

CUTTER 5.5812
ANO/EDIÇÃO 2015

CENTRO UNIVERSITARIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA CIVIL
ANDRÉ LUIZ PAIVA SILVEIRA

**UTILIZAÇÃO DO BLOCO DE AUTO ENCAIXE (BLOCO Z), NOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

**Varginha
2015**

ANDRÉ LUIZ PAIVA SILVEIRA

**UTILIZAÇÃO DO BLOCO DE AUTO ENCAIXE (BLOCO Z), NOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Monografia apresentada ao curso Engenharia Civil do
Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG como
pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob
orientação do Professor Antonio de Faria.

**Varginha
2015**

ANDRÉ LUIZ PAIVA SILVEIRA

**UTILIZAÇÃO DO BLOCO DE AUTO ENCAIXE (BLOCO Z), NOS SISTEMAS
CONSTRUTIVOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil
do Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG
como pré-requisito para a obtenção do grau de bacharel
pela Banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em 01 de Dezembro de 2015.

Prof. Me. Sc. Antonio de Faria

Prof. M.e Armando Belato Pereira

Prof.^a Dr.^a Luciana Coimbra Bracarense Veloso

OBS.:

Dedico este trabalho ao criador do
macrocosmo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço minha família, meus professores, meus colegas e todos que contribuíram na minha formação, do Ensino Fundamental ao Superior.

“Vigente no simples e funcional a exatidão
pondera.”
André Luiz Paiva Silveira

RESUMO

O conteúdo presente no trabalho, diz respeito aos sistemas construtivos de alvenaria estrutural, aborda literatura de conceituados profissionais especialistas na área, além de seguir as diretrizes das Normas Regulamentadoras Brasileiras (NBR). O conhecimento dos componentes da alvenaria estrutural são minuciosamente detalhados, para efeito de compreender suas características e funcionalidade, após a absorção das informações segue-se com estudo focado em viabilizar o uso do bloco de auto encaixe (Bloco Z), onde em algumas situações, à princípio ele poderá suprir as desvantagens dos blocos convencionais encontrados na construção civil, para efeito de provar sua suposta eficiência, a aplicabilidade do elemento estrutural estará evidente em projetos e conseqüentemente estudos para fabricação de um protótipo os quais serão submetidos a ensaios do elemento para comprovar suas características, físicas, geométricas, mecânica e a modulação do mesmo será aplicada em layouts para completar o quadro de experimentos do novo tipo de bloco.

Palavras-chave: Alvenaria Estrutural. Bloco. Argamassa. Armadura .Graute.

ABSTRACT

This content at work, concerns the construction of masonry systems, discusses literature highly professional experts in the field, in addition to following the guidelines of the Brazilian Regulatory Standards (NBR). The knowledge of the components of masonry are thoroughly detailed to effect to understand its features and functionality, after absorption of the information follows a study focused on the use of enable self-docking block (Z block), which in some situations, it may in principle overcome the disadvantages of conventional building blocks found in civil, for the purpose of proving their alleged efficiency, the applicability of the structural element is evident in projects and therefore studies for the production of a prototype, in order to report their mechanical, physical and geometric functions, modulation of the same will apply in layouts to complete the experiments under the new type of block Z.

Keywords: *Structural Masonry. Block. Pug. Reinforcement. Grout.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Área da seção superficial útil	25
Figura 2. Área das seções vazadas.....	25
Figura 3. Tijolo Cerâmico convencional	26
Figura 4. Bloco Cerâmico convencional	26
Figura 5. Bloco de Concreto convencional	27
Figura 6. Bloco Cerâmico convencional	27
Figura 7. Resistência à compressão da alvenaria e da argamassa	27
Figura 8. Junta a Prumo.....	29
Figura 9. Junta a Amarrada.....	29
Figura 10. Produção de Blocos de concreto em grande escala.....	30
Figura 11. Produção de blocos de concreto em pequena escala.....	30
Figura 12. Famílias dos blocos.....	31
Figura 13. Bloco cerâmico estrutural com parede maciça (Interna maciça)	34
Figura 14. Bloco cerâmico estrutural com parede maciça (Interna vazada)	34
Figura 15. Bloco cerâmico de parede vazada (Internas e externas)	35
Figura 16. Bloco cerâmico estrutural perfurado.....	35
Figura 17. Planta do bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas	37
Figura 18. Planta do bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas	37
Figura 19. Perspectiva dos blocos Z.....	39
Figura 20. Seção transversal.....	40
Figura 21. Seção Longitudinal	40
Figura 22. Modelagem do Bloco Z.....	41
Figura 23. Módulos do Bloco Z.....	41
Figura 24. Prévia análise no processo construtivo	42
Figura 25. Ações no bloco causada pela argamassa.....	44
Figura 26. Gráfico de tensão-deformação dos aços.....	55
Figura 27. Regime plástico e elástico do aço	55
Figura 28. Edifício de bloco cerâmico.....	60
Figura 29. Edifício de bloco de concreto.....	60
Figura 30. Perspectiva do bloco	63
Figura 31. Cubo de madeira com arestas de 0,10m.....	64
Figura 32. Furos.....	64

Figura 33. Componentes da forma	65
Figura 34. Forma montada na posição de preenchimento	66
Figura 35. Chapa de contorno.....	66
Figura 36. Fabricação da forma.....	67
Figura 37. Linha de corte da chapa	67
Figura 38. Linhas de dobra da chapa.....	67
Figura 39. Demarcações de furos e diâmetros.....	68
Figura 40. Grampos	69
Figura 41. Vergalhão para produção de grampos.....	69
Figura 42. Linha de corte do vergalhão	69
Figura 43. Linhas de dobras do vergalhão.....	69
Figura 44. Dobras de 90° nas extremidades.....	70
Figura 45. Dobra de 60° no centro.....	70
Figura 46. Utilização dos grampos nas formas.....	71
Figura 47. Projeção dos eixos horizontais e vertical	71
Figura 48. Eixos horizontais e verticais utilizados na forma.....	72
Figura 49. Fabricação dos eixos horizontais	72
Figura 50. Linha de corte dos eixos horizontais.....	72
Figura 51. Demarcação do furo no eixo horizontal	73
Figura 52. Furo passante no eixo horizontal	73
Figura 53. Eixo vertical utilizado na forma.....	74
Figura 54. Arruelas soldadas nas extremidades dos eixos horizontais.....	74
Figura 55. Extremidade oposta a arruela aberta	75
Figura 56. Parafuso 3/4" soldado no centro da arruela.....	75
Figura 57. União das chapas de contorno através dos grampos	76
Figura 58. Passagem dos eixos horizontais	76
Figura 59. Passagem do eixo vertical	76
Figura 60. Bloco z obtido através do traço T1	79
Figura 61. Mistura dos elementos através de betoneira.....	82
Figura 62. Produção do bloco Z	82
Figura 63. Agregado Reciclado	83
Figura 64. Máquina trituradora de concreto	83
Figura 65. Rolo da Máquina trituradora de concreto.....	84
Figura 66. Preenchimento da forma	85

Figura 67. Consistência do traço T2.....	86
Figura 68. Processo de cura no pátio.....	87
Figura 69. Processo de cura na água.....	87
Figura 70. Dimensões do bloco.....	89
Figura 71. Imagens do teste 1.....	92
Figura 72. Imagens do teste 2.....	93
Figura 73. Imagens do teste 3.....	94
Figura 74. Imagens do teste 4.....	95
Figura 75. Imagens do teste 5.....	96
Figura 76. Imagens do teste 6.....	97
Figura 77. Imagens do teste 7.....	98
Figura 78. Imagens do teste 8.....	99
Figura 79. Imagens do teste 9.....	100
Figura 80. Imagens do teste 10.....	101
Figura 81. Imagens do teste 11.....	102
Figura 82. Imagens do teste 12.....	103
Figura 83. Imagens do teste 13.....	104
Figura 84. Imagens do teste 14.....	105
Figura 85. Imagens do teste 15.....	106
Figura 86. Imagens do teste 16.....	107
Figura 87. Ensaio de compressão do prisma.....	112
Figura 88. Montagem do prisma.....	113
Figura 89. Pilar fabricado através do bloco Z.....	114
Figura 90. Viga fabricada através do bloco Z.....	115
Figura 91. Projeto arquitetônico.....	116
Figura 92. Modulação com bloco Z.....	117
Figura 93. Detalhe 1 – Amarrações de Canto.....	117
Figura 94. Detalhe 2 – Amarrações em “T”.....	117
Figura 95. Detalhe 3 – Amarrações em cruz.....	118
Figura 96. Detalhe 4 – Abertura de vãos.....	118
Figura 97. Instalação hidráulica.....	118
Figura 98. Instalação Elétrica.....	118
Figura 99. Instalações.....	119
Figura 100. Montagem da viga.....	119

Figura 101. Estribos utilizados na viga e no pilar	120
Figura 102. Armadura longitudinal utilizada na viga e no pilar.....	120
Figura 103. Graute, preenchimento dos furos	120

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fatores de eficiência dos blocos na alvenaria.....	28
Tabela 2. Dimensões padronizadas de blocos vazados de concreto.....	31
Tabela 3. Espessuras mínimas das paredes dos blocos	31
Tabela 4. Requisitos para Fbk (Valores mínimos)	33
Tabela 5. Valores máximos de umidades nos blocos	33
Tabela 6. Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais	36
Tabela 7. Tolerâncias dimensionais individuais relacionada a dimensão efetiva	36
Tabela 8. Valores de ϕ de acordo com a quantidade de blocos.....	38
Tabela 9. Número de blocos dos lotes e da amostragem.....	39
Tabela 10. Dimensões do Bloco Z.....	42
Tabela 11. Peso e resistência	42
Tabela 12. Traço de argamassa segundo ASTM C-272 (Expressa em Volume)	43
Tabela 13. Resistência da argamassa à compressão	45
Tabela 14. Influência dos constituintes da argamassa sobre as suas propriedades	46
Tabela 15. Exigências mecânicas e reológicas para argamassa	47
Tabela 16. Idade de ruptura e tolerância para argamassa	52
Tabela 17. Quadro comparativo (Bloco Cerâmico & Bloco de Concreto)	61
Tabela 18. Quadro comparativo (Bloco Cerâmico & Bloco Z)	62
Tabela 19. Diâmetro de furos	68
Tabela 20. Modelo para controle de dados dos ensaios	88
Tabela 21. Teste 1.....	92
Tabela 22. Teste 2.....	93
Tabela 23. Teste 3.....	94
Tabela 24. Teste 4.....	95
Tabela 25. Teste 5.....	96
Tabela 26. Teste 6.....	97
Tabela 27. Teste 7.....	98
Tabela 28. Teste 8.....	99
Tabela 29. Teste 9.....	100
Tabela 30. Teste 10.....	101
Tabela 31. Teste 11.....	102
Tabela 32. Teste 12.....	103

Tabela 33. Teste 13.....	104
Tabela 34. Teste 14.....	105
Tabela 35. Teste 15.....	106
Tabela 36. Teste 16.....	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ensaio de resistência à compressão.....	81
Gráfico 2. Ensaio de absorção de água.....	81
Gráfico 3. Massa específica.....	108
Gráfico 4. Resistência à compressão	108
Gráfico 5. Tensão de ruptura (α)	109
Gráfico 6. Tensão de ruptura (β)	109
Gráfico 7. Tensão de ruptura (δ).....	110
Gráfico 8. Peso específico	110

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

ASTM – American Society for Testing and Materials

FAU - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo de São Paulo

GTEC – Grupo de Tecnologia em Materiais e Componentes a Base de Cimento Portland

NBR – Normas Regulamentadoras Brasileiras

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

LISTA DE SÍMBOLOS

S - Área da seção superficial útil;
S1 - Área da seção vazada;
S2 - Área da seção vazada;
F_b - Resistência à compressão;
S' - Área líquida do bloco;
P - Carga aplicada;
S - Área bruta;
P - Carga aplicada;
Θ_S - Tensão de vida cargas serviço;
Θ_{Se} - Tensão admissível na parede;
Θ_r - Tensão ruptura do material;
S - Coeficiente segurança;
P_{cr} - Carga de ruptura atuante;
E_m - Módulo de elasticidade;
I - Momento de inércia;
H - Altura Parede (Flambagem);
f_b' - Resistência média a compressão;
A' - Coeficiente Segurança;
f_m - Resistência compressão prisma
h - Altura efetiva ou flambagem;
t - Espessura efetiva da parede;
Ra - Retenção de água;
M_w - Massa total de água acrescentada;
M - Massa da argamassa;
AF - Fator água/argamassa;
M_m - Massa do molde vazio;
A - Densidade de massa;
M_c - Massa do recipiente contendo argamassa;
V - Volume do recipiente cilíndrico de PVC;
A_l - Teor de ar incorporado;
A - Densidade de massa;

Densidade da massa teórica da argamassa sem vazios;

Ms - Massa de argamassa anidra.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
2	OBJETIVOS	21
3	JUSTIFICATIVA.....	22
4	ESTUDOS BIBLIOGRÁFICOS	23
4.1	Conceitos de alvenaria.....	23
4.1.1	Alvenaria estrutural	23
4.1.2	Alvenaria estrutural não armada	23
4.1.3	Alvenaria estrutural armada	24
4.1.4	Alvenaria protendida.....	24
4.2	Conceitos de blocos.....	24
4.2.1	Dimensões e áreas	24
4.2.2	Diferença entre tijolos e blocos.....	25
4.2.3	Diferença entre blocos de concreto e blocos cerâmicos.....	26
4.2.4	Resistência e estabilidade.....	27
4.2.5	Blocos de concreto	29
4.2.6	Blocos cerâmicos	33
4.2.7	Bloco de auto-encaixe (Bloco Z)	39
4.3	Conceitos de Argamassa	43
4.3.1	Aplicação da argamassa	43
4.3.2	Comportamento da argamassa no estado de compressão	44
4.3.3	Diferença entre argamassa e concreto.....	45
4.3.4	Características da argamassa.....	45
4.3.5	Requisitos para utilização da argamassa	46
4.3.6	Determinação do teor de água para elaboração do índice de consistência	47
4.3.7	Determinação da retenção de água.....	48
4.3.8	Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado	49
4.3.9	Determinação da resistência à tração e à compressão.....	51
4.4	Conceitos de Graute (<i>Grout</i>)	53
4.4.1	Graute sem agregados	53
4.4.2	Grute com agregados.....	54
4.5	Conceitos de armaduras na alvenaria	54
4.5.1	Função da armadura	54
4.5.2	Propriedades das armaduras.....	54
4.5.3	Aplicação da armadura.....	55
5	METODOLOGIA	57
5.1	Materiais	57
5.1.1	Obtenção do Protótipo.....	57
5.1.2	Aplicação do protótipo.....	57
5.2	Métodos	59
6	RESULTADOS.....	60
6.1	Considerações para definição do material do Bloco Z.....	61
7	PROTÓTIPO.....	63

7.1	Modulação do bloco estrutural z em madeira.....	63
7.2	Formas.....	65
7.3	Materiais e equipamentos.....	65
7.3.1	Chapa de contorno.....	66
7.4	Grampos.....	68
7.5	Eixos verticais e horizontal.....	71
7.6	Parafusos e arruelas.....	74
7.7	Montagem da forma.....	75
7.8	Considerações dos processos de fabricação das formas.....	77
8	PRODUÇÃO DO BLOCO AUTO ENCAIXE (BLOCO Z).....	78
8.1	Traços utilizados no concreto.....	78
8.1.1	Descrições do Traço T1.....	79
8.1.2	Descrições do Traço T2.....	80
8.1.3	Descrições do Traço T3.....	82
8.2	Desmoldantes.....	84
8.3	Preenchimento das formas.....	85
8.4	Processo de Cura e Desforma.....	86
9	ENSAIO DE COMPRESSÃO.....	88
9.1	Teste de ruptura.....	89
10	RESULTADOS DOS ENSAIOS.....	92
11	GRÁFICOS.....	108
12	ANÁLISES.....	112
12.1	Ensaio de prisma sem armadura.....	112
12.2	Ensaio de prisma com armadura vertical.....	113
12.3	Ensaio de prisma com armadura horizontal.....	115
13	MODULAÇÃO.....	116
13.1	Utilização do bloco Z em alvenaria estrutural não armada.....	116
13.2	Utilização do bloco z em alvenaria estrutural armada.....	119
14	CONCLUSÃO.....	121
	REFERÊNCIAS.....	122

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de construir é ocorrência de um progresso, o qual a sociedade ou indivíduo solicita de um espaço para viver, trabalhar e utilizar deste ambiente para praticar as várias atividades habituais dos seres humanos. Para obtenção de uma construção, é essencial um estudo antecipado, primeiramente devemos analisar sua finalidade, depois encontrar um lugar ideal, projetar suas dimensões, proporções e demais características para satisfazer as condições de uso, para que tudo isso se torne viável é relevante a definição do sistema construtivo a ser empregado. Quando se trata da escolha ideal dos métodos de construção, há uma grande complexidade até definir um parâmetro, vários fatores influenciam nesta tomada de decisão, o tamanho da edificação e a região a ser empregada reflete na quantidade e disponibilidade de materiais e mão de obra, o prazo e os cronogramas a serem cumpridos estabelecem o sistema de produção, e tudo isso resulta na escolha do modo construtivo.

São vários os materiais empregados, e dentre os mais usuais encontramos o aço, o concreto e a madeira, para efeito de estabilidade estrutural das edificações são utilizados várias técnicas construtivas a fim de alcançar o maior rendimento, utilizando somente o aço, podemos obter a Estrutura Metálica, o concreto por si só, da estabilidade nas Alvenarias Estruturais e quando combinamos o aço mais o concreto obtemos o Concreto Armado. Quando a alvenaria passou a ser utilizada como solução estrutural, os primeiros materiais a serem utilizados foram os blocos de rocha e de acordo com a NATIONAL CONCRETE MASONRY ASSOCIATION (1988) por volta dos 4.000 a.C, teve modificações em suas propriedades, a argila foi tratada possibilitando a criação dos tijolos, e logo depois desenvolveram a argamassa de cal utilizada no assentamento e revestimento de blocos. Nos tempos atuais várias técnicas foram aperfeiçoadas, é possível obter alvenaria estrutural de blocos de concreto e blocos cerâmicos, o modo como são empregados permanece o mesmo, que seria praticamente a sobreposição intercalando fiadas de blocos através da argamassa de assentamento.

2 OBJETIVOS

- Abordar conhecimento teórico sobre os diversos sistemas construtivos de alvenaria estrutural e os demais elementos que a compõe.
- Apontar o mecanismo de funcionamento dos blocos quando submetidos a esforços, analisar as classes e modulações existentes.
- Determinar as propriedades dos blocos de concreto e cerâmico, afim de estabelecer parâmetros e optar por um material ideal para ser utilizado no bloco de auto encaixe (Bloco Z)
- Demonstrar o princípio de utilização do bloco de auto encaixe (Bloco Z), apresentar sua funcionalidade, propriedades físicas, geométricas e volumétricas.
- Planejar a execução de obras civis, utilizando o bloco de auto encaixe (Bloco Z), como solução em alvenaria estrutural armada e não armada e ainda prever instalações hidráulicas e elétricas com uso do bloco de auto encaixe (Bloco Z).
- Projetar um protótipo de madeira para posteriormente facilitar a criação de formas de modelagem do bloco de auto encaixe (Bloco Z).
- Projetar formas de aço para modelagem e fabricação dos blocos de concreto.
- Iniciar o processo de fabricação dos blocos, determinando nesse procedimento os traços de concretos utilizados, os desmoldastes, o modo de preenchimento das formas e além disso descrever sobre o tempo de cura e processo de desforma.
- Submeter os blocos nos ensaios de compressão, levando em consideração o posicionamento do mesmo e classifica-los de acordo com a resistência, massa específica, tensão de ruptura e peso específico.

3 JUSTIFICATIVA

O sistema construtivo de alvenaria estrutural, foi uma técnica da construção civil, que alavancou a economia no Brasil após a criação dos programas habitacionais criado pelo governo, apesar das constantes evoluções, hoje permanece com a analogia do princípio, a despeito de várias técnicas serem aprimoradas ainda permanecem alguns procedimentos arcaicos, afim de melhorias é proposto o Bloco Z, elemento de função estrutural cuja matéria prima principal é o concreto (cimento, agregado e água), a princípio seria utilizado para substituir os blocos de concreto convencionais, a propostas é eliminar a argamassa de assentamento fazendo com que os esforços sejam transmitidos de forma direta entre blocos, outro fator desagradável dos blocos convencionais, seria o desperdícios de materiais quando há necessidade de instalações hidráulicas e elétricas, o Bloco Z contempla furos para passagem das instalações e armações de aço se for necessárias, o emprego deste elemento, se comprovado suas eficiências, poderá agregar valores ao sistema construtivo de alvenaria estrutural.

4 ESTUDOS BIBLIOGRÁFICOS

4.1 Conceitos de alvenaria

Segundo TAUIL e NESSE (2010 p.19) descrevem que a alvenaria tem várias funções na edificação, elas podem estar aptas a resistir cargas e impactos; vedar vãos; proteger o ambiente de fogo, vento, chuva e ruídos, seu uso no processo construtivo de edificações quando comparado a outros sistemas, pode ocasionar racionalização e economia.

Na produção de PRUDÊNCIO E BEDIN (2002, p.14,15) abordam em seu conteúdo, que os principais esforços a serem resistido pelas alvenarias são a compressão, cisalhamento e flexão, dentre as ações citadas, a de maior relevância a ser tratada é a compressão, nesse âmbito a alvenaria não armada é a que tem o melhor desempenho, o carregamento vertical é ocasionado pelo peso próprio dos elementos estruturais e cargas acidentais, as cargas horizontais são consequência da ação do vento, esse tipo de ação geram flexão e cisalhamento no plano das alvenarias.

4.1.1 Alvenaria estrutural

As definições de TAUIL e NESSE (2010, p.20) referente a alvenaria estrutural, são consideradas a ausência de vigas e pilares e o carregamento é distribuído uniformemente ao longo das fundações.

Segundo PRUDÊNCIO E BEDIN (2002, p.13), as paredes são elementos portantes, compostas por blocos assentados com argamassa, além de suportar seu peso próprio são capazes de resistirem a outras cargas.

4.1.2 Alvenaria estrutural não armada

Segundo as descrições de TAUIL e NESSE (2010, p.21), a presença de barras, fios e telas de aço, está presente na alvenaria estrutural não armada apenas pela função construtiva, são utilizados geralmente em abertura de vão de portas e janelas, mais precisamente nas vergas que dão estabilidade na alvenaria acima das aberturas.

Conforme o conteúdo estudado no livro de PRUDÊNCIO E BEDIN (2002, p.13), dizem que na alvenaria estrutural não armada, o aço não tem função de absorver esforços.

4.1.3 Alvenaria estrutural armada

Na bibliografia de PRUDÊNCIO E BEDIN (2002, p.13), descrevem que na alvenaria estrutural armada, o bloco assentado com argamassa, trabalha juntamente com o aço e o graute lançado no seu interior, para satisfazer as condições de esforços de cálculo, as armaduras são calculadas afim de estabelecer um quantitativo ideal para combater os esforços aplicados.

A alvenaria estrutural também pode ter a característica de ser parcialmente armada, segundo os estudos de TAUIL e NESSE (2010, p.22), apropria-se desse nome, alvenarias que necessitam de reforços em algumas regiões, está diretamente relacionado aos esforços estruturais em certos pontos da alvenaria.

4.1.4 Alvenaria protendida

As informações obtidas da alvenaria estrutural protendida, são fontes das produções de TAUIL e NESSE (2010, p.22), descrevem que os blocos sofrem uma compressão através de uma pré-tensão aplicada nos cabos que cruzam a alvenaria de baixo para cima, os esforços aplicados nos cabos propiciam a elevação da resistência aos esforços laterais da alvenaria.

4.2 Conceitos de blocos

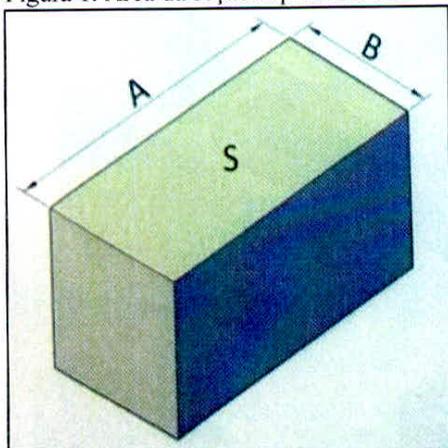
Os blocos são elementos fundamentais na alvenaria, ele pode ter a função de absorver esforços ou apenas de fechar vãos, na sua composição as principais matérias-primas utilizadas são o concreto e a cerâmica, quanto a sua geometria são variáveis alturas, espessuras e comprimentos, o peso do bloco pode diferenciar de aproximadamente 5 a 15 quilos, esse dado é resultado do seu volume e material utilizado. Nos blocos convencionais, admite-se uma característica volumétrica similar a um prisma retangular, enquanto o bloco de auto-encaixe (Bloco Z) tem a junção de vários prismas, com simetria espelhada ao inverso em um dos eixos.

4.2.1 Dimensões e áreas

A obra de TAUIL e NESSE (2010) abrange a concepção que na alvenaria estrutural, a geometria da modulação não deve ser inferior a 100x100mm, essa medida é base de todo

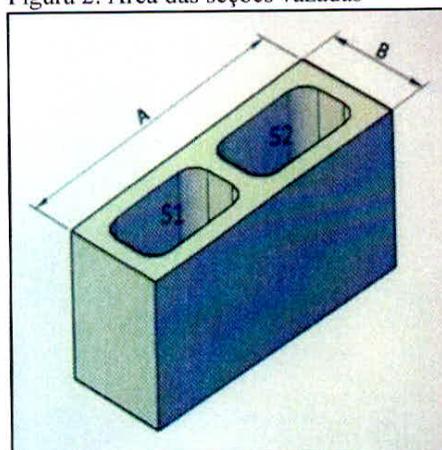
desenvolvimento do projeto, estabelece as modulações de forma personalizada para cada família de blocos, as combinações possibilitam uma adequação de grande variedade utilizando as peças de bloco de concreto, para analisar a geometria do bloco, é adotado área da seção útil (S') e área da seção vazada (S_1 e S_2), conforme as figuras demonstradas abaixo;

Figura 1. Área da seção superficial útil



Fonte: (Alvenaria Estrutural – Carlos Alberto Tauil –2010)

Figura 2. Área das seções vazadas



Fonte: (Alvenaria Estrutural – Carlos Alberto Tauil –2010)

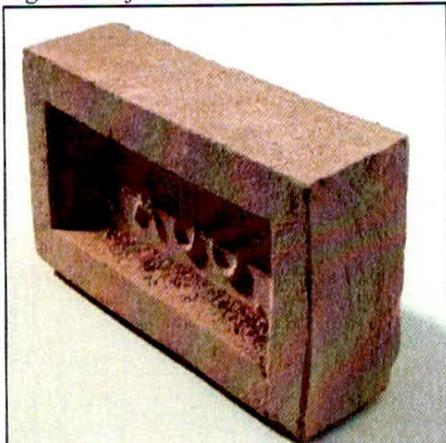
A área da seção bruta do bloco é definida pela multiplicação de $A \times B$, expressão que resulta na área da seção útil (S'), já a somatória das área vazadas é expressa pelo somatório das área S_1 e S_2 , a área da seção líquida (S) é expressa na formula abaixo;

$$S = S' - (S_1 + S_2)$$

4.2.2 Diferença entre tijolos e blocos

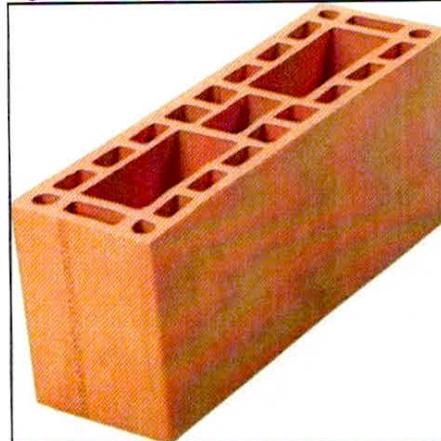
Em suas citações, DUARTE (1999), diferencia blocos de tijolos, esta concepção é citada devido ao índice de esbeltes, pois o produto final da alvenaria estrutural feita com tijolos é menos resistente quando construída e possuem eficiência inferior aos blocos, geram maiores números de juntas horizontais de assentamentos, proporcionando ineficiência para alvenaria, segundo Duarte, os blocos seriam melhor solução para alvenaria estrutural, pois não possuem grandes números de juntas horizontais e tem altura maior que tijolos, fator predominante para estabilidade da estrutura.

Figura 3. Tijolo Cerâmico convencional



Fonte: Casa Abril –2012

Figura 4. Bloco Cerâmico convencional



Fonte : São Paulo All Bis –2009)

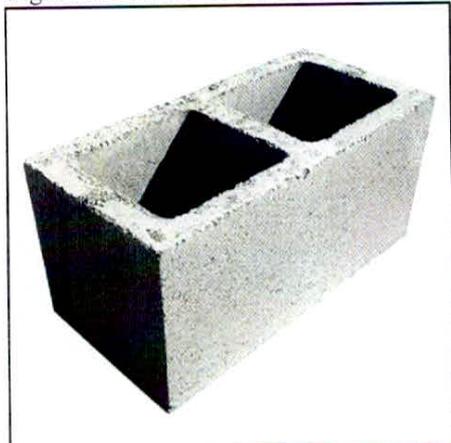
4.2.3 Diferença entre blocos de concreto e blocos cerâmicos

Segundo DUARTE (1999) os dois blocos apresentam dimensões, resistência e produtividade equivalentes, o bloco cerâmico destaca-se pelo fato de ser pouco poroso, assegura maiores quantidades de água, enquanto o bloco de concreto absorve muita água, a umidade é maior nos blocos de concreto, esta é a principal diferença entre os dois, por este motivo o autor da preferência a cerâmica.

Nas obras de PRUDÊNCIO E BEDIN (2002, p.13) explicam o porquê da opção preferencial pelos blocos de concreto como unidade das alvenarias estruturais construídas no Brasil. O material concreto possui um módulo de elasticidade similar ao da junta de argamassa, aproximando a resistência da alvenaria à do bloco, eles possuem uma altura elevada, melhorando o desempenho das alvenarias à compressão.

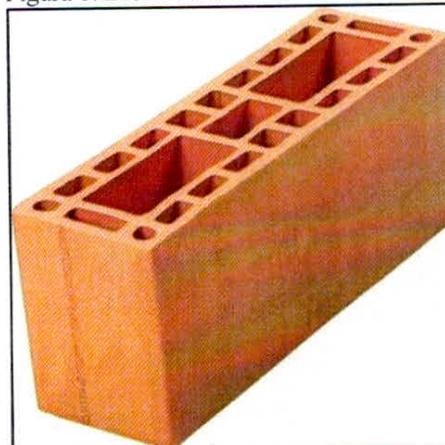
Nas citações acima é possível identificar que cada autor defende um elemento, nas obras de Duarte, ele usa como referências autores ingleses e não aborda nada à respeito das NORMAS REGULAMENTADORAS BRASILEIRAS (NBR), por outro parâmetro, Prudêncio e Bedin, abordam conteúdo proposto das NBR's, apesar dos dois autores serem brasileiros há essa diferença cultural nos processos construtivos citados em suas obras.

Figura 5. Bloco de Concreto convencional



Fonte: Leroy Merlin -2005

Figura 6. Bloco Cerâmico convencional

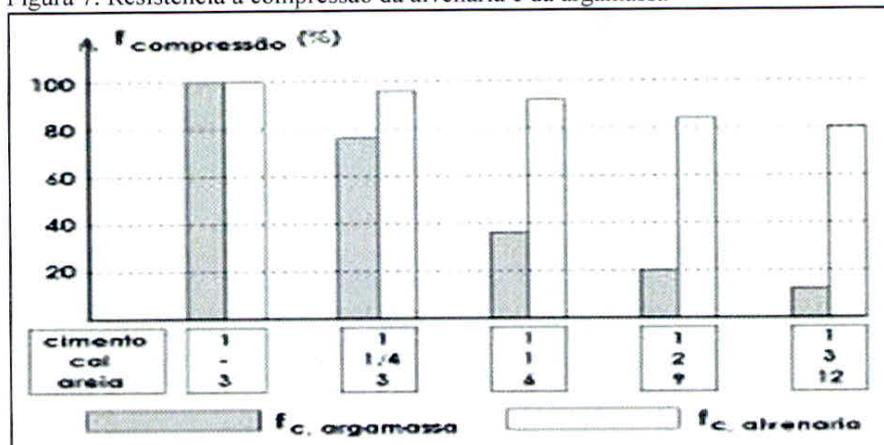


Fonte :São Paulo All Bis -2009

4.2.4 Resistência e estabilidade

Na literatura de TAUIL e NESSE (2010), é possível identificar o comportamento no estado de compressão aplicada na alvenaria com junta de argamassa, analisando o esforço de tração transversal, essa ação é resultado das diferentes deformações dos materiais, pois a argamassa é mais deformável que o bloco, analisando este esforço, conclui-se que quanto maior a espessura da junta, menor será a resistência da alvenaria, é favorável para aumentar a resistência, o uso de blocos com alturas maiores, o ideal é chegar o mais próximo de compatibilizar resistência da argamassa e do bloco, caso o bloco for muito rígido, este estará propício a tensão de tração na junção de bloco com argamassa, a resistência da alvenaria pode ser superior a da argamassa, o corpo de prova da argamassa quando ensaiado só deve-se considerar um carregamento inferior e seu estado de deformação por compressão é uniaxial.

Figura 7. Resistência à compressão da alvenaria e da argamassa



Fonte: Wladimir Polimeno-2015

A resistência da unidade de bloco quase sempre é superior que da alvenaria, isso acontece pelo fato de vários blocos serem acoplados uns aos outros com argamassa, cujo elemento tem resistência inferior que a dos mesmos, a resistência a compressão da argamassa não aumenta quando o modulo de deformação aumenta, ou seja, não adianta colocar aditivos na argamassa que ela não aumentará potencialmente sua eficiência, a tabela mostra a resistência dos blocos unitários e em conjunto;

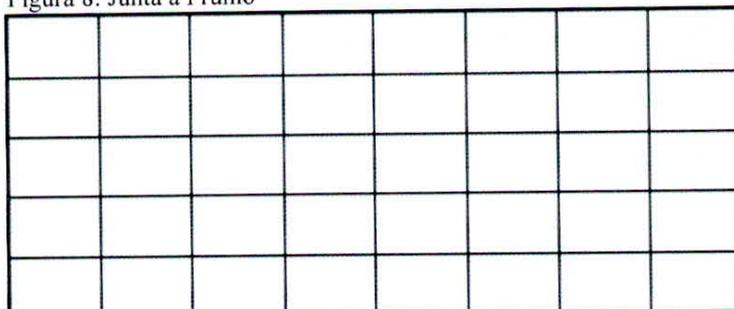
A resistência obtida na alvenaria, é considerada de acordo com o modelo e a junção dos blocos e das fiadas que formam as paredes, pois há várias maneiras de assentá-los, quando utilizados sobrepostos um acima do outro na mesma prumada com vértices alinhados (Junta a prumo) eles perdem 20% da eficiência, quando colocados de forma amarrados por fiadas (Juntas amarradas) eles podem chegar a um rendimento de até 92 % comparados a resistência unitária, isso quando utiliza-se o bloco de concreto, já o bloco cerâmico tem uma boa resistência unitária, mas quando analisado uma alvenaria composta por blocos cerâmicos, esta chega a perder até 50% de sua eficiência, a seguinte tabela mostra os resultados obtidos em testes unitários e prismas dos blocos de concreto e cerâmico.

Tabela 1. Fatores de eficiência dos blocos na alvenaria

Unidade	Resistência da Unidade (Mpa)	Resistência do Prisma (Mpa)	Fator de Eficiência
Bloco de Concreto - Fábrica 1 Parede 25mm	6,86	6,28	0,92
Bloco de Concreto - Fábrica 1 Parede 32mm	9,31	7,6	0,82
Bloco de Concreto - Fábrica 2 Parede 25mm	8,07	6,12	0,76
Bloco de Concreto - Fábrica 3 Parede 25mm	10,14	7,58	0,75
Bloco de Concreto - Fábrica 4 Parede 25mm	6,99	5,33	0,76
Bloco Cerâmico Parede Grossa	22,9	8,11	0,35
Tijolo Cerâmico Maciço	19	3,8	0,2
Tijolo Cerâmico Maciço 21 Furos p	7	2,8	0,4
Tijolo Cerâmico Maciço 21 Furos g	16	4	0,25
Bloco Cerâmico furos losangulares p	13	4,5	0,35
Bloco Cerâmico furos losangulares p	11,5	4,6	0,4

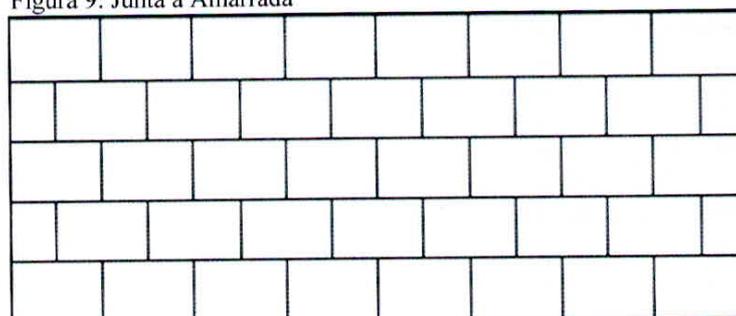
Fonte: (Alvenaria Estrutural – Luiz Roberto Prudêncio Junior –2002)

Figura 8. Junta a Prumo



Fonte: O autor

Figura 9. Junta a Amarrada

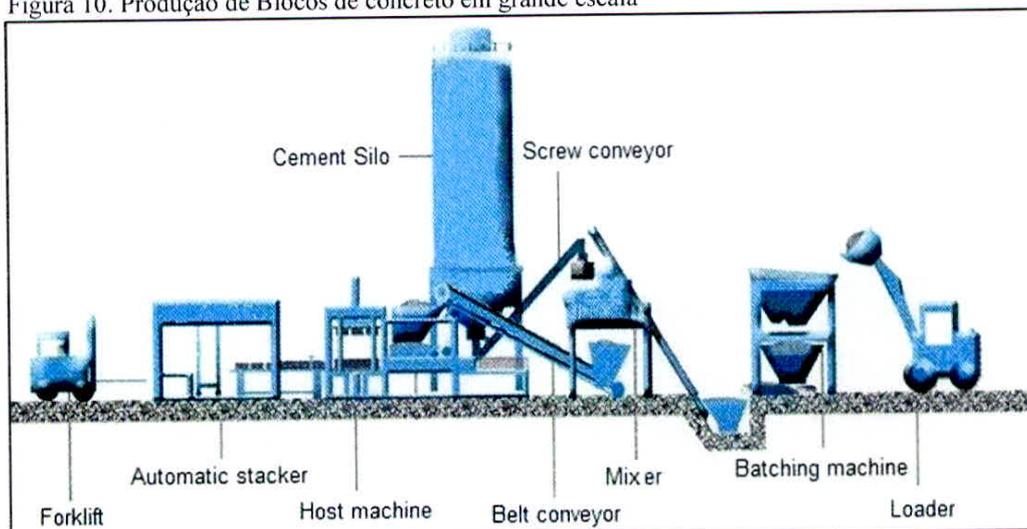


Fonte: O autor

4.2.5 Blocos de concreto

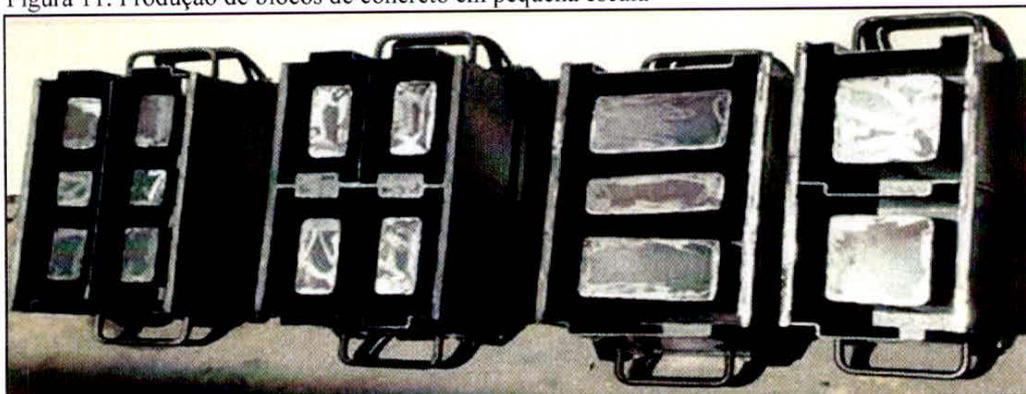
Segundo PRUDENCIO E BEDIN (2002) os blocos de concreto são constituídos por cimento Portland, agregado e água, os agregados podem ser de areia, pedrisco, argila expandida, ou qualquer outro tipo que satisfaça as especificações próprias de cada um destes elementos, adotando o critério que a dimensão máxima dos elementos constituintes não exceda $\frac{1}{4}$ da espessura da parede do bloco, quanto aos padrões eles são modulares e divididos em famílias, características básicas das famílias são as dimensões de alturas, espessuras e combinações de peças, de forma que se obtenha a medida de coordenação mais os ajustes de coordenação, medidas de coordenação são dimensões encontradas na combinação de bloco de tamanho diferente, porém da mesma família, enquanto ajuste de coordenação são as espessuras de argamassa utilizadas no assentamento vertical. No Processo de cura e fabricação, o bloco deve atender características homogêneas e compactas, sem trincas ou danificações, deve ter aparência com arestas vivas e preservar resistência e durabilidade na construção, o bloco pode ser fabricado em grande escala ou menor escala, a produção será referente ao maquinário e a estrutura, podendo este ser produzido por uma grande indústria ou um simples molde.

Figura 10. Produção de Blocos de concreto em grande escala



Fonte: (Site alibaba.com –2013)

Figura 11. Produção de blocos de concreto em pequena escala



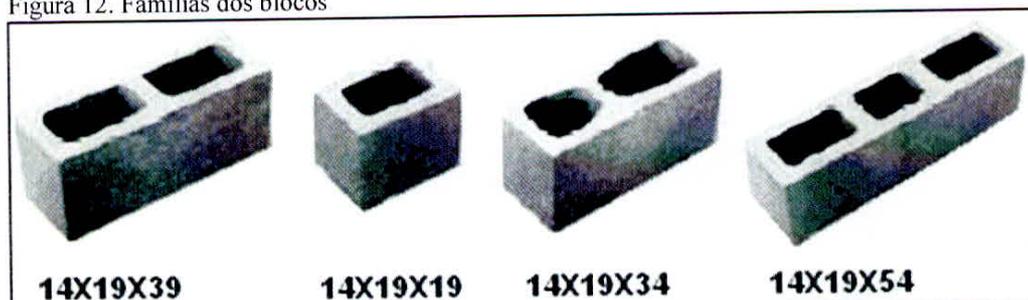
Fonte: (Site spquebarato.com. br–2008)

Seguindo os parâmetros da NBR 6136 (1994), esta norma refere-se as especificações para elaboração dos blocos de concreto vazado simples, o qual os principais materiais utilizados são cimento, agregados e água, algumas definições são relevantes para caracterização do mesmo, primeiramente a norma enquadra o bloco vazado, quando área líquida do elemento não ultrapasse 75% da área bruta, sendo esta área toda a seção transversal do bloco incluindo os vazios, quando esta área de vazios é retirada, denomina-se então de seção de área líquida.

Quanto a modulação, a norma estabelece alvenarias com dimensões múltiplas do módulo $M=10$ cm, conforme NBR-5712(1982), o sub-módulo é considerado $M/2$, peça fundamental para compatibilização de interseções de paredes, mais conhecido no meio da construção civil como meio bloco, as dimensões padronizadas são aquelas cujas

nomenclaturas referem-se as medidas do bloco acrescida de 1cm, sendo este valor cuja dimensão refere-se a argamassa de assentamento, quando se trata somente da medida comercial dos blocos são chamadas de dimensões nominais e quanto trata-se da verdadeira medida das dimensões dos blocos, cujo nível de precisão está próximo de +/- 2mm, são chamadas de dimensões reais de acordo com NBR-12118(2010).

Figura 12. Famílias dos blocos



Fonte: fckt.com –2011

Tabela 2. Dimensões padronizadas de blocos vazados de concreto

Dimensões nominais (cm)	Designação	Dimensões padronizadas (mm)		
		Largura	Altura	Comprimento
20x20x40	M-20	190	190	390
20x20x20		190	190	190
15x20x40	M-15	140	190	390
15x20x20		140	190	190

Fonte: NBR 6136- 2007

Tabela 3. Espessuras mínimas das paredes dos blocos

Designação	Paredes longitudinais ¹ (mm)	Paredes transversais	
		Paredes ¹ (mm)	Espessura equivalente ² (mm)
M-15	25	25	188
M-20	32	25	188

NOTA¹: Média das média das três paredes tomadas no ponto mais estreito

NOTA²: Soma das espessuras de todas a paredes transversais ao blocos em (mm) dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros lineares)

Fonte: NBR 6136-2007

Além das dimensões, definições e composições, a norma aborda conteúdo que diz respeito a classe dos blocos segundo seu uso e utilização, os parâmetros estabelecidos de resistência e qualidade são primordiais para distinguir as várias classes de blocos encontrados. Nesta etapa o bloco é caracterizado por sua resistência em ensaios à compressão, passando

pela máquina universal de compressão, inicia-se o processo aplicando tensão sobre o elemento, o qual deve sustentar o valor mínimo de 4,5 MPa estabelecido pela norma, caso ultrapasse esse valor a máquina continua aplicando tensão de forma crescente até o seu rompimento por completo, caso o bloco não sustentar o valor mínimo este não será capaz de atender as necessidades mínimas e estará sujeito a descarte, sendo inapropriado para utilização de alvenaria estrutural.

Classe AE – Uso geral, como em paredes externas ou internas, acima ou abaixo do nível do solo, podendo estar expostas a umidade e não havendo necessidade de revestimentos para sua devida proteção.

Classe BE– Limitada ao uso acima do nível do solo em paredes externas com aplicação de revestimentos, para proteção contra umidade e intempéries.

Em sua composição é essencial descrever que os materiais devem seguir alguns requisitos, tais como; utilizar somente cimento do tipo Portland segundo NBR- 9732, NBR-5732, NBR-5733, NBR5735 e NBR-5736, a água deve ser limpa e isenta de produtos nocivos a hidratação do cimento e os agregados miúdos e graúdos de massa específica normal de acordo com NBR-7211, na qual diz que o agregado juntamente com os outros elementos apresente uma consistência homogênea e compacta, propiciando resistência e textura adequada, recomenda-se que as dimensões dos agregados não ultrapasse a metade da menor espessura da parede do bloco. Além dos principais elementos que constituem o bloco de concreto, admite-se o uso de aditivos, há uma variedade de funções, podendo acelerar o tempo de cura e até mesmo aumentar resistência do elemento, desde que este não acarrete efeitos prejudiciais, não devem conter substâncias capazes de deteriorar os elementos.

É importante ressaltar algumas observações, considerando que o bloco deve conter furos, com a menor dimensão de 8cm para blocos de 14 e 12cm para blocos de 19cm, estes furos diminuem o peso próprio do elemento, reduzem o consumo de material por unidade sem que o mesmo perca eficiência estrutural, entre a parede transversal e longitudinal do bloco, deve conter mísulas com raio mínimo de 2cm, para que haja acomodação dos blocos quando sobrepostos, seu aspecto deve ser homogêneo, compacto, sem presença de trincas ou imperfeições, de modo a preservar um bom manuseio e conseqüentemente assentamento, proporcionando resistência e durabilidade na construção, pequenos defeitos não são causadores da rejeição do bloco, desde que mantenha as características acima. Para avaliar a qualidade do bloco, algumas amostras devem ser submetidas a ensaios de compressão e a testes de umidade, os ensaios devem ser conforme NBR-7184 e NBR-12118, as tabelas representam os principais resultados obtidos.

Tabela 4. Requisitos para Fbk (Valores mínimos)

Valores mínimos para Fbk (Mpa)		
Classe de resistência	Classe AE	Classe BE
4,5	NOTA ¹	4,5
6	6	6
7	7	7
8	8	8
9	9	9
10	10	10
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14
15	15	15
16	16	16
NOTA ¹ : Classe de resistência não permitida para bloco AE.		

Fonte: NBR 6136-2007

Tabela 5. Valores máximos de umidades nos blocos

Retração linear	Umidade máxima em porcentagem do valor da absorção para diferentes condições de umidade relativa do ar no local de utilização.		
	Local úmido ¹	Local de umidade relativa intermediária ²	Local árido ³
≤ 0,03	45	40	35
>0,03 a ≤ 0,045	40	35	30
>0,045 a ≤ 0,065	35	30	25
NOTA ¹ : Umidade anual relativa média superior a 75%			
NOTA ² : Umidade anual relativa entre 50% e 75%			
NOTA ³ : Umidade anual relativa média inferior a 50%			

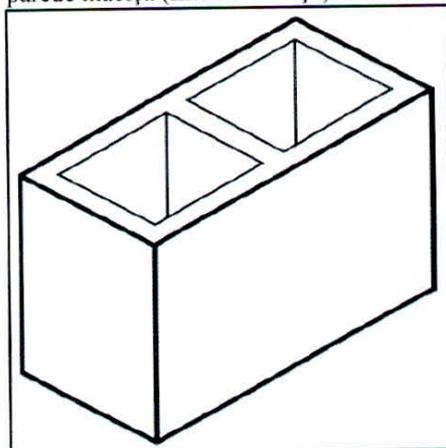
Fonte: NBR 6136-2007

4.2.6 Blocos cerâmicos

Segundo a NBR 15270-2 Estabelecem parâmetros para fabricação do bloco cerâmico para alvenaria estrutural, tratando das dimensões, características físicas e mecânicas, além de demonstrar processos para verificação das condições de uso do elemento.

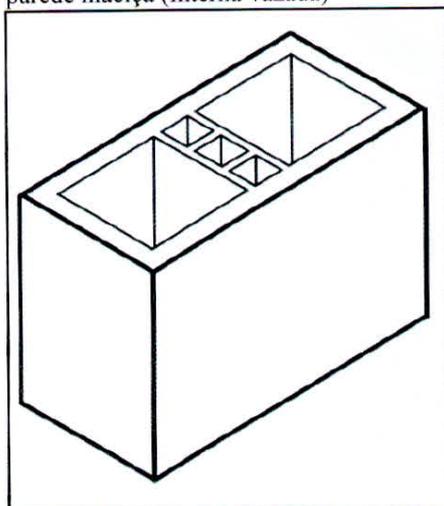
O bloco cerâmico estrutural e bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas são elementos diferenciados, porém com mesma função em matéria prima aplicada, o que difere um do outro são as disposições e formas das paredes internas e dos septos, o bloco cerâmico estrutural pode conter parede maciças, os quais contem furos prismáticos e são produzidos para serem assentados com furos na vertical, os blocos cerâmico de parede vazada são empregados na alvenaria armada, não armada e protendida, as seguintes figuras diferenciam os blocos;

Figura 13. Bloco cerâmico estrutural com parede maciça (Interna maciça)



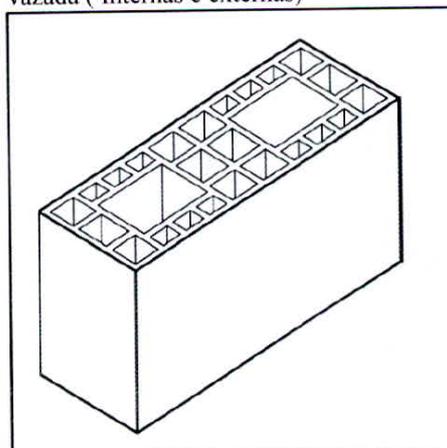
Fonte: NBR 15270-2005

Figura 14. Bloco cerâmico estrutural com parede maciça (Interna vazada)



Fonte : NBR 15270-2005

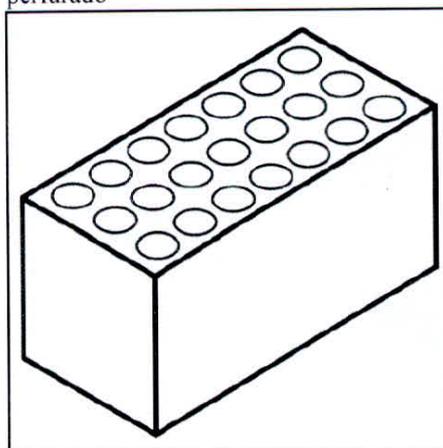
Figura 15. Bloco cerâmico de parede vazada (Internas e externas)



Fonte : NBR 15270-2005

Outro modelo de bloco cerâmico estrutural encontrado no mercado, são os perfurados, contam com vários furos distribuídos de face a face de forma simétrica, tipicamente empregados na alvenaria estrutural não armada.

Figura 16. Bloco cerâmico estrutural perfurado



Fonte :NBR 15270-2005

No processo de fabricação, os blocos cerâmicos estruturais contêm como matéria prima principal a argila, pode ou não conter aditivos e após todo processo da mistura e moldagem o bloco é levado ao forno em alta temperatura. Em cada elemento deve conter identificação do fabricante e com dados da empresa, deve conter também identificação das dimensões de fabricação, e o principal a ser analisado, deve conter uma marca no bloco com a abreviação “EST”, indicando este ser para alvenaria estrutural. Assim como o bloco de concreto estrutural, o bloco cerâmico estrutural não deve apresentar deformidades, trincas,

arestas danificadas, superfícies irregulares ou outras características que impossibilitaria o seu uso, a forma do elemento deve possuir aparência com um prisma reto, conforme dados mostrados na tabela seguir:

Tabela 6. Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos estruturais

Dimensões LxHxC	Dimensões de Fabricações (cm)					
	Largura(L)	Altura (H)	Comprimento C			
			Bloco principal	Meio bloco	Amarração em (L)	Amarração em (T)
(5/4)Mx(5/4)Mx(5/2)M	11,5	11,5	24	11,5		36,5
(5/4)Mx(2)Mx(5/2)M			24	11,5		36,5
(5/4)Mx(2)Mx(3)M			29	14	26,5	41,5
(5/4)Mx(2)Mx(4)M		19	39	19	31,5	51,5
(3/2)Mx(2)Mx(3)M	14	19	29	14		44
(3/2)Mx(2)Mx(4)M		19	39	19	34	54
(2)Mx(2)Mx(3)M	19	19	29	14	34	49
(2)Mx(2)Mx(4)M		19	39	19		59
Bloco L : Bloco para amarração de paredes em L						
Bloco T : Bloco para amarração de paredes em T						

Fonte: NBR 15270-2005

Os blocos devem conter faces planas devido a sua sobreposição de assentamento, quanto as características físicas do bloco, devem ser mencionadas a massa seca e índice de absorção de água, quanto a resistência do bloco cerâmico estrutural, valores são obtidos através dos ensaios de resistência a compressão, isso tudo deve-se à disposição da massa do bloco e sua geometria, devido as dimensões serem padronizadas, as tolerâncias são adotadas para obtenção do bloco.

Tabela 7. Tolerâncias dimensionais individuais relacionada a dimensão efetiva

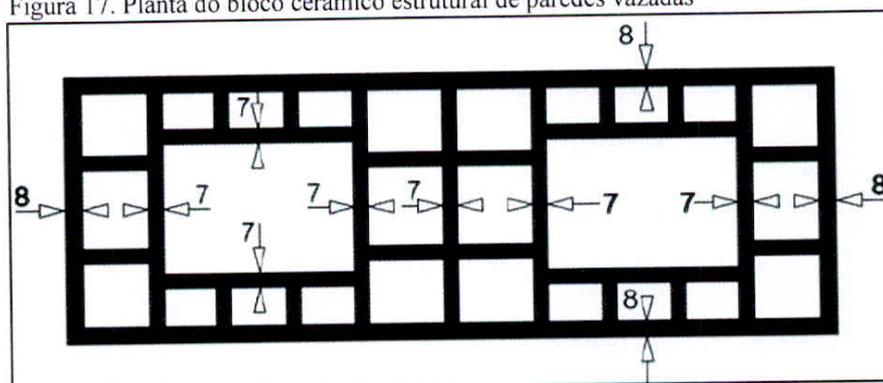
Grandezas controladas	Tolerâncias
Largura (L)	±5mm
Altura (H)	
Comprimento	

Fonte: NBR 15270-2005

Os septos são encontrados nos blocos cerâmicos de paredes vazadas, são prismas formados por paredes internas, sua disposição e dimensão influenciam diretamente na

eficiência do bloco, a espessura mínima dos septos são de 7mm e as paredes externas devem ser no mínimo 8mm, conforme figura abaixo.

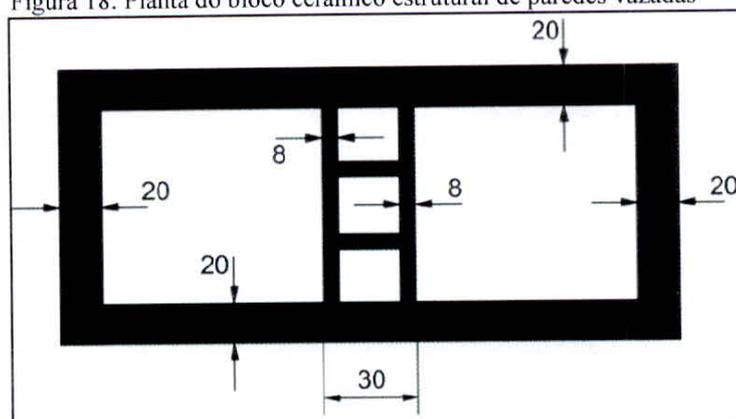
Figura 17. Planta do bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas



Fonte: NBR 15270-2005

Os blocos cerâmicos estruturais com paredes maciças devem ter a mínima espessura de 20mm, quando se trata de paredes externas, já as paredes internas podem ser vazadas ou maciças, caso as paredes internas dos blocos forem vazadas, os septos devem ter espessura mínima de 30mm, sendo 8mm de cada parede e 14mm de distância entre elas, conforme figura abaixo.

Figura 18. Planta do bloco cerâmico estrutural de paredes vazadas



Fonte: NBR 15270-2005

Os blocos cerâmicos estruturais perfurados devem ter espessuras mínimas das paredes externas e dos septos de 8mm. Algumas observações são feitas a respeito dos blocos estruturais, tais como, a flecha máxima permitida é de 3mm, o desvio em relação ao esquadro é de no máximo 3mm e a mínima resistência característica a compressão dos blocos deve ser de 3MPa, o valor obtido na resistência a compressão da amostra do bloco é valor resultante da seguinte fórmula;

$$f_{bk,est} = 2 \left[\frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i-1} \right] - f_{bi}$$

$f_{bk,est}$ = resistência característica estimada da amostra em MPa (Mega Pascal)

$f_{b(1)}, f_{b(2)}, \dots, f_{b(i-1)}$ = são valores obtidos na resistência a compressão individual dos corpos de prova da amostra ordenados crescentemente.

$i = n/2$, se n for par

$i = (n-1)/2$, se n for ímpar

n = é a quantidade de blocos da amostra

Análises

1) Se o valor de $f_{bk,est} \geq f_{bm}$, adota-se f_{bm} (média da resistência a compressão)

2) Se $f_{bk,est} < \phi \times f_{b(1)}$ (menor valor de compressão de todos corpos de prova) a resistência adotada é de acordo com a fórmula $\phi \times f_{b(1)}$, onde os valores de ϕ são representados na tabela seguinte;

Tabela 8. Valores de ϕ de acordo com a quantidade de blocos

Quantidade de blocos	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	≥ 18
ϕ	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	1	1,01	1,02	1,04

NOTA : Recomenda-se adotar $n \geq 13$

Fonte: NBR 15270-2005

3) Caso o valor calculado de $f_{bk,est}$ esteja entre os limites cálculos acima ($\phi \times f_{b(1)}$ e f_{bm}), adota-se este valor como resistência característica a compressão ($f_{bk,est}$).

Outras especificações, menciona que o bloco cerâmico estrutural não deve ultrapassar os 22% no índice de absorção de água e também não deve ser inferior aos 8%. No processo de inspeção dos produtos o local deve ser de comum acordo entre fornecedores e compradores, os lotes devem ser constituídos de no máximo 100.000 elementos, para execução de inspeção adota-se números de amostra de acordo com os lotes, conforme planilha seguinte;

Tabela 9. Número de blocos dos lotes e da amostragem

Lotes	Número de blocos	
	1ª Amostragem	2ª Amostragem
1000 a 100000	13	13

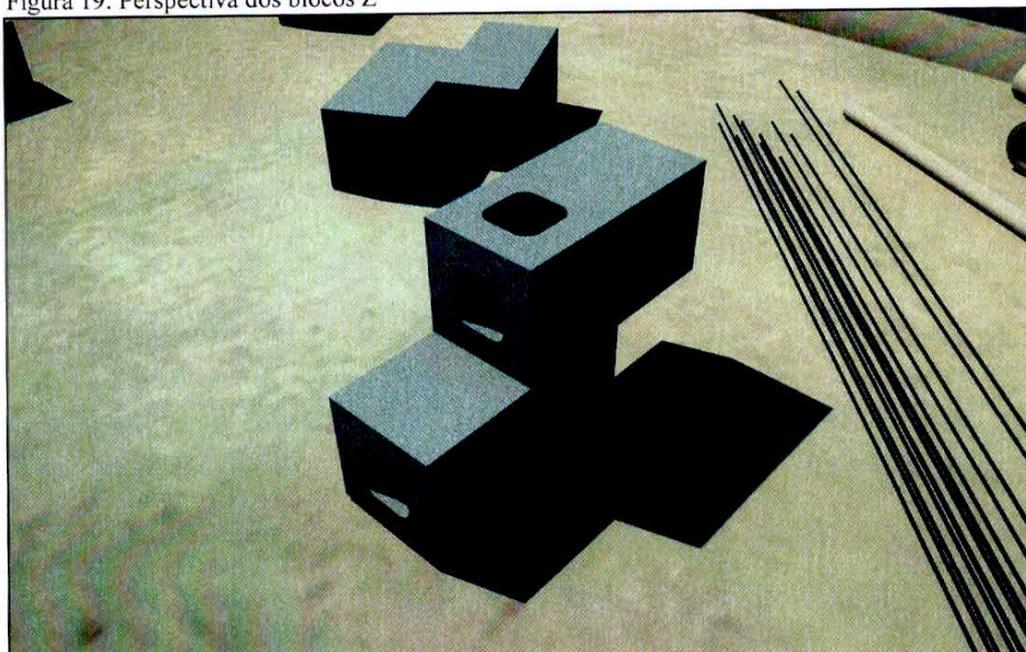
Fonte: NBR 15270-2005

Para verificação da geometria do bloco e da determinação de resistência característica à compressão, as amostras são constituídas de 13 blocos utilizadas como corpo de prova e para estabelecer o índice de absorção de água são utilizados 6 blocos como corpo de prova.

4.2.7 Bloco de auto-encaixe (Bloco Z)

O bloco de auto-encaixe, “Bloco Z”, tem a função estrutural, é composto basicamente de cimento, agregados e água, tais elementos que juntos resultam no concreto. Assim como o bloco de concreto vazado, o Bloco Z também é considerado vazado, a norma estabelece para caracterização de blocos vazados, que a área da seção líquida não ultrapasse os 75% da seção bruta, a figura a seguir mostra a geometria do bloco;

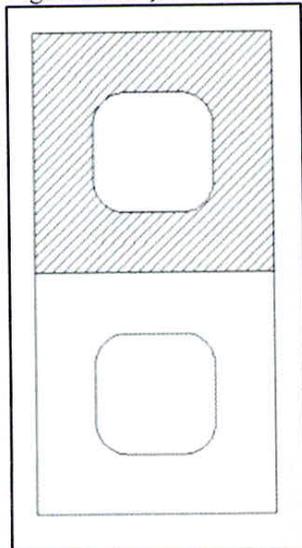
Figura 19. Perspectiva dos blocos Z



Fonte: O autor

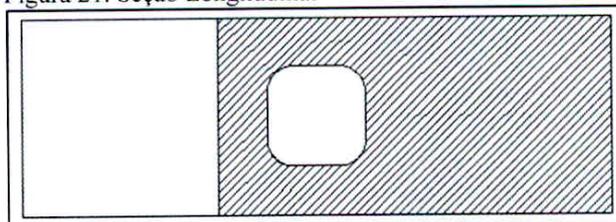
Devido a geometria do bloco ser diferenciada dos outros, para efeito de análise da suposição de seção líquida, devemos notar a seção transversal e a seção longitudinal, conforme as imagens demonstradas abaixo:

Figura 20. Seção transversal



Fonte: O autor

Figura 21. Seção Longitudinal



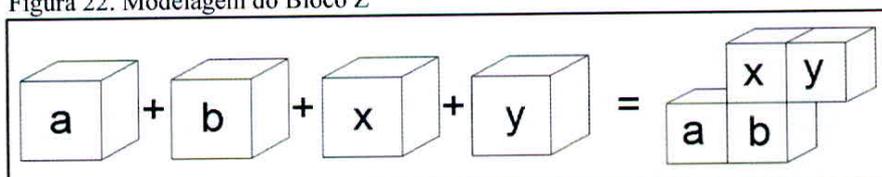
Fonte: O autor

É nítido nas figuras que o bloco está provido de três furos, sendo dois nos vetores horizontais e um no vetor vertical, a função dos furos é de reduzir custos, subtraindo materiais, sem que este elemento perca sua função mecânica, outra grande vantagem seria a redução de peso próprio, um fator que ajuda no manuseio e conseqüentemente agiliza o assentamento no processo de produção, pois o bloco se torna mais leve com esses vazados presentes.

Outra função muito importante dos furos, seria a possibilidade de usá-los para alvenaria estrutural armada, neles seriam capazes de passar fios de aço para armação, tanto na vertical para armar pilares, quanto na horizontal para armar vigas, os furos também são importantes para execução de toda parte hidráulica e elétrica da obra, a princípio seria possível passar tubulações e condutes, desde que se tenha um projeto bem elaborado.

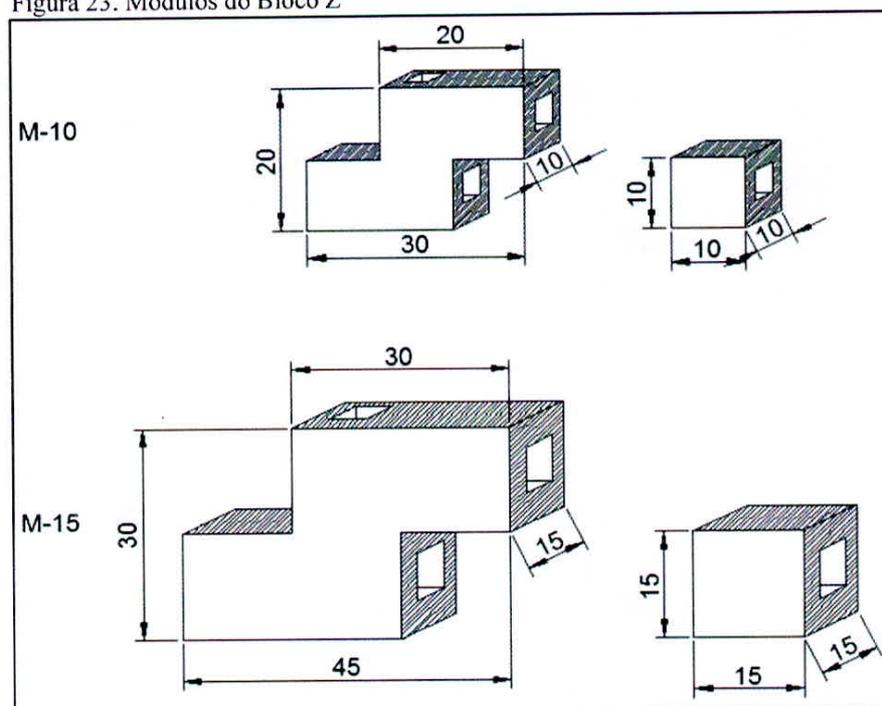
O Bloco Z é composto basicamente de 4 cubos iguais, ou seja, se a modulação for de 10 cm, todos os cubos que os compõe serão de 10cm de arestas, sendo assim é possível criar modulações de 10cm, 15cm e 20cm, formando então as famílias do Bloco Z, conforme figura abaixo:

Figura 22. Modelagem do Bloco Z



Fonte: O autor

Figura 23. Módulos do Bloco Z



Fonte: O autor

As características mecânicas e físicas do Bloco Z são similares ao bloco de concreto vazado convencional, deve-se prever no Bloco Z, mísulas de 2cm nos furos assim como nos convencionais, para que haja o apoio na sobreposição do bloco acima, sua resistência ainda será avaliada, mas nas condições básicas prevê-se no mínimo 4,5 MPa, quanto as classes também são similares aos convencionais, tratados da seguinte forma;

- Classe AE – Uso geral, como em paredes externas ou internas, acima ou abaixo do nível do solo, podendo estar expostas a umidade e não havendo necessidade de revestimentos para sua devida proteção.
- Classe BE – Limitada ao uso acima do nível do solo em paredes externas com aplicação de revestimentos, para proteção contra umidade e intempéries.

Tabela 10. Dimensões do Bloco Z

Dimensões nominais	Designação	Dimensões (mm)		
		Largura	Altura	Comp.
20x30	M-10	10	20	30
30x45	M-15	15	30	45

Fonte: O autor

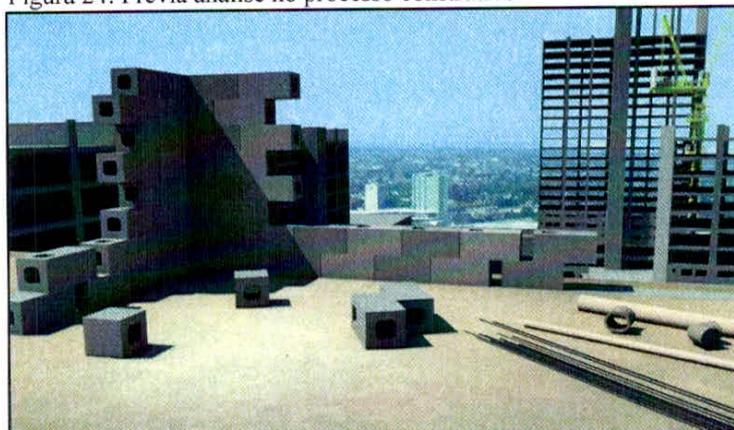
Tabela 11. Peso e resistência

Designação	Espessura das paredes (mm)	Resistência mínima prevista (Mpa)	Peso unitário (kg)	Rendimento bloco/m ²
M-10	25	4,5	6,3	25
M-15	32	4,5	18	11,5

Fonte: O autor

Por se tratar de apenas um início de projeto sem mesmo a existência de protótipos, os programas computacionais auxiliam no processo de obtenção do Bloco Z, é um fator positivo para realçar e despertar a curiosidade da disposição de como seria na prática, pelo motivo do produto não estar no mercado é incabível discutir mão de obra para trabalhar com tal material, apesar do seu processo de assentamento ser a princípio simples, conforme figura abaixo;

Figura 24. Prévia análise no processo construtivo



Fonte: O autor

4.3 Conceitos de Argamassa

Segundo informações encontradas na obra de TAUIL e NESSE (2010), a argamassa tem função de ligar os componentes da estrutura e vedar as juntas contra entrada de ar e água, geralmente são compostas por cimento, cal e areia, o cimento tem a função de dar resistência e durabilidade, o cal proporciona empregabilidade da argamassa, retenção de água e plasticidade, e por último a areia tem a função de enchimento e resistência da mistura, diminuindo o assentamento da argamassa e evitando a retração, dependendo do traço de argamassa pode chegar a uma resistência a compressão de até 175 MPa, podemos averiguar que quando aumentamos a resistência perdemos a trabalhabilidade e selagem da absorção de água.

Tabela 12. Traço de argamassa segundo ASTM C-272 (Expressa em Volume)

Tipo de Argamassa	Resistência à compressão mínima (Mpa)	Cimento Portland	Cal Hidratada		Areia	
			Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
M	175	1		0,25	2,81	3,75
S	126	1	0,25		2,81	3,75
				0,5	3,37	4,5
N	53	1	0,5		3,37	4,5
				1,25	5,06	6,75
O	25	1	1,25		5,06	6,75
				2,5	7,87	10,5

Fonte: (Alvenaria Estrutural – Carlos Alberto Tauil–2010)

4.3.1 Aplicação da argamassa

Segundo TAUIL e NESSE (2010), a argamassa pode ser usada em blocos de vedação ou estrutural, quando usadas em alvenaria de vedação sua aplicação são postas somente nas ligações longitudinais, caso seja usada em alvenarias estruturais, sua aplicação é encontrada nos dois sentidos dos blocos, tanto na longitudinal quanto na transversal, resultando no fechamento do perímetro inteiro de cada bloco. A argamassa após usada no assentamento de blocos, pode ser tratada para melhor acabamento, com junta arredondada ou reta, e pode também ser usada como revestimento tanto na alvenaria estrutural quanto na vedação, afim de obter resultados estéticos.

Segundo PRUDÊNCIO E BEDIN (2002), é de grande importância o reconhecimento de suas características, propriedades e a busca pelo seu melhor desempenho, vários laboratórios estudam a argamassa e seus derivados, mas infelizmente apesar dos estudos e

inovações ainda persiste os vícios no desconhecimento do meio técnico, além de estabelecer novos conceitos é fundamental mudar a cultura em certos países, qualificar a mão de obra para fazer o correto uso visando alcançar racionalização e desempenho nas obras.

4.3.2 Comportamento da argamassa no estado de compressão

Na obra de DUARTE (1999) é possível encontrar o ponto fundamental para compreender o funcionamento do sistema construtivo de alvenaria estrutural, em suas citações ele diz que quanto menor a quantidade de materiais diferentes na alvenaria, maior resistência da mesma, pois as propriedades mecânicas de cada elemento podem influenciar no funcionamento do outro, colocando como exemplo a seguinte situação, o bloco resiste bem a compressão, mas quando a junta de assentamento sofre alta compressão ela estando fixada com grande atrito no bloco, a tendência é que a deformação longitudinal nas juntas tracione os blocos, ou seja, a deformação no plano causada pela argamassa gera um deslocamento das superfícies em atrito, onde ocorre a ruptura por tração no plano horizontal, podendo causar o rompimento e fissuras no bloco, quando começa atingir um carregamento próximo de 50% até 80%.

Figura 25. Ações no bloco causada pela argamassa



Fonte: O autor

Tabela 13. Resistência da argamassa à compressão

Tipo	Argamassa 1:1:5 (cim., cal e areia)				Argamassa Industrializada		
	fb28 (Mpa)	fa28 (Mpa)	fprisma28 (Mpa)	Fator de eficiência	fa28 (Mpa)	fprisma28 (Mpa)	Fator de eficiência
1	6,86	5,07	6,28	0,92	4,66	5,27	0,77
2	9,31	5,6	7,6	0,82	4,99	6,64	0,71
3	8,07	5,6	6,12	0,76	4,99	4,83	0,6
4	10,14	4,9	7,58	0,75	5,8	5,77	0,57
5	6,99	5,44	5,33	0,76	6,41	4,36	0,62
Média	8,07	5,44	6,28	0,76	4,99	5,27	0,62

Fonte: Alvenaria Estrutural – Luiz Roberto Prudêncio Junior –2002

4.3.3 Diferença entre argamassa e concreto

Segundo PRUDÊNCIO E BEDIN (2002), apesar de ter os mesmos elementos na composição, a argamassa é diferenciada do concreto, suas funções são totalmente distintas. O concreto é um material estrutural por sua própria formação, dependendo de moldes e formas para obtenção da geometria final, deve obter umidade para assegurar a total hidratação em um determinado tempo para sua cura, enquanto a argamassa é um material que cuja função faz a união entre bloco e transfere esforços entre os elementos, para que a argamassa funcione como um adesivo auto-colante, sua superfície deve estar exposta à absorção de água, pois é necessário para promover o contato mínimo das substâncias solúveis do cimento, a argamassa pode ser dosada em obra ou industrializada, na composição da argamassa é encontrado o cimento, a areia e a cal, enquanto no concreto a diferença seria a inserção da brita e retirada da cal.

4.3.4 Características da argamassa

- União das unidades que compõe a alvenaria, além de transmitir esforços entre os mesmos;
- Distribuir uniformemente as cargas atuantes na parede para toda área resistente;
- Absorver as deformações de materiais à que alvenaria estiver sujeita;
- Selar as juntas contra penetração de água;
- Para atender todas essas funções ela deve ter trabalhabilidade, consistência, plasticidade e coesão, além da capacidade de retenção de água ela tem que adquirir resistência logo após o processo de assentamento, ser durável

e aderente para acomodação da retração na secagem, mas nem sempre é possível alcançar uma eficiência máxima em dois requisitos, quando aumenta uma característica a outra sofre, então o ideal é chegar no equilíbrio do traço, a tabela a seguir mostra a influência de cada componente da alvenaria;

Tabela 14. Influência dos constituintes da argamassa sobre as suas propriedades

Estado	Propriedade	Componentes				
		Cimento	Cal	Areia		Água
				Grossa	Fina	
Fresco	1.Fluidéz	+	+	o o	o	++
	2.Plasticidade	+	++	-	+	o
	3.Coesão	+	++	-	+	o
	4.Retenção de água	+	++	-	+	o
Endurecido	5.Tensão de aderência	++	o o	o o	o	o
	6.Extensão de aderência	-	++	-	+	+
	7.Durabilidade da aderência	-	++	o	o	o
	8.Resistência à compressão	++	-	+	-	-
SÍMBOLOS	INDICA QUE AUMENTA =(+)					
	INDICA QUE DIMINUI =(-)					
	POUCO INFLUENCIA = (O)					

Fonte: (Alvenaria Estrutural – Luiz Roberto Prudêncio Junior –2002)

4.3.5 Requisitos para utilização da argamassa

Segunda a NBR 13281 (2001), aborda requisitos para argamassa utilizada em assentamento e revestimento de paredes e tetos, em sua composição, menciona algumas outras normas são de fundamental importância para complementar os estudos relativos a argamassa, as quais a própria NBR 13281 (2001) refere-se em seu conteúdo, as demais normas citadas abaixo;

NBR 13276 – Determinação da consistência padrão;

NBR 13277 – Determinação da retenção de água;

NBR 13278 – Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado;

NBR 13279 – Determinação da resistência à compressão.

Primeiramente a norma define argamassa sendo uma mistura homogênea de agregados, aglomerantes e água, podendo ou não conter aditivos, sua principal função é ter capacidade de aderência e endurecimento, pode ser produzida em obra ou ser produto industrializado e estar em conformidade com tabela a seguir, que trata de funções mecânicas e reológicas;

Tabela 15. Exigências mecânicas e reológicas para argamassa

Característica	Identificação ¹	Limites	Métodos
Resistência a compressão aos 28 dias	I	$\geq 1,0$ e < 4	NBR 13279
	II	$\geq 4,0$ e $\leq 8,0$	
	III	$> 8,0$	
Capacidade de retenção de	Normal	≥ 80 e ≤ 90	NBR 13277
	Alta	> 90	
Teor de ar incorporado	a	< 8	NBR 13278
	b	≥ 8 e ≤ 18	
	c	> 18	
NOTA ¹ : Exemplo de Identificação , I-Normal-a			

Fonte: NBR13281:2001

4.3.6 Determinação do teor de água para elaboração do índice de consistência

O principal objetivo da NBR 13276, é estabelecer o método de determinação do índice de consistência da argamassa através do teste de tronco cônico a ser utilizado nos ensaios. As condições do local de análise em laboratório devem apresentar temperatura por volta dos 23°C e umidade relativa do ar próximo dos 60%, a aparelhagem utilizada é descrita abaixo;

- a) Balança de precisão
- b) Mesa para índice de consistência, conforme NBR7215
- c) Molde tronco cônico, conforme NBR7215
- d) Soquete metálico, conforme NBR7215
- e) Misturador mecânicos, conforme 7215
- f) Paquímetro

Na execução dos ensaios, o princípio é a preparação da argamassa fresca inserida nos moldes, em cada mistura encontra-se aproximadamente 2,5 kg com somatório de todos os componentes, existem dois tipos de mistura de argamassa, a industrializada ou dosada em obra, seus respectivos métodos são citados abaixo;

1.3.6.1 Argamassa industrializada

- 1º) Pesar a massa de água
- 2º) Colocar a água no misturador
- 3º) Colocar o material seco, de modo contínuo e no período de 30 segundos
- 4º) Acionar o misturador em baixa velocidade
- 5º) Desligar, retirar a pá de mistura e raspar toda parede interna

6º) Recolocar e pá e misturar por mais 60segundos

1.3.6.2 Argamassa dosada em obra

1º) Preparar argamassa de acordo com a proporção do traço

2º) Misturar em velocidade baixa

3º) Após mistura, repousar por 15 minutos e em seguida homogeneizar com espátula em um período de 30segundos.

Após o preparo da argamassa, tanto a industrializada como a dosada em obra, é determinada o índice de consistência, nessa etapa o molde tronco cônico é preenchido com argamassa, sendo completado em três camadas de alturas iguais, deve-se aplicar em cada uma dela, respectivamente 15,10 e 5 golpes com soquete, distribuindo amassa uniformemente, na sequência o molde é colocado centralizado na mesa de índice de consistência e retira-se o excesso acima da boca, acionar a manivela e esperar ela efetuar os 30 movimentos em período de 30 segundos, após o último movimento , deve-se analisar o espalhamento da argamassa na superfície ao retirar o molde e realizar medições, de modo que seja colhida a partir do diâmetro, em pares de ponto uniformemente distribuídos ao longo do perímetro , o índice de consistência corresponde ao valor médio das medidas do diâmetro.

4.3.7 Determinação da retenção de água

De acordo com a NBR 13277, o principal objetivo desta norma é descrever o método para determinação da retenção de água em argamassa, para execução da mesma são necessários a utilização de aparelhagens descritas abaixo;

- a) Placa de aço circular rígida e plana, com 110mm de diâmetro e 5mm de espessura;
- b) Cilindro maciço de metal, com 110 mm de diâmetro e 2kg;
- c) Espátula de lamina de aço rígida, comprimento de 110mm;
- d) Discos de papel-filtro, com média filtração e 110 mm de diâmetro;
- e) Gaze de tecido de algodão, quadrada com arestas de 110mm;
- f) Balança de precisão e cronômetro;
- g) Molde cilíndrico de aço com 100mm de altura e 25mm de diâmetro.

Na execução do ensaio, primeiramente deve-se preparar a argamassa (M), pesar o molde seco e limpo (Mm), pesar 12 discos de papel-filtro (Mse) secos e vazios, encher o molde com argamassa (Mma) todos na mesma proporção e pesar os moldes cheios, colocar sobre a superfície da argamassa duas telas de gaze e o conjunto de 12 discos de papel filtro e a placa rígida, aplicar no centro o peso de 2kg acionando imediatamente o cronometro, após 2 minutos retirar o peso e a placa base, remover conjunto de papel-filtro e levá-lo ao prato da balança onde irá efetuar medição, pesar e registrar a massa dos discos molhados (Mf), para o cálculo da retenção de água, usa-se a seguinte equação;

$$Ra = \left[1 - \frac{(Mf - Mse)}{AF \times (Mma - Mm)} \right] \times 100$$

Onde;

Ra = Retenção de água

Mw = Massa total de água acrescentada

M = Massa da argamassa

AF = Fator água/argamassa

AF = (Mw)/(M+Mw)

Mf = Massa do conjunto dos discos molhados

Mma = Massa do molde com argamassa

Mm = Massa do molde vazio

4.3.8 Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado

Segundo a NBR 13278, o objetivo principal dessa norma é descrever o método utilizado para a determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado em argamassa, para execução deste método são necessários as seguintes aparelhagens;

- a) Balança de precisão
- b) Recipiente cilíndrico de PVC (molde), capacidade de 400ml
- c) Espátula com 150mm de comprimento e 15mm de largura, cabo de madeira
- d) Régua com comprimento 150mm espessura entre 1,6mm a 3,2mm
- e) Soquete com material não absorvente, conforme NBR7215

f) Colher ou utensílio, com comprimento mínimo de 230mm.

Na execução do ensaio, primeiramente é feita a preparação da argamassa, apresentando o índice de consistência padrão conforme NBR 13276, a calibração do recipiente cilíndrico de PVC, deve ser pesado e registrar sua massa quando vazio (M_v), depois o recipiente deve ser preenchido com água destilada ou água desmineralizada com temperatura aproximada dos 23°C e registrar seu volume (V_r), o próximo passo é colocar a argamassa no recipiente cilíndrico, introduzindo suavemente com colher, formando três camadas de alturas de mesma proporção, em cada camada deve aplicar 20 golpes ao longo do perímetro da argamassa e a parede do recipiente, de modo que fique compacto, logo após a limpeza do cilindro, ele deve ser levado novamente a balança com todo o conjunto e pesado, nos resultados esperados a densidade de massa (A) é obtida através da equação;

$$A = \frac{M_c - M_v}{V_r}$$

Onde;

A = Densidade de massa

M_c = Massa do recipiente contendo argamassa

M_v = Volume do recipiente cilíndrico de pvc

Após o cálculo da densidade de massa é possível calcular o teor de ar incorporado na argamassa (AI) através da seguinte equação;

$$AI = 100 \times \left(1 - \frac{A}{B} \right)$$

Onde;

AI = Teor de ar incorporado

A = densidade de massa

B = Densidade da massa teórica da argamassa sem vazios

O teor de ar incorporado na argamassa deve ser representado em %, de modo que seja arredondado para número inteiro, mantendo a ordem do arredondamento para cima. O

valor de B nas expressões são determinados através da fórmula de densidade da massa teórica da argamassa sem vazios, esse valor é calculado em duas situações, para argamassa industrializadas e argamassas dosadas em obras, representadas nas equações seguintes;

- Argamassa Industrializada

$$B = \frac{M_s + M_{\text{água}}}{\frac{M_s}{\gamma_s} + M_{\text{água}}}$$

Onde;

M_s = Massa de argamassa anidra

$M_{\text{água}}$ = Massa de água que compõe argamassa fresca

γ_s = Densidade de massa da argamassa industrializada determinada conforme NBR6474

- Argamassa dosada em obra

$$B = \left\{ \frac{\sum M_i}{\sum (M_i / \gamma_i)} \right\}$$

Onde;

M_i = Massa seca de cada componente da argamassa inclusive massa da água

γ_i = Densidade da massa de cada componente da argamassa, conforme NBR6474

4.3.9 Determinação da resistência à tração e à compressão

O principal objetivo desta norma é determinar resultados da resistência à tração e compressão da argamassa de assentamento e revestimento, no ambiente de análise, no caso o laboratório, deve apresentar temperatura de aproximadamente 23°C e umidade relativa do ar próximos dos 60%, para efetuar análises são necessários a seguinte aparelhagem;

- a) Moldes prismáticos metálicos 4cm x4cmx16cm
- b) Máquina para adensamento da argamassa
- c) Nivelador de camadas
- d) Régua metálica

- e) Máquina universal de teste de tração e compressão
- f) Dispositivo para aplicação de carga uniforme
- g) Cronômetro
- h) Utensílios para laboratório.

Antes da execução dos ensaios devem ser modelados três corpos de prova no molde, antes de preenchido os moldes devem estar untados com fina camada de óleo de modo que não crie aderência com a argamassa, em seu preparo deve ser conforme NBR 13276. Após a homogeneização da argamassa ela deve ser inserida nos moldes por camadas, após completar cada camada o molde deve ser batido sobre a mesa de modo que massa interna fique compacta, corpo de prova deve ser mantidos 48 horas no molde metálico e depois devem ser mantidas 28 dias fora do molde, durante esse intervalo de dias alguns corpos de provas são submetidos a testes, a tabela seguinte representa a idade de ruptura dos elementos e a tolerância de tempo para ruptura;

Tabela 16. Idade de ruptura e tolerância para argamassa

Idade de Ruptura	Tolerância
24h	1 h
3 dias	2 h
7 dias	4 h
14 dias	6 h
28 dias	8 h
91 dias	1 dia

Fonte: NBR 13279-2014

O corpo de prova deve ser colocado no dispositivo para ensaio e conseqüentemente é aplicado a carga sobre o mesmo, onde primeiramente anota-se a resistência à tração na flexão, conforme fórmula seguinte;

$$R_f = (1,5 \times F_t \times L) / (40^3)$$

Onde;

R_f = Resistência à tração na flexão

F_t = Carga aplicada ao centro do prisma (Newtons)

L = Distância entre suportes em mm (Altura da seção)

No processo de averiguação da resistência de compressão, os corpos de prova são posicionados no centro do dispositivo, entre o suporte e conseqüentemente é aplicada a força de $500 \pm 50N/s$ (Newtons), até a ruptura do mesmo, a expressão que demonstra o cálculo para este procedimento é mostrada a seguir;

$$R_c = F_c / 1600$$

R_c = Resistência à compressão emMPa

F_c = Carga máxima aplicada emNewton

1600 = Área da seção do dispositivo, (40mmx40mm)

4.4 Conceitos de Graute (*Grout*)

Definições de TAUIL e NESSE (2010), conceituam graute como concreto com agregados moídos destinados ao preenchimento dos vazios dos blocos, nos locais específicos pelos projetistas da estrutura, no seu preparo deve ser misturado em betoneira ou ser usinado em centrais externas e enviado para obras. Sua composição é formada por areia, pedrisco, cimento e cal, e quando lançado o graute deve ser vibrado. Quanto a sua classificação pode ser considerada tipo fino ou grosso, onde o fino os agregados não passam de 3mm. Geralmente os grautes são usados em assentamento de blocos, canaletas, ligações de pilares com chapas de base e outras funções específicas.

Segundo informações retiradas das obras de PRUDÊNCIO E BEDIN (2002), mencionam que o Instituto Americano de concreto, conceitua o *Grout* ou graute, como uma mistura de materiais cimentícios e água, com ou sem agregados, em proporção que se obtenha uma consistência líquida sem segregação de seus constituintes.

4.4.1 Graute sem agregados

Este material equivale a caldas de cimento usados em concreto protendido.

4.4.2 Grute com agregados

O graute de concreto é utilizado na alvenaria estrutural, empregado especificamente em alvenarias armadas, para conseguir a união entre armadura e alvenaria, estes vazados são preenchidos por graute, onde este elemento deve ter uma elevada fluidez.

4.5 Conceitos de armaduras na alvenaria

Segundo a NBR-8798/1985 (item 3.6), nas alvenarias armadas de bloco de concreto, contém armaduras dispostas em seu interior, afim de propiciar estabilidade, consolidação dos materiais e obtenção de um componente para absorver esforços, quando esta disposição de armaduras encontram-se na passagem vertical dos furos dos blocos, denominam-se pilares, quando a armadura está disposta continuamente ao longo da parede no sentido horizontal, denominam-se de cintas, as vergas também são elementos dispostos na horizontal, porém utilizados nas aberturas de vãos, os coxins tem a mesma função das cintas, mas não são contínuos na alvenaria, são seccionados nos trechos necessitados, os enrijecedores também são elementos estruturais, utilizados perpendiculares as paredes portantes, tanto na horizontal quanto na vertical, afim de dar estabilidade.

4.5.1 Função da armadura

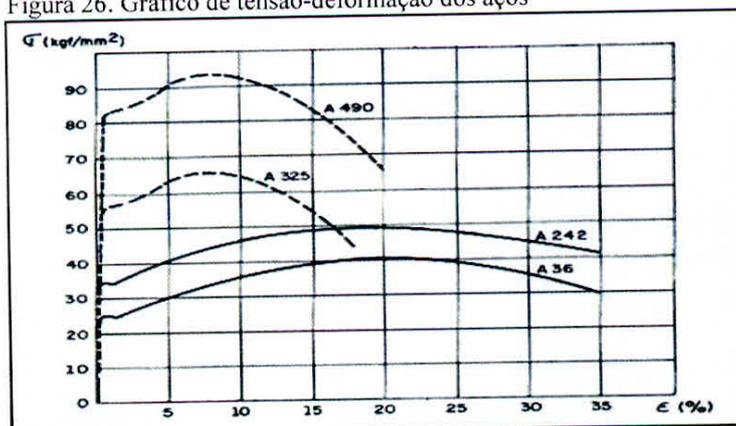
Segundo DÉ SIR, com sua publicação no portal da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), as armaduras utilizadas nas alvenarias têm a função de combater esforços de flexão nos elementos de uso comum desse sistema construtivo, tais como vigas, vergas, contravergas e cintas, proporcionam que os elementos tenham mais capacidade de deformação, além de viabilizar as amarrações indiretas e diretas.

4.5.2 Propriedades das armaduras

Segundo DÉ SIR, com sua publicação no portal da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul), a característica das armaduras que compõe os elementos estruturais, são normalmente barras aderentes ou lisas, no processo construtivo elas podem ser cortadas, dobradas e montados em obra, ou fazer estar compostas em elementos pré-moldados, geralmente a liga de aço mais utilizada nas armaduras são os aço-carbono ou aço-inoxidável,

as características físicas, químicas e mecânica do aço são encontrados na NBR 8800, a seguinte imagem mostra resumidamente o comportamento do aço e a curva de tensão-deformação, típica de aços usuais na construção civil.

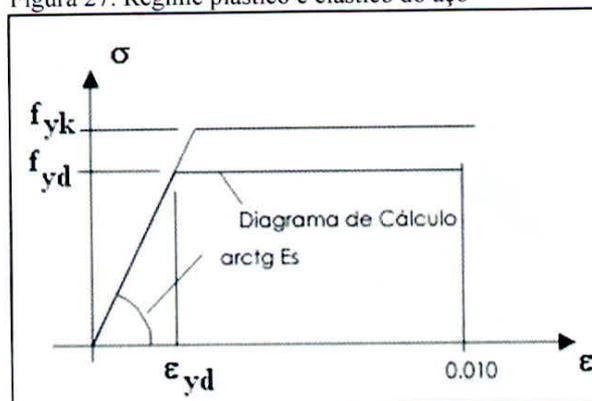
Figura 26. Gráfico de tensão-deformação dos aços



Fonte: (ufrgs.com.br- DÉ SIR)

Analisando o gráfico podemos notar que o limite e característica elástica (f_{yk}) encontra-se entre 400 e 60 MPa, quando calculado admite-se o seguinte diagrama para análises dos pontos críticos no regime plástico e elástico do aço;

Figura 27. Regime plástico e elástico do aço



Fonte: (ufrgs.com.br- DÉ SIR)

4.5.3 Aplicação da armadura

Quando se trata de blocos vazados, é notável que seus furos funcionam como guia para passagem das armaduras, além de estabelecer a função de formas quando solicitado o enchimento com concreto ou graute. As armaduras podem ser transcorridas na horizontal ou vertical, os aços nas verticais são armados na prumada dos furos dos blocos, e as armaduras

horizontais geralmente estão presentes nas canaletas, funcionando na absorção de esforços dos elementos estruturais horizontais, como vigas e vergas, a grande vantagem do bloco Z, é que não há a necessidade de uso de blocos e canaletas para obtenção da alvenaria armada, o bloco por si só contempla furos nos dois vetores propiciando a passagem das armaduras.

5 METODOLOGIA

A aplicabilidade do bloco em suas devidas funções será representada em duas etapas, primeiramente será relevante mencionar tudo o que influencia em sua composição unitária para obtenção de um protótipo, após o conhecimento absorvido na produção de um bloco, será mencionado seu uso e formas de como empregar, onde na segunda etapa serão relatados as disposições e aplicações do mesmo, ou seja, o somatório das duas etapas trata desde a fabricação até o produto final.

5.1 Materiais

5.1.1 Obtenção do Protótipo

- Dimensões: Tratar de uma geometria ideal para satisfazer as condições.
- Volume: Resultado da geometria, o volume é obtido a partir das dimensões e espessuras de paredes estabelecidas.
- Peso: Resultado do volume vezes o peso específico do componente a ser utilizado, o peso específico é estipulado devido ao traço de concreto obtido.
- Traço do concreto: Combinação de cimento, agregados, água e aditivos a serem utilizados na produção do bloco.
- Moldes: Instrumento para estruturar o concreto utilizado de acordo com a geometria estabelecida, projetá-lo para satisfazer as dimensões desejadas, processo de grande importância na obtenção do Bloco Z.
- Desforma: Processo de retirada da massa de concreto curado de dentro do molde sem afetar sua estrutura.
- Ensaio e testes: Neste último item mencionado na obtenção do protótipo, trata-se de testar sua eficiência mecânica, física e reológica, a fim de provar seu funcionamento e prosseguir para segunda etapa.

5.1.2 Aplicação do protótipo

- Armazenamento: relatar a melhor forma de estocar os lotes de Bloco Z, priorizando manter sua integridade, sem estar sujeito a danificações,

estabelecer o posicionamento adequado do bloco e a quantidade máxima de modo que o peso próprio não afete os que estarão abaixo.

- Fornecimento e transporte: Averiguar as técnicas e logística para fornecimento e transporte do Bloco Z, de modo que saia do estoque e chegue até o destino final intacto.
- Processo construtivo de alvenarias: Descrever as etapas e processos para obtenção da alvenaria estrutural, tais como, assentamento e modulação utilizando o Bloco Z.
- Processo construtivo de vigas: Estabelecer a disposição do Bloco Z, quando utilizado em alvenaria armada, descrevendo a combinação de blocos para combater os esforços solicitantes das vigas.
- Processo construtivo de pilares: Estabelecer a disposição do Bloco Z, quando utilizado em alvenaria armada, descrevendo a combinação de blocos para combater os esforços solicitantes dos pilares.
- Utilização do aço com Bloco Z: Demonstrar as possíveis combinações de aços com Bloco Z, tanto para armações de vigas quanto pilares, estabelecendo as possíveis armaduras positivas, negativas, estribos e outras armações que poderiam estar presente na estrutura, como exemplo armaduras de pele quando necessárias.
- Instalações Elétricas, Hidráulicas e Complementares: Relatar as principais dimensões de tubulações e condutas existente, para averiguar a possibilidade das passagens das instalações passando pelos furos horizontais e verticais encontrados no Bloco Z.
- Aberturas de vãos: Estabelecer o modo de como serão feitas as aberturas de vãos das portas, janelas e esquadrias, além de limitar a dimensão de vãos máximos suportados pelo Bloco Z.
- Manuseio e Execução: Averiguar com os pedreiros e mestres de obra, se o manuseio e trabalhabilidade com o Bloco Z é satisfatório ou não, e se devido a geométrica diferenciada poderá causar algum problema afetando a agilidade no assentamento.
- Custo e benefício: Averiguar se todas as citações são viáveis de acordo com o custo do produto, além da qualidade e aceitação no mercado.

5.2 Métodos

No âmbito de projetar utilizando Bloco Z, serão tomados como exemplos dois tipos de edificações, a primeira será uma composta por alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto e a segunda uma estrutura de concreto armado.

A escolha do sistema construtivo de alvenaria estrutural, é mencionada com intuito de utilizar o Bloco Z como elemento principal, sem a presença de armações, assim como o bloco convencional, nessa situação deve-se projetar as modulações prevendo a abertura de vãos e demais características de projeto quando utiliza-se alvenaria estrutural.

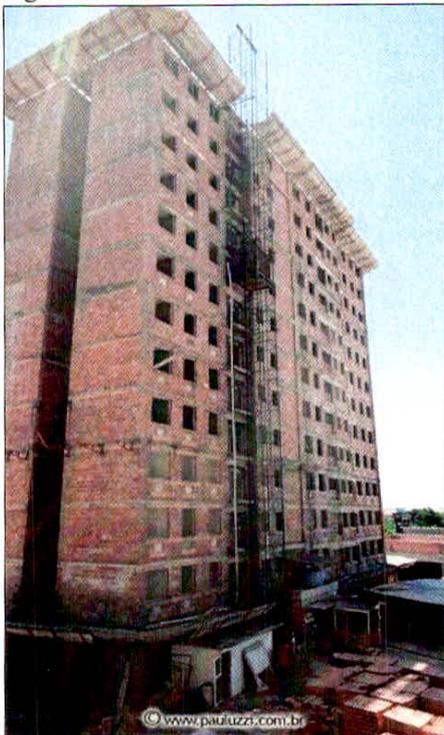
No segundo exemplo, o Bloco Z será usado em uma estrutura de concreto armado, ele terá a função de estar presentes em vigas e pilares, também será importante quando se trata da ausência de formas, ou seja, utilizando o Bloco Z, não será necessário o uso de formas, pois ele fará a contenção do concreto e da armação que estará presente em seu interior, além de proporcionar aderência ao concreto e aço, que a princípio fornecerá integridade dos materiais consolidando em uma peça de eficiência estrutural.

Sendo assim é possível a análise em duas situações de esforços no Bloco Z, no primeiro exemplo os carregamentos são distribuídos ao longo da parede constituída pelo mesmo, e logo no segundo exemplo o bloco estará presente combatendo os esforços juntamente com as armações e o concreto aderido, lembrando que o intuito de testar a eficiência do Bloco Z em alvenaria estrutural, é a retirada da argamassa de assentamento na junta horizontal. E no concreto armado, é testar sua eficiência, além da retirada das formas para moldagem da estrutura.

6 RESULTADOS

Após analisar as bibliografias e normas, é possível compreender que as funções dos elementos que compõe o sistema construtivo de alvenaria estrutural, o estudo do material propiciou uma carga de argumentos satisfatórios para discriminação dos elementos da alvenaria e podem traçar diretrizes para aplicação do Bloco Z, as principais obras de alvenaria estrutural são compostas por blocos de concreto ou cerâmico, assim como há essa opção para construções, os profissionais também tendem a optar por aquele material que mais agrada ou satisfaça as condições de projeto, abaixo são demonstrados duas obras de grande porte com matéria-prima distinta;

Figura 28. Edifício de bloco cerâmico



Fonte: (Site paluzzi.com.br-2007)

Figura 29. Edifício de bloco de concreto



Fonte: (Uzimak.blog-2012)

Os materiais mais comuns encontrados no mercado para alvenaria estrutural têm uma forte disputa na área de domínio e são utilizados com grande intensidade sem que haja números discrepantes, afim de buscar processos construtivos melhorando a qualidade, viabilizando obras e reduzindo custos, abaixo é demonstrado um quadro comparativo entre blocos de concreto e cerâmico, onde aborda-se as vantagens e desvantagens de cada;

Tabela 17. Quadro comparativo (Bloco Cerâmico & Bloco de Concreto)

Quadro Comparativo			
Bloco Cerâmico		Bloco de Concreto	
Pros	Contras	Pros	Contras
Mais leve	Menos aderente	Mais aderente	Mais pesado
Alto conforto térmico	Exige mais revestimentos	Exige menos revestimentos	Baixo conforto térmico
Absorve menos água	Menor regularidade Geométrica	Maior regularidade geométrica	Absorve mais água
Maior produtividade no processo de assentamento	Menor resistencia mecânica	Maior resistencia mecânica	Menor produtividade no processo de assentamento
Custo unitário mais baixo	Necessita de mais de um demão de revestimentos	aplicabilidade de cerâmica direta na superfície	Custo unitário mais baixo
Facilidade de manuseio	Menor desempenho Acústico	Maior desempenho Acústico	Dificuldade de manuseio
Maiores juntas de dilatação	Gera mais M.o	Gera menos M.O	Menores juntas de dilatação
Mais Sustentável	Maior perda de material do processo de fabricação ao produto final	Menor perda de material do processo de fabricação ao produto final	Menos Sustentável
Maior agilidade	Mais frágil	Mais robusto	Menor agilidade

Fonte: O autor

6.1 Considerações para definição do material do Bloco Z

O Bloco Z tem perfil mais adequado para ser usado como matéria prima o concreto do que a cerâmica, analisando a geometria do Bloco Z e suas funções nas diversas disposições, prova-se que é mais funcional com concreto;

- 1) Modelagem do elemento, todo processo que envolve a fabricação do bloco tem características para uso do concreto, além de ser possível a criação do protótipo, o molde pode ser projetado com chapas, em um processo artesanal desde que este tenha uma forma final, praticando a técnica do empirismo até acertar um modelo que satisfaça as condições pré-estabelecidas;
- 2) Com intuito de aproveitar todas as aplicações previstas para Bloco Z este elemento a princípio também poderá trabalhar juntamente com concreto armado, pelo fato de seu material também ser de concreto, proporciona uma compatibilidade de materiais;
- 3) Devido a geometria do Bloco Z ser diferenciada dos convencionais, na possibilidade de um projeto bem elaborado este elemento não apresentara

- números relevantes em questão ao desperdício de materiais na execução, pois com apenas dois modelos de mesma família é possível executar toda obra;
- 4) Quando utilizado na alvenaria armada, seu porte possibilita a eliminação de formas para execução de vigas e pilares, proporciona condições para suportar o concreto e o aço quando são armados, mas não dispensa os cimbramentos até o tempo determinado para cura do concreto;
- 5) O concreto é material ideal para utilizar no Bloco Z, poderá suprir algumas desvantagens encontradas nos blocos convencionais, conforme mostra tabela abaixo.

Tabela 18. Quadro comparativo (Bloco Cerâmico & Bloco Z)

Quadro Comparativo			
Bloco de concreto Convencional		Bloco de Concreto Autoportante	
Prós	Contras	Prós	Diferencial
Mais aderente	Mais pesado	Mais aderente	
Exige menos revestimentos	Baixo conforto térmico	Exige menos revestimentos	
Maior regularidade geométrica	Absorve mais água	Maior regularidade geométrica	
Maior resistencia mecânica	Menor produtividade no processo de assentamento	Maior resistencia mecânica	Maior produtividade no processo de assentamento
aplicabilidade de cerâmica direta na superfície	Custo unitário mais baixo	aplicabilidade de cerâmica direta na superfície	
Maior desempenho Acústico	Dificuldade de manuseio	Maior desempenho Acústico	Facilidade no manuseio
Gera menos M.O	Menores juntas de dilatação	Gera menos M.O	Menores juntas de dilatação
Menor perda de material do processo de fabricação ao produto final	Menos Sustentável	Menor perda de material do processo de fabricação ao produto final	
Mais robusto	Menor agilidade	Mais robusto	Maior agilidade

Fonte: O autor

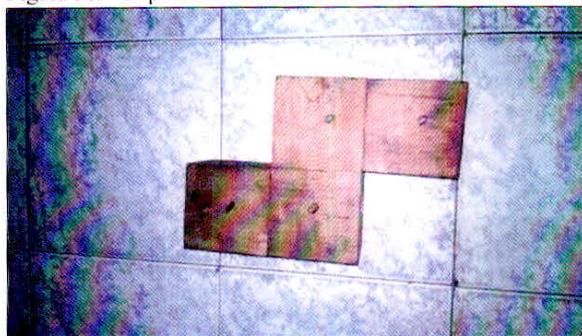
7 PROTÓTIPO

7.1 Modulação do bloco estrutural z em madeira

O objetivo da criação do bloco estrutural z em madeira é facilitar a maleabilidade e lapidação do protótipo, pois trabalhar com a madeira propicia cortes e furos exatos, outros fatores importantes em obter primeiramente um protótipo de madeira seria o custo, antes de investir em formas para modelar o protótipo ideal, o protótipo em madeira concedeu visualizar a volumetria e demais características do bloco, viabilizando os conceitos para criação de formas.

Na primeira etapa para criação do protótipo, a utilização da madeira acelerou o processo de obtenção do mesmo, pois para elaboração do protótipo foram utilizados quatro cubos de madeira com arestas de 10cm, a classe de utilizada foi uma C20 que tem características de madeira com boa trabalhabilidade devido sua densidade. Para lapidar os cubos, foi necessário executar cortes e esquadrear as peças, pois não encontra-se com facilidade perfis comerciais de madeira com seções quadradas de 10cm x 10cm.

Figura 30. Perspectiva do bloco



Fonte: O autor

Após o corte e esquadreamento dos quatro cubos de madeira, o próximo passo seria uni-los, pois a ideia de criar peças separadas surgiu com a intenção de montar e desmontar o bloco, com intuito de analisar minuciosamente cada ângulo e detalhes específicos de características geométricas, para estabelecer rigidez e união dos quatro cubos de madeira, foram utilizados cavilhas de aço, em duas extremidades de cada bloco e conseqüentemente dois furos nos blocos posteriores, o posicionamento da cavilha foi locado nas extremidades para não atrapalhar os eixos horizontais e verticais do bloco.

Na próxima etapa seria necessário furar os eixos horizontais e verticais do bloco, pois conforme o projeto apresentado, estes furos funcionariam de passagens para instalações elétricas e hidráulicas, além de passagem de aços na obtenção do concreto armado, para estabilidade estrutural dos elementos de vigas e pilares. Os furos foram projetados dois na horizontal e um na vertical, sendo que os eixos coincidem justamente com o baricentro da peça e ainda cruzam quando tem em comum o centro de gravidade.

Figura 31. Cubo de madeira com arestas de 0,10m



Fonte: O autor

Para obter furos precisos foi necessário a intervenção de um operador de torno mecânico, pois conforme projeto apresentado, os furos tem diâmetro de 50mm, e com uma furadeira convencional não poderia atravessar o cubo de face à face, além também de não fornecer o furo com diâmetro essencial, nesse processo de furar os cubos de madeira as cavilhas proporcionaram a desmontagem das peças e conseqüentemente foram furadas separadamente através do equipamento de torno mecânico, utilizando fresas e demais equipamentos fundamentais para execução da tarefa.

Figura 32. Furos

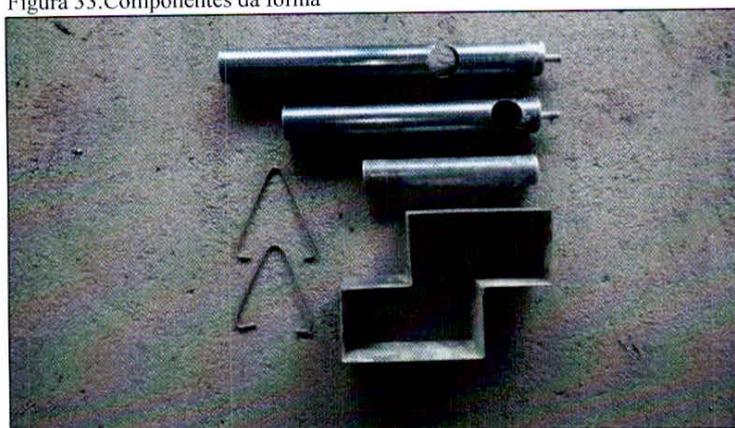


Fonte: O autor

7.2 Formas

Após a concepção do protótipo em madeira iniciou-se o estudo da forma, na primeira etapa foi definido o material utilizado, na sequência foram determinadas a base, contorno, eixos, furos, espessuras das chapas, articulações e angulações, prevendo um mecanismo resultante para atender as necessidades de moldar o bloco em concreto obedecendo todas as propriedades previstas em projeto.

Figura 33. Componentes da forma



Fonte: O autor

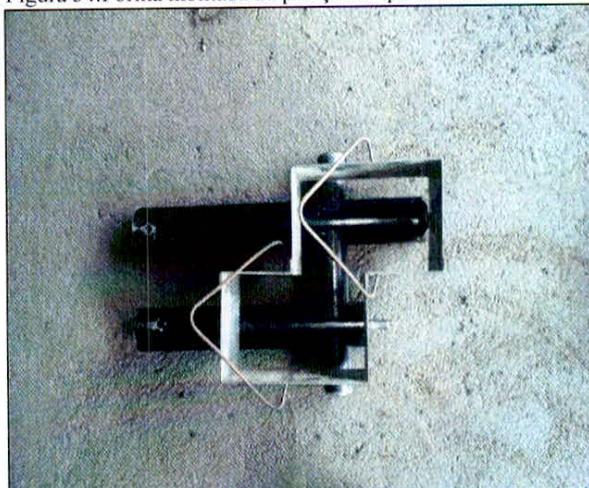
7.3 Materiais e equipamentos

O material utilizado na fabricação da forma foi o aço, assim como as formas dos blocos convencionais são de 2,25mm de espessura, a chapa utilizada na produção do bloco Z também é de 2,25 mm de espessura, as chapas são de aço laminado de bitola 13 e tem peso de aproximadamente de 18kg/m². Além das chapas foram utilizadas barras de tubos metalon com costura, com espessuras de paredes de 2,5mm e diâmetros externos variando de 1 3/4 “ à 2” para tubos redondos”, também são utilizados parafuso de 3/4” com rosca passante, arruela metálica e arruela de borracha.

No processo de fabricação da forma, foram executados vários serviços, tais com; dobras, cortes, furações, soldas e demais ajustes para obtenção do formato e geometria necessário para atender as necessidades, para realizar estes serviços foi necessário a utilização de equipamentos e mão de obra especializada, os equipamentos utilizados foram; dobradeiras de chapas, policorte, furadeira industrial, máquina de solda, torno mecânico e demais ferramentas de uso manual.

As formas para produção do bloco auto encaixe (bloco z) são compostas basicamente pela chapa de aço laminado, tubo redondo com diâmetro de 2" (50,8mm), tubo redondo de 1 3/4 " (43mm), além dos parafusos e arruelas.

Figura 34. Forma montada na posição de preenchimento



Fonte: O autor

7.3.1 Chapa de contorno

A função da chapa de aço laminado é dar geometria do contorno do bloco e conter a massa de concreto inserida dentro da mesma. Para executar o formato adequado da chapa, foi necessário executar cortes, dobra e furos, conforme as etapas descritas abaixo;

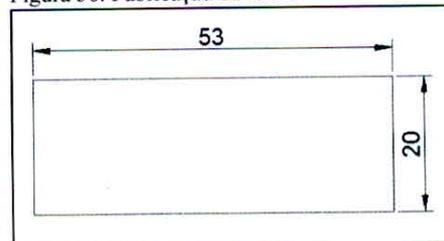
Figura 35. Chapa de contorno



Fonte: O autor

- 1) Uma chapa de aço laminado de 2,25mm de espessura, com dimensões de 53 cm de comprimento por 20cm de largura.

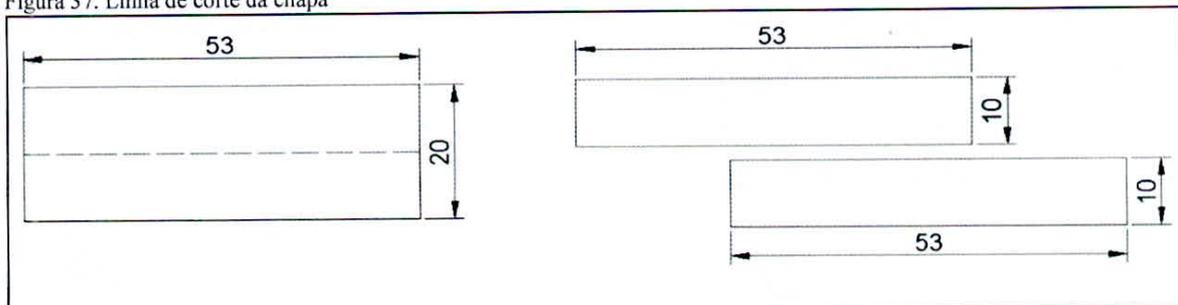
Figura 36. Fabricação da forma



Fonte: O autor

- 2) Executar um corte no eixo horizontal da chapa, dividindo-a em duas partes iguais de 53 cm de comprimento por 10 cm de largura.

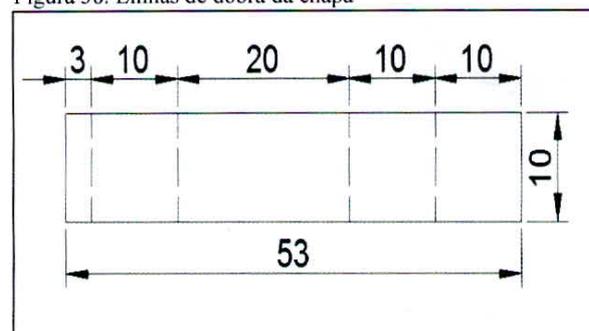
Figura 37. Linha de corte da chapa



Fonte: O autor

- 3) Demarcar as linhas de dobra da chapa, visando atender o contorno do bloco, fazer o mesmo nas duas peças de 53 cm por 20 cm.

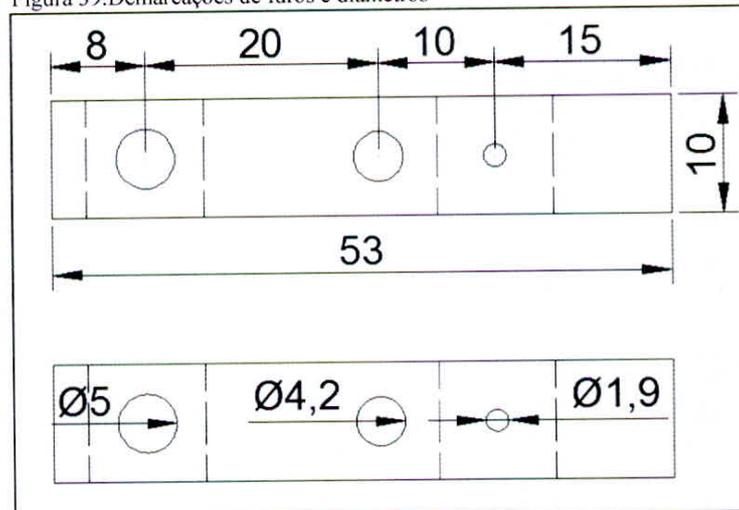
Figura 38. Linhas de dobra da chapa



Fonte: O autor

- 4) Após demarcar as linhas de dobra, deve-se ainda marcar os eixos dos furos necessários para passar os tubos verticais de 2" (5 cm) de diâmetro e o tubo horizontal de 1 3/4" (4,2 cm) de diâmetro, além dos furos de 3/4" (1,9 cm) para passagem dos parafusos que encontram-se nas extremidades dos eixos verticais.

Figura 39. Demarcações de furos e diâmetros



Fonte: O autor

- 5) Depois de demarcar as linhas de dobra e os eixos dos furos, executar os serviços dos mesmos, utilizando dobradeiras de chapas para dobrar as chapas, furadeira convencional para os furos de $\frac{3}{4}$ " (19mm), já os furos de diâmetros maiores, tais como os de 2" (50,8mm) e $1 \frac{3}{4}$ (43mm) não são possíveis de furar com furadeiras convencionais, foi necessário a utilização de torno mecânico, nos furos executados em torno mecânico, foi acrescentado 2mm no diâmetro final, valor o qual foi destinado a folga para passagem dos tubos e facilitar o manuseio na hora da montagem da forma.

Tabela 19. Diâmetro de furos

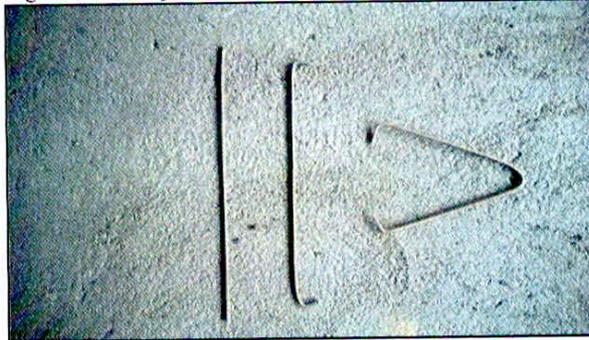
Diâmetro nominal (mm)	Diâmetro nominal (polegadas)	Folga (mm)	Diâmetro efetivo (mm)
19	$\frac{3}{4}$	2	21
44	$1 \frac{3}{4}$	2	46
51	2	2	53

Fonte: O autor

7.4 Grampos

Os grampos têm a função de juntar as duas peças de chapa de aço, quando o concreto é lançado dentro da mesma, em cada forma de bloco são utilizados dois grampos, um em cada ponta das formas, fornecendo rigidez e impossibilitando a abertura das chapas, projetado de forma simples, o grampo utilizado nas formas são similares aos grampos usados em formas de madeira para vigas na construção civil.

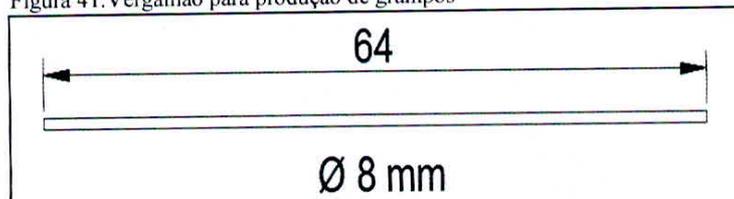
Figura 40. Grampos



Fonte: O autor

- 1) Obter uma barra de vergalhão CA-50 com diâmetro de 5/16" (8mm) ou 3/8" (10mm) com comprimento de 64 cm.

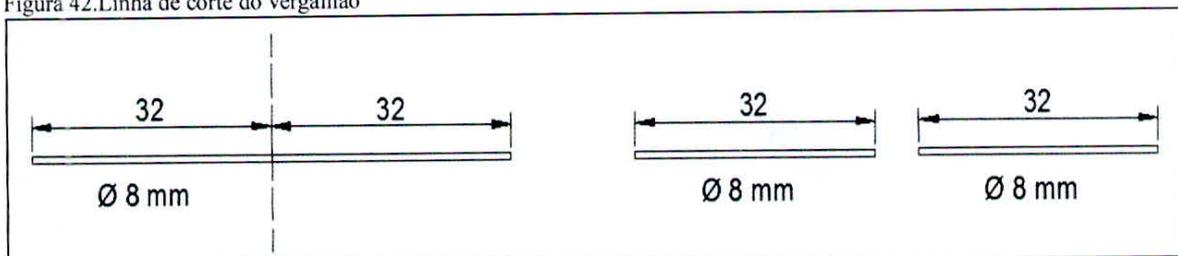
Figura 41. Vergalhão para produção de grampos



Fonte: O autor

- 2) Cortar a barra pela metade, resultando em dois pedaços de 32 cm de comprimento.

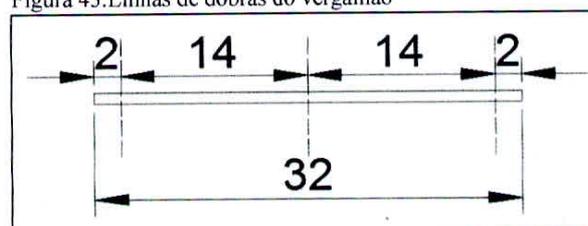
Figura 42. Linha de corte do vergalhão



Fonte: O autor

- 3) Demarcar as linhas de dobra do grampo.

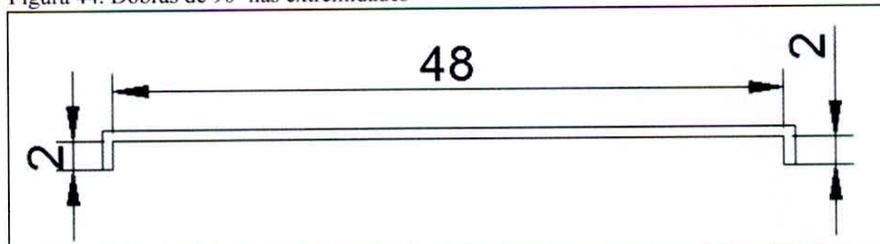
Figura 43. Linhas de dobras do vergalhão



Fonte: O autor

- 4) Executar as dobras das extremidades com angulação próxima de 90 graus e 2 cm de comprimento.

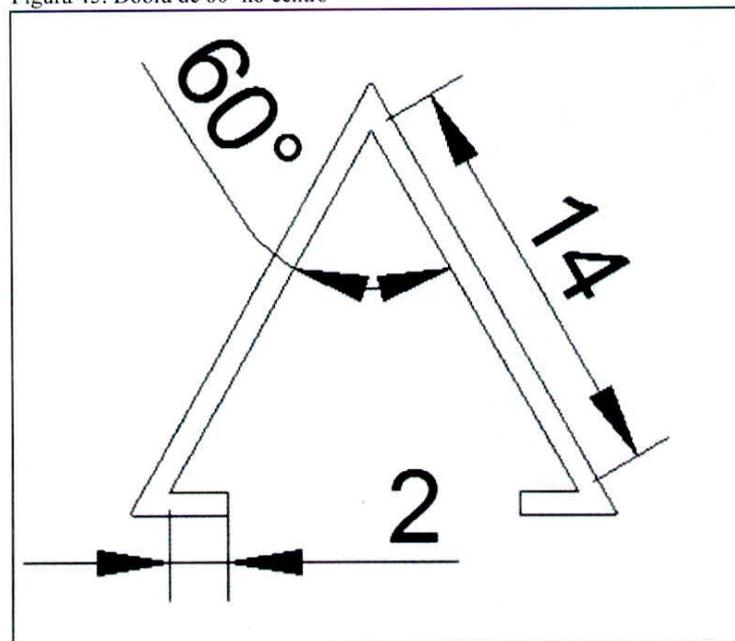
Figura 44. Dobras de 90° nas extremidades



Fonte: O autor

- 5) Executar a segunda dobra com angulação próxima de 60 graus em relação ao meio da peça.

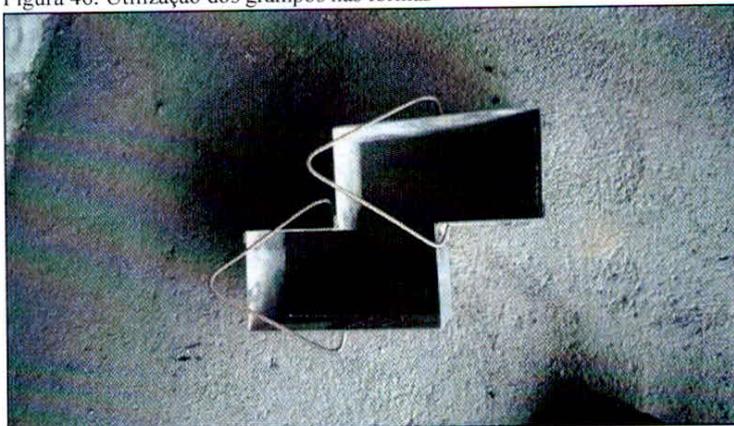
Figura 45. Dobra de 60° no centro



Fonte: O autor

- 6) As medidas finais do grampo deverá ser conforme figura abaixo, pois a relação entre a face da forma e a extremidade do grampo deverá ter a dimensão de no mínimo 10 cm de altura, para não dificultar no processo de preenchimento da forma, quando o concreto for lançado, e quando a produção de grampos for superiores para uma forma é ideal a produção de um gabarito para dobrar as angulações corretamente.

Figura 46. Utilização dos grampos nas formas

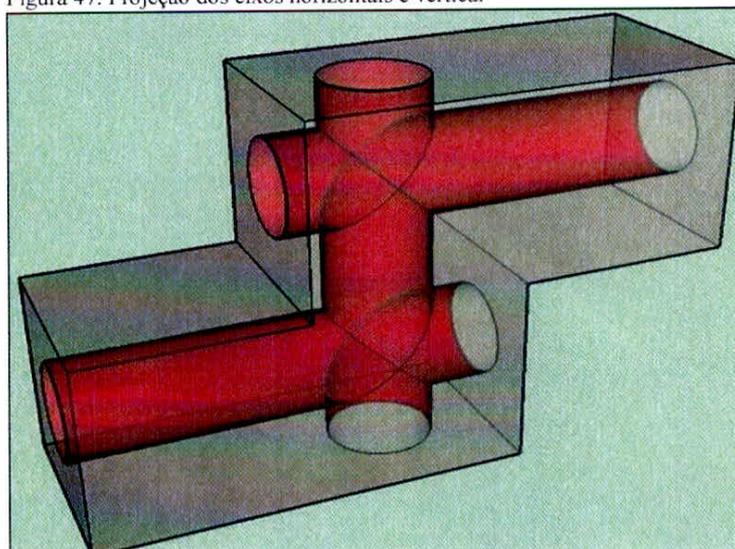


Fonte: O autor

7.5 Eixos verticais e horizontal

A execução dos furos na chapa de aço laminado é essencial para passagem dos eixos verticais e horizontal que cruza as formas, a utilização desses eixos possibilita a modelagem interna dos blocos, resultando em elementos vazados, para execução dos eixos é necessário seguir as seguintes etapas;

Figura 47. Projeção dos eixos horizontais e vertical



Fonte: O autor

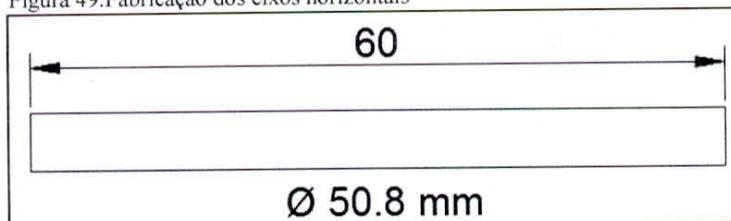
Figura 48. Eixos horizontais e verticais utilizados na forma



Fonte: O autor

- 1) Para produção dos eixos verticais é necessário uma barra de tubo de aço redondo, com diâmetro de 2" (50,8mm), espessura de paredes do tubo de 0,4mm ou bitola de chapa 14 e comprimento de 600mm.

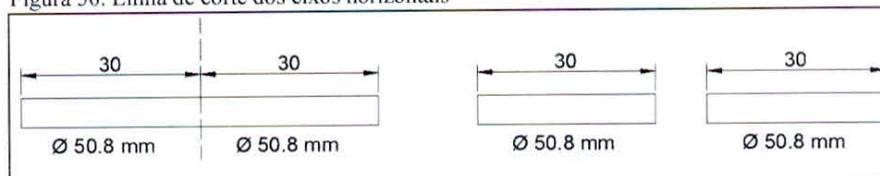
Figura 49. Fabricação dos eixos horizontais



Fonte: O autor

- 2) Dividir a barra em duas partes iguais de 300mm de comprimento para obtenção de dois furos verticais

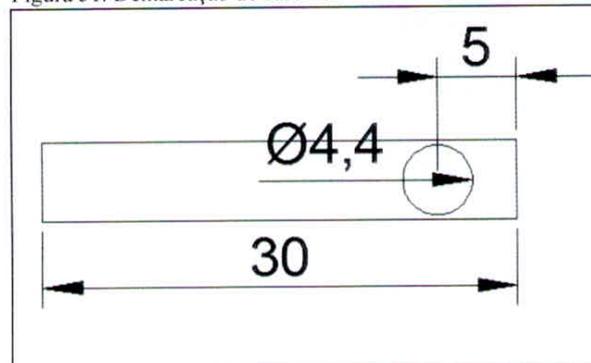
Figura 50. Linha de corte dos eixos horizontais



Fonte: O autor

- 3) Marcar o eixo de furo nas duas peças, com distancia de 50mm de uma das extremidades.

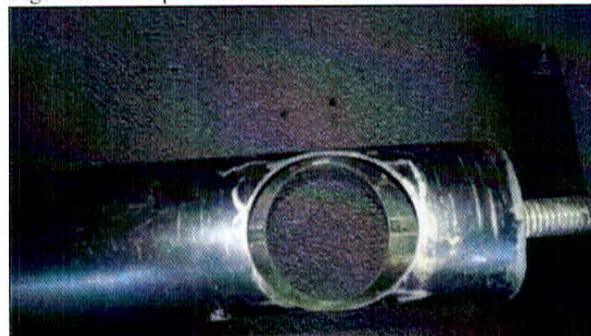
Figura 51. Demarcação do furo no eixo horizontal



Fonte: O autor

- 4) Executar o furo na peça com diâmetro nominal de $1 \frac{3}{4}$ " mais uma folga de 2mm, resultando em um furo efetivo de 46mm, fazer com que o furo atravesse paralelamente as duas paredes do tubo, passando de um lado para outro, onde irá passar o eixo horizontal. Nessa etapa o furo deve ser preciso, pois trata-se de um furo na superfície ondulada do tubo, o nome técnico para este tipo de furo em tubos redondos é “ boca de lobo”.

Figura 52. Furo passante no eixo horizontal



Fonte: O autor

- 5) Além dos eixos verticais também é necessário um eixo horizontal, terá a mesma função dos eixos verticais, possibilita a moldagem interna dos furos do bloco vazado, para obter o eixo horizontal basta ter uma barra de tubo de aço redondo, com diâmetro de $1 \frac{3}{4}$ " (44mm), o qual passará por dentro dos furos executados na chapa e nos outros furos dos eixos verticais.

Figura 53. Eixo vertical utilizado na forma



Fonte: O autor

7.6 Parafusos e arruelas

Os parafusos e arruelas são de fundamental importância nas formas, pois as arruelas além de fechar as bocas dos eixos verticais ainda servem de guia para os parafusos, quando se trata de eixos verticais, há a necessidade de soldar os parafusos na extremidade opostas aos furos, pois estes parafusos serão passantes nos furos nominais de $\frac{3}{4}$ " (19mm) das chapas.

- 1) Cada forma de bloco necessita de 2 parafusos de $\frac{3}{4}$ " (19mm) com rosca passante e comprimento mínimo de 50mm, além de 2 arruelas com diâmetro externo de 2" (50,8mm) e furo de $\frac{3}{4}$ ".

Figura 54. Arruelas soldadas nas extremidades dos eixos horizontais



Fonte: O autor

- 2) As arruelas são soldadas uma em cada extremidade dos eixos verticais.

Figura 55. Extremidade oposta a arruela aberta



Fonte: O autor

- 3) Os parafusos são colocados por dentro dos eixos verticais, passando por dentro do furo da arruela e soldado por fora, fazendo com que a rosca fique livre de imperfeições, a função dos parafusos é unir os eixos verticais nas chapas de contorno.

Figura 56. Parafuso $\frac{3}{4}$ " soldado no centro da arruela



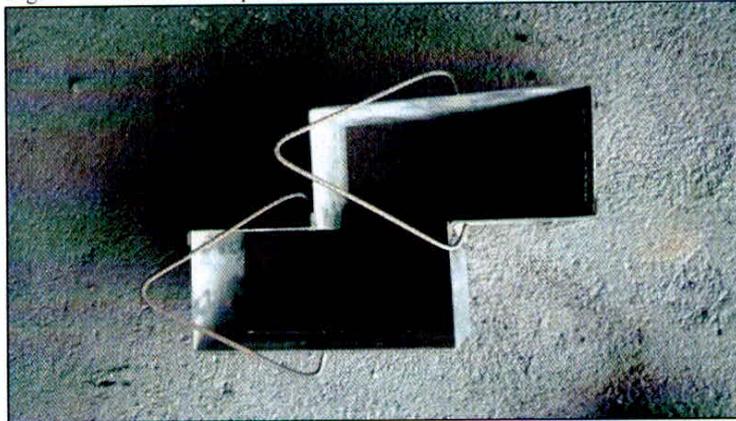
Fonte: O autor

7.7 Montagem da forma

O elemento forma torna-se completo após a produção de todos os seus componentes, descritos nas etapas anteriores, e para montagem das forma basta uni-los, seguindo as etapas seguintes;

- 1) Unir as duas peças de chapa de aço laminado utilizando os grampos.

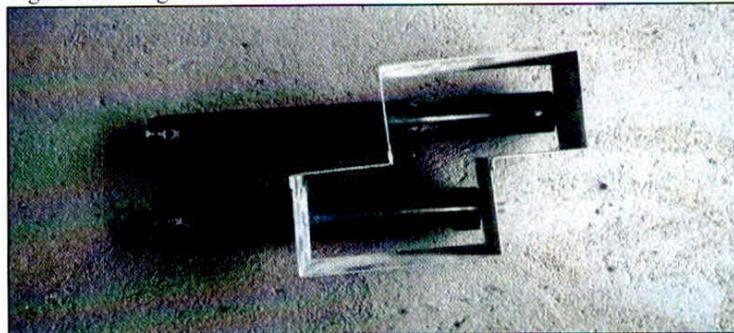
Figura 57. União das chapas de contorno através dos grampos



Fonte: O autor

- 2) Passar os eixos verticais, fazendo com que os parafusos soldados em uma de suas extremidades atravesse a chapa de aço.

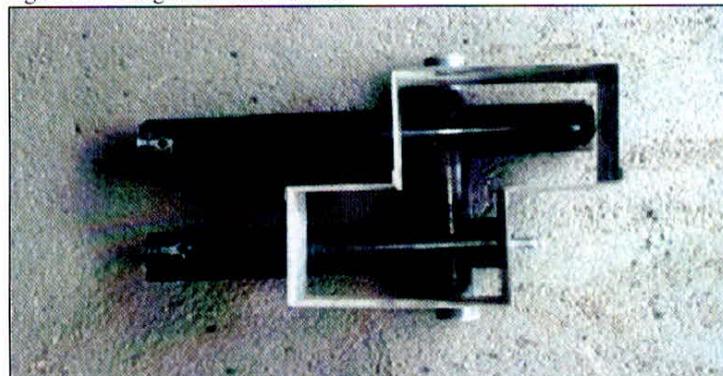
Figura 58. Passagem dos eixos horizontais



Fonte: O autor

- 3) Passar o eixo horizontal, fazendo com que passe pelos furos previstos nos verticais.

Figura 59. Passagem do eixo vertical



Fonte: O autor

7.8 Considerações dos processos de fabricação das formas

O modelo da forma descrito acima só foi possível após várias tentativas, das quais a forma passou por diversas transformações até chegar no modelo ideal descrito, o primeiro modelo de forma era totalmente diferente, à princípio tinha estrutura para moldar o bloco em pé, no sentido dos eixos verticais, como não resultou em sucesso foi modificado, outro detalhe era que a forma tinha as bordas e o fundo todo fechado, com apenas a parte superior aberta para preenchimento, esse modelo dificultava o processo de desforma e preenchimento, então na mudança seguinte o fundo da forma foi retirado deixando apenas as bordas, apesar de tirar o fundo ainda não mostrava eficiência quando desformada, foi nesse momento possível chegar no modelo atual, ao invés de retirar a forma para cima, ela foi dividida em duas partes as quais são retiradas pela lateral bastando soltar os grampos, sem necessidade de prejudicar o bloco, alguns outros ajustes pequenos foram feitos afim de melhorias e eficiência, tais como ; angulações de desforma, esquadrejamento e gabaritos de madeira.

8 PRODUÇÃO DO BLOCO AUTO ENCAIXE (BLOCO Z)

Concluindo as formas e os elementos que a compõe, nessa etapa aborda-se os procedimentos para fabricação do bloco de auto encaixe (bloco z), o primeiro item a ser analisado é o traço do concreto, que deverá ter resistência o suficiente para resistir 4,5 MPa e os demais procedimentos para sua execução, na sequência é importante analisar montagem e o preparo da forma com desmoldantes para receber o concreto, em seguida também será analisado o modo de preenchimento da mesma e nesse momento é fundamental averiguar os pequenos detalhes e procedimentos de como a forma é ocupada em todo seu volume, descrevendo o preenchimento, vibração e demais detalhes na acomodação da massa. Outros aspectos importantes em ser mencionado até o produto final do bloco, seria o tempo de cura e o processo de desforma, esses dois itens estão diretamente relacionados, pois somente poderá ser desformado após uma estabilidade das paredes do bloco.

8.1 Traços utilizados no concreto

Na determinação do traço ideal para produção do bloco de auto encaixe (bloco Z), foram testados vários tipos até chegar em uma dosagem de boa qualidade, e os materiais mais comuns encontrados no traço de concreto para blocos são respectivamente; cimento, areia, pó de pedra e brita, o cimento é do tipo Portland e os agregados variam de miúdos a graúdos, como areia fina, areia grossa, brita 0, brita 1 entre outros. O fator água cimento é outro aspecto importante de ser analisado, pois o concreto utilizado em blocos é diferenciado dos demais na construção civil, caso o fator de água cimento estiver muito elevado o concreto ficará com alta fluidez e baixa consistência, dificultando no processo de desforma devido a necessidade de um longo prazo de cura até a estabilidade da mesma, inviabilizando a produção em grande escala.

Segundo a NBR 12655, o Cimento Portland é um aglomerante hidráulico, obtido pela moagem do Clinquer Portland, adicionando sulfato de cálcio e materiais pozolânicos, carbonáticos e escória granulada, define também nesta norma o agregado, material sem forma ou volume definido, geralmente inerte de dimensões e propriedades adequadas para preparo de argamassa e concreto, e no que diz respeito ao traço do concreto, a norma aborda a relação água cimento, que seria a relação em massa entre conteúdo efetivo de água e o conteúdo de Cimento Portland.

Para fabricação dos blocos foram utilizados três tipos diferentes de traços, os quais variam desde o cimento até os agregados, os traços foram nomeado de T1, T2 e T3, conforme os dados da planilha abaixo;

Quadro 1. Traço de concretos utilizados no bloco z

Traços	Cimento	Areia	Pó de pedra	Brita 0	Agregado Reciclado	Resistência Prevista
T1	CP2	1		2		> 4 Mpa
T2	CP5			2	1	> 4 Mpa
T3	CP5			1	1	> 4 Mpa

Fonte: O autor

8.1.1 Descrições do Traço T1

O traço T1 foi produzido em pequena quantidade, feito de forma manual e sem presença de equipamentos específicos, os materiais utilizados no T1 são disponíveis em casa de material de construção de fácil acesso, diferente dos outros traços, o medidor utilizado nas medidas do traço 1, foi um frasco com volume líquido de 0,001m³ ou um litro, para produção de um bloco de auto encaixe (bloco Z), foram gastos 2 medidas de Cimento Portland CPII, 2 medidas de areia média e 4 medidas de brita zero, é o fator água cimento foi de 1/1, ou seja 2 medidas de água para duas de concreto, primeiro foram misturados a areia e o cimento, até obter uma cor homogênea, de pois foi adicionado a brita zero e água aos poucos, a mistura foi feita com um colher de pedreiro dentro de um caixote de madeira.

O resultado obtido foi uma concreto homogêneo com boa plasticidade e coesão porém com longo intervalo para endurecimento devido a baixa absorção de água do cimento CPII e a utilização da areia, o qual impossibilitou utilizar nos blocos, pois no processo de preenchimento e desforma o ideal é ter um traço com alta resistência inicial.

Figura 60. Bloco z obtido através do traço T1



Fonte: O autor

8.1.2 Descrições do Traço T2

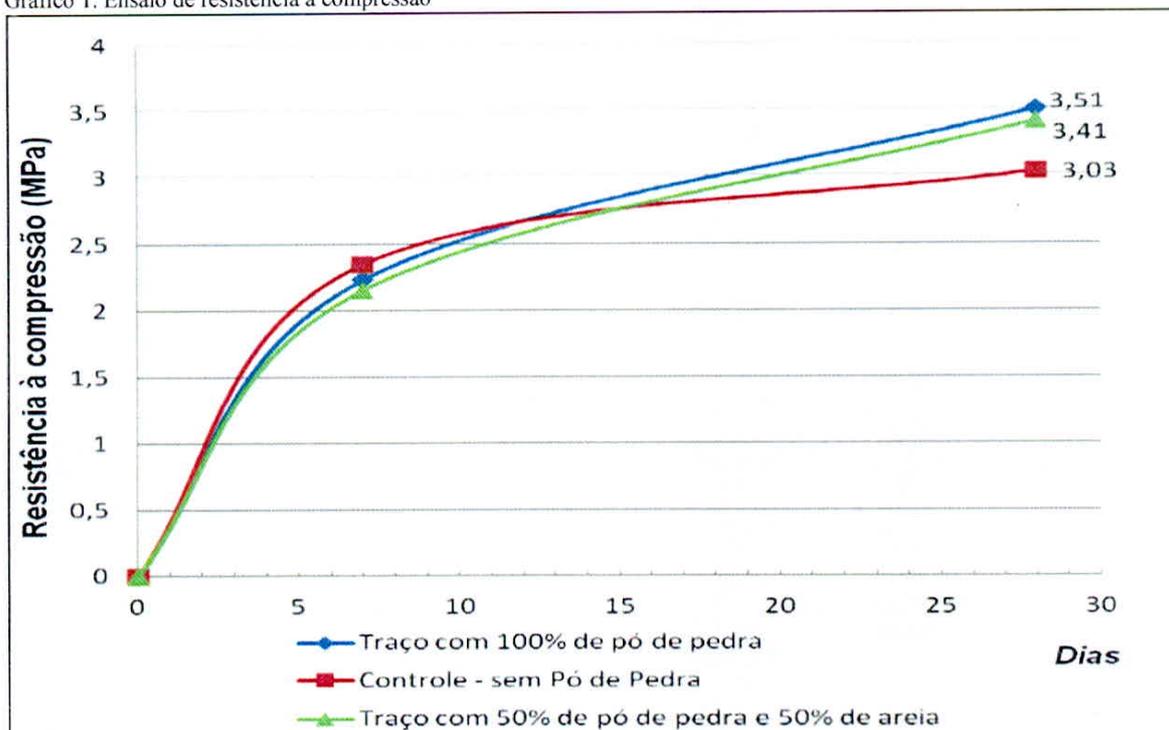
Em busca de melhores resultados para traços utilizados em blocos de concreto foi possível consultar uma empresa especializada na fabricação de blocos, o traço utilizado nos blocos comerciais, substituem a areia pelo pó de pedra e o cimento CPII é substituído pelo CPV.

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o Cimento Portland de Alta Resistência Inicial (CPV-ARI), é designado como um cimento que tem a peculiaridade de atingir altas resistências já nos primeiros dias de aplicação, devido a diferente dosagem de calcário e argila na produção do clínquer, além da moagem mais fina do cimento que quando reage com água atinge elevadas resistências com maior velocidade.

E no que se diz respeito ao pó de pedra, uma matéria postada pela Revista Eletronica Cientifica da IFBA, escrita por CAMPOS, refere-se que o pó de pedra por ter módulo de finura igual a 1,90 (diâmetro máximo de 4,8mm) pode ser classificado como areia média. No quesito massa específica o pó de pedra chega próximo dos $2,7\text{g/cm}^3$ no estado seco e apresenta maior consistência, maior resistência e melhor absorção de água, nos gráficos apresentados foram utilizados três diferentes traços, utilizando respectivamente;

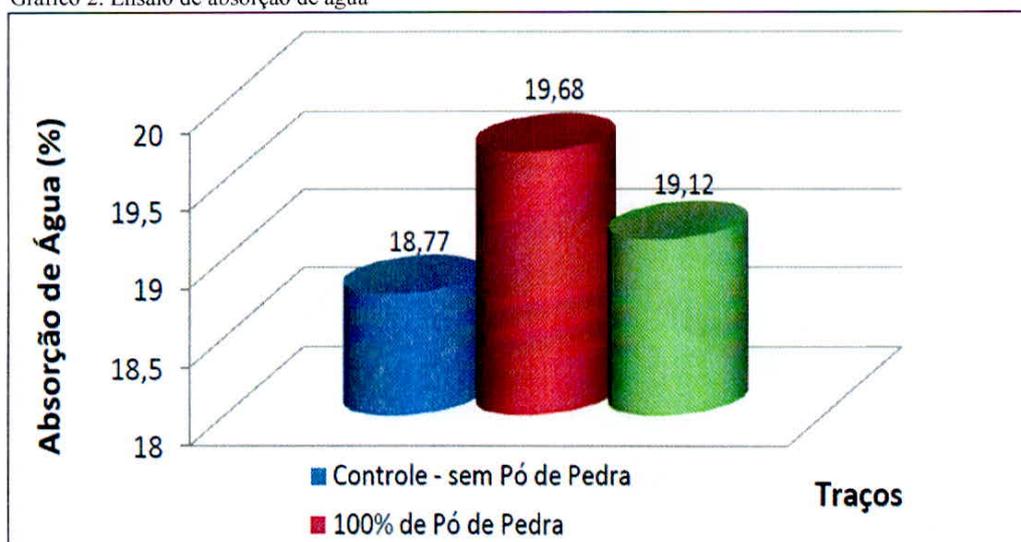
- Amostra 1 – Traço com CPV-ARI e Areia Fina , na proporção de 1:2.
- Amostra 2 – Traço com CPV-ARI , areia fina e pó de pedra, na proporção de 1:1:1.
- Amostra 3 – Traço com CPV-ARI e pó de pedra, na proporção de 1:2

Gráfico 1. Ensaio de resistência à compressão



Fonte: Revista eletrônica científica do IFBA

Gráfico 2. Ensaio de absorção de água



Fonte: Revista eletrônica científica do IFBA

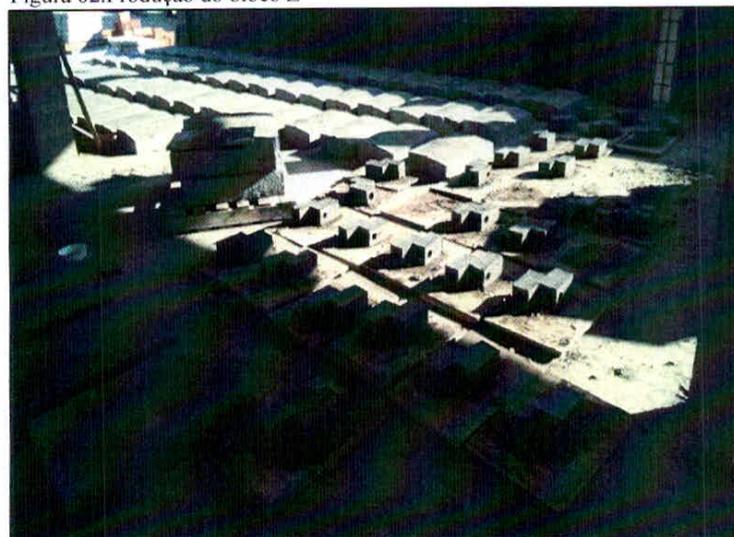
Segundo as orientações dos especialistas da fábrica de blocos e as conclusões tiradas dos artigos o traço T2 foi o determinante na produção bloco de auto encaixe (bloco Z), sua composição é de CPV-ARI, pó de pedra e brita zero, nas proporções de 1:2:1. O traço T2, diferente do T1, foi produzido na fábrica de blocos, utilizou-se de equipamentos adequados para mistura e a massa produzido com 2 padiolas de cimento, 4 padiolas de pó de brita e 2 padiolas de brita zero, rendeu o suficiente para produzir 50 blocos de auto encaixe (bloco Z).

Figura 61. Mistura dos elementos através de betoneira



Fonte: O autor

Figura 62. Produção do bloco Z

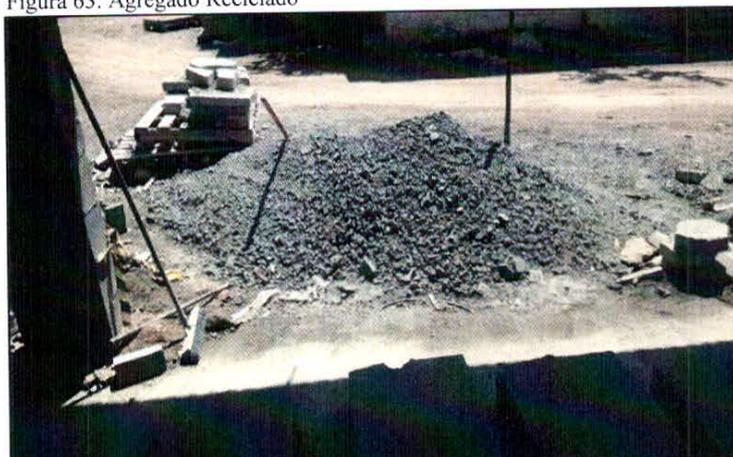


Fonte: O autor

8.1.3 Descrições do Traço T3

O traço T3 é classificado como um Concreto reciclado, esse tipo de concreto é obtido através inserção de agregados reciclados, podendo também existir frações de agregados naturais. O que difere em sua composição é a utilização de agregados reciclado na composição, segundo a NBR 15116/04 o agregado reciclado é um material proveniente do beneficiamento de resíduos de construção ou demolição de obras civis que apresentam características para aplicação em obras de edificação e infra-estrutura.

Figura 63. Agregado Reciclado



Fonte: O autor

Quando se trata da utilização do agregado reciclado na composição dos blocos, estamos falando do reaproveitamento de peças produzidas na fábrica que tiveram deformidades geométricas e que passaram por um processo de moagem possibilitando uma granulometria próxima do diâmetro máximo do pó de brita, o uso do agregado reciclado substitui uma medida do pó de brita, ou seja, ao invés de usar o traço T2 (1 Cimento : 2 Pó de brita : 1 Brita zero), substitui-se uma medida do pó de brita por uma medida de concreto reciclado obtendo então o traço T3 (1 Cimento : 1 Pó de pedra : 1 Agregado reciclado : 1 brita zero). O traço T3 apresenta características semelhantes ao T2, porém com uma resistência a compressão inferior, a grande vantagem de utilizar-se do agregado reciclado é otimização de materiais e reciclagem das peças danificadas na fábrica, mesmo que ainda seja inferior ao T2, o traço T3 apresenta boa qualidade, boa absorção de água e retração de água e apresenta maior fluência.

Figura 64. Máquina trituradora de concreto



Fonte: O autor

Figura 65. Rolo da Máquina trituradora de concreto



Fonte: O autor

8.2 Desmoldantes

A função do desmoldante é criar uma fina camada entre a superfície da forma e a massa de concreto inserida na mesma, possibilitando retirar após a cura o elemento de dentro da forma com facilidade, sem a necessidade de golpes ou movimentos bruscos, segundo dicionário de concreto, os desmoldantes são substâncias químicas utilizadas para evitar aderência do concreto na forma, são vários os tipos de desmoldantes utilizados, podendo ser vegetal ou mineral, caseiro ou industrializado e quanto a aplicação pode ser com pinceis, rolo, trincha ou borrifadores, dependendo da viscosidade do desmoldante. Segundo TERZIAN (2005) o excesso de desmoldante pode danificar as peças de concreto, causando manchas e dificultando a remoção do elementos, o ideal é aplicar uma fina cama contínua e sem empoçamento.

O desmoldante utilizado no bloco de auto encaixe (bloco Z) à princípio foi óleo lubrificante, aplicado com pincel sobre as paredes internas da forma, este tipo de desmoldante foi usado somente nos blocos que tiveram o traço T1, que foram os blocos de produção caseira, o desmoldante à base de óleo mineral aplicado com pincel não desenvolveu bons resultados, devido a viscosidade da substância criou empoçamento de óleo na forma e ainda não resultou em uma boa desforma, danificou a peça a ponto de perdê-la, parte da massa ficou e parte saiu acoplada na forma. Os desmoldante utilizado na fábrica de blocos é diferenciado do caseiro, é à base de óleo mineral, porém tem menor viscosidade, trata-se de óleo diesel e sua aplicação na forma é feita através de borrifadores, o qual proporciona uma camada fina e uniforme durante todo processo de aplicação nas paredes internas das formas, este tipo de desmoldante foi utilizado para desmoldar blocos com traço T2 e T1, apresentou bons resultados e não danificou as peças, as quais saíram com apenas um movimento.

8.3 Preenchimento das formas

Após a montagem das formas, aplicação do desmoldante e a massa de concreto com traço apropriado pronto, a próxima etapa será o preenchimento das formas, antes desse processo é importante falar sobre o posicionamento da forma, ela deve estar sobre uma tábua de madeira com medidas aproximadas de 500mm de comprimento por 300mm de largura, para facilitar o transporte após o preenchimento, evitando tocar no bloco enquanto cura, também é relevante verificar se os eixos e grampos estão de acordo com seu posicionamento, nessa etapa a massa é inserida dentro da forma utilizando uma colher de pedreiro, pelo fato de ter apenas uma forma, não haverá necessidade de pás, pois a produção do bloco de auto encaixe (bloco Z) é obtido um por vez, durante todo o processo de preenchimento da forma é importante mencionar que esta fica sobre uma mesa vibratória, ligada durante todo processo, enquanto o volume vai se ocupando o concreto vai acomodando em todos os vãos, devido a vibração e em momento nenhum o bloco sofre compressão, toda etapa de acondicionamento é feita somente por vibração, no ato do preenchimento com a massa úmida o bloco pesa aproximadamente 8,30kg.

Figura 66. Preenchimento da forma



Fonte: O autor

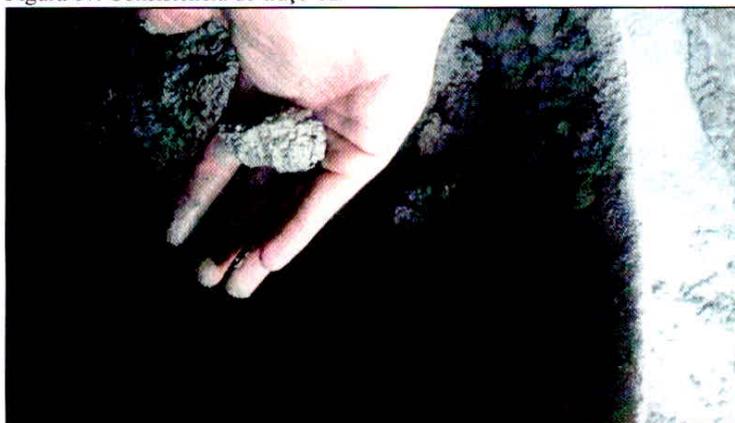
Posteriormente ao preenchimento por completo das formas os eixos são girados sentido horário e anti-horário de tal forma à garantir a acomodação por completa e deslocamento dos eixos antes da secagem, posteriormente é feito um acabamento sobre os limites da forma, retirando o excesso de concreto que passa por cima da superfície da forma e também adequando a face para um melhor acabamento do produto, após estes métodos o bloco é transportado para um local com sombras para cura por completa. No processo

completo de preenchimento da forma gasta aproximadamente 3 à 5 minutos por bloco, desde o momento de inserção da massa até o acabamento superficial.

8.4 Processo de Cura e Desforma

Seguidamente do processo de preenchimento e destinação do bloco ao local de cura , este deverá permanecer por alguns minutos dentro da forma, afim de absorver água e estabelecer rigidez o suficiente para quando for retirado . Alguns testes foram feitos com traço T2 e podemos concluir que com tempo inferior à 3 minutos dentro da forma, quando retirado o bloco, suas paredes ainda não estavam firmes e causava o abaulamento da peça além de deformidades nos furos, o processo de desforma foi feito novamente com tempo de 5 minutos dentro da forma, e essa diferença de 2 minutos resultou muito no processo de pré cura para executar a desforma, nesse tempo estimado de pré cura foi possível obter um bloco com arestas vivas e sem deformidades.

Figura 67. Consistência do traço T2



Fonte: O autor

O intervalo gasto em que a massa é inserida dentro da forma até a retirada da mesma, chamamos de pré-cura, processo que resulta em aproximadamente 15 minutos, logo após a retirada da forma até o dia do ensaio de rompimento, chamamos este outro intervalo de tempo de cura, durante o processo de desforma segue-se uma ordem de procedimentos até a retirada por completa da forma, descritas nas sucessivas ordens abaixo;

- 1º) Retirar o eixo horizontal
- 2º) Retirar os eixos verticais
- 3º) Retirar os grampos

4º) Remover as chapas de contorno pelas laterais

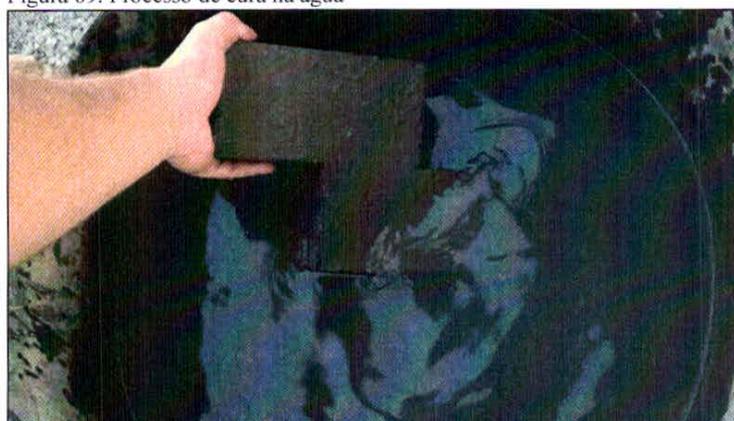
O tempo de cura dos blocos foi de aproximadamente 72 horas até o rompimento, dos 50 blocos fabricados, 10 foram submersos da água e ficaram por 24 horas até o rompimento, ou seja, destes 10 blocos que foram submersos, ficaram 48 horas de cura no pátio e mais 24 horas na água, este procedimento foi feito afim de obter uma melhor retenção de água e aumentar a resistência do mesmo.

Figura 68. Processo de cura no pátio



Fonte: O autor

Figura 69. Processo de cura na água



Fonte: O autor

9 ENSAIO DE COMPRESSÃO

Depois das etapas de produção, desforma e cura dos blocos o próximo procedimento a ser averiguado são as análises e ensaios, neste momento são analisados vários critérios para obter os resultados dos blocos e discernir se sua utilização é viável para construção civil.

Na verificação de vários dados o primeiro a ser estudado são suas dimensões e volume, seguidos da análise de Massa específica (M), Traço utilizado nos blocos (T), Tempo de desforma (TD) e o Tempo de cura (TC). O ensaio de compressão é analisado após as anotações dos dados preliminares, neste momento é ideal especificar como será executado o Teste de Ruptura, que podem ser efetuados de três formas distintas, α , β e δ , que distinguem as posições dos blocos respectivamente em; horizontal, vertical e virado com laterais para cima. Após definir o posicionamento do bloco na máquina de ensaio a compressão é possível também determinar a Área comprimida (AC).

O bloco é levado até a Máquina Universal de Ensaio à Compressão e após definir sua posição para o Teste de Ruptura (α , β e δ), neste momento é aplicado a força de compressão e averiguado no painel digital o pico máximo de força aplicado. Para controle de dados no processo de análises foi desenvolvido uma tabela a qual foi preenchida os dados de acordo com as análises e resultados obtidos, segue abaixo o modelo da tabela de dados e na sequência a descrição de cada item;

Tabela 20. Modelo para controle de dados dos ensaios

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)	
Nº do ensaio	
Descrição do Bloco	
	$\alpha\beta\delta$ Teste de ruptura
Dimensões do bloco (mm)	Propriedades do bloco
a	M
b	T
c	TD
Espessura das paredes	TC
Ø Furos Horizontais	RC
Ø Furos Verticais	AC
Volume líquido	σ_r
Volume aparente	P
Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do contrato (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (horas)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

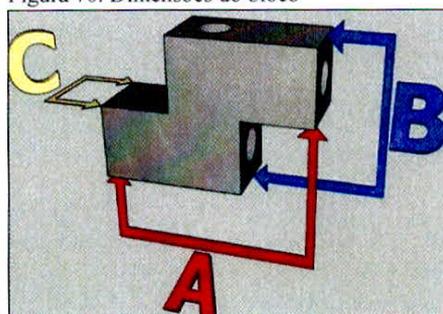
Fonte: O autor

9.1 Teste de ruptura

Antes de executar as análises é importante mencionar como será executado o teste de ruptura, de acordo com as posições abaixo;

- Número do Ensaio: Refere-se a ordem cronológica em que os blocos foram testados.
- Descrição do bloco: Distingue se o bloco é maciço ou vazado, pois foram feitos testes com os dois modelos, caso o bloco for maciço os próximos campos referentes a Espessura da parede, furos horizontais e vertical e o volume liquido não são preenchidos.
- Dimensões do bloco:

Figura 70. Dimensões do bloco



Fonte: O autor

- A = comprimento do bloco
 - B= altura do bloco
 - C= largura do bloco
- Média das espessuras de paredes: São analisadas as espessuras das paredes dos blocos em todos os pontos e conseqüentemente é feito a média da espessura das paredes.
 - Furos verticais e Horizontais: Os diâmetros dos furos são cotados em duas situações, são cotados os furos horizontais e furos verticais.
 - Volume aparente: Refere-se a volumetria do bloco de acordo com suas dimensões externas sem subtrair os vazios internos, o volume aparente é o resultado da somatória de quatro cubos, sendo que cada cubo tem arestas de 0,10m, calculado de acordo com a equação abaixo;

$$(a \times a \times a) \times 4 = (0,1 \times 0,1 \times 0,1) \times 4 = 0,004m^3$$

- Volume líquido: Refere-se ao volume aparente subtraindo os vazios internos, como os furos tem 0,05m de diâmetro e 0,10m de comprimento o cálculo é feito da seguinte formula;

$$Volume\ aparente - [6 \times (\pi R^2 \times h)] = 0,004 - [6 \times (3,1415 \times 0,025^2)] = 0,003m^3$$

- Massa específica (M): É obtido através da pesagem do bloco na balança, para blocos maciços a média foi de 9,5kg e para blocos vazados a média foi de 7,5kg.
- Traços do concreto utilizado nos blocos (T): Os traços utilizados nos blocos são classificados de três formas distintas de acordo com tabela abaixo;

Quadro 2. Traços utilizados no bloco Z

T1	1 Cimento : 1 Areia : 2 Brita Zero
T2	1 Cimento : 2 Pó de pedra : 1: Brita Zero
T3	1 Cimento : 1 Pó de pedra : 1 Agregado Reciclado : 1 Brita Zero

Fonte: O autor

- Tempo de Desforma (TD): Refere-se ao tempo em que o concreto é inserido na forma até o momento em que foi desmoldado, a média do tempo de desforma dos blocos foi de 16 minutos.
- Tempo de Cura (TC): Refere-se ao tempo em que o bloco esteve em processo de cura, nessa etapa foram fabricados um lote com 50 blocos, no processo de cura os blocos foram submetidos a dois diferentes tipos de cura, conforme tabela abaixo;

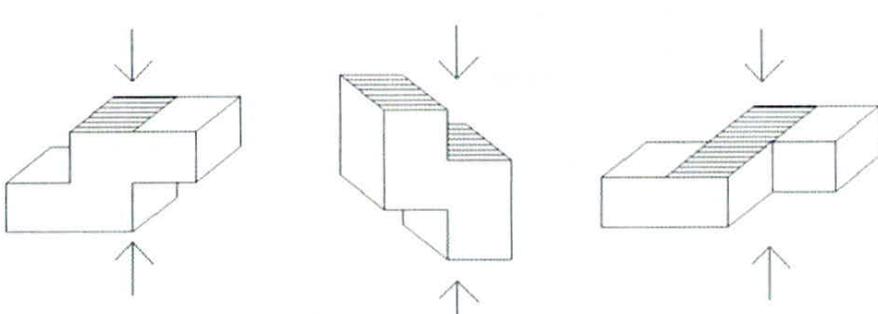
Quadro 3. Processos de cura utilizado no bloco Z

C1	72 horas de cura no patio coberto com sombra ,umidade relativa 75% e temperatura média 25°C.
C2	48 horas de cura no patio coberto com sombra ,umidade relativa 75% e temperatura média 25°C mais 24 horas submersos em recipiente de 60 litros com água.

Fonte: O autor

- Resistência à compressão (RC): Após coletar os dados do bloco, o próximo passo foi o teste de compressão, o bloco foi colocado na máquina de ensaio à compressão de acordo com a posição (α , β , δ) estabelecida anteriormente no Teste de Ruptura, no ensaio o bloco foi submetido a carga máxima até a ruptura, nota-se que o valor é crescente até um determinado ponto, depois sua resistência cai imediatamente, a carga máxima adotada é exibida no painel digital da máquina na opção “Pico máximo”.
- Área Comprimida (AC): É obtida a partir do Teste de ruptura, está relacionado ao posicionamento do bloco quando colocado na máquina de ensaio à compressão, a área comprimida refere-se ao contato do bloco com o dispositivo que aplica a carga no mesmo, e suas respectivas áreas variam de acordo com o posicionamento, de acordo com a tabela abaixo;

Quadro 4. Posição do bloco nos ensaios

Posição do bloco quando submetido ao ensaio de compressão			
	Nomenclatura	α	β
Área Comprimida (m ²)	0,01	0,01	0,02

Fonte: O autor

- Tensão (σ): Relação entre força aplicada em uma determinada área, a força é fornecida pela máquina de ensaio à compressão, o valor adotado é o pico máximo estabelecido pela máquina momentos antes da ruptura do bloco e a área é resultado do posicionamento do bloco, o valor da tensão é fornecido em MPa
- Peso específico (P): É a relação entre massa específica e volume do bloco, o peso ideal para concreto é de 2400 kg/m³.

10 RESULTADOS DOS ENSAIOS

Os blocos testados na máquina de ensaio à compressão obtiveram vários resultados diferenciados, isso devido as várias incógnitas utilizadas para cada bloco, variando o traço do concreto, o tempo de cura e o posicionamento de ruptura, fazendo a combinação dessas três principais incógnitas surgem os diversos resultados dos 16 blocos ensaiados, a resultância das análises são expressas na tabela desenvolvida para controle de dados e consequentemente também são fornecidas as imagens dos blocos relacionados a cada ensaio.

Tabela 21. Teste 1

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)	
Nº do ensaio	1
Descrição do Bloco	Maciço
Dimensões do bloco (mm)	
a	290
b	210
c	105
Espessura das paredes	-
Ø Furos Horizontais	-
Ø Furos Verticais	-
Volume líquido(m ³)	-
Volume aparente(m ³)	0,004
Propriedades do bloco	
M	9,2
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	3150
AC	0,01
σ_r	3,15
P	2300
Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do contrato (T1,T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 71. Imagens do teste 1



Fonte: O autor

Tabela 22. Teste 2

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	2
Descrição do Bloco	MACIÇO

δ	Teste de ruptura
----------	------------------

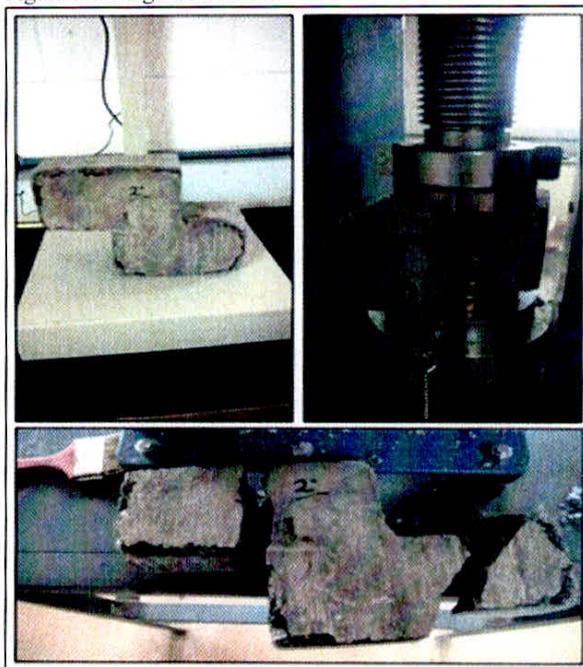
Dimensões do bloco (mm)	
a	300
b	205
c	102
Espessura das paredes	-
Ø Furos Horizontais	-
Ø Furos Verticais	-
Volume líquido(m ³)	-
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	9,5
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	15500
AC	0,02
σ_r	7,75
P	2375

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 72. Imagens do teste 2



Fonte: O autor

Tabela 23. Teste 3

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)	
Nº do ensaio	3
Descrição do Bloco	MACIÇO
β Teste de ruptura	
Dimensões do bloco (mm)	
a	295
b	210
c	105
Espessura das paredes	-
Ø Furos Horizontais	-
Ø Furos Verticais	-
Volume líquido(m ³)	-
Volume aparente(m ³)	0,004
Propriedades do bloco	
M	9,3
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	4050
AC	0,01
σ_r	4,05
P	2325
Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 73. Imagens do teste 3



Fonte: O autor

Tabela 24. Teste 4

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	4
Descrição do Bloco	MACIÇO

α	Teste de ruptura
----------	------------------

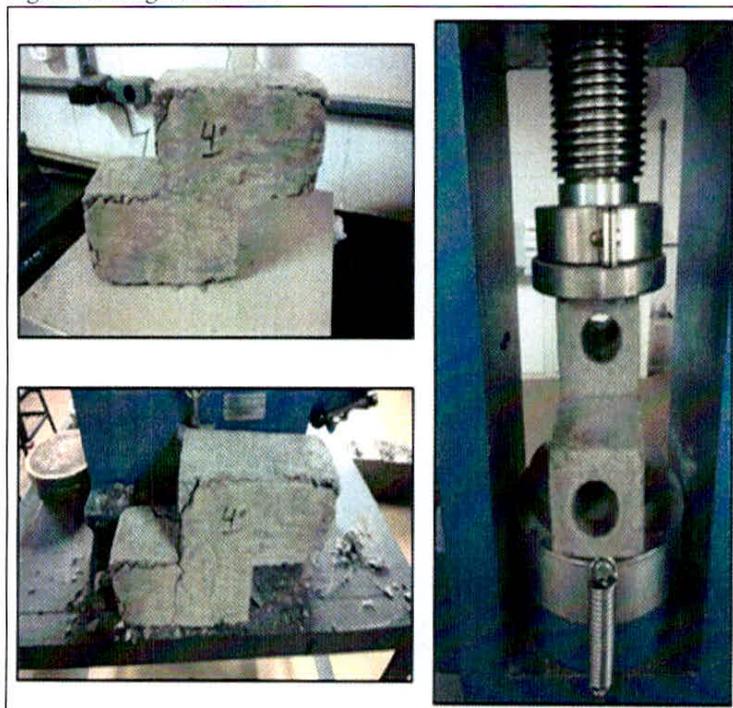
Dimensões do bloco (mm)	
a	300
b	205
c	100
Espessura das paredes	-
Ø Furos Horizontais	-
Ø Furos Verticais	-
Volume líquido(m ³)	-
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	9,35
T	T2
TD	16
TC	C2
RC	5500
AC	0,01
σ_r	5,5
P	2337

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistencia à compressão (Kg)
T= Traço do contrato (T1,T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 74. Imagens do teste 4



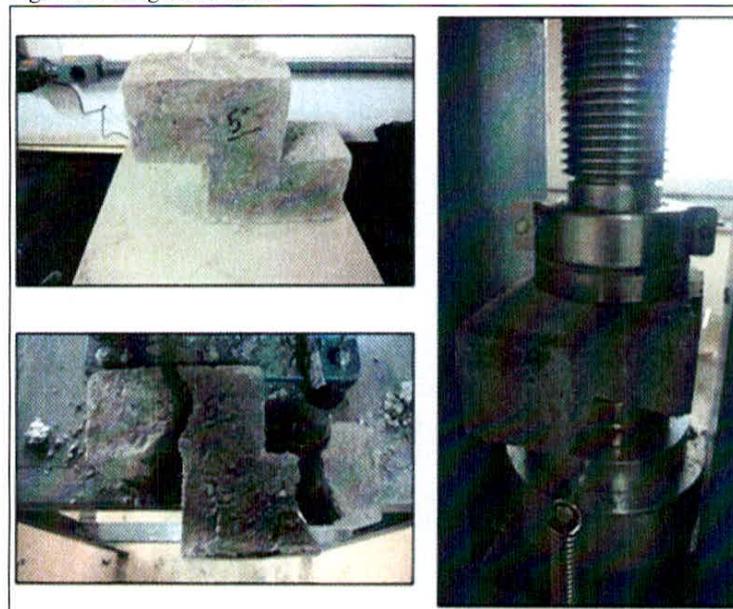
Fonte: O autor

Tabela 25. Teste 5

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)	
Nº do ensaio	5
Descrição do Bloco	
Dimensões do bloco (mm)	
a	300
b	210
c	95
Espessura das paredes	-
Ø Furos Horizontais	-
Ø Furos Verticais	-
Volume líquido(m ³)	-
Volume aparente(m ³)	0,004
Propriedades do bloco	
M	9,25
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	10500
AC	0,02
σ_r	5,25
P	2312
Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 75. Imagens do teste 5



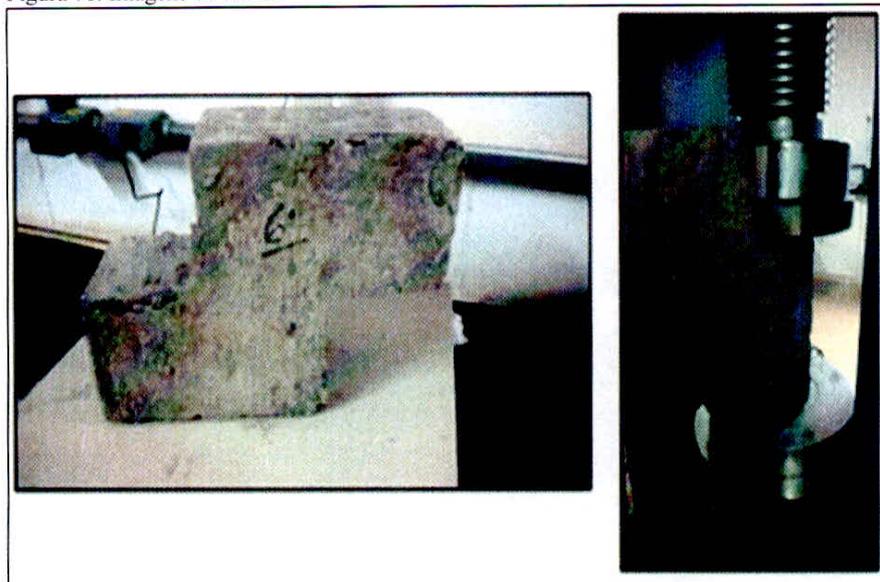
Fonte: O autor

Tabela 26. Teste 6

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)	
Nº do ensaio	6
Descrição do Bloco	MACIÇO
β Teste de ruptura	
Dimensões do bloco (mm)	
a	295
b	210
c	105
Espessura das paredes	-
\varnothing Furos Horizontais	-
\varnothing Furos Verticais	-
Volume líquido(m ³)	-
Volume aparente(m ³)	0,004
Propriedades do bloco	
M	9,5
T	T2
TD	16
TC	C2
RC	8620
AC	0,01
σ_r	8,62
P	2375
Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 76. Imagens do teste 6



Fonte: O autor

Tabela 27. Teste 7

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	7
Descrição do Bloco	MACIÇO

α	Teste de ruptura
----------	------------------

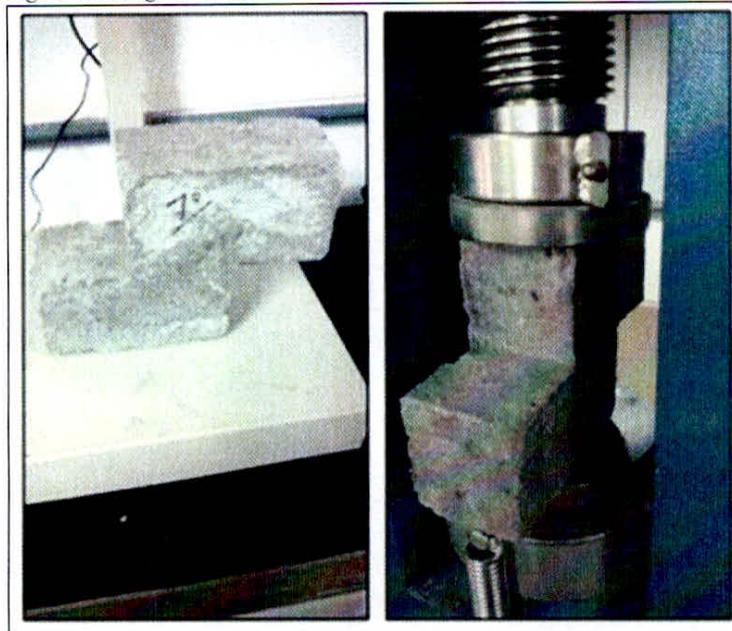
Dimensões do bloco (mm)	
a	297
b	205
c	103
Espessura das paredes	-
Ø Furos Horizontais	-
Ø Furos Verticais	-
Volume líquido(m ³)	-
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	9,8
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	8730
AC	0,01
σ_r	8,73
P	2450

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1,T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 77. Imagens do teste 7



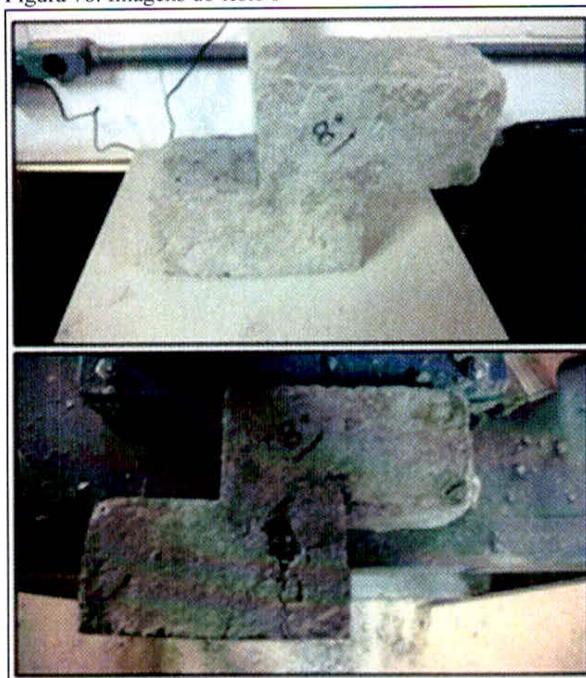
Fonte: O autor

Tabela 28. Teste 8

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)	
Nº do ensaio	8
Descrição do Bloco	MACIÇO
α Teste de ruptura	
Dimensões do bloco (mm)	
a	295
b	205
c	105
Espessura das paredes	-
Ø Furos Horizontais	-
Ø Furos Verticais	-
Volume líquido(m ³)	-
Volume aparente(m ³)	0,004
Propriedades do bloco	
M	9,6
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	7230
AC	0,01
σ _r	7,23
P	2400
Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1,T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ _r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 78. Imagens do teste 8



Fonte: O autor

Tabela 29. Teste 9

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	9
Descrição do Bloco	VAZADO

δ	Teste de ruptura
----------	------------------

Dimensões do bloco (mm)	
a	300
b	210
c	100
Espessura das paredes	28
Ø Furos Horizontais	50
Ø Furos Verticais	40
Volume líquido (m ³)	0,003
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	7,4
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	5650
AC	0,02
σ_r	2,85
P	2460

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 79. Imagens do teste 9



Fonte: O autor

Tabela 30. Teste 10

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	10
Descrição do Bloco	VAZADO

α	Teste de ruptura
----------	------------------

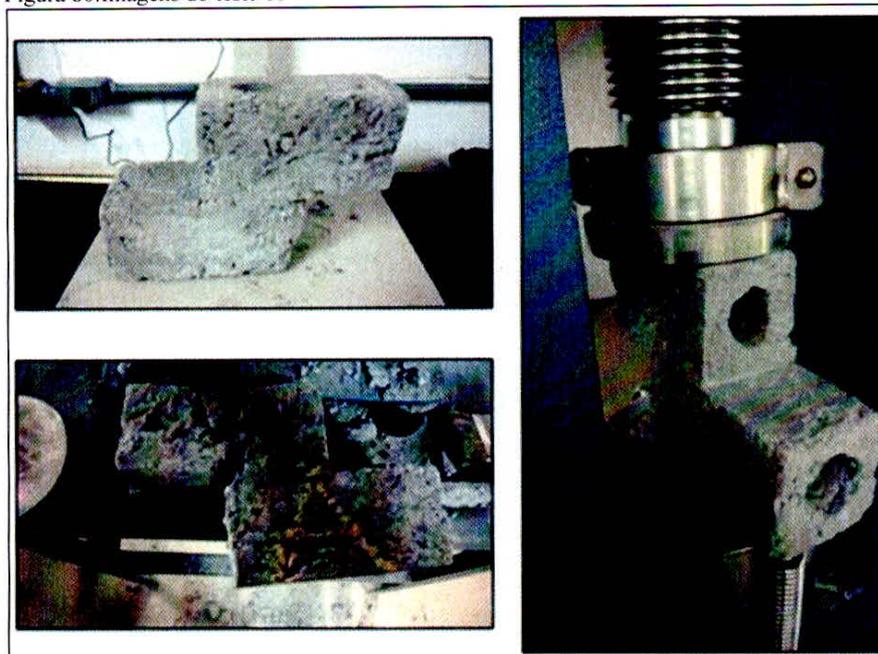
Dimensões do bloco (mm)	
a	290
b	200
c	90
Espessura das paredes	27
Ø Furos Horizontais	50
Ø Furos Verticais	40
Volume líquido(m ³)	0,003
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	5,95
T	T1
TD	16
TC	C1
RC	2500
AC	0,01
σ_r	2,5
P	1983

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 80. Imagens do teste 10



Fonte: O autor

Tabela 31. Teste 11

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	11
Descrição do Bloco	VAZADO

α	Teste de ruptura
----------	------------------

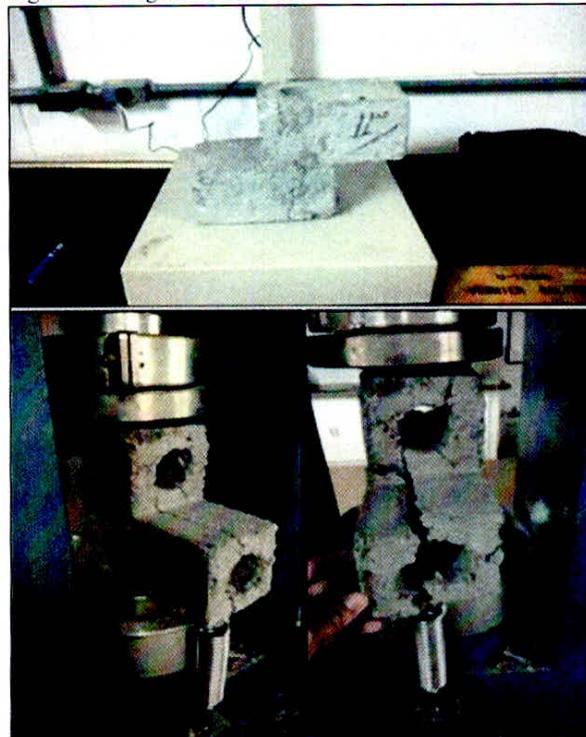
Dimensões do bloco (mm)	
a	300
b	200
c	100
Espessura das paredes	30
Ø Furos Horizontais	50
Ø Furos Verticais	40
Volume líquido(m ³)	0,003
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	7
T	T3
TD	16
TC	C1
RC	5320
AC	0,01
σ_r	5,32
P	2333

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 81. Imagens do teste 11



Fonte: O autor

Tabela 32. Teste 12

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	12
Descrição do Bloco	VAZADO

α	Teste de ruptura
----------	------------------

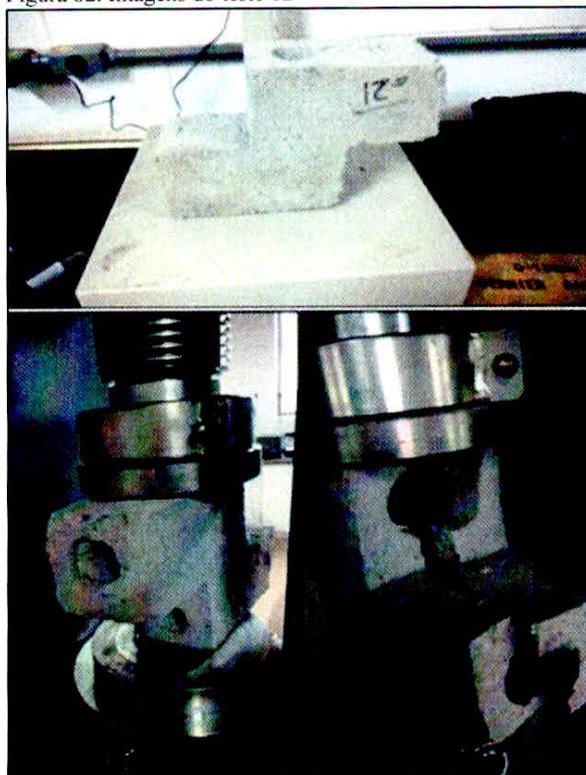
Dimensões do bloco (mm)	
a	310
b	200
c	100
Espessura das paredes	28
Ø Furos Horizontais	50
Ø Furos Verticais	40
Volume líquido(m ³)	0,003
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	6,8
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	800
AC	0,01
σ_r	0,8
P	2266

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 82. Imagens do teste 12



Fonte: O autor

Tabela 33. Teste 13

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	13
Descrição do Bloco	VAZADO

α	Teste de ruptura
----------	------------------

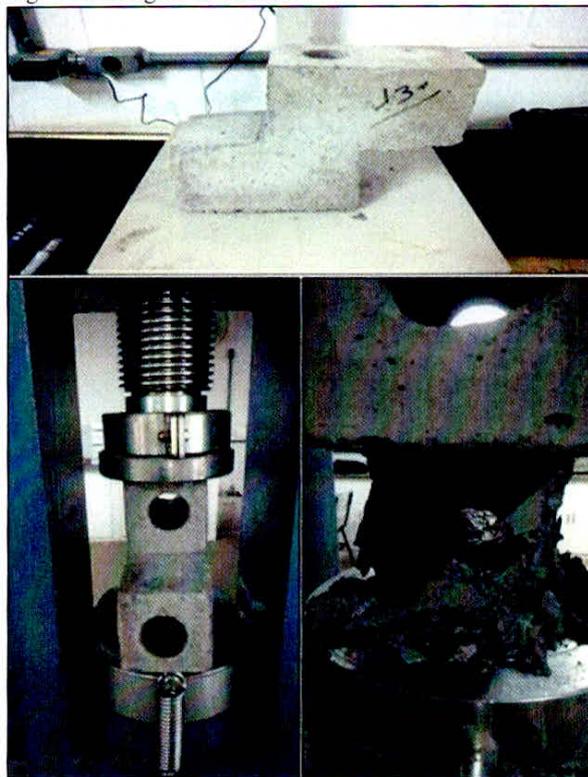
Dimensões do bloco (mm)	
a	300
b	21
c	105
Espessura das paredes	30
Ø Furos Horizontais	50
Ø Furos Verticais	40
Volume líquido(m ³)	0,003
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	7,55
T	T2
TD	16
TC	C2
RC	3750
AC	0,01
σ_r	3,75
P	2516

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1,T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 83. Imagens do teste 13



Fonte: O autor

Tabela 34. Teste 14

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	14
Descrição do Bloco	VAZADO

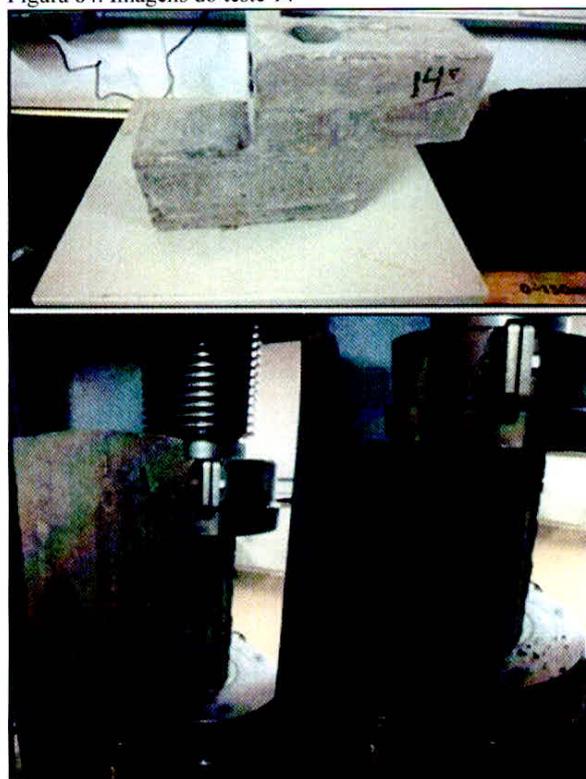
β	Teste de ruptura
---------	------------------

Dimensões do bloco (mm)	
a	310
b	200
c	100
Espessura das paredes	29
Ø Furos Horizontais	50
Ø Furos Verticais	40
Volume líquido(m ³)	0,003
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	7,5
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	5100
AC	0,01
σ_r	5,1
P	2500

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Figura 84. Imagens do teste 14

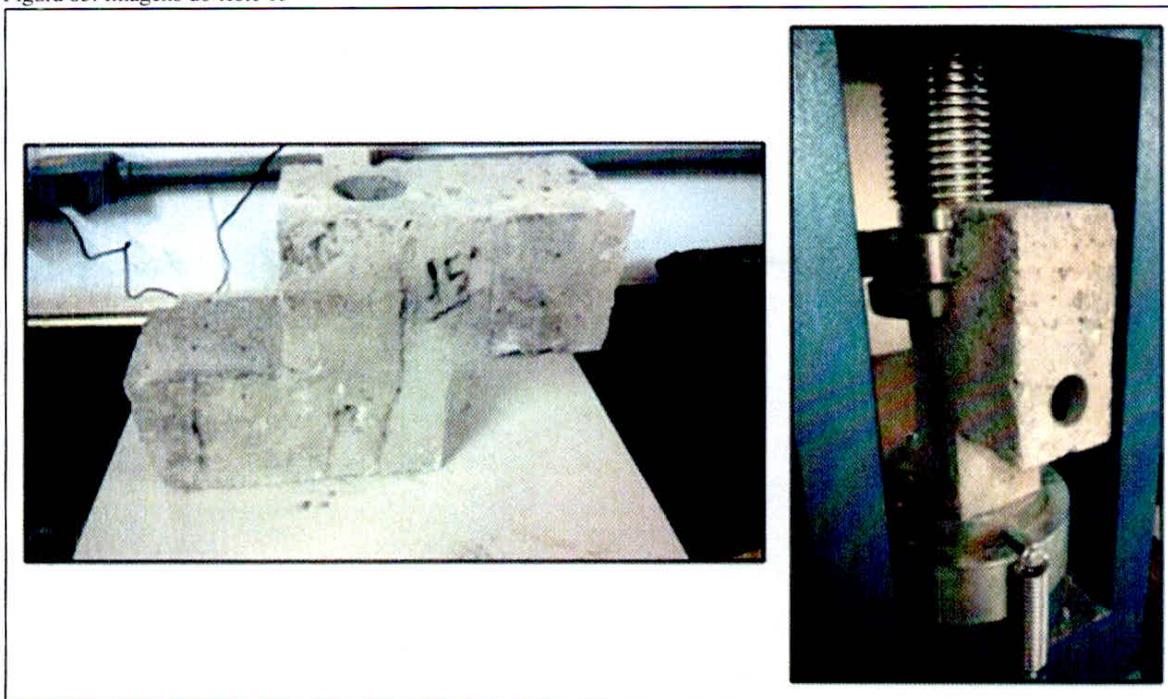


Fonte: O autor

Tabela 35. Teste 15

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)	
Nº do ensaio	15
Descrição do Bloco	VAZADO
β Teste de ruptura	
Dimensões do bloco (mm)	
a	310
b	205
c	105
Espessura das paredes	30
Ø Furos Horizontais	50
Ø Furos Verticais	40
Volume líquido(m ³)	0,003
Volume aparente(m ³)	0,004
Propriedades do bloco	
M	7,7
T	T2
TD	16
TC	C2
RC	12300
AC	0,01
σ_r	12,3
P	2560
Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistência à compressão (Kg)
T= Traço do concreto (T1,T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Figura 85. Imagens do teste 15



Fonte: O autor

Tabela 36. Teste 16

Tabela de dados referente ao bloco de auto encaixe (bloco Z)

Nº do ensaio	16
Descrição do Bloco	VAZADO

δ	Teste de ruptura
----------	------------------

Dimensões do bloco (mm)	
a	300
b	200
c	100
Espessura das paredes	27
Ø Furos Horizontais	50
Ø Furos Verticais	40
Volume líquido(m ³)	0,003
Volume aparente(m ³)	0,004

Propriedades do bloco	
M	7,5
T	T2
TD	16
TC	C1
RC	4500
AC	0,02
σ_r	2,25
P	2500

Siglas / Símbolos	
M= Massa específica (kg)	RC= Resistencia à compressão (Kg)
T= Traço do contrato (T1, T2 e T3)	P = Peso específico (kg/m ³)
TD= Tempo de desforma (Min)	AC = Área comprimida (m ²)
TC= Tempo de cura (C1 e C2)	σ_r = Tensão de ruptura (Mpa)

Fonte: O autor

Figura 86. Imagens do teste 16

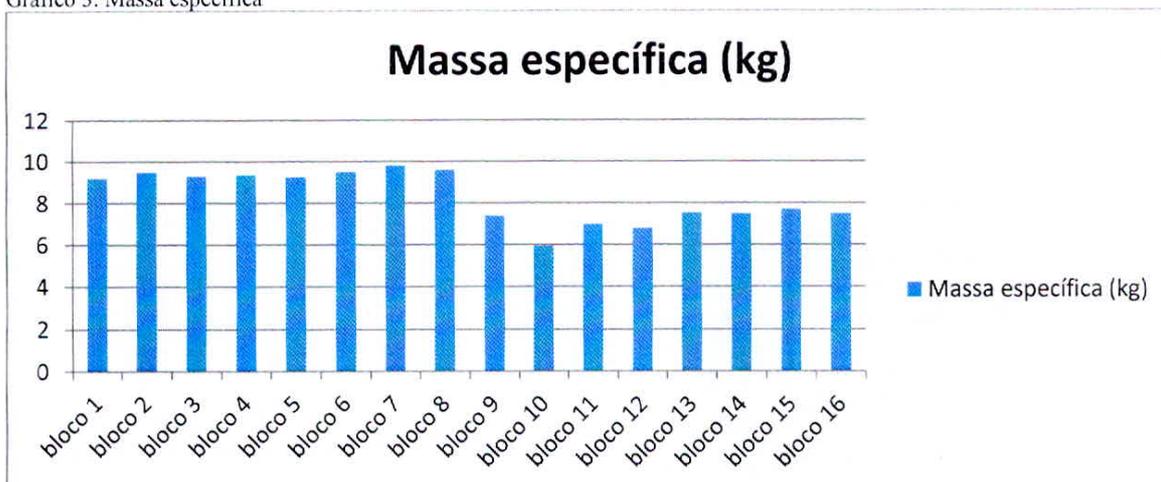


Fonte: O autor

11 GRÁFICOS

Após o teste nos 16 blocos de auto encaixe (bloco Z) e seus devidos resultados, são desenvolvidos gráficos com intuito de compara-los, os quais abordam temas como; Massa específica, Resistência à compressão, Tensão de ruptura e Peso específico.

Gráfico 3. Massa específica



Fonte: O autor

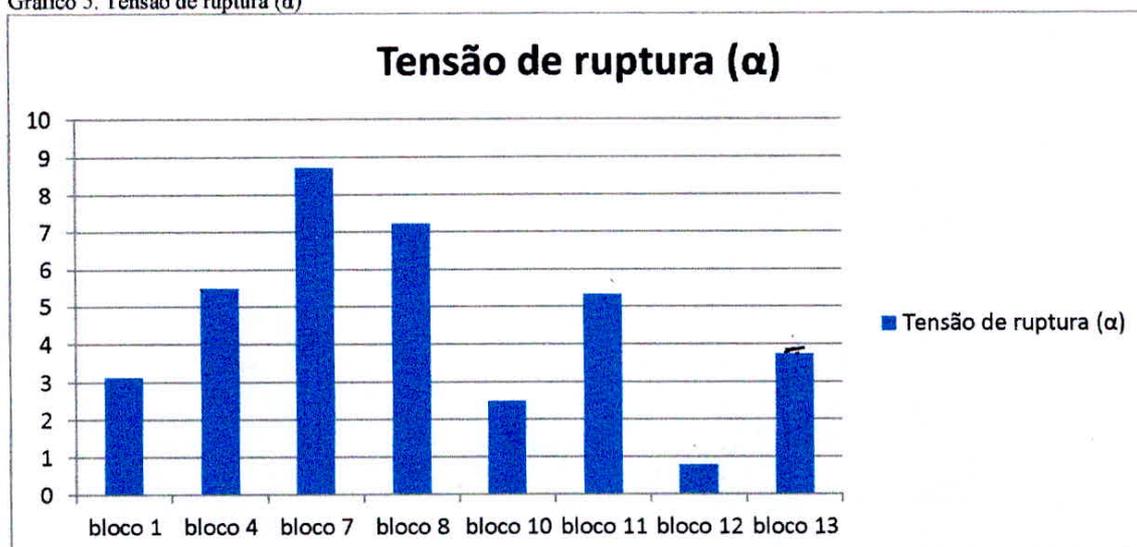
Os blocos de 1 a 8 são maciços, por isso resultam em um valor mais alto e sua média está na faixa de 9kg por unidade, já os blocos de 9 a 16 são vazados e apresentam uma média de 7,2 kg, percebe-se que o bloco 10 é o mais leve, isso pelo motivo de ser o único bloco fabricado com traço T1, sendo o único que tem areia em sua composição.

Gráfico 4. Resistência à compressão

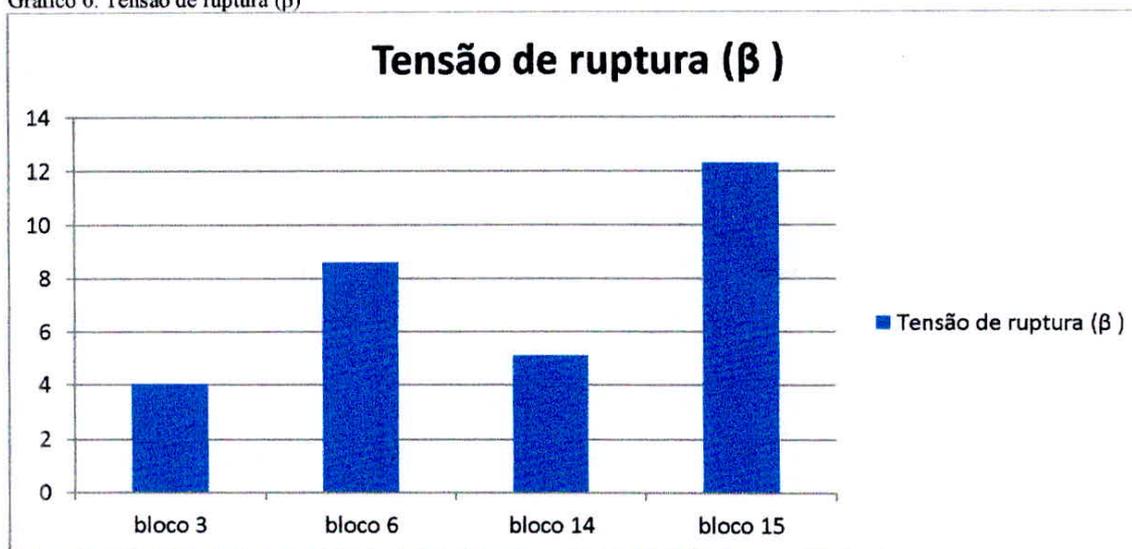


Fonte: O autor

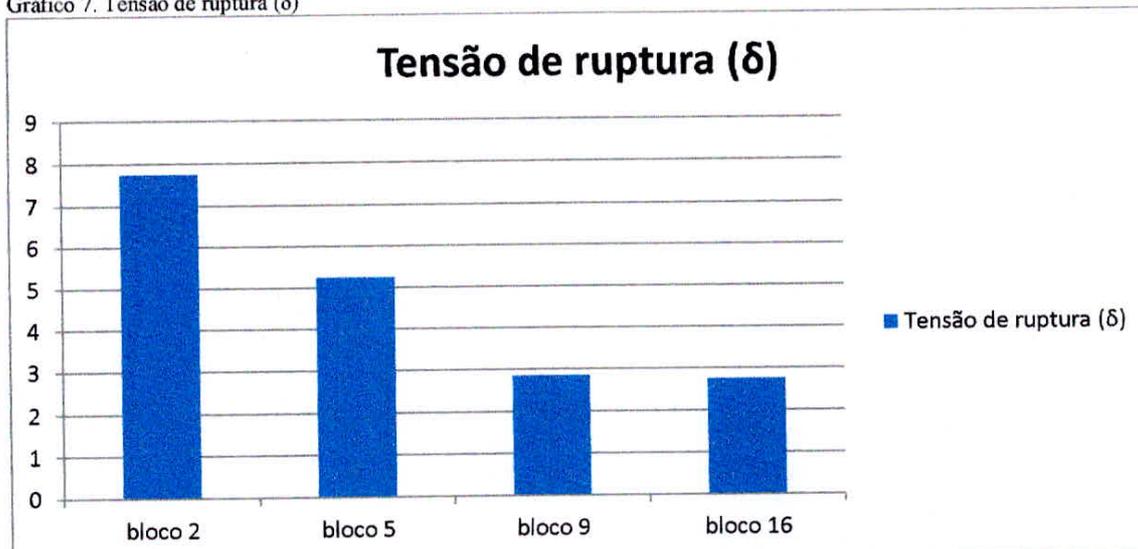
Os blocos 2 e 15 são os que apresentam a maior resistência à compressão, o bloco 2 foi ensaiado na posição δ , já o bloco 15 foi ensaiado na posição β , o bloco que teve a menor resistência foi o 12, durante os ensaios foi notificado deformações nas paredes do bloco, o qual foi comprometido não obtendo um bom resultado no teste de resistência.

Gráfico 5. Tensão de ruptura (α)

Fonte: O autor

Gráfico 6. Tensão de ruptura (β)

Fonte: O autor

Gráfico 7. Tensão de ruptura (δ)

Fonte: O autor

Na análise de tensão de ruptura, percebe-se que o bloco 12 – ensaio (α), foi o que obteve menor desempenho, conforme mencionado no gráfico acima o bloco 12 sofreu deformações antes mesmo do processo de ruptura, já o bloco 15 – ensaio (β) teve maior resistência quando submetido ao ensaio de compressão, devido sua posição, a média das tensões de ruptura no ensaio (α) foi de 4,55 MPa, no ensaio(β) resultou média de 6,86 MPa e nos ensaios (δ) a média foi de 4,05 MPa , todos os valores obtidos nos ensaios de compressão estão de acordo com NBR 6136, os blocos ensaiados estão aptos a desenvolverem função estrutural utilizado de três posições totalmente variada e ambas mostraram bom resultado, oferecendo uma resistência média global de 5,15 MPa.

Gráfico 8. Peso específico



Fonte: O autor

Nota-se que o gráfico referente ao peso específico manteve uma linearidade, exceto o bloco 10, que foi o único produzido com traço T1 com a presença de areia como agregado, já os outros blocos mantêm uma média do peso específico de 2360 kg/m^3 , número que se aproxima do ideal que seria 2400 kg/m^3 .

12 ANÁLISES

12.1 Ensaio de prisma sem armadura

Uma das utilizações do bloco de encaixe (bloco z) é aplicação em alvenarias estrutural não armada, e para analisar se sua aplicação é resistente tanto quanto a unidade de bloco, deve-se analisar o ensaio de compressão em prismas, a definição deste elemento é a junção de mais de um bloco, quando sobrepostos formando uma pequena parede, segundo TAUIL e NESSE (2010) , para junção dos blocos é necessário a argamassa de assentamento, sendo ela o fator principal da perda de resistência, pois a argamassa é mais deformável que o bloco, analisando o esforço de compressão, conclui-se que quanto maior a espessura da argamassa menor será a resistência do prisma, o fator de resistência da alvenaria comparado com a do bloco é de aproximadamente 90% (Valor relativo para blocos de concreto com espessura de parede de 25mm) segundo informações de PRUDENCIO (2002).

Figura 87. Ensaio de compressão do prisma

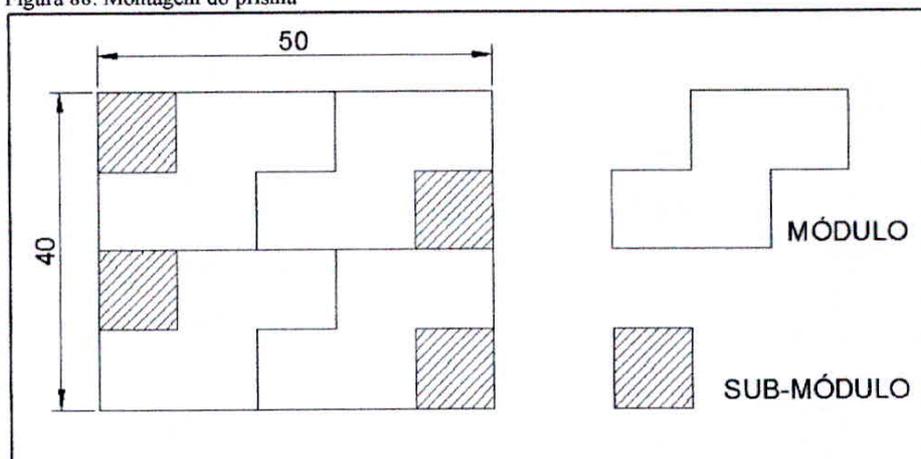


Fonte: O autor

Dados do prisma:

- Quantidade de blocos modulo 10cm: 4 unidades
- Quantidade de blocos sub-módulo 10cm: 4 unidades

Figura 88. Montagem do prisma



Fonte: O autor

- Comprimento: 50 cm
- Altura: 40 cm
- Largura: 10 cm
- Espessura da argamassa de assentamento: 1 cm
- Resistência à compressão: 6800 kg
- Área de compressão: 0,01m²
- Tensão Ruptura: 6,8 MPa

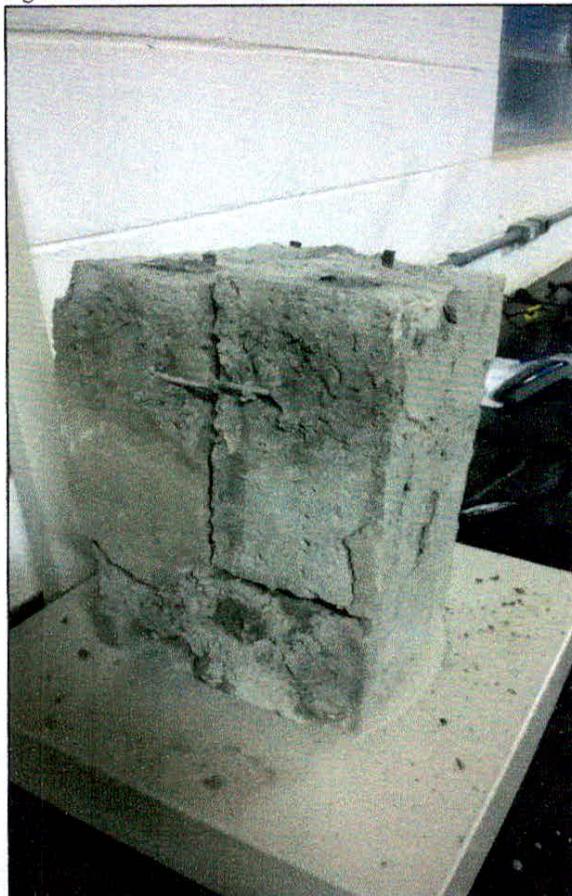
12.2 Ensaio de prisma com armadura vertical

Outra função do bloco é ser usado como alvenaria estrutural armada, a diferença da alvenaria estrutural armada para não armada está na presença do aço, pois na condição de alvenaria estrutural armada o aço tem função estrutural ajudando o concreto a combater esforços, para alvenaria estrutural armada o bloco de auto encaixe é muito significativo, pois propicia a montagem de pilares e vigas sem a presença de formas, tratando-se do pilar é essencial o uso de armadura longitudinal e armadura transversal (estribos).

Dados do pilar:

- Base: 20cm x 20cm
- Altura: 30cm
- Massa específica: 29,9kg
- Peso específico: 2490 kg/m³
- Quantidade de blocos modulo 10cm: 2 unidades
- Quantidade de blocos sub-módulo 10cm: 4 unidades
- Armadura Longitudinal: 4 Ø 8,0mm
- Armadura Transversal: Estribo de Ø4,2mm a cada 20cm, com comprimento de 40cm
- Resistência à compressão: 7800 kg
- Área de compressão: 0,02m²
- Tensão Ruptura: 3,9 MPa

Figura 89. Pilar fabricado através do bloco Z



Fonte: O autor

12.3 Ensaio de prisma com armadura horizontal

Assim como o pilar, o bloco de auto encaixe também será utilizado em vigas, sua geometria proporciona a montagem de vigas sem a necessidade de formas.

Dados da viga:

- Seção: 20cm x 20cm
- Comprimento: 60cm
- Massa específica: 60,5kg
- Peso específico: 2520 kg/m³
- Quantidade de blocos modulo 10cm: 6 unidades
- Quantidade de blocos sub-módulo 10cm: 4 unidades
- Armadura Longitudinal: 4 Ø 8,0mm
- Armadura Transversal: Estribo de Ø4,2mm a cada 20cm, com comprimento de 40cm
- Resistência à compressão: 6500 kg
- Área de compressão: 0,02m²
- Tensão Ruptura: 3,25 MPa

Figura 90. Viga fabricada através do bloco Z



Fonte: O autor

13 MODULAÇÃO

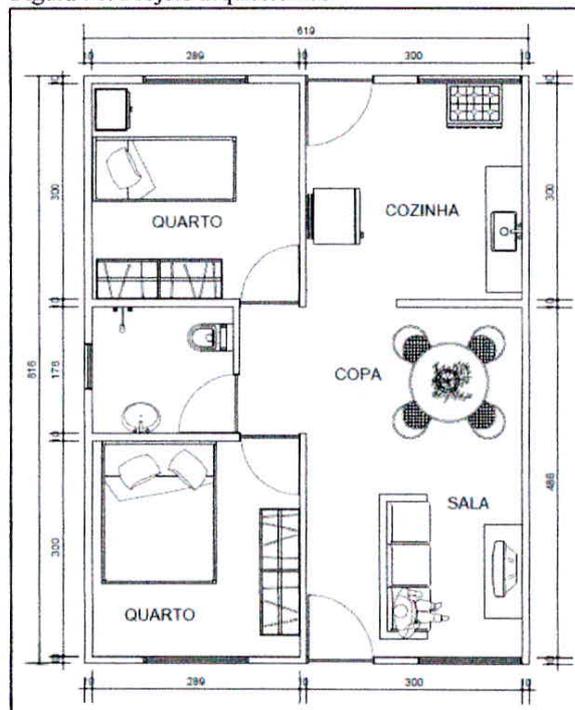
Com os resultados obtidos nos testes de ensaio à compressão, podemos usar o bloco de auto encaixe (bloco Z) como elemento para alvenaria estrutural, a resistência média dos blocos foi acima de 5 MPa, classificando-os como classe 6 de acordo com a NBR 6136, alguns blocos atingiram resistência até mais elevadas, chegando próximo dos 12MPa.

A utilização do bloco Z em alvenaria estrutural, pode ser aplicada de duas formas distintas, a primeira seria utilizá-lo como alvenaria estrutural não armada, que seria apenas a aplicação dos blocos como elemento estrutural sem a presença do aço, por outro lado o bloco Z também pode ser usado como alvenaria estrutural armada, onde com a junção do bloco mais o aço e os elementos de preenchimento chegam em uma concepção estrutural.

13.1 Utilização do bloco Z em alvenaria estrutural não armada

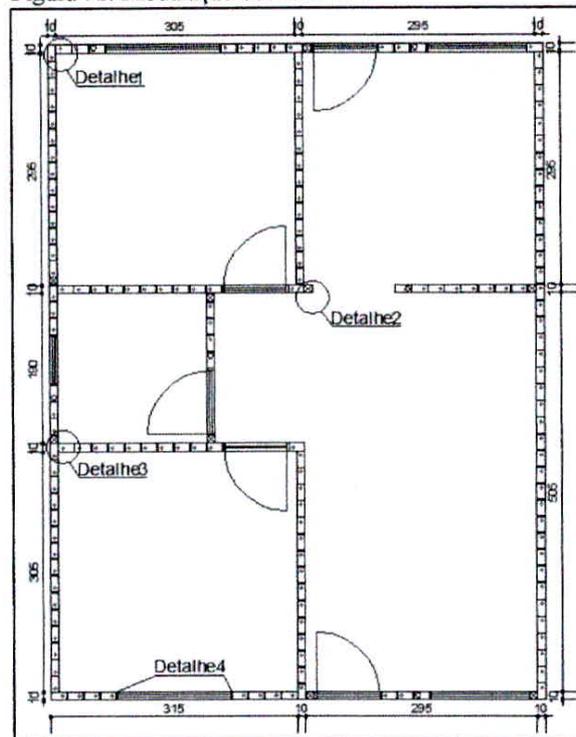
Para aplicação do bloco Z em alvenaria estrutural não armada, foi necessário um projeto arquitetônico de uma casa, o qual foi adaptado para o bloco Z, mostrando as amarrações de paredes, aberturas de vãos e ainda as instalações hidráulicas e elétricas.

Figura 91. Projeto arquitetônico



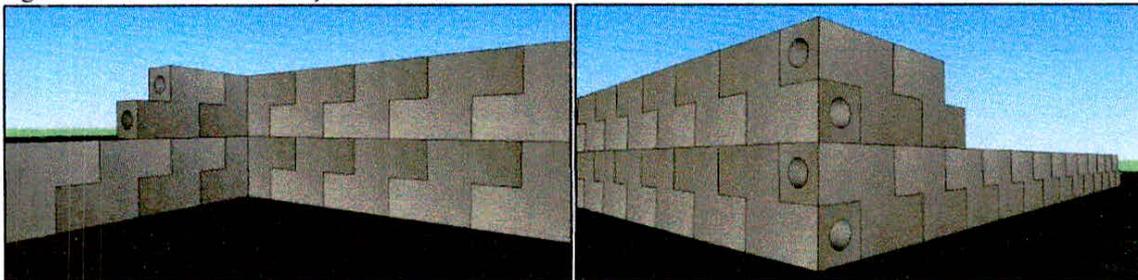
Fonte: O autor

Figura 92. Modulação com bloco Z



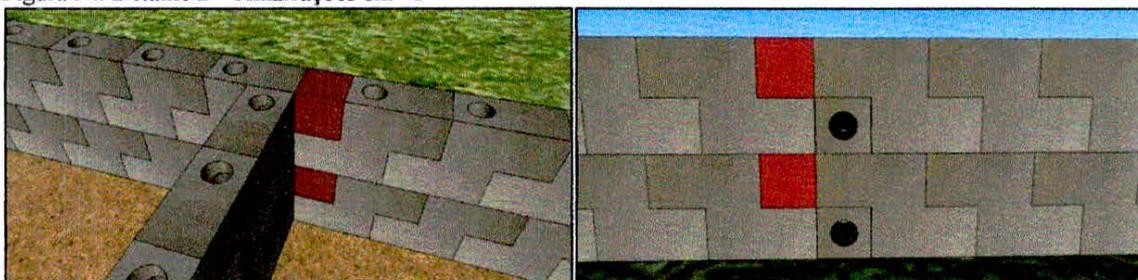
Fonte: O autor

Figura 93. Detalhe 1 – Amarrações de Canto



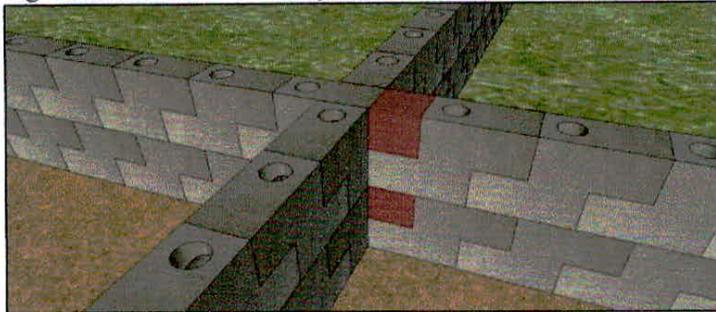
Fonte: O autor

Figura 94. Detalhe 2 – Amarrações em “T”



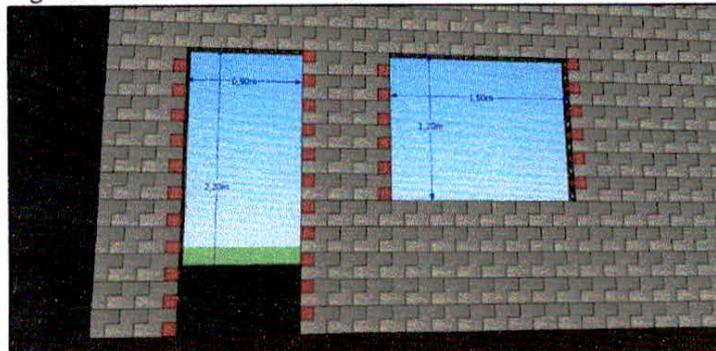
Fonte: O autor

Figura 95. Detalhe 3 – Amarrações em cruz



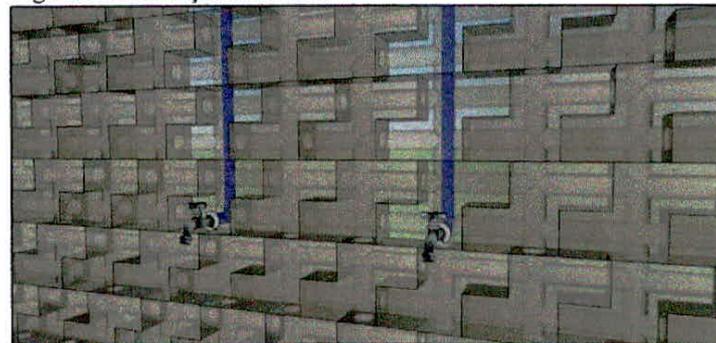
Fonte: O autor

Figura 96. Detalhe 4 – Abertura de vãos



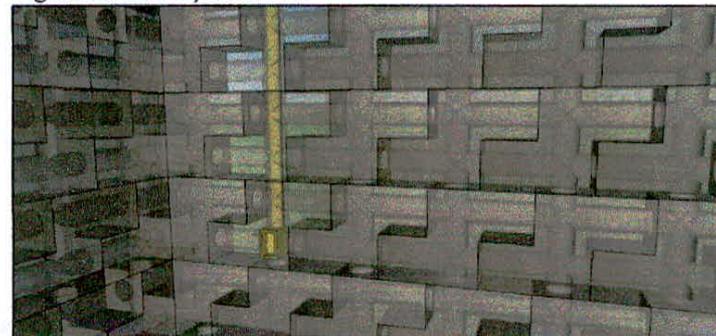
Fonte: O autor

Figura 97. Instalação hidráulica



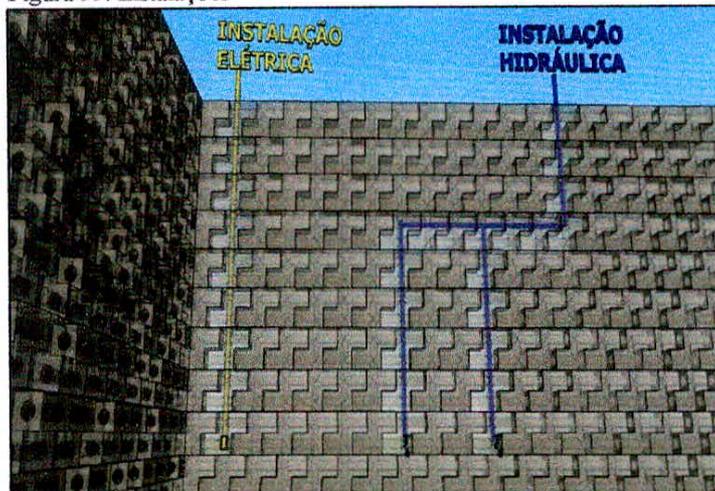
Fonte: O autor

Figura 98. Instalação Elétrica



Fonte: O autor

Figura 99. Instalações



Fonte: O autor

13.2 Utilização do bloco z em alvenaria estrutural armada

Quando se trata do bloco z utilizado em alvenaria estrutural armada, relaciona o bloco na execução de vigas e pilares, sua geometria proporciona a passagem da armadura longitudinal e transversal, as etapas para obtenção de vigas e pilares são demonstrados abaixo;

1º) Encaixe dos blocos

Figura 100. Montagem da viga



Fonte: O autor

2º) Passagem da armadura transversal

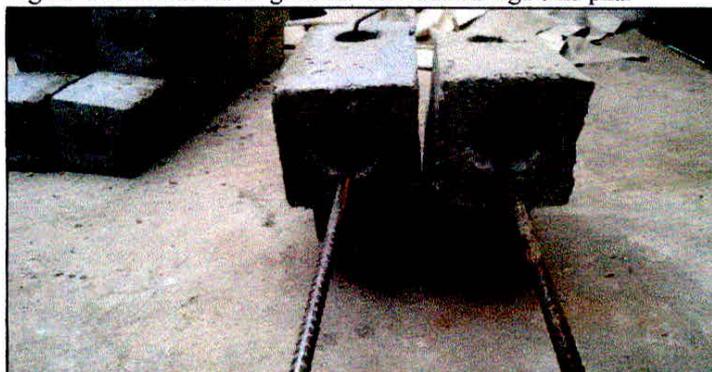
Figura 101. Estribos utilizados na viga e no pilar



Fonte: O autor

3º) Passagem da armadura longitudinal

Figura 102. Armadura longitudinal utilizada na viga e no pilar



Fonte: O autor

4º) Preenchimento de furos

Figura 103. Graute, preenchimento dos furos



Fonte: O autor

14 CONCLUSÃO

O uso da alvenaria estrutural nos processos construtivos com o uso do bloco de auto-encaixe (bloco Z), pode beneficiar na racionalização da obra, pois seu uso reduz gastos com formas e os revestimentos podem ser aplicados diretamente sobre a superfície da alvenaria, é um método de construção que não gera muitos resíduos, fator que elimina desperdícios e entulhos, a mão de obra requer qualificação e treinamento, mas por outro lado elimina as varias atividades desenvolvidas na obra, não necessita de serviços específicos, pelo fato de não utilizar formas e a armadura ser montada diretamente no interior dos blocos, por essas razões elimina-se os serviços direcionados aos carpinteiros e aos armadores.

Tratando-se de sua modulação, o bloco de auto-encaixe (bloco Z), proporciona a execução de alvenaria estrutural armada e alvenaria estrutural não armada, o bloco utilizado em alvenaria estrutural armada interage com aço através do elemento de preenchimento (graute), inserido nos vãos do bloco, resultando em um elemento estrutural semelhante a vigas quando armado na horizontal e semelhante a pilares quando armado na vertical, em outro aspecto o bloco também pode ser utilizado como alvenaria estrutural não armada, isso ocorre quando não há a presença do aço e os blocos são assentados uns sobre os outros, os quais mostraram bons resultados nos ensaios de prismas, superiores aos blocos de concreto convencionais. No processo de instalações hidráulicas e elétricas, o bloco de auto-encaixe (bloco Z) é ideal, pois os furos nos eixos verticais e horizontais proporciona a passagem de fios e tubulações sem a necessidade de quebrar paredes, outras utilidades interessantes do bloco, são o uso do mesmo em contra-piso e futuros estudos para testar sua eficiência em elementos de fundação e laje.

Para desenvolvimento do “bloco Z” foi necessário um embasamento teórico de tudo que diz respeito a alvenaria estrutural e aos blocos existentes, após os estudos foi possível a criação do bloco, visando atender as normas e características específicas de seu funcionamento, passando a ideia do papel para realidade foi necessário criar todo procedimento que envolva em sua fabricação, desde o modelo da forma até o tempo de cura, após concretizar a ideia, o bloco passou por teste e mostrou eficiência e eficácia, tornando viável seu uso na construção civil, quando comparado com blocos convencionais seu custo é parecido, mas quando comparado com suas utilidades ele mostra um diferencial positivo, apesar das qualidades, estudos ainda devem ser direcionados ao mesmo, de forma que crie um mecanismo capaz de produzir grandes quantidades para que possa ser comercializado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8798**: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.

_____ **NBR 12655**: Concreto - Preparo, controle e recebimento (1996)

_____ **NBR 15116/2004**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção

_____ **NBR 13276**: Determinação do teor de água para elaboração do índice de consistência.

_____ **NBR 13277**: Determinação da retenção de água.

_____ **NBR 13278**: Determinação da densidade de massa e teor de ar incorporado.

_____ **NBR 13279**: Determinação na resistência a tração na flexão e à compressão.

_____ **NBR 13281** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos.

_____ **NBR 15270-2**: Bloco cerâmico para alvenaria estrutural.

_____ **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural.

CLUBE DO CONCRETO – Estudos de Desmoldantes – Autores diversos, disponível em WWW.clubedoconcreto.com.br - Maio de 2013

Definições de Concreto CPV – ARI - Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP)

DUARTE, Ronaldo Bastos; **Alvenaria Estrutural** – Recomendações para Projeto e execução de Edifícios- Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER, Porto Alegre-1999.

MARQUES, Maria Lidiane- Estudo da adição do pó de pedra em argamassas de revestimento e assentamento – Disponível na Revista Eletrônica Científica do IFBA (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia)

PRUDENCIO; Luiz Roberto; OLIVEIRA, Alexandre Lima; BEDIN, Carlos Augusto, **Alvenaria Estrutural de bloco de concreto**, EDITORA Arth e Mídia, com apoio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e Grupo de Tecnologia em Materiais e Componentes a Base de Cimento Portland (GTEC) – Florianópolis –2002

TAUIL; Carlos Alberto; NESSE, Flávio José Martins - **Alvenaria Estrutural**, EDITORA PINI- São Paulo –2010.