Material	Massa específica aparente (kg/m³)	Traço volume	Traço Peso	Quantidade massa (kg)	a/c	Resistencia esperada (MPa)	Consistência (20,32 a 27,94 cm)
Cimento CP II Z 32	1122,77	1,0	1,00	4,00	0,8	15	17
Cal Hidratada	640	0,1	0,06	0,23			
Areia	1589,08	2,4	3,40	13,59			
Brita	1419,09	2,2	2,78	11,12			
Agua	1000			3,20			
Traço experimental em volume G2 - 1:0,1:1,8:1,8							
Cimento CP II Z 32	1122,77	1,0	1,00	4,00	0,68	20	19,5
Cal Hidratada	640	0,1	0,06	0,23			
Areia	1589,08	1,8	2,55	10,19			
Brita	1419,09	1,8	2,28	9,10			
Agua	1000			2,72			
Traço experimental em volume G3 - 1:0,1:1,5:1,6							
Cimento CP II Z 32	1122,77	1,0	1,00	4,00	0,58	25	21,5
Cal Hidratada	640	0,1	0,06	0,23			
Areia	1589,08	1,5	2,12	8,49			
Brita	1419,09	1,6	2,02	8,09			
Agua	1000			2,32			
Traço experimental em volume G4 - 1:0,1:1,0:1,3							
Cimento CP II Z 32	1122,77	1,0	1,00	6,00	0,45	30	20,5
Cal Hidratada	640	0,1	0,06	0,34			
Areia	1589,08	1,0	1,42	8,49			
Brita	1419,09	1,3	1,64	9,86			
Agua	1000			2,70			

4.1.6 ANÁLISE DIMENSIONAL DOS BLOCOS

Aqui estão apresentados os resultados da análise dimensional referente a 3 amostras de blocos de concreto dos lote fornecidos por uma única empresa, cada uma contendo 6 corpos-de-prova. Os procedimentos deste ensaio seguem o item 4 da norma ANBT NBR12118: 2011, e tem por objetivo a verificação das dimensões do corpo-de-prova tais como largura, altura, espessura das paredes, dimensão dos furos e raio das mísulas.

As Figuras Figura 14 e Figura 15 ilustram os procedimentos de medição dos blocos para análise dimensional dos blocos.

Figura 14 - Medição das faces dos blocos



Figura 15 - Medição das mísulas e das paredes dos blocos



Nos blocos foram medidos largura, comprimento e altura, realizando três medições em pontos distintos, sendo estes nas extremidades e no meio da peça. Em seguida, mediram-se a espessura mínima das paredes, realizando duas determinações em cada parede longitudinal e uma na parede transversal, todas tomadas na face de menor espessura do bloco.

Aproximadamente, no centro de cada furo do bloco, tomou-se uma medida na direção longitudinal e outra na direção transversal, todas na face de maior espessura.

A determinação do raio das mísulas foi referente ao septo central, com centro tomado no encontro da face externa da parede longitudinal com o eixo transversal do bloco. Para facilitar a determinação das medições, foi traçado um eixo transversal sobre o septo central. Todas as medições foram tomadas na face de menor espessura do bloco.

Todos os blocos atendem aos requisitos de análise visual (item 4.3.2 NBR 6136:2007), e às tolerâncias estipuladas (item 5.1.1 da mesma norma). Atendem também às designações para espessuras longitudinais e transversais apresentadas na Tabela 2, segundo a mesma norma referida acima. Com relação às dimensões dos furos, a menor dimensão se encontra acima de 79 mm e com isso atende ao requisito de $D_{\text{furo}} \geq 70$ mm para blocos M-15.

As tabelas com as respectivas medições de cada grupo de blocos se encontram em anexo.

4.1.7 Absorção de água

Este ensaio procedeu-se de acordo com o item 5 da norma ABNT NBR 12118:2011, na qual, tomados 6 corpos-de-prova de blocos de concreto, sendo 3 de cada resistência (4, 8 e 16 MPa), passamos para determinação da absorção de água, fazendo um processo de secagem (item 5.2.1.1) e, em seguida, um processo de saturação (item 5.2.1.2).

Na Figura 16 é ilustrada o processo de secagem, de saturação e de pesagem dos blocos de concreto.

Figura 16 – Processos de secagem, de saturação e de pesagem dos blocos de concreto (foto autor).



O valor da absorção de água foi calculado de acordo com item 5.a) da norma ABNT NBR 12118:2011 e está expresso na Tabela 56.

Tabela 56 – Resultados da absorção de água dos blocos de concreto para cada tipo de capeamento.

Capeamento	Resistencia do bloco (MPa)	Absorção total (%)
Pasta de Cimento	4,00	5,54
	8,00	4,71
	16,00	4,19
Forro Pacote	4,00	5,64
	8,00	4,78
	16,00	4,29
Chapa Dura	4,00	5,72
	8,00	4,63
	16,00	4,45
Madeira Compensada	4,00	5,32
	8,00	4,51
	16,00	4,36
Retifica	4,00	5,63
	8,00	4,75
	16,00	4,55

Tabela 57 - Classificação dos blocos de acordo item 5.3 da NBR 6136:2007

Classe	Resistencia característica f_{pk} (MPa)	Absorção media em %		Retração ⁽¹⁾ %
		Agregado normal	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	$\leq 10,0\%$	$\leq 13,0\%$	$\leq 0,065\%$
B	$\geq 4,0$		(média)	
C	$\geq 3,0$		$\leq 16,0\%$	
D	$\geq 2,0$		(individual)	
⁽¹⁾ Facultativo				

De acordo com Tabela 57, verifica-se que todos os blocos estão dentro dos limites estabelecidos.

Antes da realização dos ensaios, os blocos foram mantidos em ambiente de laboratório por 24 horas e, durante os ensaios, foi medida a temperatura e umidade relativa do ar. Os valores podem ser observados na Tabela 58, assim como o tempo de execução dos capeamentos.

Tabela 58 – Resultados da temperatura e da umidade relativa do ar, durante os ensaios.

Capecamento	Designação	n	Temperatura (°C)	Umidade relativa do ar %	Tempo de execução do capecamento
Forro pacote	B4 - PB4 - PB4G1	6,00	22,9 - 23,4	44 - 46	Colocado no momento do ensaio
	B8 - PB8 - PB8G2	6,00			
	B16 - PB16 - PB16G3	6,00			
Pasta de cimento	B4 - PB4 - PB4G1	6,00	20,0 - 22,1	48 - 55	Três dias
	B8 - PB8 - PB8G2	6,00			
	B16 - PB16 - PB16G3	6,00			
Chapa dura	B4 - PB4 - PB4G1	6,00	24,8 - 20,2	39 - 49	Colocado no momento do ensaio
	B8 - PB8 - PB8G2	6,00			
	B16 - PB16 - PB16G3	6,00			
Madeira compensada	B4 - PB4 - PB4G1	6,00	18,6 - 20,3	61 - 64	Colocado no momento do ensaio
	B8 - PB8 - PB8G2	6,00			
	B16 - PB16 - PB16G3	6,00			
Retifica	B4 - PB4 - PB4G1	6,00	22,8 - 23	59 - 60	Um dias
	B8 - PB8 - PB8G2	6,00			
	B16 - PB16 - PB16G3	6,00			

Após a determinação das características dos blocos, passamos a determinação das características das argamassas utilizadas. Os traços utilizados nesta fase estão na tabela abaixo:

Tabela 59 - Traços de argamassa utilizados.

Material	Massa especifica aparente (kg/m ³)	Traço volume	Traço Peso	Quantidade massa (kg)	a/c	Resistencia esperada (MPa)
Traço experimental em volume: 1 : 2,0 : 5,0						
Cimento CP II Z 32	1122,77	1,0	1,00	4,00	1,39	4,00
Cal Hidratada	600,00	2,0	1,07	4,28		
Areia	1589,08	5,0	7,08	28,31		
Agua	1000,00			5,56		
Traço experimental em volume: 1 : 2,5 : 4,5						
Cimento CP II Z 32	1122,77	1,0	1,00	4,00	1,58	6
Cal Hidratada	600,00	2,5	1,34	5,34		
Areia	1589,08	4,5	6,37	25,48		
Agua	1000,00			6,32		
Traço experimental em volume: 1 : 1,5 : 3						
Cimento CP II Z 32	1122,77	1,0	1,00	5,00	0,985	12
Cal Hidratada	600,00	1,5	0,80	4,01		
Areia	1589,08	3,0	4,25	21,23		
Agua	1000,00			4,93		

4.2 SEGUNDA FASE DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Esta fase do trabalho teve como objetivo estudar diferentes tipos de capeamento, pelo uso de material seco, como a madeira compensada, a chapa dura e forro pacote, para capeamento de blocos e prismas. Com os resultados desta fase, foi escolhido um capeamento com material seco utilizado na fase final do trabalho, onde foi realizado ensaios de caracterização de blocos e prismas com as variadas resistências, considerando o capeamento com pasta de cimento e capeamento escolhido nesta fase.

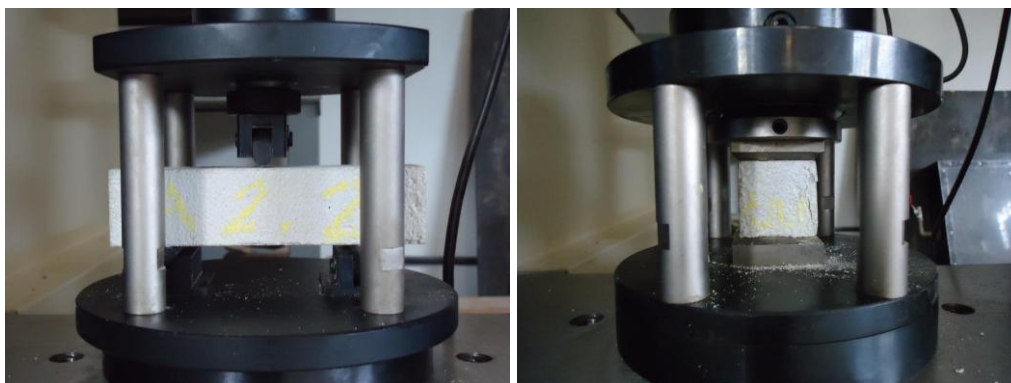
Foram realizados ensaios em prismas e blocos de concreto capeados com pasta de cimento e retificados, como termo de comparação para escolha do capeamento com o material seco.

4.2.1 Ensaios de caracterização dos materiais utilizados

4.2.1.1 Argamassa de assentamento

Nesta fase do trabalho foram utilizados 3 tipos de argamassa de assentamento com diferentes tipos de resistência à compressão. A figura abaixo mostra o ensaio dos copos de prova da argamassa, primeiramente na tração depois na compressão.

Figura 17 – Foto do ensaio de compressão da argamassa



Os traços, em volume e em massa utilizados e resistências à compressão esperada, estão mostrados na Tabela 60.

Tabela 60 – Características das argamassas.

Denominação	Traço em volume	Traço em volume	Resistência esperada
A1	1 : 2,0 : 5,0	1 : 1,07 : 7,08	4,00
A2	1 : 2,5 : 4,5	1 : 1,34 : 6,37	6,00
A3	1 : 1,5 : 3,0	1 : 0,80 : 4,25	12,00

Utilizou-se, então, o cimento Portland CP II-Z-32, cal hidratada e areia média, cujas massas unitárias foram determinadas na fase 1 do trabalho.

4.2.1.2 Graute

Para esta fase do trabalho foram utilizados três tipos de grautes de resistências distintas. Estes grautes foram caracterizados durante a Fase 1 do trabalho. A Tabela 61 traz as designações, traços e resistências esperadas para os graute utilizados.

Tabela 61 – Características dos grautes

Denominação	Traço em volume (cimento: cal: areia: brita)	Traço em massa (cimento: cal: areia: brita)	Relação a/c	Resistência esperada (MPa)
G1	1 : 0,1 : 1,8 : 1,8	1 : 0,06 : 3,4 : 2,28	0,68	15
G3	1 : 0,1 : 1,5 : 1,6	1 : 0,06 : 2,12 : 2,02	0,58	25
G4	1 : 0,1 : 1,0 : 1,3	1 : 0,06 : 1,42 : 1,64	0,45	30

As figuras abaixo ilustram o ensaio do corpo-de-prova dos grautes utilizados nos ensaios, com a face de trabalho retificados.

Figura 18 – Ensaio do corpo-de-prova de graute



4.2.1.3 Bloco de concreto

Durante o desenvolvimento desta fase do trabalho, foram utilizados três tipos de blocos de concreto fornecidos pela mesma empresa, como especifica a norma NBR 6136/2007, de geometria uniforme, e com resistências nominais de 4, 8 e 16 MPa.

Foi ensaiada uma amostra de 6 blocos para cada tipo de capeamento e para cada resistência, conforme Tabela 63.

As amostras não apresentaram quebras, trincas, deformações, nem irregularidades nas arestas. As tolerâncias máximas especificadas na norma NBR 6136/2007, mostradas na Tabela 62.

Tabela 62 - Tolerâncias máximas de fabricação dos blocos de concreto, segundo NBR 6136/2007.

Dimensão	Largura	Altura	Comprimento	Desvio em relação ao esquadro	Flecha
Tolerância (mm)	±2,00	±3,00	±3,00	3,00	3,00

A Tabela 63 mostra os capeamentos, a resistência nominal dos blocos e número de amostras utilizadas nesta fase do trabalho.

Tabela 63 – Quantidades de ensaios de blocos de concreto realizados.

Regularização da superfície/ Capeamento	Resistência nominal à compressão f_b (MPa)	Número de amostras CP's blocos
Retifica	4,00	6,00
	8,00	6,00
	16,00	6,00
Madeira compensada	4,00	6,00
	8,00	6,00
	16,00	6,00
Forro pacote	4,00	6,00
	8,00	6,00
	16,00	6,00
Pasta de cimento	4,00	6,00
	8,00	6,00
	16,00	6,00
Chapa dura	4,00	6,00
	8,00	6,00
	16,00	6,00
Total		90,00

A Figura 19 mostra a geometria, o tipo de bloco utilizado e os diferentes lotes cobertos.

Figura 19 – Ilustração dos blocos de concreto utilizado - lote (foto autor)



4.2.1.4 Prismas não-grauteados

Foram moldados seis prismas ocios justapostos por dois blocos, para cada resistência nominal de bloco (4, 8 e 16 MPa) e para cada capeamento. Os prismas foram assentados com argamassamento total; ou seja, toda a seção transversal do bloco foi totalmente preenchida com argamassa, conforme a ABNT NBR 15961-2: 2012. A Tabela 64 traz a quantidade de

prismas moldados; assim como a resistência dos blocos, a argamassa e o capeamento utilizado.

Tabela 64 - Características dos prismas dos prismas não-grauteados.

Regularização da superfície/ Capeamento	Resistências nominais		Número de ensaios a compressão	
	f_{bk}	f_a	Blocos	Prisma não grauteados
Retifica	4,00	4,00	6	6
	8,00	6,00	6	6
	16,00	12,00	6	6
Pasta de cimento	4,00	4,00	6	6
	8,00	6,00	6	6
	16,00	12,00	6	6
Madeira compensada	4,00	4,00	6	6
	8,00	6,00	6	6
	16,00	12,00	6	6
Forro pacote	4,00	4,00	6	6
	8,00	6,00	6	6
	16,00	12,00	6	6
Chapa dura	4,00	4,00	6	6
	8,00	6,00	6	6
	16,00	12,00	6	6
Total			90	90

Os prismas foram moldados sobre uma mesa nivelada. A espessura das juntas foi mantida em 10 ± 2 mm.

4.2.1.5 Prismas grauteados

Igualmente seis prismas grauteados justapostos por dois blocos, foram moldados para cada resistência nominal de bloco (4,8 e 16 MPa) e para cada capeamento. A montagem dos prismas e o preenchimento com argamassa foi realizado conforme mencionado acima. A Tabela 65 traz a quantidade de prismas moldados, assim como a resistência dos blocos, a argamassa e os tipos de capeamento utilizado.

Tabela 65 - Características dos prismas dos prismas grauteados.

Regularização da superfície/ Capeamento	Resistências nominais			Número de ensaios a compressão	
	fbk	fa	fgk	Blocos	Prisma cheio
Retifica	4,00	4,00	15,00	6	6
	8,00	6,00	20,00	6	6
	16,00	12,00	30,00	6	6
Madeira compensada	4,00	4,00	15,00	6	6
	8,00	6,00	20,00	6	6
	16,00	12,00	30,00	6	6
forro pacote	4,00	4,00	15,00	6	6
	8,00	6,00	20,00	6	6
	16,00	12,00	30,00	6	6
Pasta de cimento	4,00	4,00	15,00	6	6
	8,00	6,00	20,00	6	6
	16,00	12,00	30,00	6	6
Chapa dura	4,00	4,00	15,00	6	6
	8,00	6,00	20,00	6	6
	16,00	12,00	30,00	6	6

Minutos depois de moldados os prismas, era realizada a limpeza das rebarbas de argamassa das juntas que nos sobraram no interior dos furos.

O grauteamento era realizado 24 horas depois dos prismas serem assentados (conforme procedimentos descritos na NBR 5738/1994) sendo os furos dos prismas previamente molhados antes de verter o graute.

Para cada tipo de graute, foram moldados 6 corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm para um melhor controle das amostras nas diversas vezes em que fora produzida.

4.2.1.6 Montagem e grauteamento dos prismas

A montagem e o grauteamento seguiram os critérios estabelecidos no item 3, do Anexo A da norma 15961-2:2011, e foi utilizado por um único pedreiro, assim como uma única empresa no fornecimento dos blocos. Os prismas moldados com blocos de resistência nominal de 4 MPa foram denominados de PB4 e os do mesmo bloco, mas grauteados com graute G1 de PB4G1. Assim, respectivamente, os de 8 MPa de PB8 para os prismas ocos e os grauteados com G2, PB8G2. Para os prismas com blocos de 16 MPa, tem-se PB16 e grauteados com G4, PB16G4.

A Figura 20 ilustra o processo de montagem e grauteamento dos prismas.

Figura 20 - Montagem e grauteamento dos prismas.



4.2.1.7 Determinação do módulo de elasticidade

Para a obtenção do módulo de elasticidade, foram colocados dois transdutores de deslocamento nas faces laterais dos blocos para obtenção dos deslocamentos, durante os ensaios de compressão axial dos prismas grauteados e não-grauteados, de acordo com os procedimentos descritos pela norma ABNT NBR 15961 – 2: 2012 - Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto, Parte 2: Execução e controle de obras, Anexo A – item A.4.

Observa-se pela Figura 21 o ensaio de compressão axial dos prismas e a colocação dos extensômetros elétricos.

Figura 21 – Colocação dos extensômetros elétricos.



Os transdutores fazem leituras de deformações até 50% da carga de ruptura, enviando constantemente os dados para um computador.

Por meio das leituras das deformações foram obtidos, gráficos *tensão x deformação* e, a partir destes, o módulo de elasticidade dos prismas.

4.2.1.8 Capeamento

Para realização dos ensaios à compressão axial nesta fase, foram utilizados material seco, madeira compensada, forro pacote e chapa dura, para capeamento dos blocos e dos prismas; também foi utilizada a pasta de cimento e a retifica, como elementos de comparação.

A Figura 22 ilustra os capeamentos com material seco utilizados nesta fase, assim como a pasta de cimento e a retifica.

Figura 22 – Ilustração dos capeamentos com material seco, respetivamente, madeira compensada, forro pacote e chapa dura (*foto autor*).



A Figura 23 mostra o capeamento com pasta de cimento e a retifica, utilizados também nesta fase.

Figura 23 - Ilustração do capeamento com pasta de cimento e a retifica respetivamente (*foto autor*).



As Figura 24 e Figura 25 ilustram todo o processo de capeamento de prisma e blocos.

Figura 24 – Ilustração do processo de capeamento com pasta de cimento (*foto autor*)



Figura 25 - Ilustração do processo de capeamento com pasta de cimento (*foto autor*)

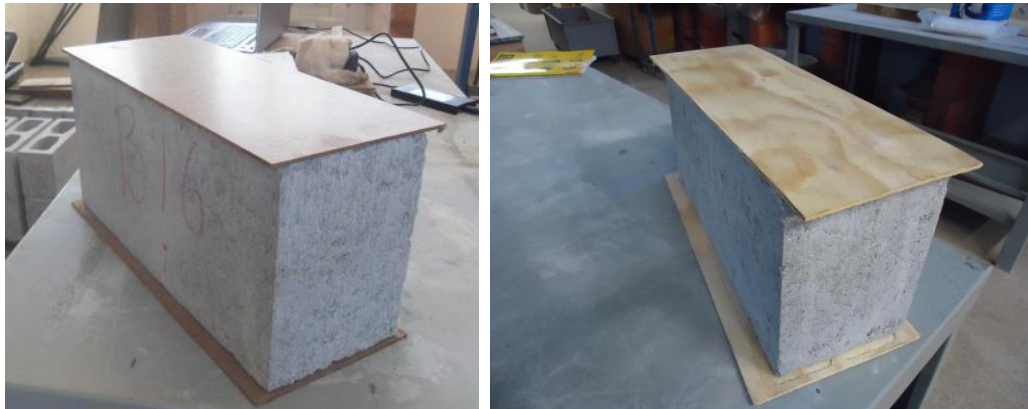


A Figura 26 e Figura 27 mostra a colocação do material seco.

Figura 26 – Ilustração do processo de regularização da superfície dos prismas e blocos com material seco (*foto autor*)



Figura 27 - Ilustração do processo de regularização da superfície dos prismas e blocos com material seco, cont. (*foto autor*)



Observa-se nas figuras abaixo o processo de reificação do bloco e a aparência da superfície final.

Figura 28 - processo de reificação do bloco (*foto autor*)



4.3 FASE INTERMEDIÁRIA

Esta fase foi introduzida no trabalho com o intuito verificar a possibilidade de aumentar a resistência à compressão axial dos prismas grauteados capeados com chapa dura, corrigindo a fase superior dos prismas com pasta de cimento após o grauteamento, adicionando um aditivo redutor de retração ao graute, e pela molhagem previa dos prismas, sempre com o cuidado para não modificar o posicionamento do prisma, conforme se pode observar pela Figuras Figura 29 e Figura 30.

Figura 29 - Ilustração da molhagem previa do prisma grauteado (*foto autor*)



Figura 30 – Ilustração da regularização da fase superior do prisma grauteado com pasta de cimento (*foto autor*)



Os valores baixos de resistência à compressão axial obtidos com os prismas grauteados capeados com chapa dura na fase anterior, forçou a realização desta fase do trabalho.

Observou-se durante os ensaios da segunda fase a retração do graute dentro dos prismas, causando a separação entre o graute e as paredes dos blocos.

Já nesta fase, foram feitos ensaios em blocos de concreto e em prismas grauteados e não grauteados, capeados com pasta de cimento e chapa dura.

4.3.1 Caracterização dos materiais utilizados

4.3.1.1 Argamassa de assentamento

Foram empregados 3 tipos de argamassa de assentamento com diferentes tipos de resistência à compressão. Os traços de argamassa empregados foram retirados do estudo de IC feito por Gregory Lee Pinheiro anteriormente citado, os traços, em volume, utilizados foram 1:2,5:4,0, 1:0,25:2,0, 1:1,5:3,0 cujas resistências nominais à compressão são respectivamente 4, 6 e 12 MPa.

A Tabela 66 mostra como as argamassas foram denominadas neste estudo, suas respectivas resistências esperadas e os traços em volume e em massa.

Tabela 66 – Caracterização das argamassas.

Denominação	Traço em volume	Traço em massa	Resistência esperada
A1	1 : 2,0 : 5,0	1 : 1,07 : 7,08	4,00
A2	1 : 2,5 : 4,5	1 : 1,34 : 6,37	6,00
A4	1 : 1,5 : 3,0	1 : 0,80 : 4,25	12,00

Utilizou-se o cimento Portland CP II-Z-32, cal hidratada e areia média, cujas massas unitárias foram determinadas durante a Fase 1 do estudo.

Para cada assentamento foram retirados 6 corpos-de-prova de argamassa para controle e verificação do processo de produção.

4.3.1.2 Aditivo

Nesta fase do trabalho foi estudada a possibilidade de utilizar o aditivo dry d1 c "compact" no traço do graute para diminuir a retração do graute e conseqüentemente a separação do graute das paredes dos blocos.

O respectivo aditivo é um produto em pó inorgânico, isento de cloretos e de outros componentes prejudiciais para o concreto. É um aditivo a base de óxido de cálcio submetidos a tratamento térmico com uma granulometria específica e selecionada. Com propriedade expansiva para ser utilizada em argamassa e concreto. A característica expansiva induz a diminuição de porosidade e a redução de permeabilidade, um incremento de resistência à compressão, e uma maior aderência entre os elementos.

4.3.1.3 Graute

Para o estudo foram utilizados três tipos de grautes de resistências distintas. Estes grautes foram caracterizados durante a Fase 1 do estudo. A Tabela 67 traz as denominações, traços e resistências esperadas.

Tabela 67 - Denominações dos grautes, traços e resistências esperadas.

Designação	Traço em volume (cimento: cal: aditivo: areia: brita)	Traço em massa (cimento: cal: aditivo: areia: brita)	Relação a/c	Resistência esperada (MPa)
G1	1 : 0,1 : 0,015 : 1,8 : 1,8	1 : 0,06 : 0,017 : 3,4 : 2,28	0,68	15,00
G3	1 : 0,1 : 0,015 : 1,5 : 1,6	1 : 0,06 : 0,017 : 2,12 : 2,02	0,58	25,00
G4	1 : 0,1 : 0,015 : 1,0 : 1,3	1 : 0,06 : 0,017 : 1,42 : 1,64	0,45	30,00

4.3.1.4 Bloco

Para esta fase do trabalho, foram utilizados blocos de concreto de lotes fornecidos pela mesma empresa, como especifica a norma NBR 6136/2007, de geometria uniforme, e resistências variando entre 4, 8 e 16 MPa. Foram utilizadas amostras de seis blocos para cada tipo de capeamento e resistência à compressão. As amostras não apresentaram quebras, trincas, deformações ou irregularidades nas arestas.

Na Tabela 68 são mostrados os capeamentos, a resistência nominal dos blocos e número de amostras utilizadas nesta fase do trabalho.

Tabela 68 – Designação dos blocos.

Regularização da superfície/ Capeamento	Resistência nominal à compressão f_b (MPa)	Número de amostras CP's blocos
Pasta de cimento	4,00	6
	8,00	6
	16,00	6
Chapa dura	4,00	6
	8,00	6
	16,00	6
Total		6

4.3.1.5 Prisma não grauteado

Foram moldados 12 prismas ocios para cada resistência de bloco (4,8 e 16 MPa), com 2 blocos de altura moldados a prumo, totalizando 36 prismas ocios. Para melhor compreensão do que foi realizado, a Tabela 69 contém os tipos de capeamentos utilizados, bem como a resistência nominal do bloco e da argamassa.

Tabela 69 – Características dos prismas não grauteados.

Regularização da superfície/ Capeamento	Resistências nominais		Número de ensaios a compressão	
	f_{bk}	f_a	Blocos	Prisma não grauteados
Pasta de cimento	4,00	4,00	6	6
	8,00	6,00	6	6
	16,00	8,00	6	6
Chapa dura	4,00	4,00	6	6
	8,00	6,00	6	6
	16,00	8,00	6	6

Figura 31 – Moldagem dos prismas (foto autor).



Os ensaios de resistência à compressão dos prismas ocios se deram junto aos ensaios dos prismas cheios.

4.3.1.6 Prisma grauteados

Foram moldados 12 prismas grauteados para cada resistência de bloco (4,8 e 16 MPa), moldados com dois blocos justapostas, totalizando 36 prismas grauteados, conforme a Tabela 70. Para melhor entendimento do que foi feito, a Tabela 70 contém as denominações dos prismas, bem como a resistência nominal do bloco, o graute e a argamassa utilizados.

Tabela 70 – Caracterização dos prismas grauteados.

Regularização da superfície/ Capeamento	Resistências nominais			Número de ensaios a compressão	
	f_{bk}	f_a	f_{gk}	Blocos	Prismas grauteados
Pasta de cimento	4,00	4,00	15,00	6	6
	8,00	6,00	20,00	6	6
	16,00	8,00	30,00	6	6
Chapa dura	4,00	4,00	15,00	6	6
	8,00	6,00	20,00	6	6
	16,00	8,00	30,00	6	6

O grauteamento era realizado 24 horas depois dos prismas serem assentados, conforme descrito na NBR 5738/1994.

Realizou-se, então, uma limpeza das rebarbas de argamassa das juntas que sobraram nos furos, antes de verter o graute no interior do furo. Para esta fase, os furos foram previamente molhados antes de verter o graute.

Para cada tipo de graute foram moldados 6 corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm, visando um melhor controle das amostras nas diversas vezes em que foi produzida.

Figura 32 – Grauteamento dos prismas (*foto autor*).



4.3.1.7 Capeamento

Para realização dos ensaios à compressão axial nesta fase, os prismas e os blocos foram capeados com pasta de cimento e chapa dura, conforme a Figura 33. Nos ensaios feitos com chapa dura, foram necessárias uma regularização dos furos na parte superior dos prismas grauteados, para que o esforço fosse mais bem distribuído no graute.

Figura 33 – Ilustração do (a) Capeamento com pasta de cimento, e do (b) capeamento com chapa dura (*foto autor*), respectivamente.



4.3.1.8 Equipamentos Utilizados

Foram utilizados os mesmo equipamentos utilizados na fase anterior deste trabalho.

4.4 FASE FINAL DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Finalizada a caracterização dos materiais utilizados neste trabalho, escolhido o capeamento alternativo e estudada a possibilidade de se corrigir a fase superior dos prismas grauteados com pasta de cimento, assim como a utilização do referido aditivo e da molha previa dos prismas antes do grauteamento, a fase final do trabalho teve como objetivo a caracterização de blocos e prismas com as variadas resistências, considerando o capeamento com pasta de cimento e com chapa dura.

4.4.1 Caracterização dos materiais utilizados

4.4.1.1 Argamassa de assentamento

Seguindo as recomendações da ABNT NBR 15961-2: 2012, foram empregados nesta fase cinco tipos de argamassa de assentamento, os traços em volume e em massa utilizados e as resistências à compressão esperada estão mostradas na Tabela 71.

Tabela 71 – Denominação das argamassas

Denominação	Traço em volume	Traço em massa	Resistência esperada
A1	1 : 2,0 : 5,0	1 : 1,07 : 7,08	4,00
A2	1 : 2,5 : 4,5	1 : 1,34 : 6,37	6,00
A3	1 : 2,0 : 2,5	1 : 1,34 : 6,37	10,00
A4	1 : 1,5 : 3,0	1 : 0,80 : 4,25	12,00
A5	1 : 0,5 : 4,5	1 : 0,80 : 4,25	22,00

Utilizou-se o cimento Portland CP II-Z-32, cal hidratada e areia média, cujas massas unitárias foram determinadas durante a Fase 1 do estudo.

4.4.1.2 Aditivo

O aditivo utilizado foi o mesmo referido atrás.

4.4.1.3 Graute

Para o trabalho, foram utilizados quatro tipos de grautes de resistências distintas. Estes grautes foram caracterizados na primeira fase do trabalho e na fase intermediária com a adição do aditivo. A Tabela 72 traz as designações, os traços e as resistências esperadas para os grautes em estudo.

Tabela 72 – Caracterização dos grautes.

Denominação	Traço em volume (cimento: cal: areia: brita)	Traço em massa (cimento: cal: areia: brita)	Relação a/c	Slump test	Resistência esperada (MPa)
G1	1 : 0,1 : 0,015 : 2,0 : 2,0	1 : 0,06 : 0,017 : 2,83 : 2,53	0,78	22,5 - 24,5	15,00
G2	1 : 0,1 : 0,015 : 1,8 : 1,8	1 : 0,06 : 0,017 : 3,4 : 2,28	0,68	22,5 - 24,5	20,00
G3	1 : 0,1 : 0,015 : 1,5 : 1,6	1 : 0,06 : 0,017 : 2,12 : 2,02	0,58	22,5 - 23,0	25,00
G4	1 : 0,1 : 0,015 : 1,0 : 1,3	1 : 0,06 : 0,017 : 1,42 : 1,64	0,45	20,5 - 22,5	30,00

4.4.1.4 Bloco de concreto

Para realizarmos este estudo, utilizamos blocos de concreto de lotes fornecidos pela mesma empresa, como especifica a norma NBR 6136/2007, de geometria uniforme (Figura 34) e resistências nominais variando de 4 a 20 MPa (resistências reais entre 5 e 34 MPa). Foi utilizada uma amostra de 12 blocos para cada tipo de capeamento e resistência à compressão, totalizando 240 blocos de concreto ensaiados. Os exemplares não apresentaram quebras, trincas, deformações, nem irregularidades nas arestas.

Figura 34 – Bloco de concreto do lote utilizado (foto autor).



Os blocos foram denominados conforme mostrado na Tabela 73 que também contém suas respectivas resistências nominais à compressão (f_b).

Tabela 73 – Caracterização dos blocos.

Designação	Resistência nominal à compressão f_b (MPa)	Número de amostras CP's blocos	
		Pasta de cimento	Chapa dura
B1	3,00	12	12
B2	4,00	12	12
B3	6,00	12	12
B4	8,00	12	12
B5	10,00	12	12
B6	12,00	12	12
B7	14,00	12	12
B8	16,00	12	12
B9	18,00	12	12
B10	20,00	12	12
	Total	12	12

4.4.1.5 Prismas não grauteados

Foram moldados 12 prismas ocios para cada resistência nominal de bloco (3 á 20 MPa), com 2 blocos de altura, totalizando 240 prismas não grauteados ensaiados. Os prismas foram assentados com argamassamento total, ou seja, toda a seção transversal do bloco foi totalmente preenchida com argamassa.

A Tabela 74 traz os tipos de capeamentos utilizados, a resistência da argamassa e dos blocos utilizados na montagem dos prismas.

Tabela 74 – Caracterização dos prismas.

Designação	Resistência nominal à compressão fbk (MPa)	Resistência nominal das argamassas fa (MPa)	Número de amostras CP's Prismas não grauteados	
			Pasta de cimento	Chapa dura
PB1	3,00	4,00	12	12
PB2	4,00	4,00	12	12
PB3	6,00	6,00	12	12
PB4	8,00	6,00	12	12
PB5	10,00	8,00	12	12
PB6	12,00	8,00	12	12
PB7	14,00	12,00	12	12
PB8	16,00	12,00	12	12
PB9	18,00	14,00	12	12
PB10	20,00	14,00	12	12
	Total		120	120

Figura 35 - Ilustração do capeamento e dos ensaios dos prismas não grauteados (foto autor)



Os ensaios de resistência à compressão dos prismas ocios se deram junto aos ensaios dos prismas cheios.

4.4.1.6 Prismas grauteados

Foram moldados 12 prismas grauteados para cada resistência nominal de bloco (3 á 20 MPa), com 2 blocos de altura, totalizando 240 prismas não grauteados ensaiados. A Tabela 75 trás os tipos de capeamentos utilizados, a resistência da argamassa e dos blocos utilizados na montagem dos prismas.

Tabela 75 – Caracterização dos prismas grauteados.

Designação	Resistência nominal à compressão f_{bk} (MPa)	Resistência nominal das argamassas f_a (MPa)	Resistência nominal das argamassas f_{gk} (MPa)	Numero de amostras CP's Prismas grauteados	
				Pasta de cimento	Chapa dura
PB1	3,00	4,00	15,00	12	12
PB2	4,00	4,00	15,00	12	12
PB3	6,00	6,00	15,00	12	12
PB4	8,00	6,00	20,00	12	12
PB5	10,00	8,00	20,00	12	12
PB6	12,00	8,00	25,00	12	12
PB7	14,00	12,00	30,00	12	12
PB8	16,00	12,00	30,00	12	12
PB9	18,00	14,00	30,00	12	12
PB10	20,00	14,00	30,00	12	12
Total				120	120

Os prismas foram moldados e capeados sobre uma mesa nivelada, conforme Figura 36. A espessura das juntas foi mantida em 10 ± 2 mm. Os ensaios de resistência à compressão dos prismas ocos se deram junto aos ensaios dos prismas cheios.

Figura 36 – Ilustração do capeamento e dos ensaios dos prismas grauteados (*foto autor*).



Foi realizada uma limpeza das rebarbas de argamassa das juntas que sobraram nos furos antes de verter o graute no interior do furo. Para esta fase, os furos foram previamente molhados antes de verter o graute.

Para cada tipo de graute foram moldados 6 corpos-de-prova cilíndricos de 10x20 cm, visando o melhor controle das amostras nas diversas vezes em que fora produzida.

Os ensaios de resistência à compressão dos prismas cheios foram realizados quando passaram 28 dias do grauteamento.

4.4.1.7 Capeamento

Para realização dos ensaios à compressão, os blocos de concreto e os prismas foram capeados com pasta de cimento e chapa dura, conforme a Tabela 32. Nos ensaios feitos com chapa dura, utilizamos a regularização testada na fase intermediária para que o esforço fosse mais bem distribuído no graute e a adição de um aditivo.

Figura 37 – Ilustração da chapa dura e do capeamento com pasta de cimento (*foto autor*).



4.4.1.8 Módulo de Elasticidade

Para a obtenção do módulo de elasticidade, ensaios de deformação foram executados por meio de dois transdutores colocados nas faces laterais dos blocos.

Os procedimentos utilizados são descritos pela norma ABNT NBR 15961 – 2 : 2001 Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras, Anexo A – item A.4, conforme Figura 38.

Figura 38 – Ensaio de compressão axial com obtenção dos deslocamentos (*foto autor*).



Por meio das leituras das deformações foram obtidos os gráficos de *tensão x deformação* e, a partir deles, o módulo de elasticidade dos prismas.

4.4.1.9 Equipamentos Utilizados

Foram utilizados os mesmos equipamentos citados nas outras fases do programa experimental.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados e as diversas análises realizadas . Foram feitas análises comparativas dos parâmetros (testes de hipótese) para avaliar a real influência de cada resultado.

5.1 PRIMEIRA FASE DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo são apresentados os resultados da caracterização dos materiais, tais como areia, cimento, cal, utilizados na caracterização dos traços de argamassa e do graute.

5.1.1 Areia, cimento, cal e brita

A agregado fino foi caracterizado como sendo uma areia média, com dimensão máxima dos grãos de 2,4mm e utilizada no trabalho, seca na estufa a 100 graus. A massa específica aparente para a areia foi de 1589,08 kg/m³.

O cimento utilizado foi o CP II Z 32 (cimento pozolânico), com uma massa aparente de 1122,77 kg/m³.

A agregado grosso foi caracterizada como sendo uma brita 0, com dimensão máxima dos grãos de 10mm. A massa específica aparente para a areia foi de 1419,09 kg/m³.

Foi utilizada cal hidratada de massa aparente de 640 kg/m³.

5.1.2 Argamassa de assentamento

De acordo com ABNT NBR 15961-2: 2012, a resistência à compressão média das argamassas deve ser limitado a 70% da resistência do bloco, portanto, foram utilizados traços que permitisse obter tal resistência tendo como referência os trços definido no trabalho de Pinheiro (2011).

5.1.3 Graute

Para o ensaio de resistência a compressão dos corpos de prova dos grautes foi necessário seguir as recomendações da ABNT NBR 5739: 2007. Os corpos-de-prova apresentavam idade de 28 dias no momento dos ensaios e o capeamento utilizado foi neoprene confinado.

A partir de 4 traços de graute pré-definidos, foram moldados 2 corpos-de-prova de cada tipo e ensaiados à compressão. Os traços e suas respectivas resistências alcançadas estão ilustradas na tabela abaixo:

Tabela 76 - Traços antigos e suas resistências.

Traço (massa)	a/c	Identificação	Resistência à compressão média	Desvio padrão	Resistência característica à compressão
1:0,05:3,28:2,92	0,82	G1	11,72	0,05	11,68
1:0,05:2,5:2,7	0,75	G2	11,94	0,24	11,750
1:0,05:2,28:2,28	0,62	G3	23,66	0,66	23,13
1:0,05:1,59:1,82	0,56	G4	18,76	1,74	17,37

Deve-se citar que, para os traços definidos acima depois dos ensaios de compressão, observou-se que as resistências não foram atingidas, havendo com isso, a necessidade de se fazer uma nova modelagem e novamente os ensaios de resistência à compressão.

Com isso os traços foram corrigidos e novos ensaios foram realizados, os resultados foram razoavelmente satisfatórios e estão mostrados na tabela abaixo:

Tabela 77 - Traços corrigidos e suas resistências.

Traço (massa)	a/c	Identificação	Resistência à compressão média	Desvio padrão	Resistência característica à compressão
1:0,05:3,4:2,78	0,80	G1	12,93	0,51	12,52
1:0,05:2,55:2,28	0,68	G2	18,31	0,94	17,56
1:0,05:2,12:2,02	0,58	G3	25,26	1,01	24,45
1:0,05:1,42:1,64	0,45	G4	36,46	0,67	35,92

Sendo as amostras muito pequenas, para determinar a resistência característica à compressão dos grautes utilizamos a fórmula, $f_{gk} = f_{gm} - t \times S$

onde:

f_{ck} = Resistência característica à compressão, em MPa.

f_{cm} = Resistência média à compressão dos valores obtidos no ensaio

t = Coeficiente de *Student*, estipulado de acordo com o tamanho da amostra.

S = Desvio padrão da amostra.

5.2 SEGUNDA FASE DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo são apresentados os resultados, e as diversas análises realizadas.

Foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar a existência de diferença significativa entre os tipos de capeamento pelo fato de que os tamanhos das amostras, para cada tipo de capeamento, são pequenos. No caso dos blocos B4, B8 e B16 seis amostras foram utilizadas no teste de resistência à compressão para cada tipo de bloco.

5.2.1 Argamassa de assentamento

A partir dos traços de argamassa pré-definidos, foram moldados seis corpos-de-prova, para cada tipo de Corpo-de-prova.

As Figura 39 e Tabela 78 ilustram o ensaio de compressão e os resultados de resistência à compressão média da argamassa respectivamente, utilizados nesta fase para modelagem dos prismas.

Figura 39 – Ilustração do ensaio (foto autor)

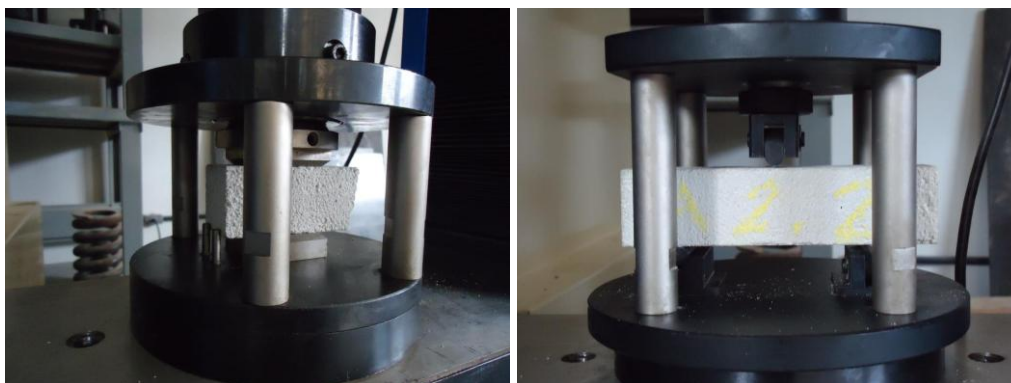


Tabela 78 – Resistência média da argamassa.

Designação	Argamassa f_a (Mpa)	Coefficiente de variação %
A1	6,56	6,33
A2	8,11	1,65
A3	14,34	5,46

5.2.2 Graute

Os procedimentos referentes a este ensaio seguem as recomendações da norma ABNT NBR 5739: 2007. Os corpos-de-prova ensaios apresentavam idade de 28 dias, e foram retificados antes do ensaio. A partir de quatros traços de graute pré-definidos, foram moldados seis corpos-de-prova de cada tipo. A Figura 40 ilustra os ensaios de compressão nos corpos-de-prova dos grautes.

Figura 40 – Ilustração do ensaio de compressão do graute (*foto autor*)



A Tabela 79 mostra os resultados de resistência característica à compressão dos grautes.

Tabela 79 - Resultados de resistência característica a compressão dos grautes.

Designação	Graute f_{gk} (MPa)	Coefficiente de variação %
G1	17,20	5,92
	16,40	4,58
	15,90	2,57
	16,00	3,16
	17,40	3,62
G3	26,70	5,27
	24,40	4,27
	25,80	4,20
	25,90	5,00
	27,30	6,55
G4	32,40	5,02
	36,30	5,46
	35,10	5,75
	36,00	1,64
	32,70	2,24

5.2.3 Blocos de concreto

Para cada tipo de bloco (B4, B8 e B16) foram ensaiados seis unidades a compressão axial para cada tipo de capeamento, totalizando 18 para cada grupo, logo, 90 unidades.

São observados na Figura 41 a ilustração do ensaio para os dois tipos de capeamento, e na Tabela 80 os resultados de resistência característica a compressão dos blocos. Sendo os resultados de cada bloco apresentados em apêndice.

Figura 41 – ilustração dos ensaios (foto autor)



Tabela 80 - Resistência característica a compressão dos blocos de concreto.

Caapeamento	Designação	n (N° CP's)	f_{bm} (MPa)	f_{bk} (MPa)	Coefficiente de variação %
Forro- pacote	B4	6,00	8,06	6,94	5,74
	B8	6,00	13,11	11,66	4,36
	B16	6,00	17,29	16,57	2,50
Pasta de cimento	B4	6,00	8,14	7,74	3,07
	B8	6,00	12,20	11,53	3,52
	B16	6,00	15,39	14,11	5,11
Chapa-dura	B4	6,00	7,95	7,43	4,15
	B8	6,00	12,67	11,84	4,07
	B16	6,00	16,64	15,66	4,81
Madeira compensada	B4	6,00	6,54	5,62	6,36
	B8	6,00	11,15	10,51	4,74
	B16	6,00	16,75	15,30	5,01
Retífica	B4	6,00	8,57	7,96	5,37
	B8	6,00	11,83	12,18	1,58
	B16	6,00	15,90	15,09	2,13

f_{bk} - Resistência característica a compressão dos blocos

f_{bm} - Resistência a compressão media dos blocos

Na Tabela 81 e Tabela 82 são apresentados os resultados encontrados no teste de Kruskal-Wallis para análise dos blocos denominados B4.

Tabela 81 - Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para o bloco - B4.

B4				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
Todos os capeamentos	17,467	4,00	0,001568	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	0,000	1,00	1,000	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa dura	1,000	1,00	0,2623	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x compensado	8,3368	1,00	0,003885	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x retífica	2,8368	1,00	0,09213	Não existe diferença significativa

Tabela 82 - Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para o bloco - B4, exceto os resultados do capeamento com madeira compensada.

B4				
Teste estatístico - Kruskal-Wallis				
Capeamento	Kruskal-Wallis chi-squared	df	p - value	Comparação
Todos os capeamentos com exceção do compensado de madeira	1,5272	3,000	0,676	Não existe diferença significativa

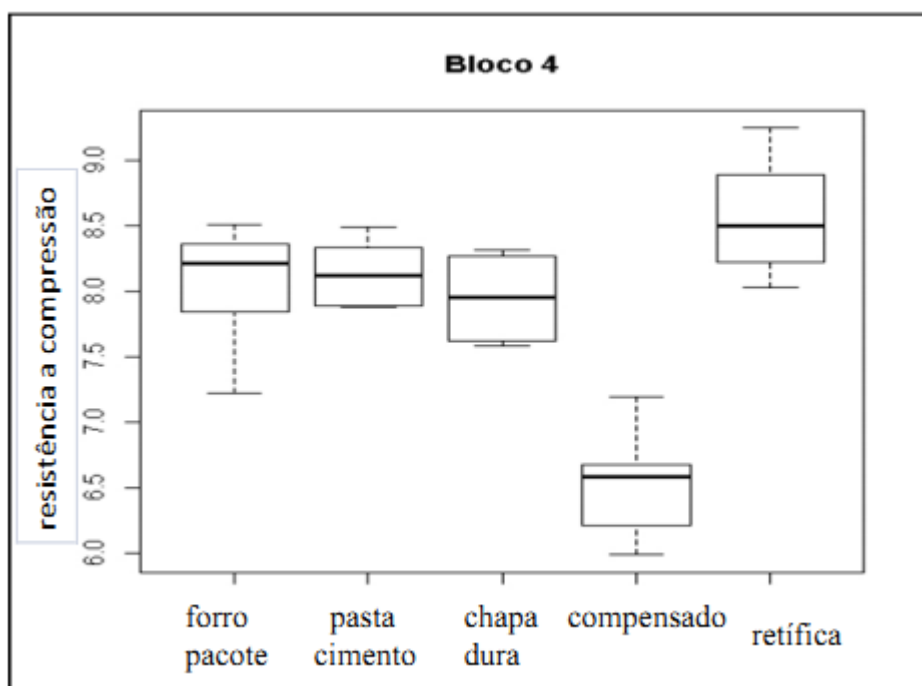
Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05(5%), ou seja, abaixo do fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita, portanto os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o

valor de “p-value” foi superior a 0,05 (5%), a hipótese foi aceita, e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

Conforme a Tabela 82, foi feita uma análise excluindo os resultados obtidos com o capeamento de compensado de madeira, verificando não existir diferença significativa entre os capeamentos comparados, sendo estes para esta resistência de bloco, considerados estatisticamente semelhantes.

A Figura 42 ilustra o *boxplot* gerado do programa R, para melhor entendimento da comparação feita entre a pasta de cimento e cada um dos outros capeamentos utilizados, nomeadamente, chapa dura, forro pacote, madeira compensada e a retífica.

Figura 42 - *Boxplot* da análise entre todos os capeamentos para o bloco - B4



Portanto, para B4 os capeamentos considerados semelhantes são: pasta de cimento/chapa mole, pasta de cimento/chapa dura e pasta de cimento/retífica. Nota-se que os resultados obtidos para compensado e a retífica são bem diferentes dos demais, sendo que a compensado apresenta valores abaixo dos demais capeamentos e a retífica assume valores maiores. Os demais assumem valores parecidos.

Seguindo o mesmo raciocínio da análise realizada para o bloco – B4 fez-se a análise dos blocos B8 e B16. As Tabelas Tabela 83e Tabela 84 traz os resultados da análise, segundo o teste de Kruskal-Wallis com as referidas comparações.

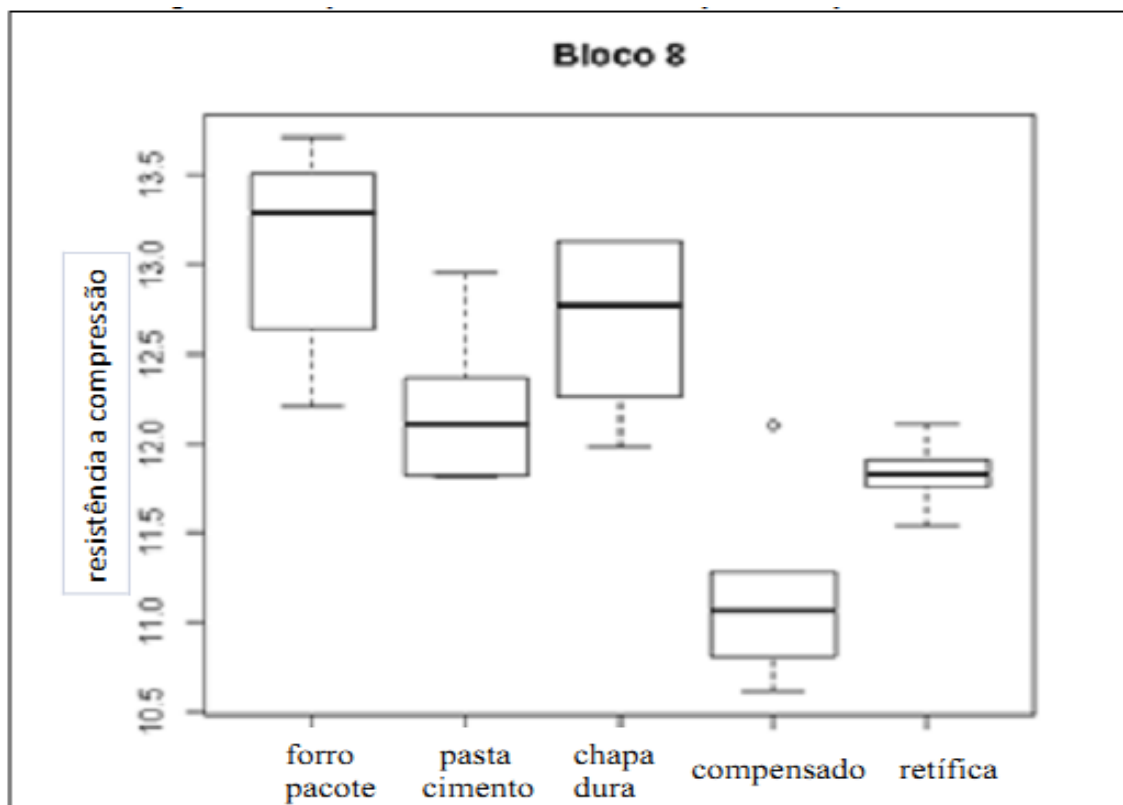
Tabela 83 - Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para B8

B8				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
Todos os capeamentos	21,41	4,00	0,000263	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	5,7692	1,00	0,01631	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa dura	3,1466	1,00	0,07609	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x compensado	6,1819	1,00	0,01291	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x retífica	2,0842	1,00	0,1488	Não existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05 (5%), ou seja, abaixo do esperado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes é descartada, podendo concluir que os mesmos são estatisticamente distintos. Já nas comparações onde o valor de “p-value” foi superior a 0,05(5%), a hipótese foi aceita e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

A Figura 43 ilustra o *boxplot* de análise dos capeamentos utilizados, nomeadamente, chapa dura, forro pacote, madeira compensada e a retífica.

Figura 43 - *Boxplot* da análise entre todos os capeamentos para o bloco-B8.



Nota-se que a chapa mole não apresenta os resultados estatisticamente semelhantes, porém, são superiores aos encontrados com pasta de cimento e assim como para B4. Os resultados encontrados com compensado de madeira se apresentam bem inferiores aos demais.

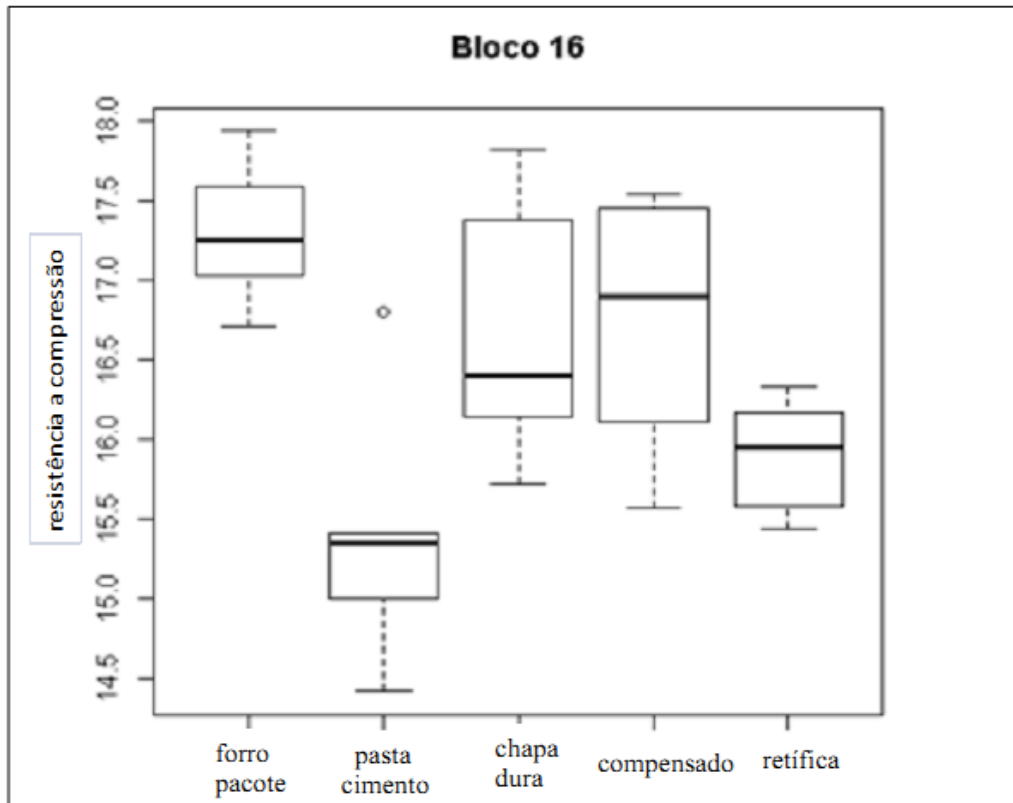
Tabela 84 - Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para o bloco-B16

B16				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
Todos os capeamentos	15,729	4,00	0,003405	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	7,4103	1,00	0,006485	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa dura	5,0256	1,00	0,02497	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x compensado	5,7692	1,00	0,01631	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x retífica	3,6923	1,00	0,05466	Não existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05(5%), logo, abaixo do fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita. Portanto, os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foi superior a 0,05 (5%), a hipótese foi aceita, e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

O *boxplot* da análise entre todos os tipos de capeamento está mostrado na Figura 44 abaixo. Tem-se, então, os resultados para chapa mole, pasta de cimento, chapa dura, compensado de madeira e retífica respectivamente.

Figura 44 - *Boxplot* da análise entre todos os capeamentos para o bloco-B16



Para os capeamentos chapa mole, chapa dura e compensado de madeira, os resultados não são equivalente a pasta de cimento e sim um pouco superiores. Entre esses capeamentos pode-se dizer que os resultados são equivalentes, conforme se observa na Figura 44. Percebe-se que para os resultados com pasta de cimento existe uma *outlier*, sendo esse resultado discrepante dos demais com esse capeamento.

5.2.4 Prismas não grauteados

Para cada tipo de bloco e de capeamento, foram ensaiados seis prismas não grauteados a compressão axial.

A Figura 45 mostra a ilustração do ensaio, enquanto que na Tabela 80, os resultados de resistência característica à compressão dos prismas não grauteados. Sendo os resultados de cada prisma apresentados em apêndice.

Figura 45 - Ilustração do ensaio com os dois tipos de capeamento (foto autor)



Tabela 85 - Resistência característica a compressão dos prismas não grauteados.

Capeamento	Designação	f_{pm} (MPa)	f_{pk} (MPa)	Coefficiente de variação %
Forro-pacote	PB4	6,55	5,57	5,85
	PB8	10,82	9,19	4,87
	B16	14,24	12,10	6,02
Pasta de cimento	PB4	7,02	5,96	6,65
	PB8	9,58	8,14	5,26
	B16	13,47	11,40	6,69
Chapa dura	PB4	6,08	5,17	6,19
	PB8	10,32	8,77	4,09
	B16	14,12	12,00	5,08
Madeira compensada	PB4	6,65	5,50	6,78
	PB8	8,82	7,49	5,39
	B16	14,05	11,80	5,81
Retífica	PB4	6,62	5,62	5,36
	PB8	7,87	6,69	11,07
	B16	13,87	11,79	1,75

f_{pk} - Resistência característica a compressão dos prismas

f_{pm} - Resistência a compressão média dos prismas

Apresenta-se na Tabela 86 os resultados encontrados no teste de Kruskal- Wallis para as comparações efetuadas na análise dos prismas ocios com blocos de 4 MPa (PB4). As comparações foram feitas entre todos os capeamentos, e depois foi feita uma comparação entre os pares, isto é, pasta de cimento/chapa mole, pasta de cimento/ chapa dura, pasta de cimento/ compensado de madeira, pasta de cimento/retífica.

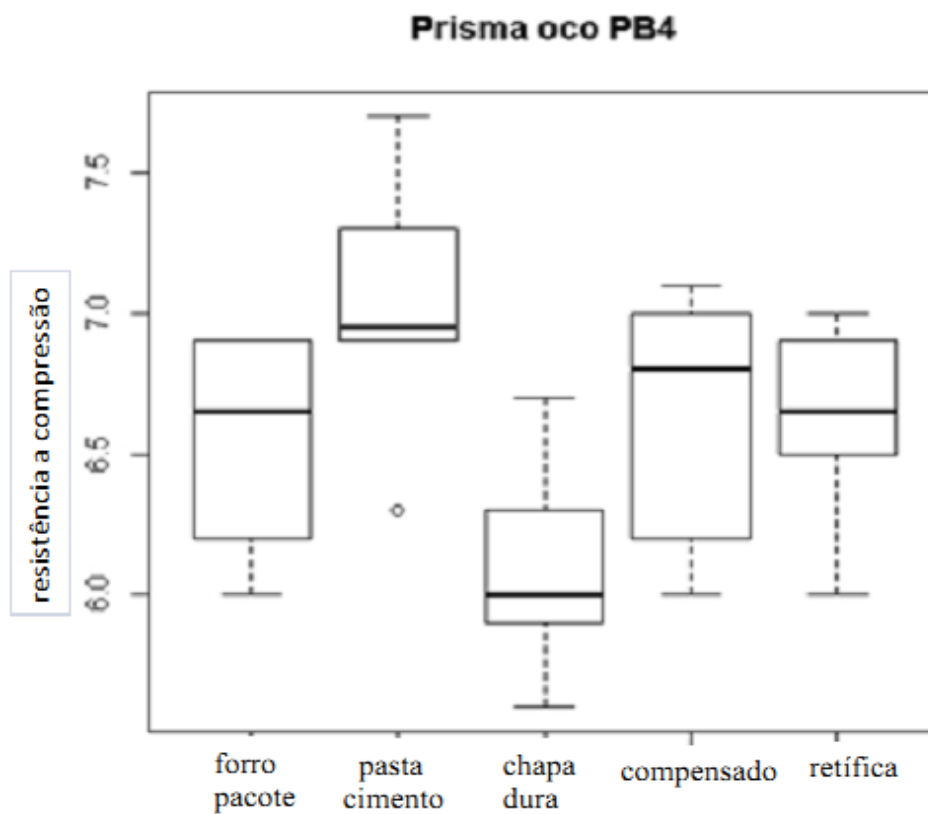
Tabela 86 – Resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para os prismas não grauteados-PB4

PB4				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
Todos os capeamentos	11,1672	4,00	0,02475	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	3,8261	1,00	0,05046	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa dura	7,0548	1,00	0,007905	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x compensado	1,468	1,00	0,2257	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x retífica	2,3553	1,00	0,1249	Não existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05 (5%), logo, abaixo do fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita; portanto os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foi superior a 0,05 (5%), a hipótese foi aceita, e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

A Figura 46 ilustra o *boxplots* gerado por meio do teste de Kruskal- Wallis. Nele temos os resultados com chapa mole, pasta de cimento, chapa dura, compensado de madeira e retífica respectivamente.

Figura 46 – *Boxplot* da análise entre todos os capeamentos para PB4



A análise dos prismas ocos com blocos de 8 MPa (PB8) se deu de maneira análoga ao do PB4, os resultados do teste de Kruskal-Wallis e as comparações feitas estão na Tabela 87 a seguir.

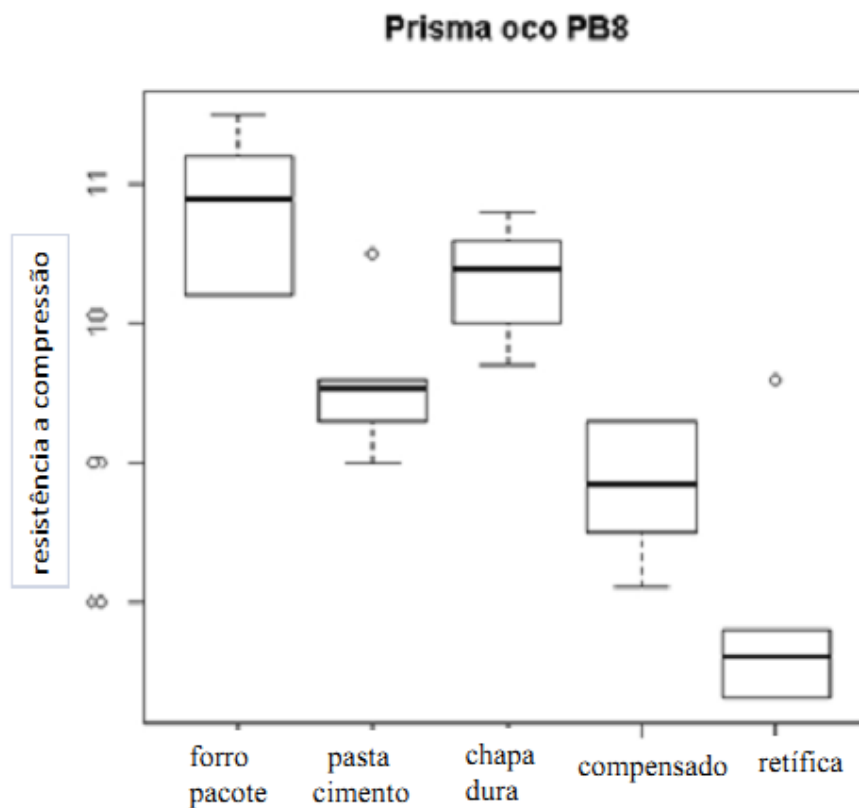
Tabela 87 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB8

PB8				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
Todos os capeamento	23,3901	4,00	0,000106	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	6,6103	1,00	0,01014	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa dura	5,7895	1,00	0,01612	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x compensado	5,487	1,00	0,01916	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x retífica	4,7226	1,00	0,02977	Existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05(5%), logo, abaixo do fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita; portanto, os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foi superior a 0,05(5%), a hipótese foi aceita e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

O *boxplot* da análise entre todos os tipos de capeamento está mostrado abaixo na Figura 47.

Figura 47 - *Boxplot* da análise entre todos os capeamentos para PB8



Assim, para PB8 nenhum capeamento foi considerado estatisticamente semelhante.

Nota-se que os resultados para os capeamentos com chapa mole e chapa dura, apesar de serem estatisticamente distintos, são superiores aos encontrados para pasta de cimento, e que os resultados com compensado de madeira e retífica se apresentam inferiores, sendo a retífica o mais distante. Percebe-se, ainda, *outliers* para pasta de cimento e retífica.

Foram analisados os prismas ocos com blocos de 16 MPa (PB16) de maneira análoga aos demais PB4 e PB8, os resultados do teste de Kruskal-Wallis e as comparações feitas estão na Tabela 88, a seguir.

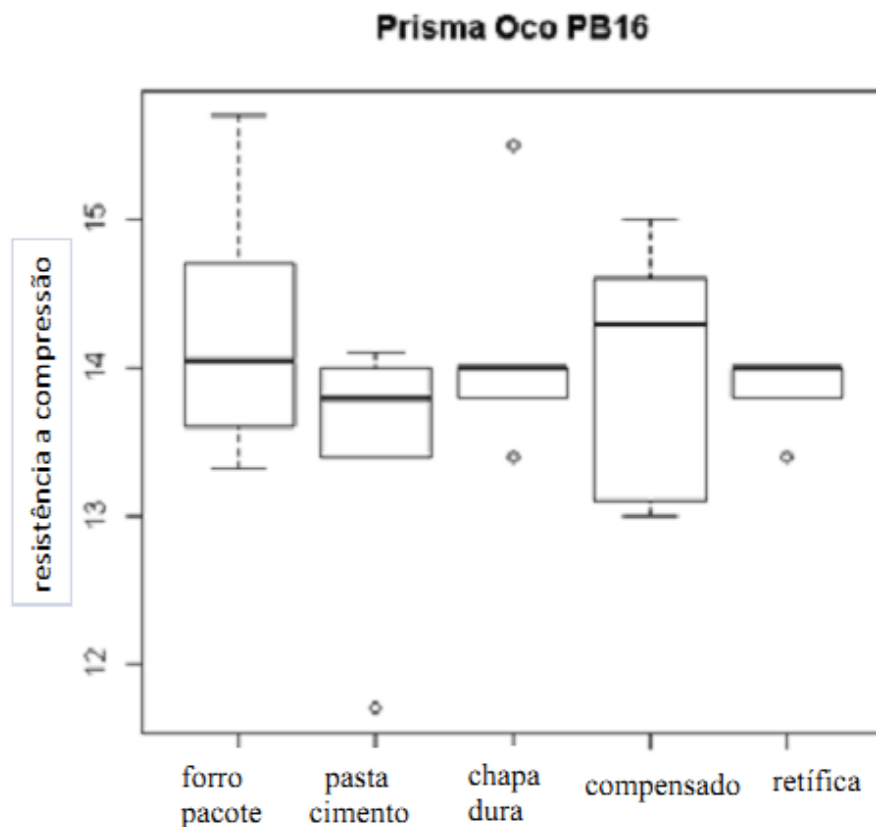
Tabela 88 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB16.

PB16				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	P-value	Comparação
todos os capeamento	2,6557	4,00	0,617	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	1,2653	1,00	0,2607	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa dura	0,96	1,00	0,3272	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x compensado	1,6468	1,00	0,1994	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x retífica	0,5604	1,00	0,4541	Não existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05(5%), logo, abaixo do fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita; dessa forma, os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foi superior a 0,05(5%), a hipótese foi aceita e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

O *boxplot* da análise entre todos os tipos de capeamento está mostrado na Figura 48 abaixo e corresponde à chapa mole, pasta de cimento, chapa dura, compensado de madeira e retífica respectivamente.

Figura 48 - *Boxplot* da análise entre todos os capeamentos para os prismas não grauteados - PB16



Assim, para PB16 todos os capeamentos foram considerados semelhantes.

Pode-se notar que os resultados dos capeamentos apresentam-se bastante semelhantes, apesar de que para chapa mole e compensado de madeira observamos uma grande variação. Os resultados com chapa dura e retífica apresentam uma variação pequena, porém observa-se *outliers* para estes capeamentos e também para a pasta de cimento.

5.2.5 Prismas grauteados

Na análise de prismas cheios com blocos de 4 MPa e graute G1 (PB4G1), os resultados encontrados no teste de Kruskal- Wallis para as comparações efetuadas foram colocados na Tabela 89, a seguir. As comparações foram feitas entre todos os capeamentos, e depois foi feita uma comparação par-a-par, isto é, pasta de cimento/chapa mole, pasta de cimento/ chapa dura, pasta de cimento/ compensado de madeira, pasta de cimento/retífica.

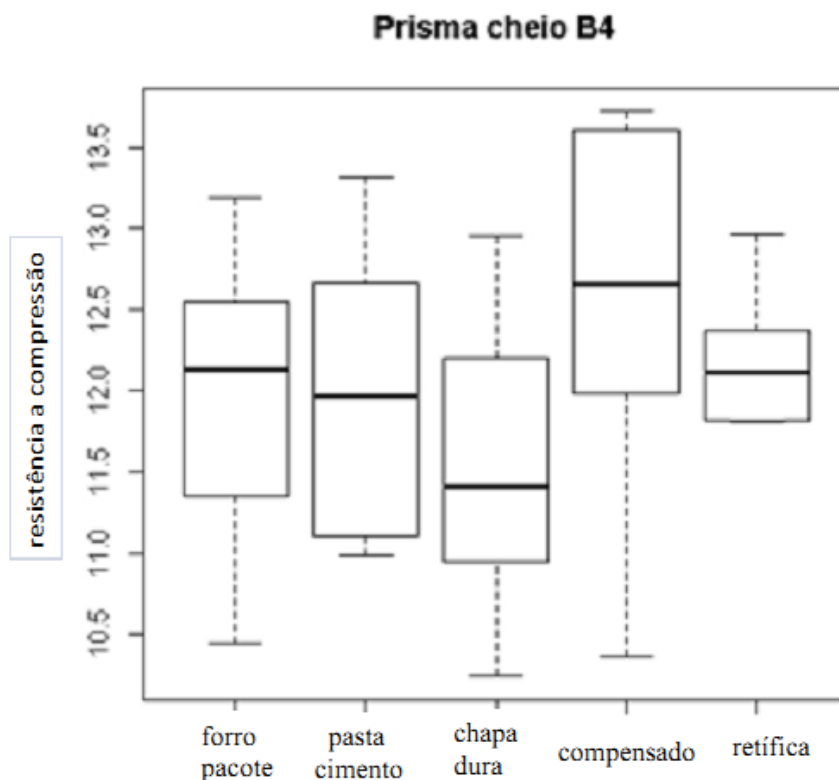
Tabela 89 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB4G1

PB4G1				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
Todos os capeamentos	3,5054	4,00	0,4771	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	0,0256	1,00	0,8728	Não existe diferença significativa
pasta de cimento x chapa dura	0,641	1,00	0,4233	não existe diferença significativa
pasta de cimento x compensado	0,641	1,00	0,4233	não existe diferença significativa
pasta de cimento x retífica	0,2308	1,00	0,631	não existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05(5%), ou seja, abaixo do fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita, o que indica que os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foi superior a 0,05(5%), a hipótese foi aceita, e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

Para melhor representar a comparação feita entre a pasta de cimento e cada um dos outros capeamentos utilizados, foi gerado o *boxplot* da análise que está mostrado na Figura 49.

Figura 49 - Boxplot da análise entre todos os capeamentos para PB4G1



Assim, para B4 todos os capeamentos foram considerados estatisticamente semelhantes.

Nota-se que todos os capeamentos, apesar de considerados estatisticamente semelhantes, apresentam grande variação de resultados. O capeamento com chapa dura obteve resultados menores que o capeamento com pasta de cimento, sendo que os demais se apresentaram maiores.

A análise dos prismas cheios blocos de 8 MPa e graute G2(PB8G2) se deu de maneira análoga ao do PB4G1; os resultados do teste de Kruskal-Wallis e as comparações feitas estão na Tabela 90, a seguir.

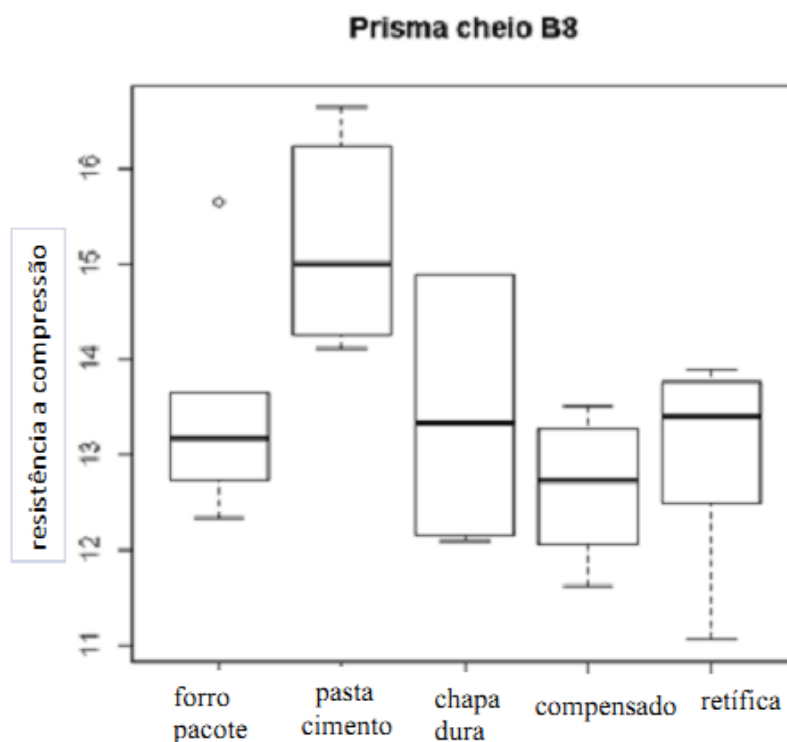
Tabela 90 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB8G2

PB8G2				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
Todos os capeamentos	10,6389	4,00	0,03094	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	4,8	1,00	0,02846	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa dura	3,3486	1,00	0,06726	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x compensado	7,5	1,00	0,00617	Existe diferença significativa
Pasta de cimento x retífica	7,5	1,00	0,00617	Existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05(5%), logo, abaixo do fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita; o que indica que os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foi superior a 0,05(5%), a hipótese foi aceita, e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

O *boxplot* da análise entre todos os tipos de capeamento está ilustrado na Figura 50. Estão representados os capeamento com chapa dura, pasta de cimento, chapa mole, compensado de madeira e retífica, respectivamente.

Figura 50 - Boxplot da análise entre todos os capeamentos para PB8G2



Assim, para PB8G2 os capeamentos considerados estatisticamente semelhantes são: pasta de cimento/chapa dura.

Nota-se que os resultados dos capeamentos estão todos abaixo dos valores para o capeamento com pasta de cimento, e que o fato dos capeamentos pasta de cimento/chapa dura serem considerados estatisticamente semelhantes se dá ao fato de que os resultados com o capeamento de chapa dura apresentam uma grande variação.

A análise dos prismas cheios com blocos de 16 MPa e graute G4(PB16G4) se deu de maneira análoga ao demais PB4G1 e PB8G2; os resultados do teste de Kruskal-Wallis e as comparações feitas estão na Tabela 91, a seguir.

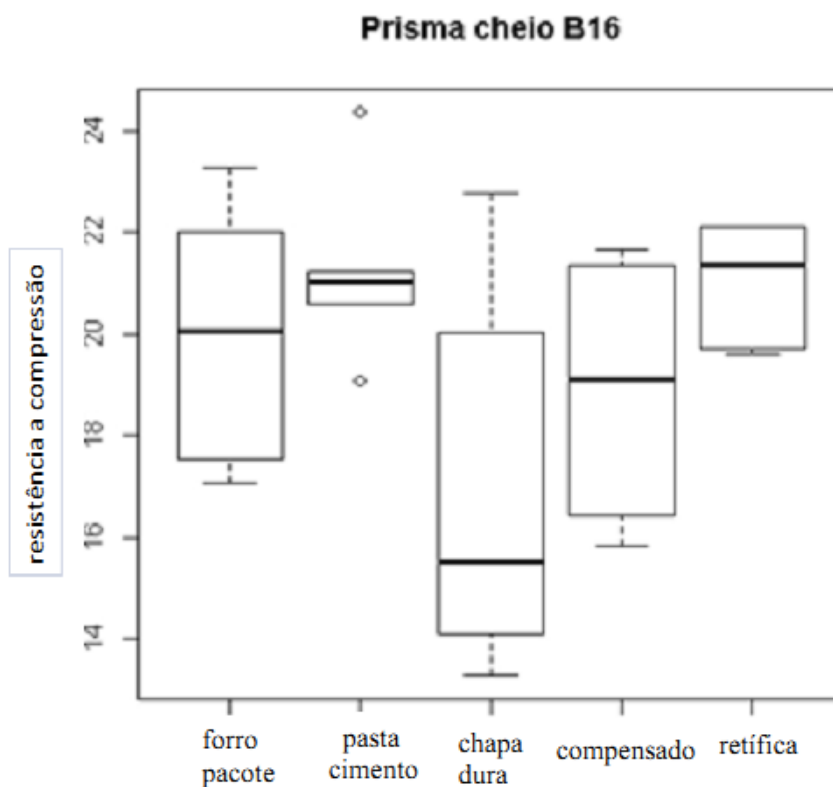
Tabela 91 - Quadro de resultados obtidos com o teste estatístico de Kruskal – Wallis para PB16G4

PB16G4				
Teste estatístico - Kruskal - Wallis				
Capeamento	Kruskal - Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
Todos os capeamentos	6,2236	4,00	0,1831	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa mole	0,2308	1,00	0,631	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x chapa dura	3,6923	1,00	0,05466	Não existe diferença significativa
Pasta de cimento x compensado	1,2564	1,00	0,2623	não existe diferença significativa
Pasta de cimento x retífica	0,1339	1,00	0,7144	Não existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obtiveram um “p-value” inferior a 0,05(5%), logo, abaixo fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita; portanto, os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foram superiores a 0,05(5%), a hipótese foi aceita, e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

O *boxplot* da análise entre todos os tipos de capeamento está na Figura 51 mostrada abaixo. Temos os resultados para chapa mole, pasta de cimento, chapa dura, compensado de madeira e retífica, respectivamente.

Figura 51 - Boxplot da análise entre todos os capeamentos para PB16G4



Assim, para PB16G4 todos os capeamentos foram considerados estatisticamente semelhantes. Nota-se que os valores foram considerados semelhantes devido à alta variação das amostras. A média dos valores obtidos com chapa dura é inferior às demais, porém o grau de variação da amostra torna-a semelhante às outras. Os demais valores também apresentaram alta variação, entretanto as médias estão razoavelmente próximas. Nota-se a presença de dois *outliers* no capeamento com pasta de cimento.

5.2.6 Eficiência

A Tabela 92 traz os valores de eficiência prisma/bloco, e resume os resultados de resistência da segunda fase do trabalho.

Tabela 92 Resultados de resistência característica dos blocos e dos prismas, e as respectivas eficiências

Capeamento	Tipos	n	f_a (MPa)	f_{gk} (MPa)	f_{bm} (MPa)	f_{bk} (MPa)	f_{pm} (MPa)	f_{pk} (MPa)	f_{pm}^* (MPa)	f_{pk}^* (MPa)	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}^*/f_{pk}
Forro pacote	B4	6	6,56	17,2	8,06	6,94	6,55	5,57	11,97	9,74	0,80	1,75
	B8	6	8,11	26,7	13,11	11,66	10,82	9,19	13,45	11,43	0,79	1,24
	B16	6	14,34	32,4	17,29	16,57	14,24	12,10	19,34	15,88	0,73	1,31
Pasta de cimento	B4	6	6,56	16,4	8,14	7,74	7,02	5,96	12,00	10,20	0,77	1,71
	B8	6	8,11	24,4	12,20	11,53	9,58	8,14	15,26	12,97	0,71	1,59
	B16	6	14,34	36,3	15,39	14,11	13,47	11,40	21,22	18,04	0,81	1,58
Chapa dura	B4	6	6,56	15,9	7,95	7,43	6,08	5,17	11,53	9,80	0,70	1,89
	B8	6	8,11	25,8	12,67	11,84	10,32	8,77	13,45	11,44	0,74	1,30
	B16	6	14,34	35,1	16,64	15,66	14,12	12,00	17,59	13,32	0,77	1,11
Compensado	B4	6	6,56	16,0	6,54	5,62	6,65	5,50	12,50	10,03	0,98	1,82
	B8	6	8,11	25,9	11,15	10,51	8,82	7,49	12,66	14,09	0,71	1,88
	B16	6	14,34	36,0	16,75	15,30	14,05	11,80	19,53	14,09	0,77	1,19
Retífica	B4	6	6,56	17,4	8,57	7,96	6,62	5,62	12,20	10,37	0,71	1,84
	B8	6	8,11	27,3	11,83	12,18	7,87	6,69	13,00	10,46	0,55	1,56
	B16	6	14,34	32,7	15,90	15,09	13,87	11,79	20,98	17,45	0,78	1,48

5.3 FASE INTERMEDIÁRIA DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Neste capítulo são apresentados os resultados e as diversas análises realizadas durante esta fase.

Igualmente para a fase anterior, nesta fase do trabalho foi também aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar a existência de diferença significativa entre capeamento pelo fato de que os tamanhos das amostras, para cada tipo de capeamento, são pequenos. No caso dos blocos B4, B8 e B16 seis amostras foram utilizadas no teste de resistência à compressão para cada tipo de bloco.

Nesta fase estudou-se corrigir a superfície dos prismas grauteados com pasta de cimento antes do ensaio com capeamento com chapa dura.

5.3.1 Prismas não grauteados

Foram moldados 6 prismas ocos de cada resistência de bloco (4,8 e 16 MPa), totalizando 18 prismas, para serem ensaiados com capeamento chapa dura. Os resultados de resistência à compressão característica dos prismas estão na Tabela 93.

Tabela 93 – Resistência à compressão característica e coeficiente de variação de prismas ocos de concreto analisados

Prismas ocos de concreto				
Designação	Capeamento			
	Chapa dura		Pasta de cimento	
	f_{pk} (MPa)	CV (%)	f_{pk} (MPa)	CV (%)
PB4	6,24	7,63	5,96	6,65
PB8	8,31	14,34	8,14	5,26
PB16	11,8	5,71	11,4	6,69

Pode - se perceber que os resultados para o capeamento com chapa dura foram superiores aos encontrados para a pasta de cimento. Entretanto, percebe-se que os resultados relacionados à chapa dura tem maior coeficiente de variação.

Abaixo, na Tabela 94, estão os resultados da análise estatística utilizando o teste de Kruskal-Wallis:

Tabela 94 – Resultados do teste de Kruskal –Wallis para prismas ocos, com capeamentos de chapa dura e pasta de cimento

Prisma Oco - Pasta de Cimento x Chapa dura				
Teste estatístico - Kruskal-Wallis				
Capeamento	Kruskal-Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
PB4	0,536	1,00	0,4642	Não existe diferença significativa
PB8	2,0769	1,00	0,1495	Não existe diferença significativa
PB16	1,00	1,00	0,4704	Não existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05 (5%), logo, abaixo do fixado, a hipótese de que os capeamentos comparados são semelhantes não é aceita; portanto os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foi superior a 0,05 (5%), a hipótese foi aceita, e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes. Sendo assim, os capeamentos são considerados estatisticamente semelhantes para todas as resistências de prismas ocos.

5.3.2 Prismas grauteados

Foram moldados seis prismas grauteados de blocos de resistências 4, 8 e 16 MPa, para serem ensaiados com o capeamento de chapa dura, totalizando 18 prismas. Os resultados de resistência à compressão característica dos prismas estão na Tabela 95.

Tabela 95 - Resistência à compressão característica e coeficiente de variação de prismas grauteados de concreto analisados.

Prismas grauteados de concreto				
Designação	Caapeamento			
	Chapa dura		Pasta de cimento	
	f_{pk} (MPa)	CV (%)	f_{pk} (MPa)	CV (%)
PB4G1	10,94	8,87	10,20	7,71
PB8G2	14,03	3,31	12,97	7,55
PB16G4	17,61	16,28	18,04	8,17

Percebe-se que para prismas grauteados com blocos de baixa e média resistência apresentam valores superiores para o caapeamento com chapa dura e baixos coeficientes de variação. Para prismas com blocos de alta resistência percebemos que os valores para pasta de cimento são superiores e que o coeficiente de variação é menor.

Uma análise estatística foi usada para se verificar a semelhança existente entre os caapeamentos utilizados. Os resultados obtidos na análise estão mostrados na Tabela 96.

Tabela 96 - Resultados do teste de Kruskal –Wallis para prismas grauteados, com caapeamentos de chapa dura e pasta de cimento

Prisma Grauteado - Pasta de Cimento x Chapa dura				
Teste estatístico - Kruskal-Wallis				
Caapeamento	Kruskal-Wallis chi-squared	df	p-value	Comparação
PB4	1,633	1,00	0,2012	Não existe diferença significativa
PB8	3,33	1,00	0,06789	Não existe diferença significativa
PB16	0,00	1,00	0,8728	Não existe diferença significativa

Para as comparações nas quais se obteve um “p-value” inferior a 0,05 (5%), logo, abaixo do fixado, a hipótese de que os caapeamentos comparados são semelhantes não é aceita; isso

indica que os mesmos são considerados estatisticamente como distintos. Já nas comparações em que o valor de “p-value” foi superior a 0,05(5%), a hipótese foi aceita, e os capeamentos comparados foram considerados estatisticamente semelhantes.

Sendo assim, temos que a tentativa de corrigir com pasta de cimento a face superior dos prismas grauteados para posterior capeamento com chapa dura proporciona resultados estatisticamente semelhantes aos resultados com capeamento com pasta de cimento, podendo ser utilizada na fase seguinte do estudo.

5.4 FASE FINAL DO PROGRAMA EXPERIMENTAL

Para a fase final do programa experimental, foi aplicado o teste de Mann-Whitney (CONOVER, 1999). O teste de Mann-Whitney tem como meta combinar dois grupos, atribuindo postos e somando-os para os grupos. Se a soma dos postos de um grupo diferir muito do outro, os grupos provêm de populações diferentes.

5.4.1 Argamassa de assentamento

Tendo em conta a recomendação da ABNT NBR 15961-2: 2012, para este trabalho a resistência à compressão média das argamassas foram fixadas em 70% da resistência a compressão dos blocos utilizados, B1 a B10.

Foram moldados e ensaiados seis corpos-de-prova de argamassa à compressão para cada grupo de prismas.

Na Tabela 97 são apresentados os valores de resistência à compressão média obtidos nos ensaios. Os resultados de cada corpo-de-prova de argamassa estão mostrados na sessão Apêndice.

Tabela 97 – Resistência à compressão média das argamassas

Designação	n	f_a (MPa)	CV (%)
A1	6,00	4,14	6,92
A2	6,00	5,10	3,70
A2	6,00	7,07	4,76
A3	6,00	10,92	5,06
A3	6,00	10,11	3,20
A3	6,00	11,51	3,99
A4	6,00	15,82	2,54
A4	6,00	14,50	4,66
A5	6,00	19,31	2,14
A5	6,00	24,66	1,85

5.4.2 Graute

De acordo com a ABNT NBR 15961-2: 2012 a resistência a compressão do graute deve ser igual ou superior 15 MPa, e conforme observado na revisão bibliográfica proposta aqui, a resistência do graute para grauteamento de prismas deve ser igual a duas vezes a resistência do bloco.

Na Tabela 98 estão apresentados os valores de resistência característica à compressão obtida nos ensaios. Os resultados de cada Corpo-de-prova do graute estão mostrados no Apêndice.

Tabela 98 - Resistência à compressão dos grautes

Designação	f_{bk} (MPa)	f_{gk} (MPa)	CV (%)
B1G1	5,63	19,67	6,01
B2G1	7,16	18,35	11,65
B3G2	9,39	24,77	6,81
B4G3	14,76	28,60	4,60
B5G4	14,58	33,09	6,14
B6G4	16,13	33,20	7,70
B7G4	22,67	33,94	9,46
B8G4	21,10	33,38	6,38
B9G4	26,70	36,99	8,11
B10G4	34,26	35,89	6,04

5.4.3 Blocos de concreto

Para cada tipo de bloco (de B1 a B10) foram ensaiados 12 unidades à compressão para os dois tipos de capeamento (pasta de cimento e chapa dura), totalizando 240 unidades.

Na Tabela 99 são apresentados os valores de resistência característica à compressão e os coeficientes de variação obtidos durante os ensaio com os blocos de concreto, capeados com chapa dura e pasta de cimento. Os resultados de cada bloco são mostrados no Apêndice.

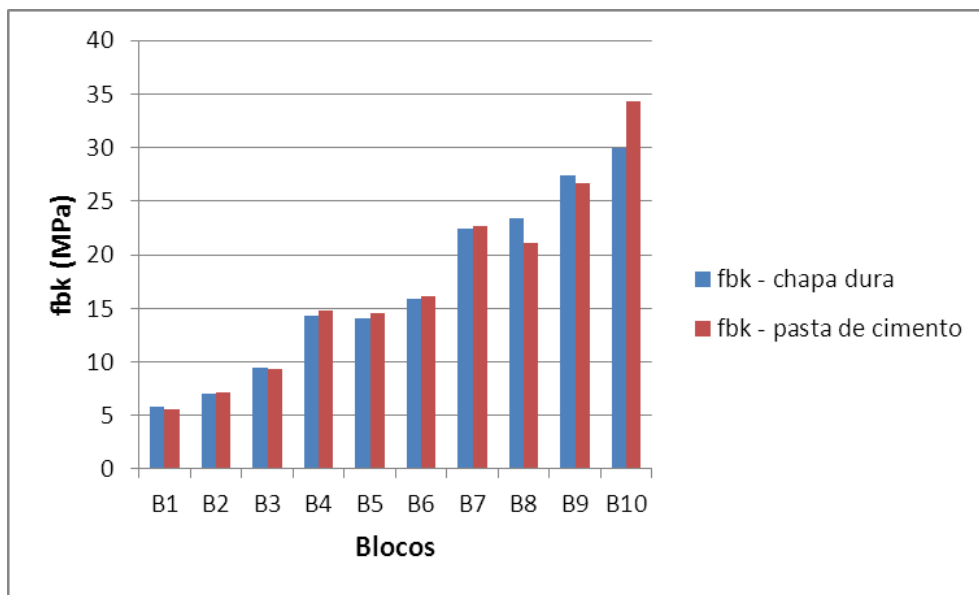
Tabela 99 – Resistência à compressão característica e os coeficientes de variação dos blocos de concreto analisados

Designação	Blocos de concreto				Relação
	Chapa dura		Pasta de cimento		
	f_{bk} (MPa)	CV (%)	f_{bk} (MPa)	CV (%)	
B1	5,78	10,71	5,63	9,43	-2,6%
B2	7,04	13,58	7,16	14,3	1,7%
B3	9,44	9,94	9,39	13,73	-0,5%
B4	14,36	7,93	14,76	9,76	2,8%
B5	14,11	11,17	14,58	8,05	3,3%
B6	15,84	9,3	16,13	8,81	1,8%
B7	22,43	4,33	22,67	6,37	1,1%
B8	23,35	11	21,1	9,93	-9,6%
B9	27,35	7,71	26,7	9,1	-2,4%
B10	29,98	5,21	34,26	0,23	14,3%

Nota-se que nos ensaio de bloco para ambos os capeamentos, em alguns casos, os coeficientes de variação se apresentaram superiores a 10%, contudo nos demais estão dentro do aceitável. Observando as relações entre o valor característico do bloco de concreto capeado e a pasta de cimento, e o com chapa dura, conforme Tabela 99, não se observa diferenças significativas, com exceção do B10.

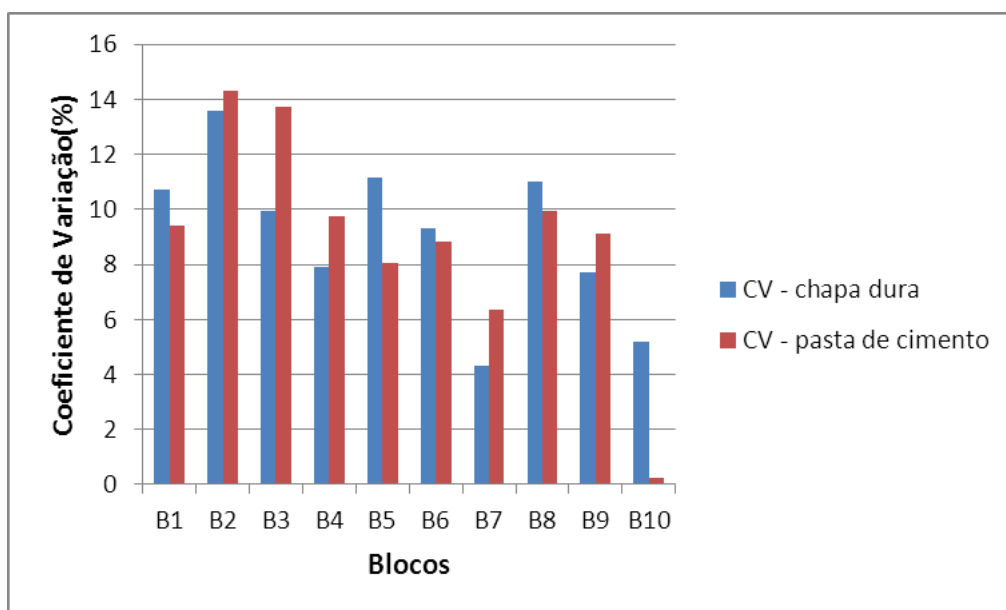
O gráfico da Figura 52 traz os resultados de resistência à compressão característica dos blocos, e o gráfico da Figura 53 os coeficientes de variação destes resultados para o capeamento com chapa dura e com pasta de cimento. Estes gráficos possibilitam uma melhor comparação dos comportamentos dos capeamentos.

Figura 52 – Resultados de resistência característica à compressão dos blocos para o capeamento com chapa dura e pasta de cimento



A partir dos resultados apresentados nesse gráfico, percebe-se que para blocos de baixa e média resistência os valores são bastante semelhantes para ambos os capeamentos, não parecendo haver diferenças discrepantes. Para os blocos de alta resistência, estes valores se alternam, ora sendo maiores para o capeamento com chapa dura, ora maiores para o capeamento com pasta de cimento.

Figura 53 – Resultados dos coeficientes de variação para os blocos para o capeamento com chapa dura e pasta de cimento



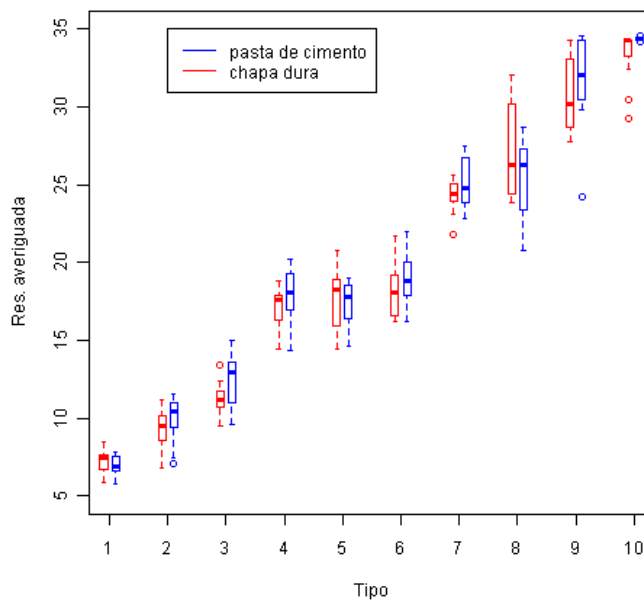
Segundo este gráfico, percebe-se que para ambos os capeamentos os coeficientes de variação oscilam bastante, ora são maiores para pasta de cimento, ora maiores para chapa dura.

Pela Tabela 100 e pela Figura 54 podem ser observados os resultados da análise dos blocos de concreto pelo teste de Mann-Whitney (CONOVER, 1999), para comparar os dois grupos independentes de capeamento, chapa dura e pasta de cimento.

Tabela 100 - Teste de Mann-Whitney para comparação dos blocos para cada tipo de capeamento

Blocos	p-valor
Tipo B1	0,2985
Tipo B2	0,0917
Tipo B3	0,0296
Tipo B4	0,0689
Tipo B5	0,5899
Tipo B6	0,3262
Tipo B7	0,3474
Tipo B8	0,3474
Tipo B9	0,1841
Tipo B10	0,0011

Figura 54 - Diagramas de caixa por tipos de blocos



Observando a Tabela 100 e a Figura 54, considera-se que a pasta de cimento e chapa dura são estatisticamente semelhantes para os tipos de blocos 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Nota-se que para os tipos 3 e 10, rejeita-se a hipótese de semelhança. Uma vez que a aleatoriedade é inerente a qualquer experimento, como as diferenças ocorreram em apenas dois tipos de blocos, conclui-se que a pasta de cimento e chapa dura são equivalentes para averiguação da resistência a compressão dos blocos.

5.4.4 Prismas não grauteados

Para ser realizado o estudo experimental foram moldados 12 prismas para cada resistência (3 a 20 MPa) para capeamento com chapa dura e pasta de cimento, totalizando 240 prismas ociosos. Os resultados característicos de resistência à compressão para cada tipo de prismas, capeados com chapa dura e pasta de cimento, bem como o coeficiente de variação dos resultados e a resistência de argamassa encontrada, são mostrados na Tabela 101. Os resultados para cada prisma estão no Apêndice.

Tabela 101 - Resistência à compressão característica e os coeficientes de variação dos prismas não grauteados de blocos de concreto analisados

Prismas não grauteados de concreto						
Designação	f_a (MPa)	Capeamento				Relação
		Chapa dura		Pasta de cimento		
		f_{pk} (MPa)	CV (%)	f_{pk} (MPa)	CV (%)	
PB1	4,14	4,68	8,65	4,81	17,68	2,78%
PB2	5,10	6,15	5,28	6,86	6,75	11,54%
PB3	7,07	7,69	7,32	7,82	14,99	1,69%
PB4	10,92	10,68	6,84	11,56	8,00	8,24%
PB5	10,11	10,40	7,10	11,12	10,16	6,92%
PB6	11,51	11,70	7,12	11,67	7,28	-0,26%
PB7	15,82	12,98	4,99	13,68	5,86	5,39%
PB8	14,50	16,18	10,84	14,23	4,58	-12,05%
PB9	19,31	13,81	5,94	14,22	3,26	2,97%
PB10	24,66	14,38	2,05	15,18	0,40	5,56%

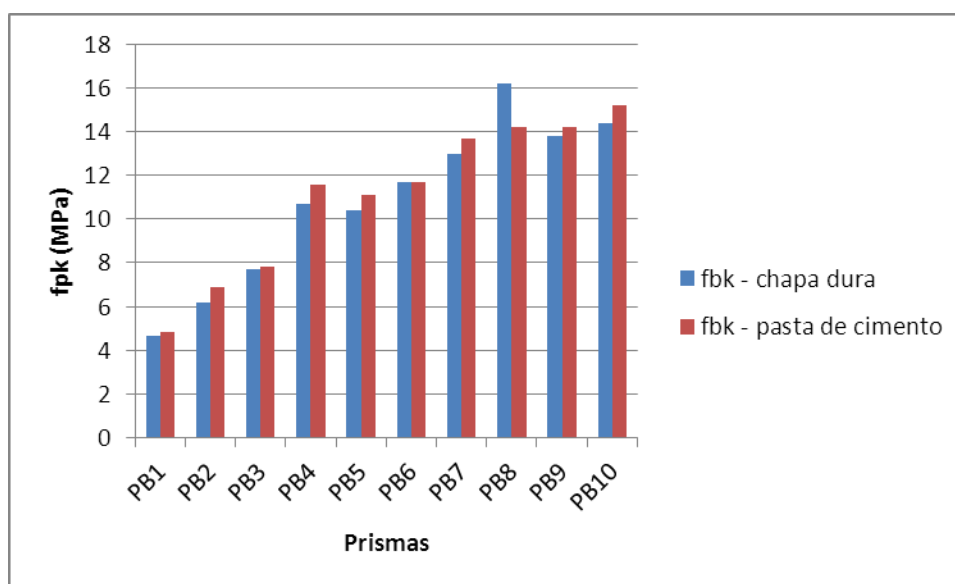
Conforme se pode observar pela Tabela 101, a relação entre o valor característico para os prismas não grauteados, capeados com pasta de cimento e com chapa dura não varia mais de

10%, excetuando um casos em que a pasta de cimento é 12% superior a chapa dura e vice versa.

Observando a tabela, nota-se que para a chapa dura os valores de coeficiente de variação não passaram de 10%, o que não ocorre com o capeamento com pasta de cimento, no qual, vários resultados foram superiores a esse valor.

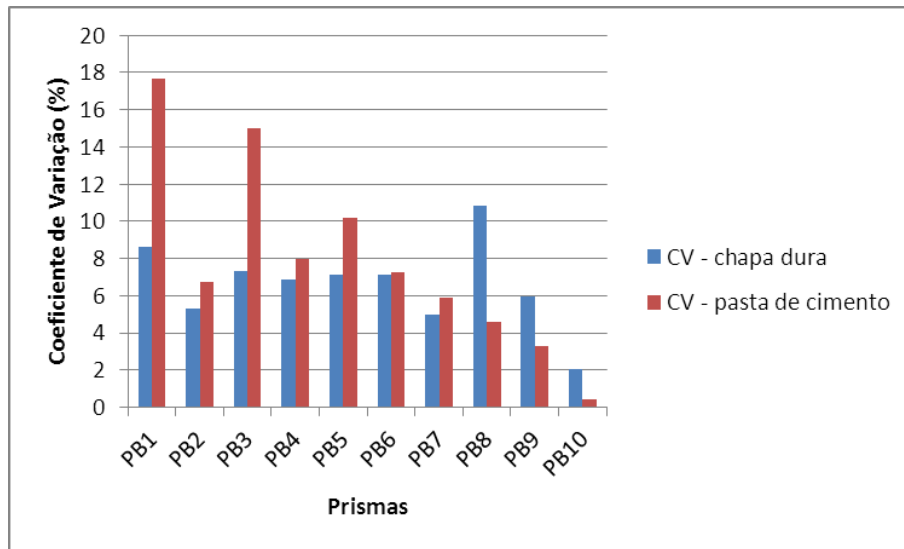
O gráfico da Figura 55 traz os resultados de resistência à compressão característica dos prismas, e o gráfico da Figura 56 traz os resultados dos coeficientes de variação destes resultados para o capeamento com chapa dura e com pasta de cimento. Nestes gráficos pode-se melhor observar e comparar o que acontece com ambos os capeamentos.

Figura 55 - Resultados de resistência característica a compressão dos prismas ocios para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento



É possível observar neste gráfico que os resultados de resistência característica à compressão dos prismas ocios para os dois tipos de capeamento ora são maiores para prismas capeados com chapa dura, ora são maiores para prismas capeados com pasta de cimento. Na maioria dos casos, os resultados para pasta de cimento são maiores, porém não há uma diferença discrepante.

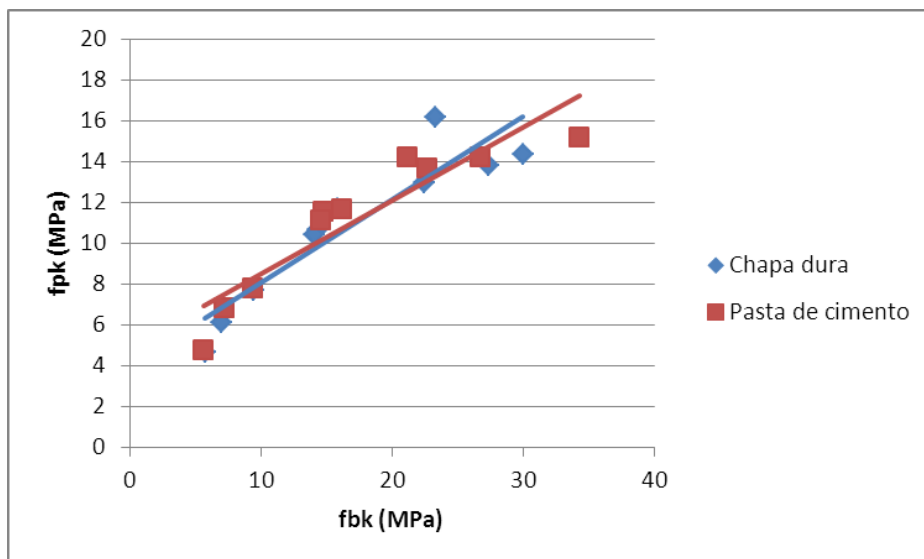
Figura 56 - Resultados dos coeficientes de variação para os prismas ocios para o capeamento com chapa dura e pasta de cimento



Neste gráfico nota-se que os coeficientes de variação para pasta de cimento sempre são maiores do que para a chapa dura, com exceção dos casos de prismas com blocos de altas resistências, nos quais os coeficientes de variação dos resultados foram maiores do que para pasta de cimento. Os maiores valores de coeficiente de variação foram obtidos com o capeamento com pasta de cimento e prismas de blocos de baixa resistência.

Na Figura 57 estão mostradas as curvas da resistência característica do prisma x resistência característica do bloco para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento.

Figura 57 – Resistencia característica a compressão dos blocos e prismas



Nota-se um aumento da resistência do prisma com o aumento da resistência do bloco e que para ambos os capeamento os resultados podem ser entendidos como confiáveis, pois os valores se equivalem.

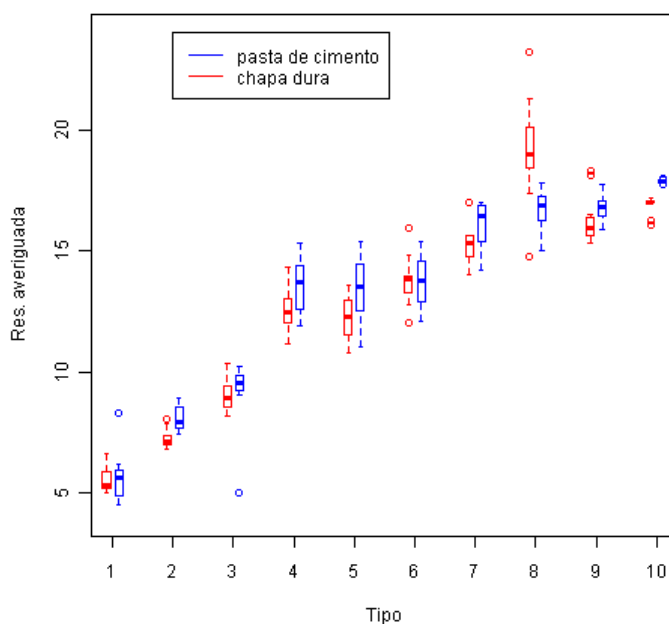
Assim como para os blocos de concreto, para os prismas não grauteados foi aplicado o teste de Mann-Whitney (CONOVER, 1999) para análise dos resultados de resistência a compressão dos prismas não grauteados, tendo em conta as varias resistência a compressão e os dois tipos de capeamento, chapa dura e pasta de cimento.

Os resultados dessa análise são observados na Tabela 102 e na Figura 58.

Tabela 102 - Teste de Mann-Whitney para comparação dos prismas não grauteados para os dois tipos de capeamento

Prismas não grauteados	p-valor
Tipo 1	0,9310
Tipo 2	0,0006
Tipo 3	0,0567
Tipo 4	0,0326
Tipo 5	0,0332
Tipo 6	0,9076
Tipo 7	0,0401
Tipo 8	0,0011
Tipo 9	0,0462
Tipo 10	< 0,0001

Figura 58 - Diagramas de caixa por tipos de prismas não grauteados em função dos capeamentos



Observando a Tabela 102 e a Figura 58, considera-se que a pasta de cimento e chapa dura são estatisticamente semelhantes apenas para os tipos de blocos 1, 3 e 6. Nota-se que pela Figura 58 as resistências observadas pela chapa dura apresentam diferenças em relação à pasta de cimento. Para alguns casos, a chapa dura apresenta maior resistência do que a pasta de cimento e em outros casos menor resistência. Conclui-se, então, que, as resistências dos prismas ocios obtidas pela chapa dura são diferentes do que pela pasta de cimento.

5.4.5 Prismas grauteados

Na realização deste estudo experimental foram moldados 12 prismas para cada resistência (de 5 a 35 MPa) para capeamento com chapa dura e pasta de cimento, totalizando 240 prismas grauteados.

Os resultados característicos de resistência à compressão para cada tipo de prismas, capeados com chapa dura e pasta de cimento, bem como o coeficiente de variação dos resultados e a resistência de argamassa e graute ensaiados, são mostrados na Tabela 103. Os resultados para cada tipo de prisma grauteado são mostrados no apêndice.

Tabela 103 - Resistência à compressão característica e os coeficientes de variação dos prismas grauteados

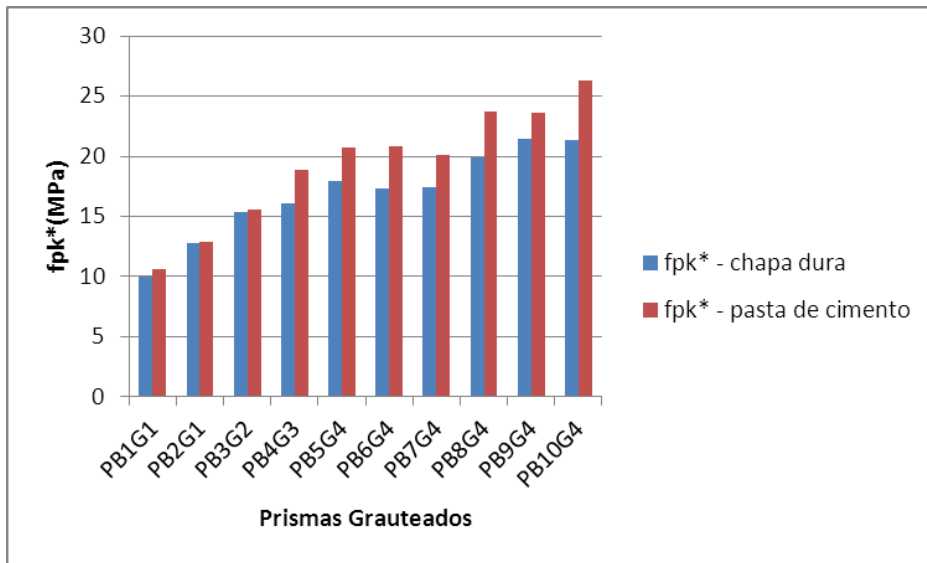
Prismas grauteados de concreto							
Designação	f_a (MPa)	f_{gk} (MPa)	Capeamento				relação
			Chapa dura		Pasta de cimento		
			f_{pk}^* (MPa)	CV (%)	f_{pk}^* (MPa)	CV (%)	
PB1G1	4,14	19,67	9,99	10,71	10,56	5,48	5,71%
PB2G1	5,1	18,35	12,73	6,89	12,92	11,11	1,49%
PB3G2	7,07	24,77	15,4	10,15	15,61	10,46	1,36%
PB4G3	10,92	28,6	16,11	12,47	18,84	7,42	16,95%
PB5G4	10,11	33,09	17,96	8,87	20,69	4,24	15,20%
PB6G4	11,51	33,2	17,34	13,77	20,83	2,88	20,13%
PB7G4	15,82	33,94	17,47	9,12	20,06	7,85	14,83%
PB8G4	14,5	33,38	19,89	9,66	23,74	4,53	19,36%
PB9G4	19,31	36,99	21,42	6,8	23,63	3,75	10,32%
PB10G4	24,66	35,89	21,34	7,95	26,29	3,48	23,20%

Para os prismas grauteados já se percebe uma diferença significativa entre os dois tipos de capeamento, conforme pode-se ver Tabela 103.

Nota-se que, para este ensaio, os coeficientes de variação para o capeamento com chapa dura foram superiores a 10% em vários casos, enquanto que para a pasta de cimento apenas dois dos resultados obtiveram resultados pouco superiores.

Os resultados da Tabela 117 podem ser mais bem observados no gráfico da Figura 59, no qual se podem comparar os resultados obtidos.

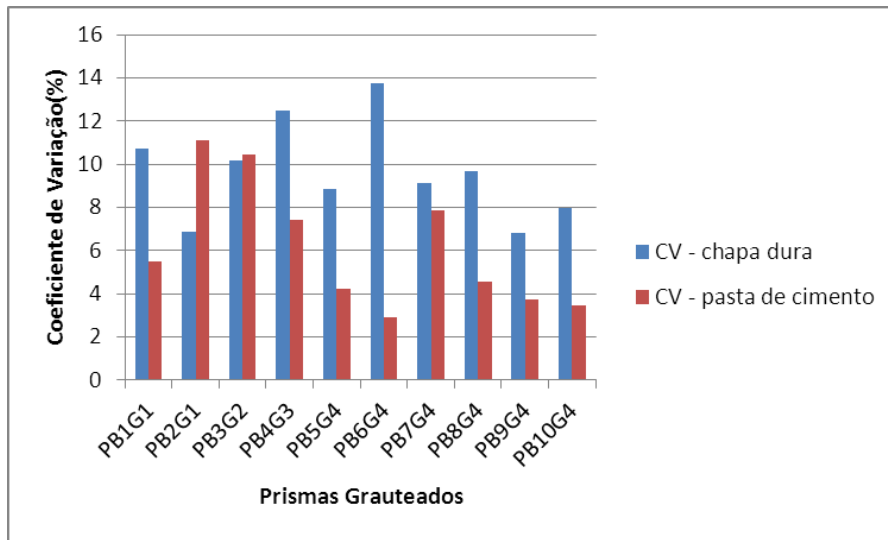
Figura 59 - Resultados de resistência característica a compressão dos prismas grauteados para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento



Observando o gráfico, percebemos que em todos os casos os resultados obtidos mostraram maiores resultados para o capeamento com pasta de cimento sendo que as maiores diferenças entre os capeamentos deram-se para blocos de média e alta resistência. Com isso podemos supor que no ensaio de prismas grauteados com blocos de média à alta resistência o capeamento com pasta de cimento é mais adequado.

Têm-se no gráfico da Figura 60 os coeficientes de variação dos resultados referentes aos ensaios de resistência à compressão dos prismas grauteados.

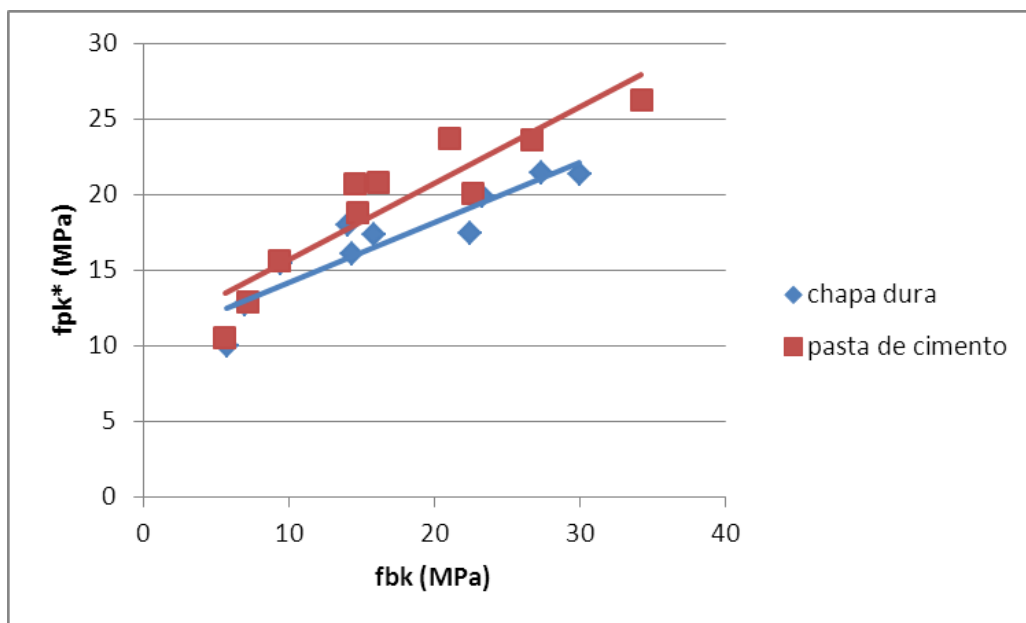
Figura 60 - Resultados dos coeficientes de variação para os prismas grauteados para o capeamento com chapa dura e pasta de cimento



Nota-se pelo gráfico que, com exceção de PB2G1 e PB3G2, todos os coeficientes de variação dos resultados obtidos com chapa dura foram superiores aos obtidos com pasta de cimento e que a diferença entre eles em quase todos os casos é discrepante. Isso pode nos levar a crer que para prismas grauteados, o capeamento com pasta de cimento é mais confiável.

A Figura 61 apresenta as curvas da resistência característica do prisma *grauteado* x *resistência* característica dos blocos para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento.

Figura 61 - Resistencia característica a compressão dos prismas grauteados x blocos.



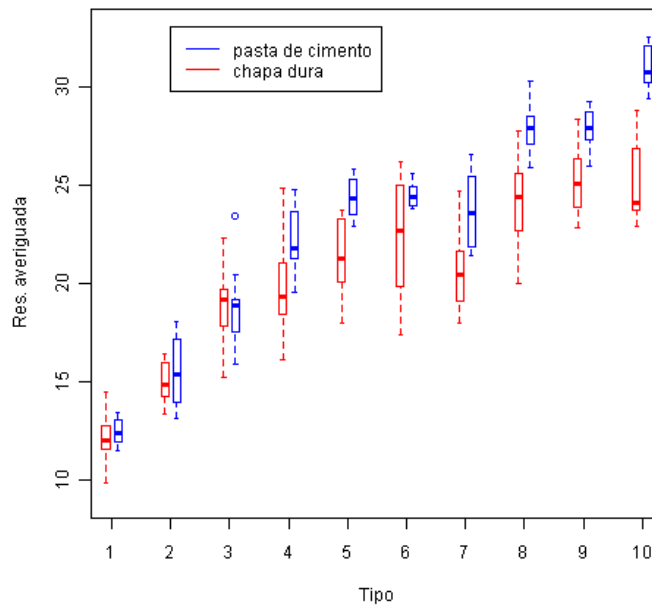
Observa-se um aumento da resistência dos prismas grauteados com o aumento da resistência dos blocos para ambos os capeamentos, porém para o capeamento com pasta de cimento estes valores se mostram bem superiores aos obtidos com chapa dura.

Aplicado o teste de Mann-Whitney (CONOVER, 1999) para análise dos resultados de resistência a compressão dos prismas grauteados, tendo em conta as variáveis resistência a compressão e os dois tipos de capeamento, chapa dura e pasta de cimento, são apresentados na Tabela 104 e Figura 62, os resultados do teste de Mann-Whitney para os prismas grauteados.

Tabela 104 - Teste de Mann-Whitney para comparação dos prismas grauteados

Prismas grauteados	p-valor
Tipo 1	0,3118
Tipo 2	0,3989
Tipo 3	0,8277
Tipo 4	0,0120
Tipo 5	0,0006
Tipo 6	0,3089
Tipo 7	0,0020
Tipo 8	0,0002
Tipo 9	0,0005
Tipo 10	< 0,0001

Figura 62 – Diagramas de caixa por tipos de prismas grauteados



Observando a Tabela 104 e a Figura 62, considera-se que a pasta de cimento e chapa dura são estatisticamente semelhantes apenas para os tipos de blocos 1, 2, 3 e 6. Nota-se que pela Figura 62 as resistências observadas pela chapa dura são, em geral, menores do que àquelas da pasta de cimento. Conclui-se, então, que as resistências dos prismas grauteados obtidas pela chapa dura são diferentes e menores do que pela pasta de cimento.

5.4.6 Eficiência Prisma Oco/Bloco

Com os resultados dos ensaios de resistência à compressão característica de blocos e prismas ocos, foi obtida a eficiência do prisma oco/bloco. Este valor pode ser obtido dividindo-se os resultados de resistência à compressão característica dos blocos pelos dos prismas. A Tabela 105 contém os valores encontrados a partir deste cálculo.

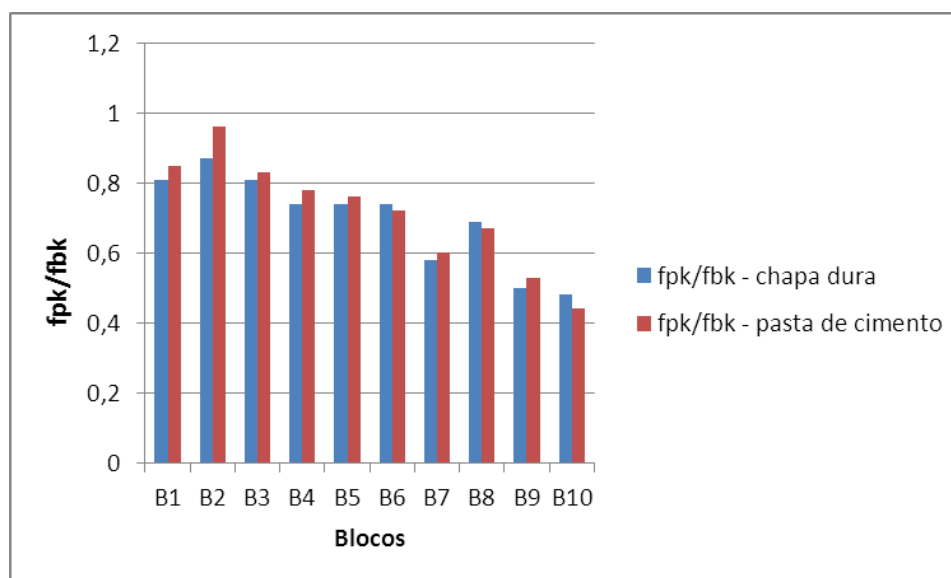
Tabela 105 – Resultados de eficiência prisma oco/bloco – fpk/fbk

Tipos	f_{bk}		f_{pk}		f_{pk}/f_{bk}	
	Chapa dura	Pasta de cimento	Chapa dura	Pasta de cimento	Chapa dura	Pasta de cimento
B1	5,78	5,63	4,68	4,81	0,81	0,85
B2	7,04	7,16	6,15	6,86	0,87	0,96
B3	9,44	9,39	7,69	7,82	0,81	0,83
B4	14,36	14,76	10,68	11,56	0,74	0,78
B5	14,11	14,58	10,40	11,12	0,74	0,76
B6	15,84	16,13	11,70	11,67	0,74	0,72
B7	22,43	22,67	12,98	13,68	0,58	0,60
B8	23,35	21,10	16,18	14,23	0,69	0,67
B9	27,35	26,70	13,81	14,22	0,50	0,53
B10	29,98	34,26	14,38	15,18	0,48	0,44

Observando os valores de eficiência entre prisma não grauteado e bloco, mostrados na Tabela 106, percebe-se que os valores são condizentes com os valores apresentados na revisão bibliográfica.

Na Figura 63 tem-se um gráfico com os resultados de eficiência entre prisma e bloco para os dois tipos de capeamento estudados, para melhor compreensão da análise.

Figura 63 - Resultados das eficiências prismas/blocos para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento

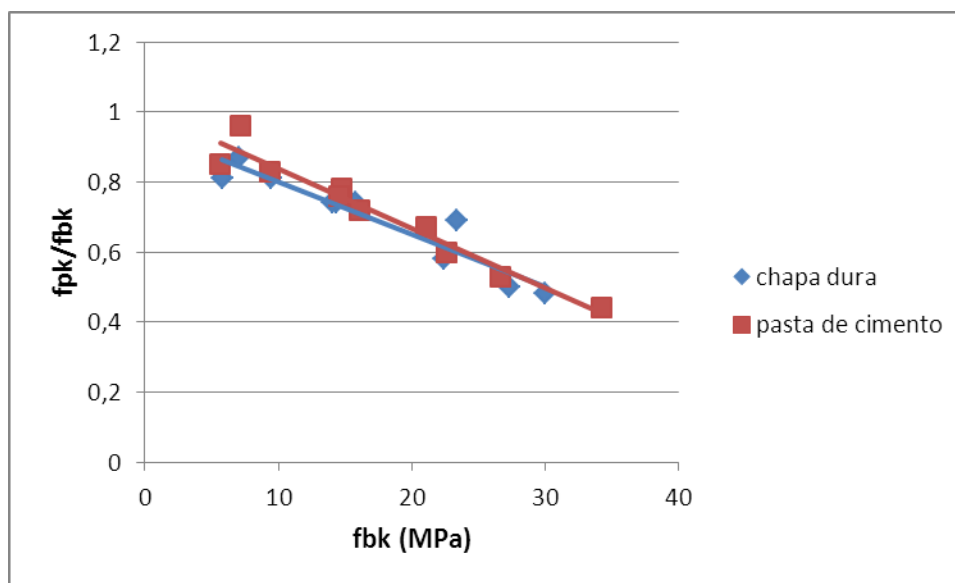


Pode-se, então, perceber que na maioria dos casos os resultados para o capeamento com pasta de cimento são um pouco superiores aos encontrados para o capeamento com chapa dura, com

exceção de B6, B8 e B10. Apesar de existir diferenças, os valores dos dois capeamentos estão razoavelmente próximos, com exceção de B2, no qual se observou a maior diferença entre eles. Pelo fato de que, ora os resultados com pasta de cimentos são maiores, ora temos os resultados com chapa dura maiores, a partir disto, pode-se supor que estes se equivalem, e que os resultados com estes capeamentos são confiáveis.

Na Figura 64 tem-se uma curva de eficiência prisma oco/bloco x resistência característica do bloco.

Figura 64 – Eficiência prisma/bloco



Observa-se que a eficiência dos dois tipos de capeamentos são bem semelhantes, apesar de existirem valores maiores de eficiência para blocos de baixa resistência sem muitas discrepâncias nos resultados, e que para ambos a eficiência diminui com o aumento da resistência dos blocos, passando de um valor superior a 0,8 para blocos com resistência característica entre 3 e 12 MPa, e chegando a um resultado inferior a 0,5 para blocos com resistências características à compressão maiores que 30 MPa.

5.4.7 Eficiência Prisma Grauteado/Prisma não grauteado

Com os resultados dos ensaios de resistência à compressão de prismas grauteados, foi possível a obtenção de valores de eficiência prisma grauteado/prisma não grauteado, a Tabela 106 contém estes valores.

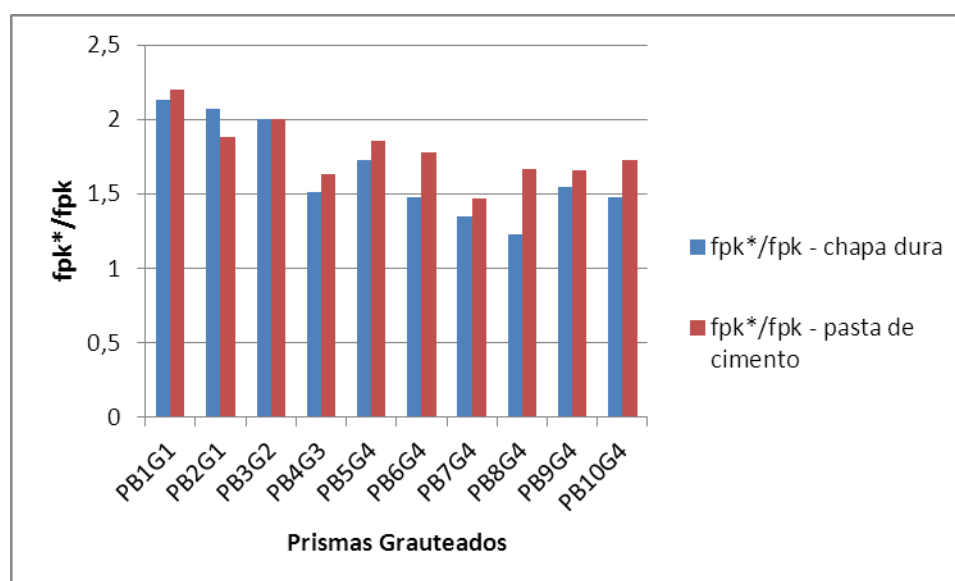
Tabela 106 - Resultados de eficiência prisma cheio/ prisma oco – f_{pk}^*/f_{pk}

Tipos	f_{pk}		f_{pk}^*		f_{pk}^*/f_{pk}	
	Chapa dura	Pasta de cimento	Chapa dura	Pasta de cimento	Chapa dura	Pasta de cimento
B1	4,68	4,81	9,99	10,56	2,13	2,20
B2	6,15	6,86	12,73	12,92	2,07	1,88
B3	7,69	7,82	15,40	15,61	2,00	2,00
B4	10,68	11,56	16,11	18,84	1,51	1,63
B5	10,40	11,12	17,96	20,69	1,73	1,86
B6	11,70	11,67	17,34	20,83	1,48	1,78
B7	12,98	13,68	17,47	20,06	1,35	1,47
B8	16,18	14,23	19,89	23,74	1,23	1,67
B9	13,81	14,22	21,42	23,63	1,55	1,66
B10	14,38	15,18	21,34	26,29	1,48	1,73

Observando os valores de eficiência prisma grauteado/prisma não grauteado, mostrados na Tabela 106, percebe-se que os valores são condizentes com os valores apresentados na revisão bibliográfica.

Para efeito de comparação, é apresentado no gráfico da Tabela 60 os resultados das eficiências para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento.

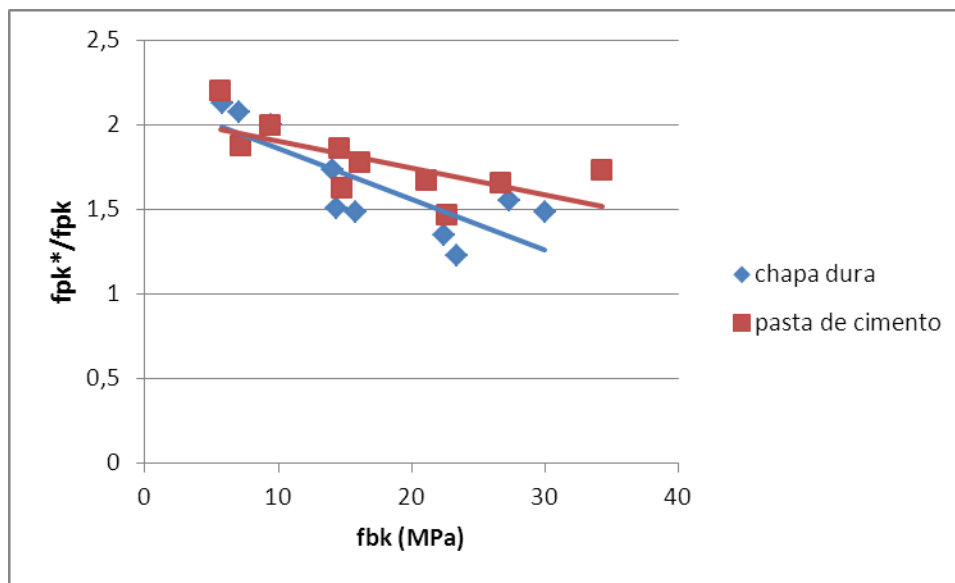
Figura 65 - Resultados das eficiências prismas grauteados/prismas ocos para os capeamentos com chapa dura e pasta de cimento



Pelo gráfico percebe-se que, apesar de alguns casos apresentarem eficiência com chapa dura maior ou até mesmo igual, como por exemplo PB2G1 e PB3G2, todos os outros casos mostram que a eficiência de prismas cheios/prismas ocos com capeamento com pasta de cimento é maior e talvez seja mais indicada para o caso de prismas grauteados.

A Figura 66 contém a curva de eficiência prisma grauteado/prisma oco x resistência característica do bloco.

Figura 66 – Eficiência prismas grauteados/prismas ocos x resistência característica do bloco

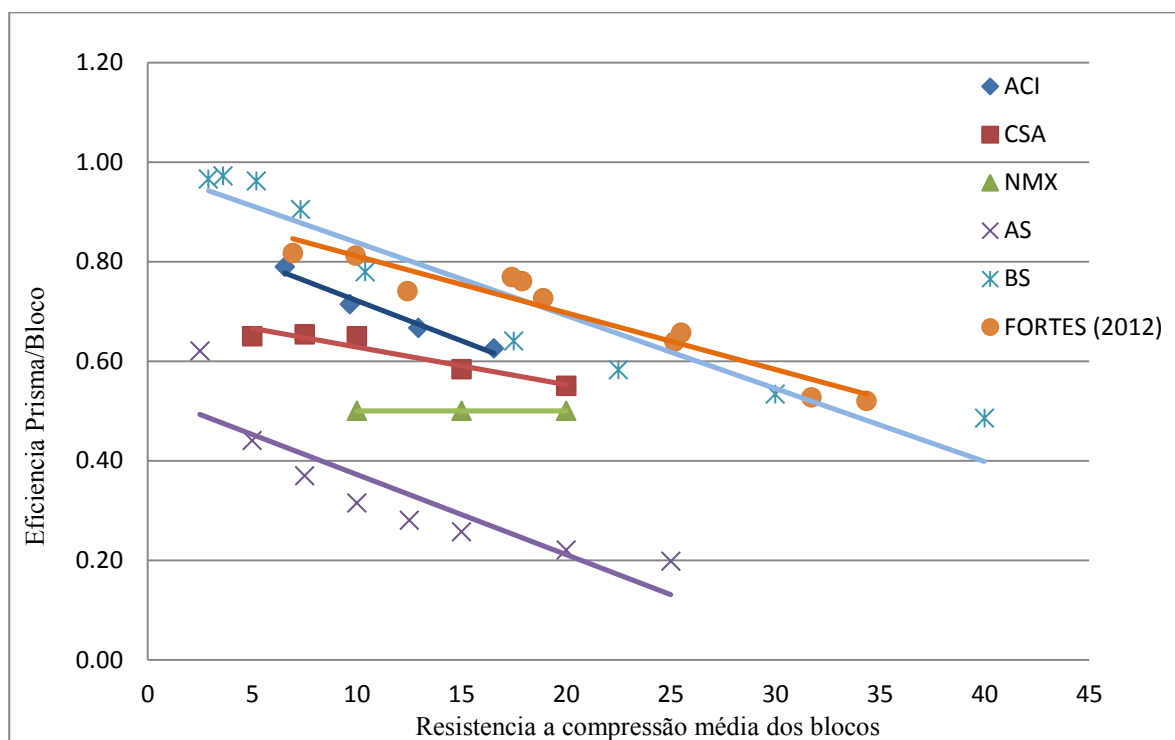


Nota-se que conforme a resistência dos blocos aumenta, os resultados de eficiência diminuem. Com ambos os capeamento, com resistências características de blocos entre 3 e 10 MPa, os resultados ficam próximos a 2; entretanto com o aumento da resistência dos blocos, foi observado que para resistências características superiores a 20 MPa, os resultados com pasta de cimentos se mantiveram superiores a 1,5 enquanto que para a chapa dura estes resultados se mostraram inferiores a este valor. Este decréscimo nos faz supor que a chapa dura seja inadequada para os ensaios com prismas grauteados de blocos com altas resistências, tornando a pasta de cimento mais ideal.

5.4.8 Comparação dos resultados de eficiência prisma/bloco com a normalização internacional e alguns trabalhos

A Figura 67 apresenta um gráfico de relações prisma/bloco, contendo valores de várias normalizações internacionais e os resultados de eficiência prisma/bloco do trabalho realizado.

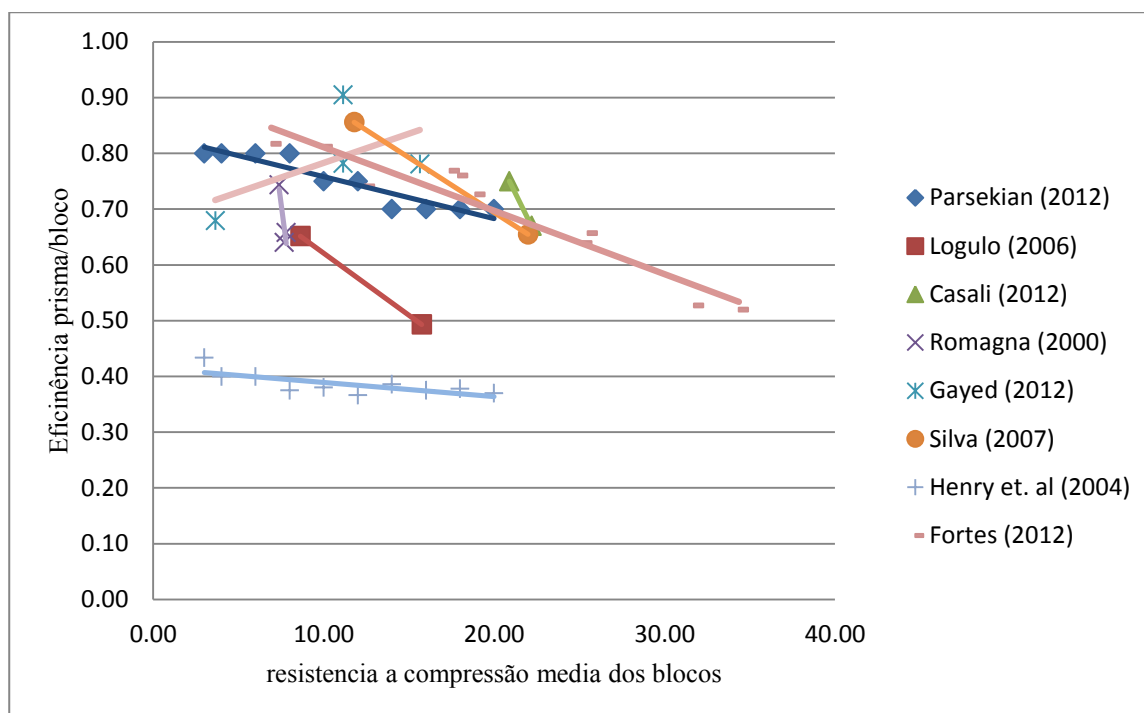
Figura 67 – Gráfico de relações de eficiência prismas/bloco (normalizações)



Pela Figura 67, observa-se que os valores encontrados no trabalho estão condizentes com os valores recomendados pelas normalizações internacionais. Sendo os valores de resistência à compressão dos blocos valores médios.

A Figura 68 apresenta as relações prisma/bloco de vários trabalhos de diversos autores nacionais e internacionais.

Figura 68 - Gráfico de relações de eficiência prismas/bloco (autores diversos)



Igualmente para as normalizações internacionais, observa-se que os valores encontrados no trabalho são condizentes com os valores encontrados na literatura nacional e internacional. Sendo os valores de resistência à compressão dos blocos considerando valores médios.

5.4.9 Influência dos capeamentos nos ensaios

Ao longo do trabalho foram feitos vários ensaios de resistência à compressão axial com diversas formas de regularização dos copros de prova.

Segundo a ABNT NBR 12118:2011, a regularização das faces de trabalho dos corpos-de-prova para ensaios de compressão deve ser realizada com pastas ou argamassas capazes de resistir as tensões do ensaio. A norma também permite que a regularização seja feita por meio de retífica por processo via úmido.

Analisando a pasta de cimento, verificou-se que o capeamento deve apresentar plano e uniforme no momento do ensaio, não sendo permitido remendo. Mas, todo o processo vai depender das condições da superfície onde se processa o capeamento, ou seja, a bancada deve ser plana e bem nivelada, e da experiência do operador, desde o espalhamento da pasta, na colocação do corpo-de-prova e o seu nivelamento.

Portanto, é um processo muito moroso, que precisa de no mínimo de três dias para a realização do ensaio, tanto para os prismas não grauteados e grauteados, quanto para os blocos. Quanto ao capeamento dos prismas grauteados, verifica-se ainda uma outra dificuldade técnica resultante do peso, já que fica em torno de 60 kg, necessitando de duas pessoas para o trabalho.

A técnica de capeamento com pasta de cimento acrescenta muitas variáveis no processo, ou seja, dificuldades que torna os resultados dos ensaios susceptíveis a grandes variabilidades e consequentemente pode inviabilizar os dados obtidos nos ensaios.

No caso de regularização das faces de trabalho dos corpos-de-prova, prismas e blocos no caso, com material seco, observou-se que o ensaio pode ser realizado no exato momento sem demoras, visto que só precisa cortar a placa de material seco nas dimensões do bloco. É recomendável, ainda, deixar uma folga de 0,5 cm para fora do bloco.

Portanto, o material é simplesmente colocado em cima do prisma ou do bloco e, então, é realizada o ensaio. O grande cuidado é garantir que o prisma, ou o bloco, apresente uma superfície plana, sem sulcos, ondulações ou quebras.

O processo de retificação também recomendado pela norma para ensaios de blocos, apresenta resultados satisfatórios. Observou-se que durante a retificação dos blocos o operador deve ter experiência no processo para garantir a integridade dos blocos; ou seja, que as bordas dos blocos não se quebrem. O processo não deve ser realizado muito rápido, além de que não se deve retirar uma camada muito espessa no processo de retificação (no máximo 3mm).

Por ser um processo via úmida para os ensaios de bloco, o inconveniente é que o bloco deve ser colocado numa estufa durante 24hrs, a 40 graus; ou seja, precisa-se do no mínimo um dia para realizar o ensaio.

5.4.10 Módulo de elasticidade dos prismas

Para a determinação de deformação dos prismas osos foram utilizados os procedimentos descritos pela norma ABNT NBR 15961 - 2: 2011 Alvenaria estrutural — Blocos de concreto Parte 2: Execução e controle de obras, anexo A – item A.4.

As Tabela 107, Tabela 108,

Tabela 109 e Tabela 110 trazem os valores médios do módulo de elasticidade para os prismas grauteados e não grauteados capeados com pasta de cimento e chapa dura.

Tabela 107 – Resultado de módulo de elasticidade dos prismas grauteados (capeamento – chapa dura)

Prismas grauteados (Chapa dura)								
Módulo de elasticidade - Ep (MPa)								
	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB10
CP1	*	72431,0	24556,0	33619,0	45135,0	40455,0	*	*
CP2	17611,0	24355,0	19500,0	*	*	27944,0	38167,0	*
CP3	44295,0	44959,0	*	*	50577,0	30691,0	36346,0	72099,0
CP4	24415,0	*	28225,0	20567,0	25631,0	17662,0	*	51100,0
CP5	13907,0	15255,0	15795,0	11563,0	35531,0	40469,0	70557,0	67269,0
CP6	48888,0	*	21849,0	38360,0	*	*	*	26987,0
Media	29823,2	39250,0	21985,0	26027,3	39218,5	31444,2	48356,7	54363,8
Desvio Padrão	15847,8	25371,9	4744,9	12230,6	10988,5	9557,8	19247,6	20340,6
Coefficiente de variação	53,1	64,6	21,6	47,0	28,0	30,4	39,8	37,4

Tabela 108 - Resultado de módulo de elasticidade dos prismas grauteados (capeamento – pasta de cimento)

Prismas grauteados (pasta de cimento)										
Módulo de elasticidade - Ep (MPa)										
	PB1	PB2	PB3	PB4	PB5	PB6	PB7	PB8	PB9	PB10
CP1	*	*	*	31615,0	*	17940,0	25116,0	68475,0	37201,0	*
CP2	20965,0	22352,0	*	*	13781,0	17877,0	*	*	*	24571,0
CP3	18588,0	12643,0	47775,0	40010,0	28740,0	*	19297,0	99665,0	34553,0	35465,0
CP4	7314,8	14306,0	35586,0	39991,0	23077,0	15974,0	32219,0	63253,0	19777,0	28067,0
CP5	12555,0	*	38590,0	21120,0	*	12911,0	22967,0	47458,0	34506,0	*
CP6	39869,0	25373,0	*	*	18777,0	13157,0	9485,2	*	*	48093,0
Media	19858,4	18668,5	40650,3	33184,0	21093,8	15571,8	21816,8	69712,8	31509,3	34049,0
Desvio Padrão	12388,9	6160,5	6350,3	10900,7	6357,2	2379,4	9402,6	26773,4	8517,4	10406,0
Coefficiente de variação	62,4	33,0	15,6	32,8	30,1	15,3	43,1	38,4	27,0	30,6

A Figura 69 ilustra mais claramente os resultados de módulo de elasticidade para os prismas grauteados, capeados com chapa dura e com pasta de cimento, enfatizando portanto a diferença entre os mesmo.

Figura 69 – Comparação dos módulos de elasticidade entre os prismas grauteados, capeados com pasta de cimento e com chapa dura.

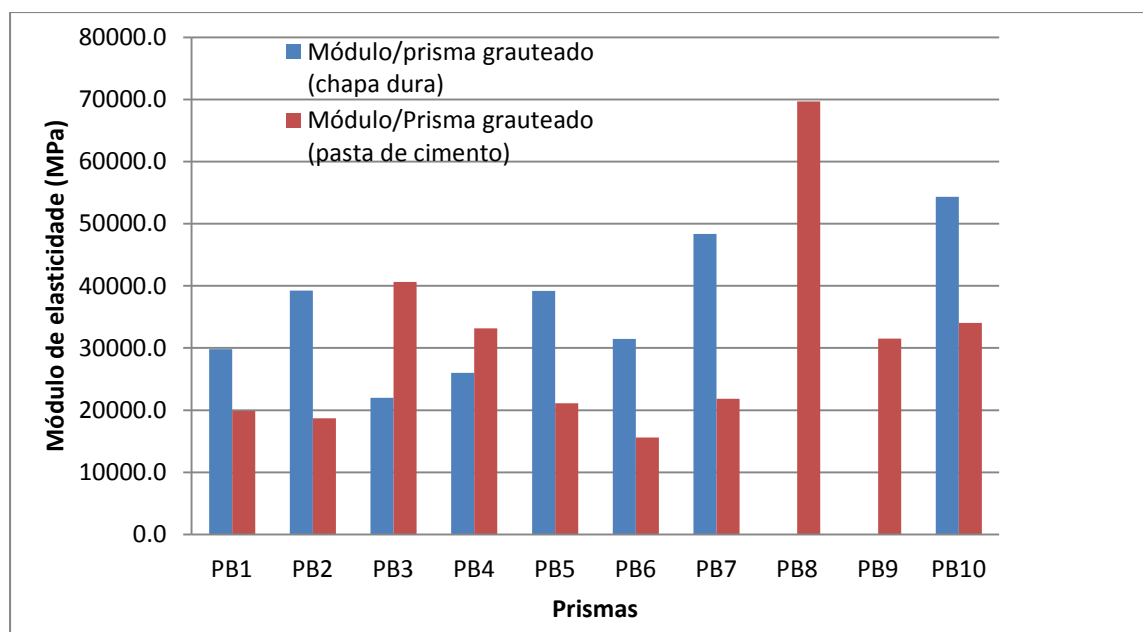


Tabela 109 - Resultado de módulo de elasticidade dos prismas não grauteados (capeamento – pasta de cimento)

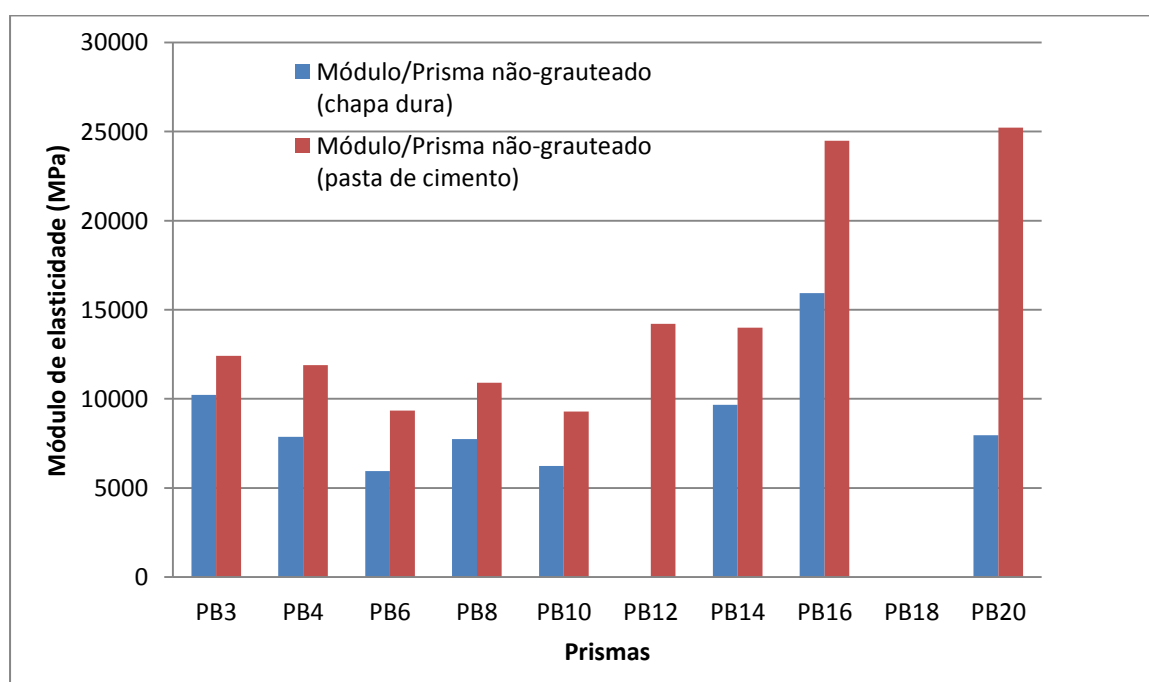
Prismas não-grauteados (Pasta de cimento)										
Modulo de elasticidade (MPa)										
	PB3	PB4	PB6	PB8	PB10	PB12	PB14	PB16	PB18	PB20
CP1	17255,0 0	13754,0 0	7305,80	10531,0 0	7943,10	13535,0 0	15399,0 0	12786,0 0	0,00	31844,0 0
CP2	18142,0 0	10665,0 0	12194,0 0	12717,0 0	8746,10	14976,0 0	14445,0 0		0,00	18140,0 0
CP3			12568,0 0	10336,0 0	8348,60	13777,0 0	13832,0 0		0,00	21015,0 0
CP4	8204,00	14621,0 0	7284,20	10047,0 0	9900,80	17822,0 0	13673,0 0	22645,0 0	0,00	25113,0 0
CP5	10129,0 0	7733,10	7385,90	11092,0 0	8480,10	10905,0 0	14370,0 0	31201,0 0	0,00	32762,0 0
CP6	8368,50	12717,0 0	9291,20	10727,0 0	12268,0 0	14298,0 0	12264,0 0	31333,0 0	0,00	22420,0 0
Media	12419,7 0	11898,0 2	9338,18	10907,7 5	9281,12	14218,8 3	13997,1 7	24491,2 5	0,00	25215,6 7
Desvio padrão	4887,65	2756,67	2479,94	1222,44	1605,82	2245,29	1043,16	8798,71	0,00	5940,02
C. Variação	39,35	23,17	26,56	11,21	17,30	15,79	7,45	35,93	-	23,56

Tabela 110 - Resultado de módulo de elasticidade dos prismas não grauteados (capeamento – chapa dura).

Prismas não-grauteados (chapa dura)										
Modulo de elasticidade (MPa)										
	PB3	PB4	PB6	PB8	PB10	PB12	PB14	PB16	PB18	PB20
CP1	11636,00		10382,00	-	6119,00	0,00	11984,00	17655,00	0,00	7105,10
CP2	7802,20	10634,00		11912,00	4667,50	0,00	12770,00	13395,00	0,00	6449,10
CP3	5746,00	6058,80	4718,20	6273,70	5355,60	0,00	5678,10		0,00	9417,50
CP4	10683,00	11417,00		5070,30	5090,40	0,00	8036,90	14801,00	0,00	7703,20
CP5	12045,00	6329,30	5306,30	-	9493,30	0,00	8822,00	16474,00	0,00	8651,50
CP6	13436,00	4945,20	3713,30	-	6686,70	0,00	10723,00	17312,00	0,00	8382,30
Media	10224,70	7876,86	5939,18	7752,00	6235,42	0,00	9669,00	15927,40	0,00	7951,45
Desvio padrão	2889,81	2933,83	2584,39	3652,57	1753,54	0,00	2660,63	1794,60	0,00	1082,59
C. Variação	28,26	37,25	43,51	47,12	28,12	-	27,52	11,27	-	13,61

A Figura 70 ilustra mais claramente os resultados de módulo de elasticidade para os prismas não-grauteados, capeados com chapa dura e com pasta de cimento, enfatizando portanto a diferença entre os mesmo.

Figura 70 - Comparação dos módulos de elasticidade entre os prismas não-grauteados, capeados com pasta de cimento e com chapa dura.



Analisando os resultados dos módulos de elasticidade dos prismas apresentadas nas tabelas e nas figuras acima, percebe-se uma grande diferença de resultados quando se compara os dois tipos de capeamento.

Visto que tanto para os prismas capeados com pasta de cimento ou com chapa dura os transdutores de deslocamento foram colocados na lateral dos prismas, portanto, as diferenças nos resultados pode ser devido a rigidez e a acomodação dos capeamentos.

Mesmo tendo em conta a dispersão de valores de módulo de elasticidade, os resultados aqui apresentados estão dentro dos resultados apresentados pela literatura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho teve como objetivo avaliar a possibilidade de utilizar material seco, tais como, madeira compensada, chapa-dura e forro-pacote (chapa-mole) para capeamento em substituição a pasta de cimento e fornecer ao meio técnico relações prisma/bloco confiáveis para resistência de blocos de concreto de baixa a alta resistência, verificando a resistência à compressão e o módulo de elasticidade dos prismas não grauteados e grauteados e a resistência à compressão dos blocos de concreto de baixa a alta resistência.

Totalizando todas as fases do trabalho, foram feitos aproximadamente 1000 ensaios de resistência à compressão entre argamassas, grautes, blocos de concreto, prismas não grauteados e grauteados.

Os principais resultados foram:

Para a **segunda fase** do trabalho conclui-se:

a) Ensaio dos **blocos de concreto**:

Os resultados dos ensaios dos **blocos de concreto** com três diferentes classes de resistência indicaram baixo coeficiente de variação em cada tipo de capeamento. De maneira geral, os resultados dos valores característicos são próximos, independentes do capeamento, excetuando-se os resultados apresentados pela madeira compensada, cujas diferenças excedem 10% em relação à pasta de cimento, tomada como referência. Portanto para ensaio de blocos recomenda-se a utilização tanto da chapa dura, como do forro pacote. A pasta de cimento e a retífica, também com bons resultados já são recomendados pela norma de ensaio de blocos.

A análise dos resultados de resistência à compressão dos blocos de concreto pelo teste de Kruskal-Wallis mostrou que os capeamentos são equivalentes com exceção do capeamento com madeira compensada

b) Ensaio dos **prismas não grauteados**:

Os **prismas não grauteados** com blocos retificados apresentaram menor valor de resultado, discrepantes em relação ao demais.

Com relação aos capeamentos com forro pacote, e chapa dura ou madeira compensada, percebe-se que, para blocos de menor resistência existe uma pequena redução no resultado do ensaio (quando comparado à pasta de cimento). O capeamento com chapadura foi o que melhor se aproximou da pasta de cimento neste caso.

A diferença de resultados entre os vários tipos de capeamento é bem reduzido nos prismas de blocos de maior resistência (8 e 16 MPa). O que provavelmente ocorre é que, para maior força de compressão, o capeamento deforma-se totalmente e acomoda variações dos blocos, o que parece não ocorrer com o bloco de 4 MPa - B4; excetuando-se o caso do B4, com capeamento de chapa dura, que apresentou bons resultados.

c) Ensaio dos **prismas grauteados:**

Em relação ao **prisma grauteado**, percebe-se uma variação maior de resultados, provavelmente pela irregularidade do grauteamento no topo do prisma capeado com chapa dura, que é corrigido no caso dos prismas capeados com pasta de cimento.

NA ANÁLISE DOS ENSAIOS, PARA A FASE FINAL, CONCLUI-SE QUE:

Na fase final foram comparados os capeamentos: chapadura e pasta de cimento.

a) Ensaio dos **blocos de concreto:**

Os resultados dos capeamentos pasta de cimento e chapa dura para blocos de baixa e média resistência são semelhantes.

Os coeficientes de variação oscilam para ambos os capeamentos, provavelmente refletindo a real condição das amostras de blocos ensaiadas .

b) Ensaio dos **prismas não grauteados:**

Os resultados indicam que há uma pequena diferença de valores para caso de blocos de menor resistência, nos quais o capeamento com chapa dura resulta em valores um pouco menores (cerca de 8%);

Para resistências superiores, os resultados são semelhantes.

c) Ensaio dos **prismas grauteados**:

A tentativa de substituir o capeamento de pasta de cimento por chapa dura para prismas grauteados não teve sucesso, uma vez que o capeamento com chapa dura resulta em valores inferiores ao da pasta de cimento e altos coeficiente de variação.

Na análise da **eficiência prisma não grauteado/ bloco**, conclui-se:

- Os valores de eficiência prisma/bloco são condizentes com os valores apresentados na revisão bibliográfica.
- Os resultados para pasta de cimento e chapa dura são semelhantes;
- As relações começam com valores superiores 0,8 para blocos de menor resistência chegando a valores menores que 0,5 para blocos de alta resistência (maior que 30 MPa).

Na análise da **eficiência prisma grauteado/ prisma não grauteado**, conclui-se:

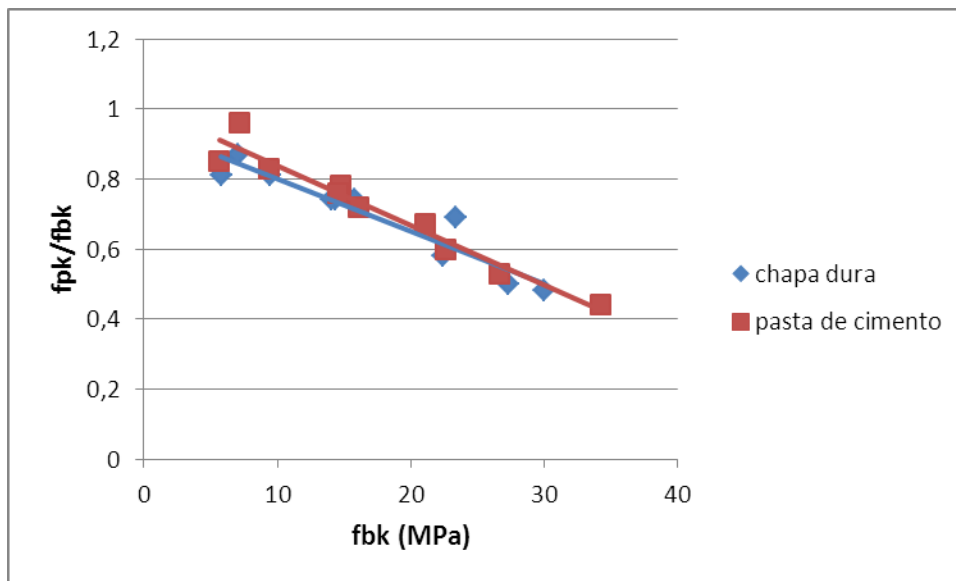
- Os valores de eficiência prisma grauteado/prisma não grauteado são condizentes com os valores apresentados na revisão bibliográfica.
- Os resultados para pasta de cimento são sempre maiores para todos os tipos de prismas grauteados;
- Os resultados para capeamento com chapa dura apresentaram coeficientes de variação muito altos, mostrando - se não confiáveis,
- As relações começam com valores superiores a 2,0 para blocos de menor resistência chegando a valores próximos e sempre superiores a 1,5 para blocos de alta resistência (maior que 30 MPa).

Os valores de módulo de elasticidade aqui apresentados estão dentro dos resultados apresentados pela literatura, apesar da grande dispersão dos dados.

Resumidamente, pela análise dos resultados, recomenda-se a utilização da chapa dura para ensaios de compressão axial de blocos de concreto e de prismas não-grauteados (prismas ocos). Com relação aos prismas grauteados (prisma cheio) não se recomenda a utilização de material seco para ensaios de compressão axial, sendo portanto, a pasta de cimento a melhor opção.

O gráfico a seguir ilustra a relação prisma/bloco para todos os casos avaliados.

Figura 71 - relação prisma/bloco para todos os casos avaliados



7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALY, V. L. C. Determinação da capacidade resistente do elemento parede de alvenaria armada de blocos de concreto, submetido a esforços de compressão. São Paulo, 1991.103p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Alvenaria estrutural — Blocos de concreto — Parte 1: Projeto– NBR 15961-1. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Alvenaria estrutural — Blocos de concreto — Parte 2: Execução e controle de obras– NBR 15961-2. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água – NBR 13277. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado – NBR 13278. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência a compressão – NBR 13279. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação da densidade de massa aparente no estado endurecido– NBR 13280. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Blocos vasados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio – NBR 12118. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2010). NBR 15812. Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos — Parte 1: Projetos. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – Determinação do teor de água para obtenção do índice de consistência-padrão – NBR 13276. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos ou prismáticos – método de ensaio. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: ensaio à compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto. Rio de Janeiro, 2007. 9 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: cimento portland - determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7222: argamassas e concretos - determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 1994. 3 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7680: concreto – extração, preparo e ensaio de testemunho de concreto. Rio de Janeiro, 2007. 12 p.

BARBOSA, C. S. Resistencia e deformabilidade de blocos vazados de concreto, prismas e paredes e suas correlações com as propriedades mecânicas dos materiais constituintes. São Carlos, 2008. 262p. Tese de doutorado em Engenharia de Estruturas Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. Code of practice for structural use of masonry - Part 1 – Structural use of unreinforced masonry - BS5628: part 1. Reino Unido, 2005.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. Code of practice for structural use of masonry - Part 2 - Reinforced and prestressed masonry - BS5628: part 2. Reino Unido, 2005.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. Code of practice for structural use of masonry - Part 3 - Materials and components design and workmanship. BS EN 1052-3, Reino Unido, 2005.

- BUSSAB, W.O., Morettin, P. A., Estatística Básica, 5ª edição, Editora Saraiva, 2002.
- CALÇADA, L. M. L. Avaliação do comportamento de prismas grauteados e não grauteados de bloco de concreto. 1998. 188 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.
- CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. CAN/CSA-A165 SERIES-04 (R2009) - CSA Standards on Concrete Masonry Units (Consists of A165.1, A165.2 and A165.3), 2004.
- CAVALHEIRO, O. P.; GOMES, N. S. Alvenaria estrutural de blocos vazados: resultados de ensaios de elementos e redutores de resistência à compressão. In: xxx Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural, 2002, Brasília, DF. Anais da xxx Jornadas Sul-Americanas de Engenharia Estrutural , 2002.
- CONOVER, W.U., Practical *Nonparametric Statistics*, 2. ed., John Wiley & Sons, 493 p., 1980.
- DRYSDALE, R. G.; HAMID, A. A.; BAKER, L.R. Masonry Structures - Behavior and Design. 2. ed. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1999. 888 p.
- EUROCODE 6. 1996-1-1: Rules for reinforced and unreinforced masonry, 1996.
- FRASSOM, E. CoMParativo de grautes em alvenaria estrutural. Tubarão, 2008. 68p. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola de Engenharia da Universidade do Sul de Santa Catarina.
- GARCIA, P. D. Contribuições ao estudo da resistência à compressão de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos. São Carlos, 2000. 115p. + anexos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- IZQUEIRDO, O. S. Influencia do tipo de argamassamento e da utilização de peças de ajuste dimensional na resistência á compressão da alvenaria de blocos de concreto. São Carlos, 2011. 179p. Dissertação (Mestrado) em Engenharia de Estruturas – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

JUSTE, A. E. Estudo da resistência e da deformabilidade da alvenaria de blocos de concreto submetidas a esforços de compressão. 2001. 236 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

LOGULLO, B. G. Influência do graute e da taxa de armadura no comportamento da alvenaria de blocos de concreto. 2006. 192f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2006.

MASONRY STANDARDS JOINT COMMITTEE. Building code requirements for masonry structures (ACI 530/TMS 402/ASCE 5). 2008.

MAURÍCIO, R. M. Estudo teórico e experimental das ligações diretas contra-fiadas entre paredes de blocos de concreto em escala real e reduzida 1:4. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, UNESP, 2005.

MAURÍCIO, R. M.; CAMACHO, J. S.; ANDOLFATO, R. P. Resistência à compressão axial de blocos de concreto capeados com diferentes materiais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 46. 2004, Florianópolis. Anais... Florianópolis: IBRACON, 2004. v.6, p. 1271-1280.

MEDEIROS, J. S. Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto. São Paulo, 1993. 2v. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

MENDES, J. R. K. Resistência a compressão de alvenarias de blocos cerâmicos estruturais. Florianópolis, 1998. 185p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

MOHAMAD, G. Comportamento mecânico na ruptura de prismas de blocos de concreto. Florianópolis, 1998. 117p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina.

MOTA, J. A. V. influência da junta vertical na resistência à compressão de prismas em alvenaria estrutural de blocos de concreto e blocos de concreto celular autoclavado. Belo Horizonte, 2001. 223p. Dissertação em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Norma Mexicana. NMX-C-404-ONNCCE: Técnica complementar para dimensionamento e construção de alvenaria estrutural, 2011.

OSAMA A. A.; AMEED, A. S. The Effect of Capping Condition on the Compressive Strength of Concrete Hollow Blocks. An-Najah Univ. J. Res. (N. Sc), Vol. 17(1), 2003.

ROMAGNA, R. H. Resistência a compressão de prismas de blocos de concreto grauteados e não grauteado. 2000. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SILVA, A. F. Avaliação da resistência à compressão da alvenaria estrutural, 109 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

STANDARDS ASSOCIATION OF AUSTRALIA. AS 3700: Masonry structures, 1998.

8.1 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Em uma análise estatística, a comparação de grupos independentes é usualmente realizada por uma análise de variância (ANOVA) (Montgomery, 2012). Para este conjunto de dados, a suposição de normalidade dos resíduos da ANOVA não é válida. Portanto, uma alternativa é a utilização de um teste não paramétrico.

O teste de Kruskal-Wallis (Conover, 1999) é comumente utilizado para comparação de três ou mais grupos independentes. Neste caso, o interesse está em comparar dois grupos independentes. Sendo assim, para a fase final do programa experimental, foi aplicado o teste de Mann-Whitney (CONOVER, 1999).

Os testes paramétricos como, por exemplo, o teste de T de Student e a ANOVA têm a suposição de normalidade das observações e homogeneidade de variância. Observando os *boxplots*, é possível verificar a diferença de variabilidade e a não normalidade de alguns conjuntos de dados. Portanto, o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi aplicado.

8.1.1 Metodologia

O teste de Kruskal-Wallis é o teste não paramétrico correspondente ao planejamento completamente aleatório, quando a hipótese da normalidade da variável é violada (CONOVER, 1980).

Dados: Consistem de g v.as. (neste caso, os tipos de capeamento) possivelmente de tamanhos diferentes. Denote a i -ésima a.a. de tamanho n_i por $(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{in_i})$, $i = 1, \dots, g$ sendo g o número de amostras;

Seja $N =$ o número total de observações. A atribuição de postos neste teste é feita independente da amostra que pertence a observação, isto é, atribua o posto 1 à menor observação, posto 2 à segunda menor observação, e assim sucessivamente até que a maior observação tenha recebido o posto N . Sendo $r(X_{ij})$ o posto associado à observação X_{ij} , calcule para cada amostra a soma dos postos:

$$r_i = \sum_{j=1}^{n_i} r(X_{ij}), \quad i = 1, \dots, g.$$

Suposições:

1. todas as amostras são a.a.'s. de suas respectivas populações;
2. as amostras são mutuamente independentes;
3. a escala de medidas é, pelo menos, ordinal;
4. ou as g populações tem funções distribuição idênticas ou pelo menos uma delas tende a produzir valores mais altos do que as outras.

Hipótese: A hipótese considerada neste trabalho é dada por,

A (teste bilateral):

$$\begin{cases} H_0 = \text{todas as } g \text{ funções distribuições são idênticas} \\ H_1 = \text{pelo menos uma das populações tende a produzir observações} \\ \quad \text{maiores que pelo menos um das populações} \end{cases}$$

Teste Estatístico: O teste estatístico é definido por,

$$\begin{aligned} T &= \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^g n_i \left(\bar{r}_i - \frac{N+1}{2} \right)^2 \\ &= \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^g n_i \bar{r}_i^2 - 3(N+1) \end{aligned}$$

Regra de Decisão: Para $g = 3$, se todas as amostras tiverem tamanhos menores ou iguais a 5, e se não existir igualdade, o quantil exato do teste pode ser obtido na Tabela de Quantis, do teste de Kruskal-Wallis (para amostras pequenas). Quando existem igualdades, ou quando as tabelas exatas não estão disponíveis, utilizamos a aproximação pela χ^2 com $g - 1$ graus de liberdade. Rejeite H_0 , ao nível α de significância, se T exceder o quantil $(1 - \alpha)$.

A ideia do teste de Mann-Whitney é combinar os dois grupos, atribuindo postos e somando-os para os grupos. Se a soma dos postos de um grupo diferir muito do outro, os grupos provêm de populações diferentes.

Os dados consistem de dois grupos caracterizados por duas amostras aleatórias. Seja (X_1, X_2, \dots, X_n) uma amostra aleatória de tamanho n retirada da população 1 e seja (Y_1, Y_2, \dots, Y_m) uma amostra aleatória de tamanho m retirada da população 2. Atribua postos as $(n+m)$ observações (grupos combinados). Denote $R(X_i)$ o posto associado à observação $X_i, i = 1, \dots, n$ e por $R(Y_j)$ o posto associado à observação $Y_j, j = 1, \dots, m$. Denote $N = n + m$.

As suposições para aplicação do teste são de que as observações dos dois grupos aleatórios, são independentes entre si e , a escala de medidas é pelo menos ordinal.

As hipóteses são dadas por:

$$H_0: F(x) = G(x), \text{ para todo } x$$

$$H_1: F(x) \neq G(x), \text{ para algum } x$$

sendo $F(x)$ e $G(x)$ as funções distribuições das populações 1 e 2, respectivamente e de X e de Y , respectivamente. Em outras palavras, a hipótese nula (H_0) do teste é que os dois grupos têm mesma distribuição de probabilidade, isto é, os grupos são semelhantes.

Tabela 111 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B1, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	321760,06	5,89	7,21
	2	54600	325450,50	5,96	
	3	54600	352090,84	6,45	
	4	54600	376540,00	6,90	
	5	54600	400297,19	7,33	
	6	54600	403526,34	7,39	
	7	54600	407216,78	7,46	
	8	54600	410791,88	7,52	
	9	54600	411829,81	7,54	
	10	54600	424631,03	7,78	
	11	54600	426476,25	7,81	
	12	54600	462227,34	8,47	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	5,62	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	5,78	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	5,78	
Desvio Padrão			δ	0,77	
Coeficiente de variação %			γ	10,71	

Tabela 112 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B1, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	313936,06	5,75	6,93
	2	54600	324858,69	5,95	
	3	54600	360970,97	6,61	
	4	54600	364084,78	6,67	
	5	54600	371235,00	6,80	
	6	54600	374694,78	6,86	
	7	54600	379192,50	6,94	
	8	54600	384497,50	7,04	
	9	54600	400066,53	7,33	
	10	54600	421401,88	7,72	
	11	54600	421517,22	7,72	
	12	54600	425207,66	7,79	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	5,85	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	5,63	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	5,85	
Desvio Padrão			δ	0,65	
Coeficiente de variação %			γ	9,43	

Tabela 113 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B2, com capeamento em Chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	369043,81	6,76	9,30
	2	54600	420825,25	7,71	
	3	54600	461766,06	8,46	
	4	54600	476643,13	8,73	
	5	54600	500746,31	9,17	
	6	54600	507089,25	9,29	
	7	54600	525195,44	9,62	
	8	54600	528424,56	9,68	
	9	54600	535459,50	9,81	
	10	54600	568904,06	10,42	
	11	54600	587932,88	10,77	
	12	54600	611228,81	11,19	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	7,04	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	6,62	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	7,04	
Desvio Padrão			δ	1,26	
Coeficiente de variação %			γ	13,58	

Tabela 114 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B2, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	385820,66	7,07	9,94
	2	54600	406281,97	7,44	
	3	54600	486627,94	8,91	
	4	54600	540649,19	9,90	
	5	54600	550105,94	10,08	
	6	54600	556910,19	10,20	
	7	54600	577899,50	10,58	
	8	54600	583089,19	10,68	
	9	54600	594506,50	10,89	
	10	54600	600734,13	11,00	
	11	54600	601772,06	11,02	
	12	54600	627835,75	11,50	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	7,16	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	6,92	
fbk -resistência característica á compressão			fbk	7,16	
Desvio Padrão			δ	1,42	
Coefficiente de variação %			γ	14,30	

Tabela 115 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B3, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	518442,75	9,50	11,18
	2	54600	521095,25	9,54	
	3	54600	575247,00	10,54	
	4	54600	589432,13	10,80	
	5	54600	591095,01	10,83	
	6	54600	602810,00	11,04	
	7	54600	612810,56	11,22	
	8	54600	617917,69	11,32	
	9	54600	637917,12	11,68	
	10	54600	648248,50	11,87	
	11	54600	676503,44	12,39	
	12	54600	734281,81	13,45	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	9,44	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	9,31	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	9,44	
Desvio Padrão			δ	1,11	
Coeficiente de variação %			γ	9,94	

Tabela 116 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B3, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	523240,94	9,58	12,42
	2	54600	535544,44	9,81	
	3	54600	591905,56	10,84	
	4	54600	604658,19	11,07	
	5	54600	689073,94	12,62	
	6	54600	689996,56	12,64	
	7	54600	721365,31	13,21	
	8	54600	727477,56	13,32	
	9	54600	735781,06	13,48	
	10	54600	743392,63	13,62	
	11	54600	756309,13	13,85	
	12	54600	819277,25	15,01	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	8,93	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	9,39	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	9,39	
Desvio Padrão			δ	1,71	
Coeficiente de variação %			γ	13,73	

Tabela 117 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B4, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	790315,19	14,47	17,14
	2	54600	832539,75	15,25	
	3	54600	833116,38	15,26	
	4	54600	945328,75	17,31	
	5	54600	954439,50	17,48	
	6	54600	958014,63	17,55	
	7	54600	967471,38	17,72	
	8	54600	973929,63	17,84	
	9	54600	974160,31	17,84	
	10	54600	979580,63	17,94	
	11	54600	992958,50	18,19	
	12	54600	1025711,13	18,79	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	14,36	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	14,19	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	14,36	
Desvio Padrão			δ	1,36	
Coeficiente de variação %			γ	7,93	

Tabela 118 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B4, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	784218,06	14,36	17,89
	2	54600	859249,88	15,74	
	3	54600	869234,63	15,92	
	4	54600	983155,75	18,01	
	5	54600	984193,69	18,03	
	6	54600	986154,25	18,06	
	7	54600	986730,88	18,07	
	8	54600	988806,75	18,11	
	9	54600	1035283,19	18,96	
	10	54600	1066997,88	19,54	
	11	54600	1076685,25	19,72	
	12	54600	1101134,38	20,17	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	14,76	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	14,08	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	14,76	
Desvio Padrão			δ	1,75	
Coeficiente de variação %			γ	9,76	

Tabela 119 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B5, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	786063,31	14,40	17,74
	2	54600	824928,19	15,11	
	3	54600	859872,06	15,75	
	4	54600	877632,31	16,07	
	5	54600	972199,75	17,81	
	6	54600	984078,38	18,02	
	7	54600	1008988,81	18,48	
	8	54600	1025711,13	18,79	
	9	54600	1030900,81	18,88	
	10	54600	1032284,69	18,91	
	11	54600	1084296,75	19,86	
	12	54600	1136770,25	20,82	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	13,63	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	14,11	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	14,11	
Desvio Padrão			δ	1,98	
Coefficiente de variação %			γ	11,17	

Tabela 120 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B5, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	796363,69	14,59	17,40
	2	54600	844090,56	15,46	
	3	54600	893432,00	16,36	
	4	54600	894354,56	16,38	
	5	54600	953516,94	17,46	
	6	54600	956861,38	17,52	
	7	54600	986154,25	18,06	
	8	54600	999993,38	18,31	
	9	54600	1009450,13	18,49	
	10	54600	1012794,56	18,55	
	11	54600	1017522,94	18,64	
	12	54600	1035629,19	18,97	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	14,58	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	14,29	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	14,58	
Desvio Padrão			δ	1,40	
Coeficiente de variação %			γ	8,05	

Tabela 121 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B6, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	882591,31	16,16	18,17
	2	54600	884667,19	16,20	
	3	54600	897353,06	16,44	
	4	54600	910615,56	16,68	
	5	54600	972661,06	17,81	
	6	54600	976697,50	17,89	
	7	54600	992958,50	18,19	
	8	54600	1019829,50	18,68	
	9	54600	1025711,13	18,79	
	10	54600	1069304,38	19,58	
	11	54600	1091562,38	19,99	
	12	54600	1182439,38	21,66	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	15,43	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	15,84	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	15,84	
Desvio Padrão			δ	1,69	
Coeficiente de variação %			γ	9,30	

Tabela 122 – Resistência à compressão característica do bloco de concreto B6, com capeamento em pasta de cimento.

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	882476,00	16,16	18,91
	2	54600	932988,88	17,09	
	3	54600	969201,25	17,75	
	4	54600	980964,56	17,97	
	5	54600	983617,06	18,01	
	6	54600	1019137,50	18,67	
	7	54600	1035629,19	18,97	
	8	54600	1055004,00	19,32	
	9	54600	1072879,50	19,65	
	10	54600	1114166,25	20,41	
	11	54600	1142075,25	20,92	
	12	54600	1201698,88	22,01	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	16,13	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	15,84	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	16,13	
Desvio Padrão			δ	1,67	
Coeficiente de variação %			γ	8,81	

Tabela 123 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B7, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	1189705,00	21,79	24,31
	2	54600	1263513,75	23,14	
	3	54600	1308260,25	23,96	
	4	54600	1309413,50	23,98	
	5	54600	1321342,85	24,20	
	6	54600	1332017,50	24,40	
	7	54600	1334425,46	24,44	
	8	54600	1347508,06	24,68	
	9	54600	1360590,66	24,92	
	10	54600	1373673,26	25,16	
	11	54600	1386755,87	25,40	
	12	54600	1399838,47	25,64	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	22,43	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	21,35	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	22,43	
Desvio Padrão			δ	1,05	
Coefficiente de variação %			γ	4,33	

Tabela 124 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B7, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1248521,25	22,87	25,18
	2	54600	1280697,25	23,46	
	3	54600	1289116,13	23,61	
	4	54600	1317947,63	24,14	
	5	54600	1320600,13	24,19	
	6	54600	1344703,38	24,63	
	7	54600	1365808,00	25,01	
	8	54600	1426469,63	26,13	
	9	54600	1454147,88	26,63	
	10	54600	1466026,50	26,85	
	11	54600	1486669,88	27,23	
	12	54600	1498317,88	27,44	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	22,67	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	22,41	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	22,67	
Desvio Padrão			δ	1,60	
Coefficiente de variação %			γ	6,37	

Tabela 125 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B8, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	1300879,38	23,83	27,24
	2	54600	1319562,25	24,17	
	3	54600	1323368,00	24,24	
	4	54600	1342742,75	24,59	
	5	54600	1417358,88	25,96	
	6	54600	1433389,13	26,25	
	7	54600	1439155,50	26,36	
	8	54600	1515501,38	27,76	
	9	54600	1607531,75	29,44	
	10	54600	1689182,63	30,94	
	11	54600	1708326,75	31,29	
	12	54600	1749728,88	32,05	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	22,86	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	23,35	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	23,35	
Desvio Padrão			δ	3,00	
Coefficiente de variação %			γ	11,00	

Tabela 126 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B8, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1134348,38	20,78	25,50
	2	54600	1209771,75	22,16	
	3	54600	1225456,13	22,44	
	4	54600	1324636,63	24,26	
	5	54600	1405364,88	25,74	
	6	54600	1430736,63	26,20	
	7	54600	1433619,88	26,26	
	8	54600	1460836,75	26,76	
	9	54600	1478827,75	27,08	
	10	54600	1497741,25	27,43	
	11	54600	1535568,13	28,12	
	12	54600	1567628,88	28,71	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	19,95	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	20,36	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	20,36	
Desvio Padrão			δ	2,53	
Coefficiente de variação %			γ	9,93	

Tabela 127 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B9, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	1518038,63	27,80	30,76
	2	54600	1558518,13	28,54	
	3	54600	1563131,13	28,63	
	4	54600	1575817,00	28,86	
	5	54600	1634402,75	29,93	
	6	54600	1646627,25	30,16	
	7	54600	1648587,88	30,19	
	8	54600	1652163,00	30,26	
	9	54600	1742348,00	31,91	
	10	54600	1868630,25	34,22	
	11	54600	1872436,00	34,29	
	12	54600	1873704,50	34,32	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	27,35	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	27,25	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	27,35	
Desvio Padrão			δ	2,37	
Coefficiente de variação %			γ	7,71	

Tabela 128 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B9, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1323598,63	24,24	31,73
	2	54600	1626099,25	29,78	
	3	54600	1639015,75	30,02	
	4	54600	1693334,38	31,01	
	5	54600	1729316,13	31,67	
	6	54600	1746499,75	31,99	
	7	54600	1754687,88	32,14	
	8	54600	1773716,75	32,49	
	9	54600	1868745,50	34,23	
	10	54600	1871859,38	34,28	
	11	54600	1874050,50	34,32	
	12	54600	1888120,38	34,58	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	26,70	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	23,76	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	26,70	
Desvio Padrão			δ	2,89	
Coeficiente de variação %			γ	9,10	

Tabela 129 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B10, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	1598882,25	29,28	33,39
	2	54600	1665079,50	30,50	
	3	54600	1769103,75	32,40	
	4	54600	1865516,38	34,17	
	5	54600	1869091,50	34,23	
	6	54600	1869898,75	34,25	
	7	54600	1871167,38	34,27	
	8	54600	1871628,75	34,28	
	9	54600	1872897,25	34,30	
	10	54600	1873012,63	34,30	
	11	54600	1873473,88	34,31	
	12	54600	1876587,75	34,37	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	29,98	
fbk2			Ψ x fb(1)	28,70	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	29,98	
Desvio Padrão			δ	1,74	
Coefficiente de variação %			γ	5,21	

Tabela 130 - Resistência à compressão característica do bloco de concreto B10, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1868053,63	34,21	34,36
	2	54600	1872897,25	34,30	
	3	54600	1874742,50	34,34	
	4	54600	1874857,88	34,34	
	5	54600	1874973,13	34,34	
	6	54600	1875780,38	34,35	
	7	54600	1877164,38	34,38	
	8	54600	1877279,63	34,38	
	9	54600	1877741,00	34,39	
	10	54600	1877741,00	34,39	
	11	54600	1878317,63	34,40	
	12	54600	1886390,50	34,55	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	34,26	
fbk2			$\Psi \times fb(1)$	33,53	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	34,26	
Desvio Padrão			δ	0,08	
Coeficiente de variação %			γ	0,23	

Tabela 131 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB1, com capeamento em chapa dura.

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	273873,60	5,02	5,51
	2	54600	276276,00	5,06	
	3	54600	280098,00	5,13	
	4	54600	285867,54	5,24	
	5	54600	288755,68	5,29	
	6	54600	288834,00	5,29	
	7	54600	291037,04	5,33	
	8	54600	296368,80	5,43	
	9	54600	313483,20	5,74	
	10	54600	326398,80	5,98	
	11	54600	326447,50	5,98	
	12	54600	360666,80	6,61	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	5,00	
fbk2			0,85xfpm	4,68	
fbk3			Ψ x fb(1)	4,92	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	5,00	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	4,68	
Desvio Padrão			δ	0,476	
Coeficiente de variação %			γ	8,649	

Tabela 132 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB1, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	295975,68	5,42	5,66
	2	54600	247084,05	4,53	
	3	54600	257439,00	4,72	
	4	54600	264977,57	4,85	
	5	54600	270597,60	4,96	
	6	54600	306738,43	5,62	
	7	54600	308490,00	5,65	
	8	54600	310810,50	5,69	
	9	54600	321048,00	5,88	
	10	54600	328793,81	6,02	
	11	54600	338828,35	6,21	
	12	54600	454818,00	8,33	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	4,17	
fbk2			0,85xfpm	4,81	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	5,31	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	5,31	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	4,81	
Desvio Padrão			δ	1,000	
Coeficiente de variação %			γ	17,676	

Tabela 133 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB2, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	371345,60	6,80	7,23
	2	54600	375010,87	6,87	
	3	54600	382680,72	7,01	
	4	54600	384079,78	7,03	
	5	54600	384773,88	7,05	
	6	54600	386761,20	7,08	
	7	54600	390017,99	7,14	
	8	54600	391958,70	7,18	
	9	54600	394010,87	7,22	
	10	54600	409878,40	7,51	
	11	54600	428646,45	7,85	
	12	54600	439542,40	8,05	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	6,82	
fbk2			0,85xfpm	6,15	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	6,67	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	6,82	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	6,15	
Desvio Padrão			δ	0,382	
Coeficiente de variação %			γ	5,276	

Tabela 134 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB2, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	405043,01	7,42	8,07
	2	54600	405896,40	7,43	
	3	54600	417228,27	7,64	
	4	54600	419328,00	7,68	
	5	54600	419597,36	7,68	
	6	54600	429754,00	7,87	
	7	54600	437234,31	8,01	
	8	54600	445183,09	8,15	
	9	54600	460650,00	8,44	
	10	54600	475496,28	8,71	
	11	54600	484428,80	8,87	
	12	54600	486725,00	8,91	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	7,27	
fbk2			0,85xfpm	6,86	
fbk3			Ψ x fb(1)	7,27	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	7,27	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	6,86	
Desvio Padrão			δ	0,545	
Coeficiente de variação %			γ	6,750	

Tabela 135 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB3, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	447129,02	8,19	9,05
	2	54600	458965,23	8,41	
	3	54600	464782,00	8,51	
	4	54600	470188,95	8,61	
	5	54600	477129,02	8,74	
	6	54600	472315,56	8,65	
	7	54600	495674,75	9,08	
	8	54600	502581,91	9,20	
	9	54600	503087,97	9,21	
	10	54600	526112,52	9,64	
	11	54600	544414,08	9,97	
	12	54600	564992,79	10,35	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	8,33	
fbk2			0,85xfpm	7,69	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	8,03	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	8,33	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	7,69	
Desvio Padrão			δ	0,662	
Coeficiente de variação %			γ	7,318	

Tabela 136 - Resistência à compressão característica dos prismas ocios, PB3, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	492524,21	9,02	9,20
	2	54600	502742,91	9,21	
	3	54600	502905,41	9,21	
	4	54600	503948,84	9,23	
	5	54600	519762,00	9,52	
	6	54600	520005,51	9,52	
	7	54600	521510,20	9,55	
	8	54600	532052,59	9,74	
	9	54600	532093,37	5,00	
	10	54600	545293,78	9,99	
	11	54600	554752,77	10,16	
	12	54600	559031,51	10,24	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	8,95	
fbk2			0,85xfpm	7,82	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	8,84	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	8,95	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	7,82	
Desvio Padrão			δ	1,379	
Coeficiente de variação %			γ	14,991	

Tabela 137 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB4, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	609336,00	11,16	12,57
	2	54600	646088,63	11,83	
	3	54600	653640,23	11,97	
	4	54600	663488,40	12,15	
	5	54600	668304,00	12,24	
	6	54600	676920,00	12,40	
	7	54600	681386,33	12,48	
	8	54600	681408,00	12,48	
	9	54600	707616,00	12,96	
	10	54600	714168,00	13,08	
	11	54600	749747,77	13,73	
	12	54600	783184,87	14,34	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	11,34	
fbk2			0,85xfpm	10,68	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	10,94	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	11,34	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	10,68	
Desvio Padrão			δ	0,860	
Coeficiente de variação %			γ	6,839	

Tabela 138 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB4, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	649896,84	11,90	13,60
	2	54600	668304,00	12,24	
	3	54600	675675,00	12,38	
	4	54600	701064,00	12,84	
	5	54600	733824,00	13,44	
	6	54600	740376,00	13,56	
	7	54600	753480,00	13,80	
	8	54600	767731,43	14,06	
	9	54600	784430,56	14,37	
	10	54600	786026,47	14,40	
	11	54600	814559,03	14,92	
	12	54600	836785,57	15,33	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	11,56	
fbk2			0,85xfpm	11,56	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	11,66	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	11,66	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	11,56	
Desvio Padrão			δ	1,088	
Coeficiente de variação %			γ	8,000	

Tabela 139 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB5, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	590335,20	10,81	12,24
	2	54600	609336,00	11,16	
	3	54600	615888,00	11,28	
	4	54600	644716,80	11,81	
	5	54600	648648,00	11,88	
	6	54600	670368,00	12,28	
	7	54600	672988,80	12,33	
	8	54600	694512,00	12,72	
	9	54600	701064,00	12,84	
	10	54600	712857,60	13,06	
	11	54600	718754,40	13,16	
	12	54600	740376,00	13,56	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	10,50	
fbk2			0,85xfpm	10,40	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	10,60	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	10,60	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	10,40	
Desvio Padrão			δ	0,869	
Coeficiente de variação %			γ	7,099	

Tabela 140 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB5, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	601401,94	11,01	13,38
	2	54600	622440,00	11,40	
	3	54600	661752,00	12,12	
	4	54600	706423,43	12,94	
	5	54600	710822,03	13,02	
	6	54600	714168,00	13,08	
	7	54600	760032,00	13,92	
	8	54600	766584,00	14,04	
	9	54600	784158,07	14,36	
	10	54600	792792,00	14,52	
	11	54600	802920,23	14,71	
	12	54600	840444,60	15,39	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	11,12	
fbk2			0,85xfpm	11,37	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	10,79	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	11,12	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	11,12	
Desvio Padrão			δ	1,359	
Coeficiente de variação %			γ	10,160	

Tabela 141 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB6, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	657118,47	12,04	13,76
	2	54600	698234,77	12,79	
	3	54600	717662,40	13,14	
	4	54600	734516,10	13,45	
	5	54600	737973,60	13,52	
	6	54600	751514,40	13,76	
	7	54600	758284,80	13,89	
	8	54600	758284,80	13,89	
	9	54600	758284,80	13,89	
	10	54600	764232,88	14,00	
	11	54600	809371,49	14,82	
	12	54600	871717,52	15,97	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	12,21	
fbk2			0,85xfpm	11,70	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	11,79	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	12,21	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	11,70	
Desvio Padrão			δ	0,980	
Coeficiente de variação %			γ	7,117	

Tabela 142 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB6, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	659338,93	12,08	13,73
	2	54600	691075,01	12,66	
	3	54600	702900,67	12,87	
	4	54600	704121,60	12,90	
	5	54600	739986,50	13,55	
	6	54600	748956,28	13,72	
	7	54600	751514,40	13,76	
	8	54600	751514,40	13,76	
	9	54600	785366,40	14,38	
	10	54600	808914,12	14,82	
	11	54600	812448,00	14,88	
	12	54600	839529,60	15,38	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	11,90	
fbk2			0,85xfpm	11,67	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	11,83	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	11,90	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	11,67	
Desvio Padrão			δ	0,999	
Coeficiente de variação %			γ	7,279	

Tabela 143 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB7, com capeamento em chapa dura

capeamento	Corpo-de-prova	Area Média mm ²	Carga Máxima de rutura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	766120,00	14,03	15,27
	2	54600	789860,56	14,47	
	3	54600	793208,25	14,53	
	4	54600	818730,44	15,00	
	5	54600	824460,00	15,10	
	6	54600	824749,63	15,11	
	7	54600	845920,13	15,49	
	8	54600	850487,31	15,58	
	9	54600	853480,00	15,63	
	10	54600	853480,00	15,63	
	11	54600	853480,00	15,63	
	12	54600	928200,00	17,00	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	14,14	
fbk2			0,85xfpm	12,98	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	13,75	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	14,14	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	12,98	
Desvio Padrão			δ	0,762	
Coeficiente de variação %			γ	4,993	

Tabela 144 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB7, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	775320,00	14,20	16,09
	2	54600	807870,31	14,80	
	3	54600	821916,00	15,05	
	4	54600	861585,30	15,78	
	5	54600	875828,06	16,04	
	6	54600	895440,00	16,40	
	7	54600	901973,13	16,52	
	8	54600	906360,00	16,60	
	9	54600	917543,44	16,80	
	10	54600	922740,00	16,90	
	11	54600	928200,00	17,00	
	12	54600	928200,00	17,00	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	13,95	
fbk2			0,85xfpm	13,68	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	13,92	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	13,95	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	13,68	
Desvio Padrão			δ	0,943	
Coeficiente de variação %			γ	5,861	

Tabela 145 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB8, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	805899,38	14,76	19,13
	2	54600	947174,00	17,35	
	3	54600	1001607,94	18,34	
	4	54600	1010100,00	18,50	
	5	54600	1015560,00	18,60	
	6	54600	1028709,56	18,84	
	7	54600	1047738,44	19,19	
	8	54600	1053780,00	19,30	
	9	54600	1070160,00	19,60	
	10	54600	1124760,00	20,60	
	11	54600	1163064,63	21,30	
	12	54600	1266720,00	23,20	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	16,18	
fbk2			0,85xfpm	16,26	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	14,46	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	16,18	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	16,18	
Desvio Padrão			δ	2,075	
Coeficiente de variação %			γ	10,844	

Tabela 146 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB8, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	819000,00	15,00	16,75
	2	54600	884520,00	16,20	
	3	54600	884520,00	16,20	
	4	54600	889980,00	16,30	
	5	54600	901504,81	16,51	
	6	54600	921802,19	16,88	
	7	54600	922740,00	16,90	
	8	54600	928200,00	17,00	
	9	54600	933660,00	17,10	
	10	54600	952479,00	17,44	
	11	54600	960960,00	17,60	
	12	54600	971969,13	17,80	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	15,20	
fbk2			0,85xfpm	14,23	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	14,70	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	15,20	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	14,23	
Desvio Padrão			δ	0,767	
Coeficiente de variação %			γ	4,578	

Tabela 147 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB9, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	835632,94	15,30	16,25
	2	54600	845365,94	15,48	
	3	54600	849812,69	15,56	
	4	54600	856819,50	15,69	
	5	54600	866860,52	15,88	
	6	54600	868430,31	15,91	
	7	54600	871512,44	15,96	
	8	54600	879148,19	16,10	
	9	54600	884585,69	16,20	
	10	54600	901476,81	16,51	
	11	54600	987667,81	18,09	
	12	54600	998774,31	18,29	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	15,26	
fbk2			0,85xfpm	13,81	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	15,00	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	15,26	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	13,81	
Desvio Padrão			δ	0,965	
Coeficiente de variação %			γ	5,941	

Tabela 148 - Resistência à compressão característica dos prismas ocios, PB9, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência À compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	866861,63	15,88	16,73
	2	54600	867104,57	15,88	
	3	54600	893708,09	16,37	
	4	54600	898710,49	16,46	
	5	54600	903669,18	16,55	
	6	54600	909743,10	16,66	
	7	54600	924024,28	16,92	
	8	54600	925004,12	16,94	
	9	54600	925214,33	16,95	
	10	54600	934932,54	17,12	
	11	54600	941370,81	17,24	
	12	54600	968877,00	17,75	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	15,79	
fbk2			0,85xfpm	14,22	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	15,56	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	15,79	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	14,22	
Desvio Padrão			δ	0,545	
Coeficiente de variação %			γ	3,257	

Tabela 149 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB10, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	879060,00	16,10	16,92
	2	54600	888803,31	16,28	
	3	54600	927956,06	17,00	
	4	54600	928200,00	17,00	
	5	54600	928200,00	17,00	
	6	54600	928200,00	17,00	
	7	54600	929091,38	17,02	
	8	54600	932740,00	17,08	
	9	54600	932829,50	17,08	
	10	54600	933660,00	17,10	
	11	54600	935546,56	17,13	
	12	54600	938774,31	17,19	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	16,35	
fbk2			0,85xfpm	14,38	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	15,78	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	16,35	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	14,38	
Desvio Padrão			δ	0,347	
Coeficiente de variação %			γ	2,052	

Tabela 150 - Resistência à compressão característica dos prismas ocós, PB10, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	968877,00	17,75	17,86
	2	54600	968877,00	17,75	
	3	54600	974610,00	17,85	
	4	54600	974610,00	17,85	
	5	54600	974610,00	17,85	
	6	54600	974610,00	17,85	
	7	54600	974830,70	17,85	
	8	54600	976193,07	17,88	
	9	54600	976601,79	17,89	
	10	54600	976908,32	17,89	
	11	54600	980343,00	17,96	
	12	54600	982392,01	17,99	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	17,77	
fbk2			0,85xfpm	15,18	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	17,39	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	17,77	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	15,18	
Desvio Padrão			δ	0,071	
Coeficiente de variação %			γ	0,398	

Tabela 151 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB1, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	537483,48	9,84	12,03
	2	54600	552279,00	10,12	
	3	54600	617081,62	11,30	
	4	54600	643254,87	11,78	
	5	54600	648352,27	11,87	
	6	54600	653841,84	11,98	
	7	54600	654381,00	11,99	
	8	54600	663663,00	12,16	
	9	54600	668304,00	12,24	
	10	54600	719355,00	13,18	
	11	54600	733278,00	13,43	
	12	54600	788923,36	14,45	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	9,99	
fbk2			0,85xfpm	10,22	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	9,65	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	9,99	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	9,99	
Desvio Padrão			δ	1,288	
Coeficiente de variação %			γ	10,710	

Tabela 152 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB1, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	624624,00	11,44	12,42
	2	54600	625060,80	11,45	
	3	54600	645590,40	11,82	
	4	54600	659568,00	12,08	
	5	54600	668304,00	12,24	
	6	54600	668304,00	12,24	
	7	54600	681408,00	12,48	
	8	54600	681408,00	12,48	
	9	54600	706305,60	12,94	
	10	54600	717225,60	13,14	
	11	54600	730329,60	13,38	
	12	54600	731640,00	13,40	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	11,37	
fbk2			0,85xfpm	10,56	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	11,21	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	11,37	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	10,56	
Desvio Padrão			δ	0,681	
Coeficiente de variação %			γ	5,481	

Tabela 153 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB2, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	727272,00	13,32	14,98
	2	54600	747417,49	13,69	
	3	54600	766584,00	14,04	
	4	54600	788727,32	14,45	
	5	54600	799418,08	14,64	
	6	54600	805896,00	14,76	
	7	54600	810810,00	14,85	
	8	54600	840294,00	15,39	
	9	54600	864864,00	15,84	
	10	54600	874460,82	16,02	
	11	54600	893558,82	16,37	
	12	54600	896049,90	16,41	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	13,29	
fbk2			0,85xfpm	12,73	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	13,05	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	13,29	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	12,73	
Desvio Padrão			δ	1,032	
Coeficiente de variação %			γ	6,890	

Tabela 154 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB2, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	715260,00	13,10	15,50
	2	54600	748020,00	13,70	
	3	54600	758940,00	13,90	
	4	54600	758940,00	13,90	
	5	54600	797160,00	14,60	
	6	54600	805899,38	14,76	
	7	54600	869674,75	15,93	
	8	54600	882937,31	16,17	
	9	54600	923993,44	16,92	
	10	54600	946136,06	17,33	
	11	54600	966420,00	17,70	
	12	54600	983155,75	18,01	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	12,92	
fbk2			0,85xfpm	13,18	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	12,84	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	12,92	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	12,92	
Desvio Padrão			δ	1,722	
Coeficiente de variação %			γ	11,106	

Tabela 155 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB3, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	832309,06	15,24	18,94
	2	54600	930797,69	17,05	
	3	54600	966420,00	17,70	
	4	54600	975198,25	17,86	
	5	54600	1004640,00	18,40	
	6	54600	1042860,00	19,10	
	7	54600	1049122,38	19,21	
	8	54600	1056272,50	19,35	
	9	54600	1065268,00	19,51	
	10	54600	1086540,00	19,90	
	11	54600	1184820,00	21,70	
	12	54600	1217580,00	22,30	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	15,40	
fbk2			0,85xfpm	16,10	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	14,94	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	15,40	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	15,40	
Desvio Padrão			δ	1,923	
Coeficiente de variação %			γ	10,149	

Tabela 156 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB3, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	867714,25	15,89	18,73
	2	54600	893662,63	16,37	
	3	54600	933660,00	17,10	
	4	54600	976120,88	17,88	
	5	54600	1026480,00	18,80	
	6	54600	1026979,69	18,81	
	7	54600	1031940,00	18,90	
	8	54600	1031940,00	18,90	
	9	54600	1037400,00	19,00	
	10	54600	1051428,88	19,26	
	11	54600	1117280,13	20,46	
	12	54600	1277640,00	23,40	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	15,61	
fbk2			0,85xfpm	15,92	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	15,57	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	15,61	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	15,61	
Desvio Padrão			δ	1,960	
Coeficiente de variação %			γ	10,463	

Tabela 157 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB4, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	878372,11	16,09	19,64
	2	54600	888472,94	16,27	
	3	54600	1001261,94	18,34	
	4	54600	1010100,00	18,50	
	5	54600	1041972,13	19,08	
	6	54600	1048320,00	19,20	
	7	54600	1059240,00	19,40	
	8	54600	1081298,38	19,80	
	9	54600	1094214,88	20,04	
	10	54600	1201200,00	22,00	
	11	54600	1206660,00	22,10	
	12	54600	1354080,00	24,80	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	16,11	
fbk2			0,85xfpm	16,69	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	15,77	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	16,11	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	16,11	
Desvio Padrão			δ	2,449	
Coeficiente de variação %			γ	12,470	

Tabela 158 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB4, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1066766,25	19,54	22,17
	2	54600	1104132,88	20,22	
	3	54600	1152454,63	21,11	
	4	54600	1168440,00	21,40	
	5	54600	1168440,00	21,40	
	6	54600	1185091,88	21,70	
	7	54600	1194664,00	21,88	
	8	54600	1223040,00	22,40	
	9	54600	1261260,00	23,10	
	10	54600	1321320,00	24,20	
	11	54600	1326780,00	24,30	
	12	54600	1353006,88	24,78	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	19,76	
fbk2			0,85xfpm	18,84	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	19,15	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	19,76	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	18,84	
Desvio Padrão			δ	1,644	
Coeficiente de variação %			γ	7,415	

Tabela 159 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB5, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	981708,00	17,98	21,37
	2	54600	1042860,00	19,10	
	3	54600	1087086,00	19,91	
	4	54600	1104012,00	20,22	
	5	54600	1116570,00	20,45	
	6	54600	1152060,00	21,10	
	7	54600	1168440,00	21,40	
	8	54600	1233960,00	22,60	
	9	54600	1261260,00	23,10	
	10	54600	1277640,00	23,40	
	11	54600	1282554,00	23,49	
	12	54600	1293474,00	23,69	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	17,96	
fbk2			0,85xfpm	18,16	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	17,62	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	17,96	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	17,96	
Desvio Padrão			δ	1,896	
Coeficiente de variação %			γ	8,870	

Tabela 160 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB5, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1250340,00	22,90	24,34
	2	54600	1255786,88	23,00	
	3	54600	1272624,50	23,31	
	4	54600	1288560,00	23,60	
	5	54600	1306761,00	23,93	
	6	54600	1326712,50	24,30	
	7	54600	1326780,00	24,30	
	8	54600	1349893,00	24,72	
	9	54600	1365000,00	25,00	
	10	54600	1392300,00	25,50	
	11	54600	1406864,13	25,77	
	12	54600	1408680,00	25,80	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	22,40	
fbk2			0,85xfpm	20,69	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	22,44	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	22,44	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	20,69	
Desvio Padrão			δ	1,033	
Coeficiente de variação %			γ	4,245	

Tabela 161 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB6, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	950040,00	17,40	22,35
	2	54600	1000040,00	18,32	
	3	54600	1064700,00	19,50	
	4	54600	1104700,00	20,23	
	5	54600	1152060,00	21,10	
	6	54600	1162060,00	21,28	
	7	54600	1311320,00	24,02	
	8	54600	1321320,00	24,20	
	9	54600	1359540,00	24,90	
	10	54600	1369540,00	25,08	
	11	54600	1419600,00	26,00	
	12	54600	1429600,00	26,18	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	17,34	
fbk2			0,85xfpm	19,00	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	17,05	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	17,34	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	17,34	
Desvio Padrão			δ	3,079	
Coeficiente de variação %			γ	13,775	

Tabela 162 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB6, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1299480,00	23,80	24,50
	2	54600	1299480,00	23,80	
	3	54600	1304940,00	23,90	
	4	54600	1304940,00	23,90	
	5	54600	1304940,00	23,90	
	6	54600	1304940,00	23,90	
	7	54600	1359540,00	24,90	
	8	54600	1359540,00	24,90	
	9	54600	1359540,00	24,90	
	10	54600	1359540,00	24,90	
	11	54600	1397760,00	25,60	
	12	54600	1397760,00	25,60	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	23,82	
fbk2			0,85xfpm	20,83	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	23,32	
maior valor entre fpk1 e fpk3			fpk4	23,82	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	20,83	
Desvio Padrão			δ	0,706	
Coeficiente de variação %			γ	2,881	

Tabela 163 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB7, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	982800,00	18,00	20,56
	2	54600	1019252,81	18,67	
	3	54600	1020175,44	18,68	
	4	54600	1065614,00	19,52	
	5	54600	1089717,13	19,96	
	6	54600	1109092,00	20,31	
	7	54600	1122354,50	20,56	
	8	54600	1124760,00	20,60	
	9	54600	1152060,00	21,10	
	10	54600	1212120,00	22,20	
	11	54600	1223040,00	22,40	
	12	54600	1348620,00	24,70	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	17,62	
fbk2			0,85xfpm	17,47	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	17,64	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	17,64	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	17,47	
Desvio Padrão			δ	1,875	
Coeficiente de variação %			γ	9,120	

Tabela 164 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB7, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1168440,00	21,40	23,60
	2	54600	1190280,00	21,80	
	3	54600	1193626,00	21,86	
	4	54600	1195740,00	21,90	
	5	54600	1200891,63	21,99	
	6	54600	1283811,13	23,51	
	7	54600	1288885,50	23,61	
	8	54600	1294020,00	23,70	
	9	54600	1386840,00	25,40	
	10	54600	1386840,00	25,40	
	11	54600	1422548,50	26,05	
	12	54600	1448842,88	26,54	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	20,07	
fbk2			0,85xfpm	20,06	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	20,97	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	20,97	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	20,06	
Desvio Padrão			δ	1,851	
Coeficiente de variação %			γ	7,846	

Tabela 165 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB8, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	1092000,00	20,00	24,18
	2	54600	1146600,00	21,00	
	3	54600	1201200,00	22,00	
	4	54600	1272180,00	23,30	
	5	54600	1292000,00	23,66	
	6	54600	1315860,00	24,10	
	7	54600	1346600,00	24,66	
	8	54600	1394020,00	25,53	
	9	54600	1394020,00	25,53	
	10	54600	1401200,00	25,66	
	11	54600	1472180,00	26,96	
	12	54600	1515860,00	27,76	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	19,89	
fbk2			0,85xfpm	20,55	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	19,60	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	19,89	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	19,89	
Desvio Padrão			δ	2,337	
Coeficiente de variação %			γ	9,663	

Tabela 166 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB8, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1414014,38	25,90	27,93
	2	54600	1446900,00	26,50	
	3	54600	1452072,00	26,59	
	4	54600	1501500,00	27,50	
	5	54600	1517000,63	27,78	
	6	54600	1523340,00	27,90	
	7	54600	1523340,00	27,90	
	8	54600	1534260,00	28,10	
	9	54600	1553559,13	28,45	
	10	54600	1556100,00	28,50	
	11	54600	1622524,13	29,72	
	12	54600	1654008,13	30,29	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	25,81	
fbk2			0,85xfpm	23,74	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	25,38	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	25,81	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	23,74	
Desvio Padrão			δ	1,264	
Coeficiente de variação %			γ	4,525	

Tabela 167 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB9, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	1246445,38	22,83	25,20
	2	54600	1254864,25	22,98	
	3	54600	1282773,13	23,49	
	4	54600	1326366,50	24,29	
	5	54600	1346445,38	24,66	
	6	54600	1354864,25	24,81	
	7	54600	1382773,13	25,33	
	8	54600	1399713,88	25,64	
	9	54600	1426366,50	26,12	
	10	54600	1446190,38	26,49	
	11	54600	1499713,88	27,47	
	12	54600	1546190,38	28,32	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	22,49	
fbk2			0,85xfpm	21,42	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	22,37	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	22,49	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	21,42	
Desvio Padrão			δ	1,713	
Coeficiente de variação %			γ	6,799	

Tabela 168 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB9, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1415232,00	25,92	27,80
	2	54600	1429974,00	26,19	
	3	54600	1479114,00	27,09	
	4	54600	1498770,00	27,45	
	5	54600	1504383,98	27,55	
	6	54600	1514970,90	27,75	
	7	54600	1528254,00	27,99	
	8	54600	1536559,99	28,14	
	9	54600	1557318,72	28,52	
	10	54600	1574029,47	28,83	
	11	54600	1582308,00	28,98	
	12	54600	1595203,32	29,22	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	25,93	
fbk2			0,85xfpm	23,63	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	25,40	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	25,93	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	23,63	
Desvio Padrão			δ	1,042	
Coeficiente de variação %			γ	3,749	

Tabela 169 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB10, com capeamento em chapa dura

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Chapa dura	1	54600	1249559,25	22,89	25,11
	2	54600	1272180,00	23,30	
	3	54600	1294020,00	23,70	
	4	54600	1294020,00	23,70	
	5	54600	1305377,13	23,91	
	6	54600	1309874,88	23,99	
	7	54600	1321320,00	24,20	
	8	54600	1386840,00	25,40	
	9	54600	1418627,38	25,98	
	10	54600	1511580,38	27,68	
	11	54600	1517880,00	27,80	
	12	54600	1570627,38	28,77	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk, est	23,01	
fbk2			0,85xfpm	21,34	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	22,43	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	23,01	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	21,34	
Desvio Padrão			δ	1,996	
Coeficiente de variação %			γ	7,947	

Tabela 170 - Resistência à compressão característica dos prismas grauteados, PB10, com capeamento em pasta de cimento

Capeamento	Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
				Individual	Média
Pasta de cimento	1	54600	1604723,50	29,39	30,93
	2	54600	1618199,36	29,64	
	3	54600	1644279,00	30,12	
	4	54600	1654653,00	30,31	
	5	54600	1659840,00	30,40	
	6	54600	1670569,06	30,60	
	7	54600	1683277,93	30,83	
	8	54600	1685775,00	30,88	
	9	54600	1749013,89	32,03	
	10	54600	1753834,55	32,12	
	11	54600	1768767,00	32,40	
	12	54600	1773954,00	32,49	
n - quantidade de blocos da amostra			n=n° de blocos	12,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar			i	6,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5			valor Ψ	0,98	
fbk1			fbk,est	29,34	
fbk2			0,85xfpm	26,29	
fbk3			$\Psi \times fb(1)$	28,80	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}			f _{pk4}	29,34	
fbk - resistência característica á compressão			fbk	26,29	
Desvio Padrão			δ	1,075	
Coeficiente de variação %			γ	3,476	

Tabela 171 – Resistência à compressão/bloco de 4 MPa com capeamento de forro pacote

Corpo de prova	Area Média (mm ²)	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	394857,69	7,23	8,06
2	54600	428872,5	7,85	
3	54600	444722,41	8,15	
4	54600	452011,03	8,28	
5	54600	456407,34	8,36	
6	54600	464485,03	8,51	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	6,94	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	6,44	
fbk - resistência		fbk	6,94	
Desvio Padrão		δ	0,463	
Coeficiente de variação %		γ	5,744	

Tabela 172 – Resistência à compressão/bloco 4 MPa com capeamento de pasta de cimento

Corpo de prova	Area Média (mm ²)	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	430145,13	7,88	8,14
2	54600	430723,59	7,89	
3	54600	438359,31	8,03	
4	54600	448424,56	8,21	
5	54600	455597,5	8,34	
6	54600	463464,59	8,49	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	7,74	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	7,01	
fbk - resistência		fbk	7,74	
Desvio Padrão		δ	0,250	
Coeficiente de variação %		γ	3,071	

Tabela 173 – Resistência à compressão/bloco 4 Mpa com capeamento chapa dura

Corpo de prova	Area Média (mm ²)	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	414577,06	7,59	7,95
2	54600	415849,69	7,62	
3	54600	424707,56	7,78	
4	54600	444606,72	8,14	
5	54600	451663,97	8,27	
6	54600	454173,59	8,32	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	7,43	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	6,76	
fbk - resistência		fbk	7,43	
Desvio Padrão		δ	0,330	
Coeficiente de variação %		γ	4,150	

Tabela 174 – Resistência à compressão/bloco 4 MPa com capeamento de compensado

Corpo de prova	Area Média mm ²	Carga Máxima de	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	326947,3	5,99	6,54
2	54600	339673,5	6,22	
3	54600	359572,6	6,59	
4	54600	359572,6	6,59	
5	54600	364778,8	6,68	
6	54600	393123,5	7,20	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	5,62	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	5,33	
fbk - resistência		fbk	5,62	
Desvio Padrão		δ	0,416	
Coeficiente de variação %		γ	6,360	

Tabela 175 – Resistência à compressão/bloco 4 MPa retificados

Corpo de prova	Area Média mm ²	Carga Máxima de rutura (N)	Resistência á compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	438590,69	8,03	8,57
2	54600	449234,41	8,23	
3	54600	453167,97	8,30	
4	54600	475612,31	8,71	
5	54600	485446,19	8,89	
6	54600	504882,56	9,25	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	7,96	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	7,15	
fbk - resitência		fbk	7,96	
Desvio Padrão		δ	0,460	
Coeficiente de variação %		γ	5,373	

Tabela 176 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa com capeamento forro pacote

Corpo de prova	Area Média mm ²	Carga Máxima de rutura (N)	Resistência á compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	666664,94	12,21	13,11
2	54600	689981,81	12,64	
3	54600	719976,69	13,19	
4	54600	730945,94	13,39	
5	54600	737656,06	13,51	
6	54600	748415,5	13,71	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,66	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	10,87	
fbk - resitência		fbk	11,66	
Desvio Padrão		δ	0,572	
Coeficiente de variação %		γ	4,361	

Tabela 177 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa com capeamento pasta de cimento

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	644986,31	11,81	12,20
2	54600	645217,69	11,82	
3	54600	660604,81	12,10	
4	54600	661993,13	12,12	
5	54600	675297,75	12,37	
6	54600	707691,69	12,96	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,53	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	10,51	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	11,53	
Desvio Padrão		δ	0,429	
Coefficiente de variação %		γ	3,517	

Tabela 178 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa com chapa dura

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	654327,75	11,98	12,67
2	54600	669431,88	12,26	
3	54600	677546,38	12,41	
4	54600	716644,5	13,13	
5	54600	716730,56	13,13	
6	54600	716831,44	13,13	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,84	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	10,67	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	11,84	
Desvio Padrão		δ	0,516	
Coeficiente de variação %		γ	4,074	

Tabela 179 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa com compensado

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	579081,91	10,61	11,15
2	54600	589956,69	10,81	
3	54600	595354,19	10,90	
4	54600	613286,56	11,23	
5	54600	615947,44	11,28	
6	54600	660489,13	12,10	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	10,51	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	9,44	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	10,51	
Desvio Padrão		δ	0,528	
Coeficiente de variação %		γ	4,737	

Tabela 180 – Resistência à compressão/bloco 8 MPa retificados

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	661067,56	12,11	11,83
2	54600	646143,25	11,83	
3	54600	642209,69	11,76	
4	54600	650308,19	11,91	
5	54600	629946,25	11,54	
6	54600	645935,00	11,83	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,47	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	10,27	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	11,47	
Desvio Padrão		δ	0,186	
Coeficiente de variação %		γ	1,575	

Tabela 181 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa com capeamento de forro pacote

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	912356,8	16,71	17,29
2	54600	929568,75	17,03	
3	54600	937457,25	17,17	
4	54600	946041,6	17,33	
5	54600	960480,06	17,59	
6	54600	979453,63	17,94	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	16,57	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	14,87	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	16,57	
Desvio Padrão		δ	0,432	
Coeficiente de variação %		γ	2,499	

Tabela 182 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa com capeamento com pasta de cimento

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	786825,44	14,41	15,39
2	54600	819219,38	15,00	
3	54600	835879,13	15,31	
4	54600	840067	15,39	
5	54600	841316,69	15,41	
6	54600	917095,31	16,80	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	14,11	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	12,83	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	14,11	
Desvio Padrão		δ	0,787	
Coefficiente de variação %		γ	5,112	

Tabela 183 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa com capeamento com chapa dura

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	858542,44	15,72	16,64
2	54600	881432,38	16,14	
3	54600	884968,38	16,21	
4	54600	972859,19	17,82	
5	54600	948753,5	17,38	
6	54600	905711,2	16,59	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	15,66	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	13,99	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	15,66	
Desvio Padrão		δ	0,801	
Coeficiente de variação %		γ	4,810	

Tabela 184 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa com capeamento com compensado

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	849896,19	15,57	16,75
2	54600	879669,38	16,11	
3	54600	894419,56	16,38	
4	54600	952844,38	17,45	
5	54600	951536,13	17,43	
6	54600	957552,13	17,54	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	15,30	
fbk2		$\psi \times fb(1)$	13,85	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	15,30	
Desvio Padrão		δ	0,839	
Coeficiente de variação %		γ	5,008	

Tabela 185 – Resistência à compressão/bloco 16 MPa retificados

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	842986,81	15,44	15,90
2	54600	850687,75	15,58	
3	54600	870008,44	15,93	
4	54600	872090,94	15,97	
5	54600	882966,00	16,17	
6	54600	891411,56	16,33	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	15,09	
fbk2		$\Psi \times fb(1)$	13,74	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	15,09	
Desvio Padrão		δ	0,339	
Coeficiente de variação %		γ	2,134	

Tabela 186 – Resistência à compressão/prismas ocós com blocos de 4MPa e capeamento de forro pacote

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	300300	6,00	6,55
2	54600	338520	6,20	
3	54600	354900	6,50	
4	54600	371280	6,80	
5	54600	376740	6,90	
6	54600	376740	6,90	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	5,70	
fbk2		0,85xfpm	5,57	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	5,34	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	5,70	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	5,57	
Desvio Padrão		δ	0,383	
Coeficiente de variação %		γ	5,854	

Tabela 187 – Resistência à compressão/prismas ociosos com blocos de 4MPa e capeamento de pasta de cimento

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	343980	6,30	7,02
2	54600	376740	6,90	
3	54600	376740	6,90	
4	54600	382200	7,00	
5	54600	398580	7,30	
6	54600	420420	7,70	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
f _{pk1}		fbk,est	6,30	
f _{pk2}		0,85xf _{pm}	5,96	
f _{pk3}		$\Psi \times fb(1)$	5,61	
maior valor entre f _{pk1} e f _{pk3}		f _{pk4}	6,30	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	5,96	
Desvio Padrão		δ	0,467	
Coeficiente de variação %		γ	6,649	

Tabela 188 – Resistência à compressão/prismas ocas com blocos de 4MPa e capeamento com chapa dura

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	267540	5,60	6,08
2	54600	322140	5,90	
3	54600	327600	6,00	
4	54600	327600	6,00	
5	54600	343980	6,30	
6	54600	365820	6,70	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	5,50	
fbk2		0,85xfpm	5,17	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	4,98	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	5,50	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	5,17	
Desvio Padrão		δ	0,376	
Coeficiente de variação %		γ	6,187	

Tabela 189 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 4MPa e capeamento com compensado

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	327600	6,00	6,65
2	54600	338520	6,20	
3	54600	365820	6,70	
4	54600	376740	6,90	
5	54600	382200	7,00	
6	54600	387660	7,10	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	5,50	
fbk2		0,85xfpm	5,65	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	5,34	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	5,50	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	5,50	
Desvio Padrão		δ	0,451	
Coeficiente de variação %		γ	6,775	

Tabela 190 – Resistência à compressão/prismas ocós com blocos de 4MPa retificados

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	376740	6,90	6,62
2	54600	327600	6,00	
3	54600	354900	6,50	
4	54600	360360	6,60	
5	54600	365820	6,70	
6	54600	382200	7,00	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	6,40	
fbk2		0,85xfpm	5,62	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	6,14	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	6,40	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	5,62	
Desvio Padrão		δ	0,354	
Coeficiente de variação %		γ	5,358	

Tabela 191 – Resistência à compressão/prismas ocós com blocos de 8MPa com capeamento de forro pacote

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	556920	10,20	10,82
2	54600	556920	10,20	
3	54600	595140	10,90	
4	54600	595140	10,90	
5	54600	611520	11,20	
6	54600	627900	11,50	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	9,50	
fbk2		0,85xfpm	9,19	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	9,08	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	9,50	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	9,19	
Desvio Padrão		δ	0,527	
Coeficiente de variação %		γ	4,872	

Tabela 192 – Resistência à compressão/prismas ocos com blocos de 8MPa com capeamento de pasta de cimento

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	491400	9,00	9,58
2	54600	507780	9,30	
3	54600	518700	9,50	
4	54600	524160	9,60	
5	54600	573300	10,50	
6	54600	589680	9,58	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	8,80	
fbk2		0,85xfpm	8,14	
fbk3		$\psi \times fb(1)$	8,01	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	8,80	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	8,14	
Desvio Padrão		δ	0,504	
Coeficiente de variação %		γ	5,257	

Tabela 193 – Resistência à compressão/prismas ociosos com blocos de 8MPa com capeamento com chapa dura

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	529620	9,70	10,32
2	54600	546000	10,00	
3	54600	556920	10,20	
4	54600	578760	10,60	
5	54600	578760	10,60	
6	54600	589680	10,80	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	9,50	
fbk2		0,85xfpm	8,77	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	8,63	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	9,50	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	8,77	
Desvio Padrão		δ	0,422	
Coeficiente de variação %		γ	4,086	

Tabela 194 – Resistência à compressão/prismas ocas com blocos de 8MPa com capeamento com compensado

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	442260	8,10	8,82
2	54600	464100	8,50	
3	54600	475020	8,70	
4	54600	491400	9,00	
5	54600	507780	9,30	
6	54600	507780	9,30	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	7,90	
fbk2		0,85xfpm	7,49	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	7,21	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	7,90	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	7,49	
Desvio Padrão		δ	0,475	
Coeficiente de variação %		γ	5,388	

Tabela 195 – Resistência à compressão/prismas ocós com blocos de 8MPa retificados

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	398580	7,30	7,87
2	54600	398580	7,30	
3	54600	414960	7,60	
4	54600	414960	7,60	
5	54600	425880	7,80	
6	54600	524160	9,60	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	7,00	
fbk2		0,85xfpm	6,69	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	6,50	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	7,00	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	6,69	
Desvio Padrão		δ	0,871	
Coeficiente de variação %		γ	11,072	

Tabela 196 – Resistência à compressão/prismas ociosos com blocos de 16MPa com capeamento de ferro pacote

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	764400	14,00	14,24
2	54600	769860	14,10	
3	54600	742560	13,60	
4	54600	857220	15,70	
5	54600	727272	13,32	
6	54600	802620	14,70	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	14,50	
fbk2		0,85xfpm	12,10	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	12,46	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	14,50	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	12,10	
Desvio Padrão		δ	0,857	
Coeficiente de variação %		γ	6,023	

Tabela 197 – Resistência à compressão/prismas ocios com blocos de 16MPa com capeamento de pasta de cimento

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	638820	11,70	13,47
2	54600	731640	13,40	
3	54600	748020	13,70	
4	54600	758940	13,90	
5	54600	764400	14,00	
6	54600	769860	14,10	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,40	
fbk2		0,85xfpm	11,45	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	10,41	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	11,40	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	11,40	
Desvio Padrão		δ	0,900	
Coeficiente de variação %		γ	6,686	

Tabela 198 – Resistência à compressão/prismas ocios com blocos de 16MPa com capeamento com chapa dura

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	753480	13,80	14,12
2	54600	731640	13,40	
3	54600	764400	14,00	
4	54600	764400	14,00	
5	54600	764400	14,00	
6	54600	846300	15,50	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	13,20	
fbk2		0,85xfpm	12,00	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	12,28	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	13,20	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	12,00	
Desvio Padrão		δ	0,717	
Coeficiente de variação %		γ	5,077	

Tabela 199 – Resistência à compressão/prismas ocios com blocos de 16MPa com capeamento com compensado

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	709800	13,00	14,05
2	54600	715260	13,10	
3	54600	780780	14,30	
4	54600	780780	14,30	
5	54600	797160	14,60	
6	54600	819000	15,00	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,80	
fbk2		0,85xfpm	11,94	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	11,57	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	11,80	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	11,80	
Desvio Padrão		δ	0,817	
Coeficiente de variação %		γ	5,813	

Tabela 200 – Resistência à compressão/prismas ocós com blocos de 16MPa retificados

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	753480	13,80	13,87
2	54600	731640	13,40	
3	54600	764400	14,00	
4	54600	764400	14,00	
5	54600	764400	14,00	
6	54600	764400	14,00	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	13,20	
fbk2		0,85xfpm	11,79	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	12,28	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	13,20	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	11,79	
Desvio Padrão		δ	0,242	
Coeficiente de variação %		γ	1,747	

Tabela 201 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1 e blocos de 4MPa capeados com forro pacote

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	569901,81	10,44	11,97
2	54600	619649,63	11,35	
3	54600	657712,5	12,05	
4	54600	667315	12,22	
5	54600	685131,63	12,55	
6	54600	720186,5	13,19	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	9,74	
fbk2		0,85xfpm	10,17	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	9,29	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	9,74	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	9,74	
Desvio Padrão		δ	0,962	
Coeficiente de variação %		γ	8,039	

Tabela 202 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1e blocos de 4MP capeados com pasta de cimento

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	600213,25	10,99	12,00
2	54600	605882,19	11,10	
3	54600	633185,69	11,60	
4	54600	672983,94	12,33	
5	54600	691957,5	12,67	
6	54600	727012,38	13,32	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for ímpar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	10,49	
fbk2		0,85xfpm	10,20	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	9,78	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	10,49	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	10,20	
Desvio Padrão		δ	0,925	
Coefficiente de variação %		γ	7,712	

Tabela 203 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1 e blocos de 4MPa capeados com chapa dura

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	559026,69	10,24	11,53
2	54600	597668,06	10,95	
3	54600	611666,81	11,20	
4	54600	634319,5	11,62	
5	54600	666273,75	12,20	
6	54600	706961,94	12,95	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	9,98	
fbk2		0,85xfpm	9,80	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	9,11	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	9,98	
fbk - resistência característica à compressão		fbk	9,80	
Desvio Padrão		δ	0,958	
Coeficiente de variação %		γ	8,310	

Tabela 204 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1 e blocos de 4MPa capeados com compensado

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	565505,5	10,36	12,50
2	54600	654357,44	11,98	
3	54600	672289,75	12,31	
4	54600	710584	13,01	
5	54600	748993,94	13,72	
6	54600	742313,44	13,60	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	10,03	
fbk2		0,85xfpm	10,62	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	9,22	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	10,03	
fbk - resistência característica à compressão		fbk	10,03	
Desvio Padrão		Δ	1,252	
Coeficiente de variação %		Γ	10,020	

Tabela 205 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G1 e blocos de 4MPa retificados

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	644986,31	11,81	12,20
2	54600	645217,69	11,82	
3	54600	660604,81	12,10	
4	54600	661993,13	12,12	
5	54600	675297,75	12,37	
6	54600	707691,69	12,96	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,53	
fbk2		0,85xfpm	10,37	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	10,51	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	11,53	
fbk - resistência característica à compressão		fbk	10,37	
Desvio Padrão		δ	0,429	
Coeficiente de variação %		γ	3,517	

Tabela 206 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa capeados com forro pacote

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	673215,31	12,33	13,45
2	54600	694965,5	12,73	
3	54600	712550,81	13,05	
4	54600	726896,69	13,31	
5	54600	745060,44	13,65	
6	54600	854274,25	15,65	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	12,01	
fbk2		0,85xfpm	11,43	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	10,97	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	12,01	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	11,43	
Desvio Padrão		δ	1,167	
Coeficiente de variação %		γ	8,678	

Tabela 207 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa capeados com pasta de cimento

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	770165,69	14,11	15,26
2	54600	778611,25	14,26	
3	54600	819797,88	15,01	
4	54600	887362,31	16,25	
5	54600	908996,88	16,65	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	5,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	2,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	13,35	
fbk2		0,85xfpm	12,97	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	12,55	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	13,35	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	12,97	
Desvio Padrão		δ	1,151	
Coeficiente de variação %		γ	7,548	

Tabela 208 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa capeados com chapa dura

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	660756,13	12,10	13,45
2	54600	663959,88	12,16	
3	54600	682868,25	12,51	
4	54600	773520,81	14,17	
5	54600	813203,38	14,89	
6	54600	813203,38	14,89	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,76	
fbk2		0,85xfpm	11,44	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	10,77	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	11,76	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	11,44	
Desvio Padrão		δ	1,346	
Coeficiente de variação %		γ	10,002	

Tabela 209 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa capeados com compensado

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	634921,06	11,63	12,66
2	54600	658753,75	12,07	
3	54600	683743,31	12,52	
4	54600	707460,31	12,96	
5	54600	724351,44	13,27	
6	54600	738118,88	13,52	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		l	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	11,17	
fbk2		0,85xfpm	10,76	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	10,35	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	11,17	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	10,76	
Desvio Padrão		Δ	0,725	
Coeficiente de variação %		Γ	5,729	

Tabela 210 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G2 e blocos de 8MPa retificados

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	604001,50	11,06	13,00
2	54600	682239,31	12,50	
3	54600	715327,44	13,10	
4	54600	748184,13	13,70	
5	54600	751307,81	13,76	
6	54600	758133,69	13,89	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	10,46	
fbk2		0,85xfpm	11,05	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	9,85	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	10,46	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	10,46	
Desvio Padrão		δ	1,084	
Coeficiente de variação %		γ	8,338	

Tabela 211 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 16MPa capeados com forro pacote

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	930978,44	17,05	19,34
2	54600	957587,75	17,54	
3	54600	1021681,44	18,71	
4	54600	1168032,63	21,39	
5	54600	1202277,63	22,02	
6	54600	1270883,38	23,28	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	15,88	
fbk2		0,85xfpm	16,44	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	15,18	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	15,88	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	15,88	
Desvio Padrão		δ	2,576	
Coeficiente de variação %		γ	13,316	

Tabela 212 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 16MPa capeados com pasta de cimento

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	1041233,5	19,07	21,22
2	54600	1124532,13	20,60	
3	54600	1138878,13	20,86	
4	54600	1158314,38	21,21	
5	54600	1158638,35	21,22	
6	54600	1330233,63	24,36	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	18,81	
fbk2		0,85xfpm	18,04	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	16,97	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	18,81	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	18,04	
Desvio Padrão		δ	1,733	
Coeficiente de variação %		γ	8,168	

Tabela 213 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 168MPa capeados com chapa dura

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	724467,13	13,27	17,59
2	54600	770165,69	14,11	
3	54600	826855,13	15,14	
4	54600	869545,69	15,93	
5	54600	1093179,5	20,02	
6	54600	1243348,5	22,77	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	5,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	2,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	13,32	
fbk2		0,85xfpm	14,95	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	12,55	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	13,32	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	13,32	
Desvio Padrão		δ	3,663	
Coeficiente de variação %		γ	20,818	

Tabela 214 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 16MPa capeados com compensado

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	864455,19	15,83	19,53
2	54600	897774,69	16,44	
3	54600	1025615	18,78	
4	54600	1061595,38	19,44	
5	54600	1164908,88	21,34	
6	54600	1181915,75	21,65	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	6,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		l	3,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	13,49	
fbk2		0,85xfpm	16,60	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	14,09	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	14,09	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	14,09	
Desvio Padrão		Δ	2,418	
Coeficiente de variação %		Γ	12,380	

Tabela 215 – Resistência à compressão/prismas cheios com graute G4 e blocos de 16MPa retificados

Corpo-de-prova	Área Média mm ²	Carga Máxima de ruptura (N)	Resistência à compressão (MPa)	
			Individual	Média
1	54600	1070735,13	19,61	20,98
2	54600	1076519,75	19,72	
3	54600	1207136,75	22,11	
4	54600	1207137,75	22,11	
5	54600	1165256	21,34	
n - quantidade de blocos da amostra		n=n° de blocos	5,00	
i=n/2 ou i=(n-1)/2 se n for impar		i	2,00	
NBR 6136 item 6.5.1.2 tabela 5		valor Ψ	0,89	
fbk1		fbk,est	17,22	
fbk2		0,85xfpm	17,83	
fbk3		$\Psi \times fb(1)$	17,45	
maior valor entre fpk1 e fpk3		fpk4	17,45	
fbk - resistência característica á compressão		fbk	17,45	
Desvio Padrão		δ	1,240	
Coefficiente de variação %		γ	5,911	

Tabela 216 – Blocos de 4 MPa, largura, altura, comprimento e área bruta

Corpo-de-prova nº	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Área bruta (mm ²)
1	139,67	188,67	390,17	54493,28
2	139,33	189,83	390,17	54363,22
3	138,83	187,83	389,33	54052,44
4	139,00	188,17	389,33	54117,33
5	138,83	188,00	389,83	54121,86
6	139,17	188,67	390,33	54321,39

Tabela 217 – Blocos de 4 MPa, espessura mínima longitudinal e transversal e espessura equivalente

Corpo-de-prova nº	Longitudinais	Transversais	Espessura Equivalente (mm/m)
1	25,13	25,00	192
2	24,00	24,17	186
3	24,13	24,50	189
4	24,25	24,17	186
5	23,75	24,67	190
6	24,75	24,33	187

Tabela 218 – Blocos de 4 MPa, dimensão dos furos

Dimensões dos Furos (mm)					
Corpo-de-prova nº	Furo 1		Furo 2		D furo
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal	
1	150	80	148	81	80
2	151	80	151	80	80
3	148	80	151	79	79
4	148	80	150	79	79
5	148	80	151	79	79
6	150	79	150	79	79

Tabela 219 – Blocos de 4 MPa, raio das mísulas

Corpo-de-prova nº	Raio das mísulas			
	Mísula 1 (mm)		Mísula 2 (mm)	
	1	2	1	2
1	43	43	45	45
2	42	43	42	45
3	45	45	45	46
4	44	46	47	46
5	44	45	47	45
6	46	45	45	47

Tabela 220 – Blocos de 8 MPa, largura, altura, comprimento e área bruta

Corpo-de-prova nº	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Área bruta (mm ²)
1	139,00	188,17	389,50	54140,50
2	139,33	186,67	389,67	54293,56
3	139,33	189,33	389,67	54293,56
4	139,00	188,17	389,17	54094,17
5	139,00	189,67	389,67	54163,67
6	138,83	190,00	389,17	54029,31

Tabela 221 – Blocos de 8 MPa, espessura mínima longitudinal e transversal e espessura equivalente

Corpo-de-prova n°	Longitudinais	Transversais	Espessura Equivalente (mm/m)
1	24,50	25,33	195
2	24,38	24,83	191
3	23,75	24,83	191
4	24,50	25,00	193
5	24,50	24,50	189
6	24,25	24,50	189

Tabela 222 – Blocos de 8 MPa, dimensões dos furos

Dimensões dos Furos (mm)					
Corpo-de-prova n°	Furo 1		Furo 2		D _{furo}
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal	
1	148	81	146	80	80
2	147	81	148	81	81
3	146	80	148	80	80
4	148	80	148	79	79
5	147	80	147	80	80
6	147	79	146	79	79

Tabela 223 – Blocos de 8 MPa, raio das mísulas

Corpo-de-prova n°	Raio das mísulas			
	Mísula 1 (mm)		Mísula 2 (mm)	
	1	2	1	2
1	43	42	44	46
2	43	43	45	45
3	43	42	43	43
4	43	44	41	43
5	43	42	43	43
6	43	42	43	43

Tabela 224 – Blocos de 16MPa, largura, altura, comprimento e área bruta

Corpo-de-prova n°	Largura (mm)	Altura (mm)	Comprimento (mm)	Área bruta(mm ²)
1	139,00	189,33	390,50	54279,50
2	139,50	189,17	389,33	54312,00
3	139,33	191,00	389,67	54293,56
4	138,67	191,00	390,33	54126,22
5	138,83	191,00	389,67	54098,72
6	140,67	189,67	390,67	54953,78

Tabela 225 – Blocos de 16 MPa, espessura mínima longitudinal e transversal e espessura equivalente

Corpo-de-prova n°	Longitudinais	Transversais	Espessura Equivalente (mm/m)
1	24,75	24,33	187
2	23,88	24,83	191
3	24,25	24,33	187
4	24,38	23,83	183
5	24,13	24,17	186
6	24,25	25,67	197

Tabela 226 – Blocos de 16 MPa, dimensão dos furos

Dimensões dos Furos (mm)					
Corpo-de-prova n°	Furo 1		Furo 2		D furo
	longitudinal	transversal	longitudinal	transversal	
1	150	80	149	79	79
2	151	79	149	82	79
3	150	80	149	82	80
4	151	80	150	80	80
5	151	79	150	82	79
6	151	80	149	79	79

Tabela 227 – Blocos de 16 MPa, raio das mísulas

Corpo-de-prova n°	Raio das mísulas			
	Mísula 1 (mm)		Mísula 2 (mm)	
	1	2	1	2
1	42	45	44	46
2	47	47	45	45
3	46	47	45	45
4	46	47	45	47
5	47	47	48	45
6	47	47	44	46