

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

**INGRID NAZARETH GONÇALO GASPAR**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE BLOCOS RÚSTICOS DE TERRA  
FABRICADOS EM PASTOS BONS – MA**

São Luís – MA

2017

**INGRID NAZARETH GONÇALO GASPAR**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE BLOCOS RÚSTICOS DE TERRA  
FABRICADOS EM PASTOS BONS – MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Aurélio Barros Aguiar

São Luís – MA

2017

Gaspar, Ingrid Nazareth Gonçalo.

Avaliação de desempenho de blocos rústicos de terra fabricados em Pastos Bons-MA / Ingrid Nazareth Gonçalo Gaspar. – São Luís, 2017.

106 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Aurélio Barros Aguiar.

1. Comportamento estrutural. 2. Blocos rústicos de terra. 3. Caracterizações. I. Título.

**INGRID NAZARETH GONÇALO GASPAR**

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE BLOCOS RÚSTICOS DE TERRA  
FABRICADOS EM PASTOS BONS – MA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para o grau de bacharelado em Engenharia Civil.

Aprovado em:    /    /

BANCA EXAMINADORA

**Prof. Dr. Eduardo Aurélio Barros Aguiar (Orientador)**

Universidade Estadual do Maranhão

**Profa. MSc. Adriãna Oliveira de Carvalho**

Universidade Estadual do Maranhão

**Prof. Esp. Solón Tupinambá Leite**

Universidade Estadual do Maranhão

Aos meus pais, Jeremias Gaspar Neto e Iriane  
Gonçalo de Sousa Gaspar, e aos meus irmãos  
Jeremias Junior Gonçalo Gaspar e Naila Gonçalo  
Gaspar.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus por ter permitido que eu chegasse até aqui, e realizar meu primeiro sonho de vida, que é ser Engenheira Civil.

Com amor aos meus pais que me proporcionaram as condições para que eu pudesse prosseguir em mais essa etapa da minha vida, além de serem minha base, meu alicerce e companheiros. Obrigada por tudo, meus pais.

Ao meu irmão Jeremias Junior, pelo incentivo e companheirismo de sempre. Ao meu tio Arisneth por ter me fornecido sua casa para os testes deste trabalho, e ao Manu pelo auxílio nos testes do estudo de caso.

Ao meu namorado Bernardino, pelo seu apoio, suas palavras de positividade e motivação, além da ajuda nos testes deste trabalho.

Agradeço também ao Eduardo Rodrigues, especialista em cerâmica do SENAI no Maranhão, por ter me auxiliado em todos os ensaios destes trabalhos, além da troca de conhecimento.

Aos meus amigos, Edvaldo Cutrim, Jandra Braga e Miller Gonçalo, que sempre me apoiaram e me incentivaram para a desenvolver esse trabalho. E aos meus amigos da UEMA, Carlos, Laryssa e Raissa, que foram meus companheiros durante esses 5 anos de universidade.

Ao meu orientador, Eduardo Aguiar, por ter me dado um norte e organizado minha ideia, pelo incentivo, apoio e por toda a contribuição na realização deste trabalho.

## RESUMO

Neste trabalho foram descritas as etapas de produção, caracterizações e avaliações de desempenho dos blocos rústicos de terra (BRT), avaliando a segurança estrutural do sistema construtivo e se possui durabilidade.

Primeiramente foi descrita a produção de BRT na cidade de Pastos Bons no Maranhão, onde esse tipo de construção é predominante. Em seguida foram feitas as caracterizações da matéria prima de duas regiões na cidade, no Riacho do Meio e no Povoado Carrapato.

Foi feito o estudo de caso em uma casa de BRT na cidade de Pastos Bons. O estudo abrangeu os seguintes requisitos: 1) Desempenho Acústico; 2) Desempenho Térmico; 3) Desempenho estrutural; nos quais foram feitos comparativos com o tijolo cerâmico de 6 furos.

Por fim, foi feito um orçamento sintético comparativo entre a casa feita com BRT e outra feita com Alvenaria Cerâmica de 6 furos com base de preços do SINAPI, tabela base da Caixa Econômica Federal (CEF).

Palavras-chave: Bloco Rústico de Terra. Comportamento Estrutural. Caracterizações.

## **ABSTRACT**

In this work, the stages of production, characterization and performance evaluations of the rustic land blocks (BRT) were described, evaluating the structural safety of the constructive system and if it has durability.

First, BRT production was described in the city of Pastos Bons in Maranhão, where this type of construction is predominant. Then the characterization of the raw material of two regions in the city, in the Riacho do Meio and in the Povoado Carrapato, was made. The case study was done in a BRT house in the city of Pastos Bons. The study covered the following requirements: 1) Acoustic Performance; 2) Thermal Performance; 3) Structural performance; In which were made comparative with the 6-hole ceramic brick. Finally, a comparative synthetic budget was made between the house made with BRT and another one made with Ceramic masonry of 6 holes with base of prices of SINAPI, base table of the Federal Savings Bank (CEF).

**Keywords:** Rustic Block of Earth. Structural Behavior. Characterizations.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Casa feita com o BRT há mais de 50 anos.....	18
Figura 2 - Vigas baldrame.....	19
Figura 3 – Verga e Contravergas de madeira na casa de BRT.....	20
Figura 4 - Estrutura sem verga e contraverga.....	21
Figura 5 – Casa construída com BRT.....	21
Figura 6 - Localização do município de Pastos Bons no Estado do Maranhão.....	24
Figura 7 – Jazida do material do BRT. ....	30
Figura 8 – Queima do BRT.....	31
Figura 9 - Coleta do material no Riacho do Meio (Amostra 01). ....	33
Figura 10 - Coleta do material no Carrapato (Amostra 02). ....	34
Figura 11 – Pesagem da Amostra 01.....	34
Figura 12 – Pesagem da Amostra 02.....	34
Figura 13 - Amostras submersas em água.....	35
Figura 14 - Amostras com o Silicato de Sódio, ou flocculante. ....	35
Figura 15 - Amostras já desfloculadas ou desagregadas após ação do silicato de sódio.....	36
Figura 16 - Peneira ABNT 325. ....	36
Figura 17 - A lavagem sendo feita. Nota-se o argilomineral escorrendo pela peneira, no fundo da pia. ....	37
Figura 18 - A AM 01 já lavada e pronta. Notou-se a presença de matéria orgânica nessa amostra. ....	37
Figura 19 - Colocação da amostra em um novo recipiente.....	38
Figura 20 - Lavagem da AM 02. Nota-se o argilomineral escorrendo pela peneira, no fundo da pia. ....	38
Figura 21 - Lavagem finalizada. Notou-se a presença de algumas pedras, material mais arenoso. ....	39
Figura 22 - As duas amostras já lavadas. ....	39
Figura 23 - Amostras após saírem da estufa, já secas. ....	40
Figura 24 - Pesagem da AM 01.....	40
Figura 25 - Pesagem da AM 02.....	40
Figura 26 - Peneiras 80-120-140-200-325-FUNDO já instaladas no vibrador de peneiras.....	41

Figura 27 - AM 01 sendo colocada nas peneiras.....	42
Figura 28 - AM 02 sendo colada nas peneiras.....	42
Figura 29 - Agitação manual de peneira por peneira.....	43
Figura 30 - Colocação do material que restou em cada peneira em um copo plástico para cada uma.....	43
Figura 31 - Pesagem de cada copo com material. O material foi colocado em papel Cham-ex, pois não foi subtraído o peso do copo.....	44
Figura 32 - Resultado granulométrico da AM 01 com valor retido em cada peneira.....	44
Figura 33 - Resultado granulométrico da AM 02 com valor retido em cada peneira.....	45
Figura 34 - AM 01.....	48
Figura 35 - AM 02.....	48
Figura 36 – AMO 01.....	49
Figura 37 – AM 02.....	49
Figura 38 - AM 01.....	50
Figura 39 - AM 02.....	50
Figura 40 – Molde feito manualmente.....	51
Figura 41 – Pesagem de 1000g da AM 02.....	51
Figura 42 – Acréscimo de 1000g da AM 01.....	52
Figura 43 - Mistura das duas amostras.....	52
Figura 44 - Colocação de água para fazer a mistura homogênea.....	53
Figura 45 - Mistura finalizada e demonstração do aspecto do material, facilmente moldável.....	53
Figura 46 - Colocação da mistura no molde do corpo de prova e “socagem” do material com martelo metálico.....	54
Figura 47 – Marcação de 50mm nos moldes manuais com o paquímetro.....	54
Figura 48 - Corpos de provas finalizados.....	55
Figura 49 - Moldes manuais finalizados.....	55
Figura 50 – Marcação com paquímetro de 50mm antes da secagem.....	56
Figura 51 – Medição com paquímetro da retração ocorrida nos moldes manuais.....	56
Figura 52 – Medição da marcação com paquímetro após a queima.....	58
Figura 53 – Pesagem das Amostras 01.....	59
Figura 54 – Pesagem das Amostras 02.....	60
Figura 55 – Pesagem das Amostras da mistura.....	60

Figura 56 - Moldes no tanque de imersão.....	60
Figura 57 - Tanque de imersão utilizado.....	61
Figura 58 - Blocos após o processo de secagem, AM 01, Mistura e AM 02, respectivamente.....	63
Figura 59 - Forno usado para o processo de queima.....	64
Figura 60 - Corpos de prova no processo de resfriamento.....	65
Figura 61 - Medição do diâmetro do corpo de prova.....	65
Figura 62 - Medição da altura do corpo de prova.....	66
Figura 63 - Compressão dos corpos de provas.....	66
Figura 64 - Resistência do corpo de prova dada pela Máquina Universal de Ensaio MUE 100.....	67
Figura 65 – Tipos de rupturas de corpo de prova.....	67
Figura 66 – Pesagem do tijolo cerâmico.....	72
Figura 67 – Pesagem do BRT.....	72
Figura 68 – Blocos capeados para a compressão axial.....	74
Figura 69 – Compressão axial dos blocos.....	74
Figura 70 - Medição da música fora da casa.....	78
Figura 71 - Medição dentro da casa.....	79
Figura 72 - Medição fora da casa de BRT.....	79
Figura 73 – Medição dentro da casa de BRT.....	80
Figura 74 – Medição da temperatura com termômetro de ambiente.....	82
Figura 75 - Planta Baixa da habitação ensaiada.....	85
Figura 76 - A casa foi construída com BRT, com as seguintes medidas (13x5x22cm).....	86
Figura 77 – Medição da largura do BRT.....	86
Figura 78 – Medição da altura do BRT.....	87
Figura 79 – Medição do comprimento do BRT.....	87
Figura 80 - Confecção do saco de 40kg com areia seca.....	88
Figura 81 - Camada de gesso no interior da casa para verificação de fissuras.....	89
Figura 82 - Saco pendurado nas alturas calculadas.....	90
Figura 83 - Lançamento do saco na altura de 15cm.....	90
Figura 84 - A parede não sofreu nenhum dano com o impacto.....	91
Figura 85 - Lançamento do saco na altura de 45cm.....	91
Figura 86 - A parede não sofreu nenhuma alteração.....	92

Figura 87 - Lançamento na altura de 60 cm.....	92
Figura 88 – A parede não sofreu nenhum dano com o impacto.....	93
Figura 89 - Lançamento na altura de 90 cm.....	93
Figura 90 - Parede sem nenhum defeito.....	94
Figura 91 – Mão francesa fixada na parede de BRT.....	95
Figura 92 – Sacos de 200kg pendurados na mão francesa.....	95
Figura 93 - Não houve fissuras ou rupturas.....	96
Figura 94 - Houve apenas o rebaixamento da estrutura.....	96
Figura 95 - Vista da casa.....	98
Figura 96 - Fachada da casa.....	98
Figura 97 – Planta-baixa da habitação orçada.....	99

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo de quantidade de BRT e tijolos cerâmicos.....	16
Tabela 2 – Preço unitário de cada material.....	17
Tabela 3 – Custo total da construção da parede com os dois materiais.....	17
Tabela 4 - Déficit habitacional no Brasil de 2007 a 2012.....	26
Tabela 5 - Déficit habitacional por componentes: Estados e Distrito Federal – 2012.....	27
Tabela 6 - Extraída do livro Formação e Conservação dos solos.....	29
Tabela 7 - AM 01.....	45
Tabela 8 - AM 02.....	45
Tabela 09 – Determinação das características físicas - Sumário dos métodos de ensaio.....	47
Tabela 10 – Determinação das características mecânicas – Sumário dos métodos de ensaio.....	47
Tabela 11 – Medição com paquímetro dos moldes manuais antes e após a secagem.....	56
Tabela 12 – Medição com paquímetro dos moldes antes e depois da queima.....	58
Tabela 13 – Valores da massa seca e úmida dos moldes manuais.....	61
Tabela 14 – Valores da massa seca e úmida dos corpos de prova.....	62
Tabela 15 – Ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico.....	68
Tabela 16 – Dimensões nominais dos tijolos maciços cerâmicos para alvenaria (NBR 7170) .....	71
Tabela 17 – Resistência mínima à compressão em relação à categoria (NBR 7170).....	71
Tabela 18 – Classificação das amostras quanto à resistência à compressão.....	71
Tabela 19 – Comparativo de peso de BRT e tijolo cerâmico.....	72
Tabela 20 – Memória de cálculo de resistência mecânica do BRT.....	75
Tabela 21 – Memória de cálculo de resistência mecânica do tijolo cerâmico de furos.....	77
Tabela 22 – Valores médios das duas casas em dB (A).....	81
Tabela 23 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB(A).....	81
Tabela 24 – Temperaturas medidas em diferentes horários ao longo do dia.....	82
Tabela 25 – Umidade medida em diferentes horários ao longo do dia.....	82
Tabela 26 – Temperaturas medidas em diferentes horários ao longo do dia.....	83
Tabela 27 – Umidade medida em diferentes horários ao longo do dia.....	83

Tabela 28 – Comparativo de temperatura das duas casas ensaiadas.....	83
Tabela 29 - Extraída da NBR 15.575-1, página 11, item 7.4.1.....	88
Tabela 30 – Tabela de alturas e energias de lançamento do pendulo (saco de areia).....	89
Tabela 31 - Síntese dos resultados obtidos no ensaio de impacto de corpo mole.....	94
Tabela 32 - Conclusão do ensaio de impacto de corpo mole.....	94
Tabela 33 – Dimensões dos ambientes da casa ensaiada.....	99
Tabela 34 - Orçamento da casa feita com BRT.....	100
Tabela 35 - Orçamento da casa feita de tijolo cerâmico de 6 furos.....	101

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Faixa de temperatura e tempo de queima dos corpos de provas.....	64
Gráfico 2 – Comparativo BRT e tijolo cerâmico em dB(A) com música constante.....	80
Gráfico 3 – Comparativo BRT e tijolo cerâmico em dB(A) com música oscilante.....	81
Gráfico 4 – Variação de temperatura ao longo do dia.....	84

## LISTA DE SIGLAS

BRT – Blocos Rústicos de Terra

CEF – Caixa Econômica Federal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MUE – Máquina Universal de Ensaio

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>ESTRUTURA DO TRABALHO.....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Considerações sobre a localidade.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>PRODUÇÃO MANUAL DOS TIJOLOS.....</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA.....</b>	<b>33</b>
<b>6.1</b>	<b>Ensaio de resíduo.....</b>	<b>34</b>
<b>6.2</b>	<b>Ensaio de Granulometria.....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DOS TIJOLOS PRODUZIDOS.....</b>	<b>47</b>
<b>7.1</b>	<b>Moldagem dos corpos de provas.....</b>	<b>47</b>
<b>7.2</b>	<b>Ensaio de retração.....</b>	<b>55</b>
<b>7.3</b>	<b>Ensaio de absorção.....</b>	<b>59</b>
<b>7.4</b>	<b>Ensaio de resistência.....</b>	<b>63</b>
<b>7.5</b>	<b>Peso do BRT e tijolo cerâmico.....</b>	<b>72</b>
<b>8</b>	<b>AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO.....</b>	<b>73</b>
<b>8.1</b>	<b>Ensaio de resistência.....</b>	<b>73</b>
<b>8.2</b>	<b>Ensaio de desempenho acústico.....</b>	<b>78</b>
<b>8.3</b>	<b>Ensaio de desempenho térmico.....</b>	<b>82</b>
<b>8.4</b>	<b>Ensaio de corpo mole.....</b>	<b>84</b>
<b>8.5</b>	<b>Teste de capacidade de suporte de peças suspensas.....</b>	<b>95</b>
<b>9</b>	<b>ORÇAMENTO SINTÉTICO.....</b>	<b>98</b>
<b>9.1</b>	<b>Características do orçamento.....</b>	<b>98</b>
<b>10</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>103</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>105</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da procura por uma construção sustentável é justificado pela preocupação da possível escassez de recursos naturais. Com isso, atualmente vem-se buscando materiais e técnicas que minimizem os impactos ambientais.

A construção civil tem um grande consumo diário de vários materiais não-renováveis como a areia, cal e água potável, e por isso tem buscado tecnologias que possam substituir essas fontes. Uma dessas tecnologias é o uso do solo para confecção de blocos, cujo processo baseia-se na mistura de solo e água, com o molde feito em uma forma de madeira e logo feita a queima. Essa técnica já é utilizada na região de Pastos Bons, no Sul do Estado do Maranhão, nas chamadas olarias, onde são confeccionados os blocos há mais de 50 anos. Mas essa é uma técnica também bastante utilizada no Peru e Equador, devido ao seu baixo custo.

Há mais de 50 anos os Blocos Rústicos de Terra (BRT) eram produzidos pela população local para a venda e para a construção das suas próprias moradias. A comercialização ocorria com a venda dos blocos em milheiros, e o transporte naquela época ainda era arcaico, com o uso de carroças. Esse era o mais evoluído e moderno tipo de material para construção civil naquela época, sendo também o mais caro. Quem podia construir com esses blocos era considerado de classe alta.

Com o passar dos anos, esses blocos foram ganhando mercado na região, e quase todas as casas eram construídas com eles. Mas com o surgimento da alvenaria cerâmica de 4, 6 ou 8 furos, esse tipo de material foi deixado de ser usado, já que a alvenaria cerâmica tinha mais pontos positivos que os blocos. Como suas dimensões maiores, era necessário menos alvenaria cerâmica na obra, diferentemente do bloco, do qual era necessária uma grande quantidade para se levantar uma parede. Como exemplo, em uma parede de 2,6 metros de pé direito por 4 metros de comprimento, teríamos o seguinte número de BRT e tijolo cerâmicos (Tabela1).

Tabela 1 – Comparativo de quantidade de BRT e tijolos cerâmicos.

	<b>BRT (13x5x22) cm</b>	<b>Tijolo cerâmico 6 furos (9x19x19) cm</b>
<b>Quantidade necessária de cada material para uma área de 10,4 m<sup>2</sup> de parede</b>	946	289

Fonte: A autora.

Nota-se que a diferença é bastante grande em relação à quantidade. Mas como mostrado na Tabela 2, a diferença de preço do BRT e o tijolo é mínima. Entretanto, levando

em consideração a construção como um todo, com o BRT não são usados pilares, vigas e armaduras, tornando a construção mais barata.

Tabela 2 – Preço unitário de cada material.

DESCRIÇÃO	CUSTO UNITÁRIO (R\$)
<b>Bloco cerâmico de vedação de 9 x 19 x 19 cm</b>	0,38
<b>Bloco rústico de terra (BRT) de 13 x 5 x 22 cm</b>	0,12

Fonte: A autora.

Levando em consideração a parede de 4 x 2,6 metros, teríamos um seguinte custo total (Tabela 3):

Tabela 3 – Custo total da construção da parede com os dois materiais.

	<b>BRT (13x5x22) cm</b>	<b>Tijolo cerâmico 6 furos (9x19x39) cm</b>
<b>Custo total de cada material para uma área de 10,4 m<sup>2</sup> de parede</b>	113,52 reais	108,82 reais

Fonte: A autora.

Atualmente, tem-se estudado vários tipos de tecnologias que possam substituir a alvenaria cerâmica tradicional, por muitos construtores acharem que a alvenaria quebra com maior facilidade, um problema que exige a adoção de medidas para evitar desperdício. Além do custo elevado. O BRT vem como uma possível solução de nova tecnologia, já que na região de Pastos Bons esse bloco já tem grande importância e mercado, com grande parte da produção feita nas olarias sendo vendida na própria cidade e regiões próximas.

No Maranhão, onde muitas pessoas se enquadram no programa “Minha Casa Minha Vida”, como famílias de baixa renda, o déficit habitacional é elevado. Programas como esse, por terem projetos com preços elevados, principalmente pelo o custo da construção com tijolo cerâmico, demoram a serem aprovados, pois, com o agravante da atual crise econômica, o recurso para esse programa habitacional ficou escasso.

Mas o BRT, por ser produzido no estado, poderia ser uma alternativa a ser adotada pela Caixa Econômica Federal (CEF) para a construção de casas mais baratas. Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho desses blocos na construção civil, além de mostrar que esses blocos têm a capacidade de ser alternativa para substituir o tijolo cerâmico.

Figura 1 - Casa feita com o BRT há mais de 50 anos.



Fonte: A autora.

Nota-se que na casa ilustrada na Figura 1 o sistema construtivo com o uso do BRT não fazia uso de pilares ou vigas, tendo como método de construção a sobreposição dos blocos, com a junção feita apenas pela terra argilosa molhada com água, similar à argamassa atualmente utilizada nas construções com alvenaria cerâmica.

Outro aspecto interessante dessas construções é a parte da fundação, em que eram feitas apenas as vigas baldrame (Figura 2) com o próprio tijolo, não havendo sapatas, blocos ou similares, o que não impedia que resistissem ao recalque, ou seja, o rebaixamento devido ao adensamento do solo sob uma fundação, sendo o principal responsável por trincas e rachaduras nas edificações, principalmente quando ocorre o recalque diferencial, que é o rebaixamento de uma parte da edificação gerando esforços não previstos. Exemplo clássico desse acontecimento é o da torre de Pisa, que depois de anos começou a ter recalque diferencial.

Figura 2 - Vigas baldrame



Fonte: A autora

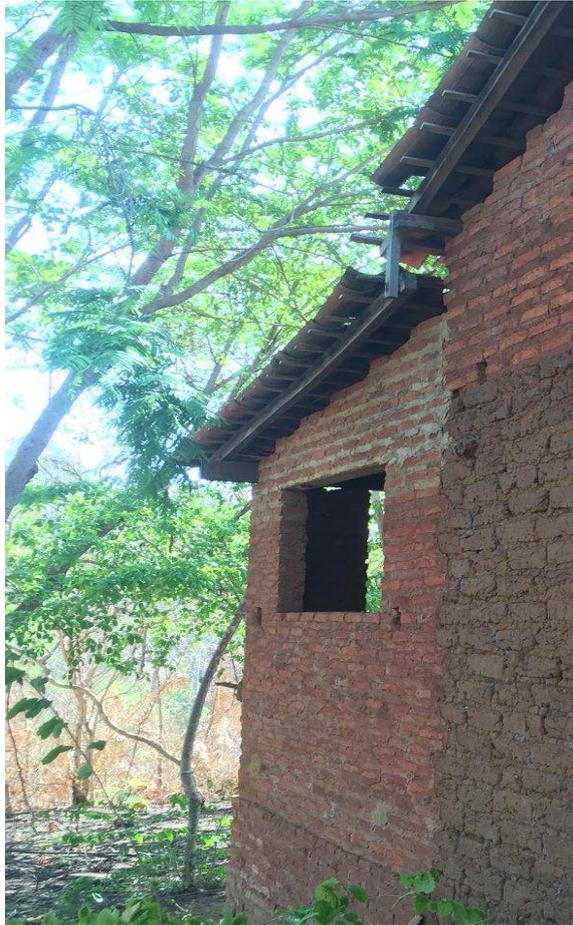
As vergas e contravergas eram feitas de madeiras, ou apenas deixando o vão aberto, colocando apenas uma camada de terra argilosa molhada com água, formando uma pasta, similar ao cimento, como nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Verga e Contravergas de madeira na casa de BRT



Fonte: A autora.

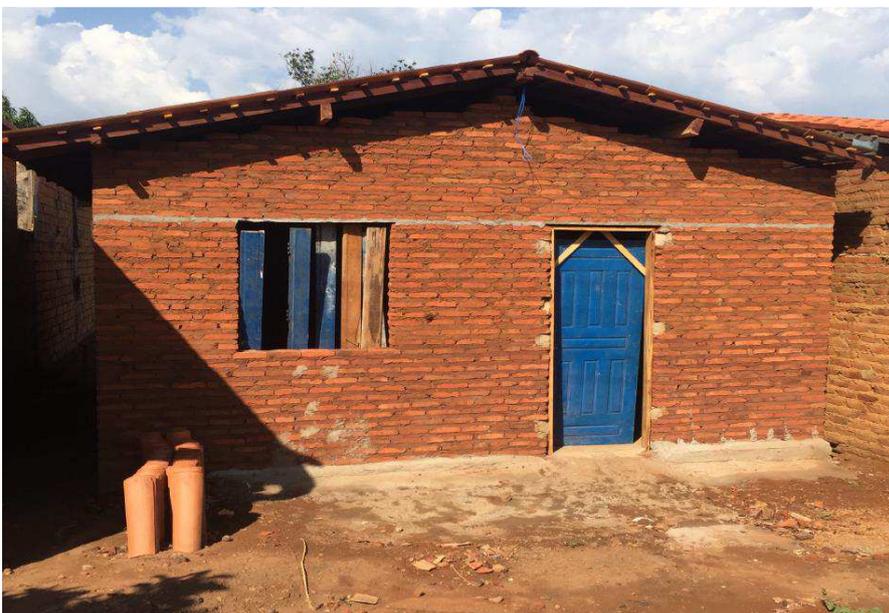
Figura 4 - Estrutura sem verga e contraverga



Fonte: A autora.

Na figura abaixo temos um exemplo mais atual da construção de casas com o uso do BRT.

Figura 5 – Casa construída com BRT



Fonte: A autora.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo geral do presente trabalho é avaliar a construção de alvenaria com Blocos Rústicos de Terra (BRT) de encaixe sob a ótica estrutural e de vedação, comparando-o com métodos tradicionais de construção e outros tipos de alvenaria de função tanto estrutural quanto de vedação.

Entre os objetivos específicos estão:

- a) Determinar as características estruturais da alvenaria de BRT e sua composição básica com ensaios de laboratório;
- b) Definir o ciclo básico para a produção da alvenaria de BRT;
- c) Avaliar as características de qualidade propostas comparando com outros tipos de alvenaria;
- d) Distinguir as características de isolamento acústico e térmico;
- e) Avaliar o desempenho da técnica construtiva do BRT através de estudo de caso de construção existente na cidade de Pastos Bons-MA;
- f) Avaliar a viabilidade econômica com orçamento sintético, além de comparar com outros métodos construtivos.

### **3 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esse trabalho foi dividido em 10 capítulos, os quais podem ser resumidos da seguinte maneira:

No capítulo 1 é feita uma breve introdução ao tema da pesquisa desenvolvida; sendo apresentada a metodologia do trabalho no Capítulo 2.

No capítulo 3 é apresentado o referencial teórico, sendo enfocada a fundamentação teórica e a evolução do tema na atualidade.

No capítulo 4 é apresentada a produção manual dos tijolos, mostrando as técnicas de produção.

No capítulo 5 é mostrada a caracterização da matéria-prima, mostrando os ensaios usados na caracterização.

No capítulo 6 é feita a caracterização dos tijolos, mostrando os ensaios baseados nas normas.

No capítulo 7 são apresentados os ensaios de avaliação de desempenho dos tijolos, tendo a NBR 15.575/2010 como base.

No capítulo 8 são apresentadas as considerações finais e as conclusões do estudo realizado

No capítulo 9 é apresentada a estimativa de custos da construção através de orçamento sintético, fazendo um comparativo com o tijolo cerâmico de 6 furos, mostrando assim as vantagens do BRT.

No capítulo 10 faz-se as considerações finais do trabalho.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Considerações sobre a localidade

O município de Pastos Bons, localizado no Sul do Estado do Maranhão (Figura 6), tem população de 18.079 habitantes, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) de 2010; com 1.620,162 km<sup>2</sup> de área, dista cerca de 550 km da capital São Luís. Esse município tem sua economia voltada para a agricultura e pecuária, com plantações de soja e arroz de pequena a grande escala. Pastos Bons é uma cidade histórica com 252 anos, fundada por um grupo de bandeirantes que construíram o hoje chamado centro histórico, que até a atualidade é bastante conservado e habitado.

As construções antigas eram feitas dos chamados “tijolões”, que eram feitos de solo argiloso misturado com água e queimado. O uso desses tijolos na construção dos edifícios é conservado até hoje no município, mas o uso deles teve uma queda com a chegada dos tijolos cerâmicos furados, pois, segundo algumas pessoas, construir uma casa com o tijolo cerâmico furado é mais rápido e leva menos tijolos. Porém, esse pensamento não está totalmente correto, pois, como mais adiante será explicado neste trabalho, há diferenças entre o uso dos dois materiais, em relação à construção e ao custo.

Figura 6 - Localização do município de Pastos Bons no Estado do Maranhão.



Fonte: [Wikipedia.org/wiki/Pastos\\_Bons](https://pt.wikipedia.org/wiki/Pastos_Bons), (2017). Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Pastos\\_Bons#/media/File:Maranhao\\_Municip\\_PastosBons.svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Pastos_Bons#/media/File:Maranhao_Municip_PastosBons.svg). Acesso em: 12 jun. 2017.

O solo, que é definido por Lima (2006, p. 23) como sendo “A superfície inconsolidada que recobre as rochas e mantém a vida animal e vegetal da Terra, é constituído de camadas que se diferem pela natureza física, química, mineralógica, morfológica e biológica”. É um dos materiais mais antigos usado na construção de edificações. Pinto *apud* Grande (2003, p. 19) define o solo como sendo “um conjunto de partículas sólidas provenientes da desagregação de rochas por ações físicas e químicas, como água (ou outro líquido) e ar, ou ainda ambos, em seus espaços intermediários”.

Na década de 1980 houve uma crescente procura por alternativas construtivas mais sustentáveis, e a partir de então a terra para uso como material construtivo vem atingindo um crescente interesse e estimulando com isso a realização de eventos e pesquisas, chegando até a produção de normas construtivas para uso da terra em diversos países (CID, MAZARRON E GUERRERO, 2011). Jimenez Delgado e Cañas Guerrero (2007, p. 31) afirmam que “A terra é cada vez mais valorizada como material de construção”. Assim, “As técnicas da terra têm hoje interesse não só no âmbito da conservação do patrimônio e da reabilitação habitacional, mas também da construção moderna”(GONÇALVES E GOMES, 2012, p. 15).

Acreditando-se no potencial da construção com BRT como técnica construtiva de elementos verticais, buscou-se aprimorar seu entendimento, com vistas a contribuir para a resolução das problemáticas apresentadas a seguir.

Três problemas estimularam a execução deste trabalho:

- 1- o déficit habitacional no Brasil;
- 2- as dificuldades em eliminar esse déficit através de sistemas construtivos convencionais;
- 3- os desafios inerentes à aplicação das técnicas de construção com terra, em especial as de construção com BRT, objetos deste estudo.

Baseado em dados da Caixa Econômica Federal (CEF) (2012), ultimamente o país tem sofrido profundas transformações atinentes ao cenário habitacional, sendo destacados três fatores como causadores dessas alterações: a emigração da população da área rural para as grandes zonas urbanas; o envelhecimento da população e o acentuado crescimento populacional.

Com os grandes movimentos migratórios tem-se o aumento da necessidade de terra e bens de consumo. Os escassos recursos naturais aliados à baixa renda da população contribuem para o elevado número de pessoas sem residência ou morando em habitações inadequadas (BUDDENHAGEN, 2003).

Os elevados custos da produção na construção civil, somados ao elevado preço da terra pela especulação imobiliária, tornam-se grandes empecilhos para a aquisição da casa própria pela população e maior quantidade as pessoas com baixa renda (CEF, 2011).

Assim, o déficit habitacional no Brasil de 2007 a 2012 comportou-se de acordo com a Tabela 4:

Tabela 4 - Déficit habitacional no Brasil de 2007 a 2012.

Especificação	ANO				
	2007	2008	2009	2011	2012
Déficit Total Absoluto	6.102.414	5.686.703	6.143.226	5.889.357	5.792.508
Déficit Total Relativo	10,8	9,8	10,4	9,5	9,1
Total de Domicílios	56.338.622	58.180.644	59.252.675	62.116.819	63.766.688
<b>COMPONENTES</b>					
Habitação Precária	1.264.414	1.158.801	1.088.634	1.187.903	883.777
Improvisados	109.421	101.100	69.432	130.905	85.550
Rústicos	1.154.993	1.057.701	1.019.202	1.056.998	798.227
Coabitação Familiar	2.481.128	2.211.276	2.511.541	1.916.716	1.865.457
Cômodos	200.094	175.366	216.924	221.546	170.926
Famílias Conviventes	2.281.034	2.035.910	2.294.617	1.695.170	1.694.531
Ônus Excessivo com Aluguel	1.965.981	1.928.236	2.143.415	2.388.316	2.660.348
Adensamento Excessivo	390.891	388.390	399.636	396.422	382.926

Fonte: IBGE (2007-2012) in (FJP, 2014).

Tabela 5 - Déficit habitacional por componentes: Estados e Distrito Federal – 2012.

Especificação	Déficit Habitacional					
	Total absoluto	Total relativo	Componentes			
			Habitação precária	Coabit. Familiar	Ônus excessivo aluguel	Adens. excessivo
São Paulo	1.151.263	8,0	56.243	311.088	642.046	141.886
Minas Gerais	482.949	7,3	17.958	179.791	265.106	20.094
Maranhão	407.626	22,0	272.502	86.591	38.076	10.457
Rio de Janeiro	397.357	7,1	14.492	139.608	206.697	36.560
Bahia	379.160	8,0	87.091	140.501	139.731	11.837
Pará	256.212	11,9	76.959	120.846	43.386	15.021
Ceará	246.274	9,5	54.503	90.605	83.596	17.570
Pernambuco	240.850	8,5	36.583	66.498	121.127	16.642
Paraná	226.336	6,2	49.338	58.895	106.844	11.259
Rio Grande do Sul	191.189	4,9	30.057	74.001	82.279	4.852
Goiás	164.689	7,8	10.347	45.516	96.415	12.411
Amazonas	158.369	16,7	17.032	84.124	37.801	19.412
Santa Catarina	133.201	6,0	20.120	44.398	63.135	5.548
Distrito Federal	120.730	14,1	12.578	39.750	63.725	4.877
Rio Grande do Norte	120.271	12,0	7.400	62.909	45.643	4.319
Paraíba	113.302	9,5	16.626	49.262	41.873	5.541
Piauí	100.105	10,8	30.368	57.925	10.126	1.686
Alagoas	92.212	9,8	24.709	35.562	25.915	6.026
Mato Grosso	78.959	7,9	6.991	29.606	35.780	6.582
Sergipe	77.412	11,7	6.880	37.847	30.277	2.408
Espírito Santo	77.033	6,2	1.092	26.227	48.074	1.640
Mato Grosso do Sul	65.024	7,4	7.133	22.231	32.304	3.356
Tocantins	50.906	11,4	12.604	19.636	15.754	2.912
Rondônia	37.174	7,0	4.923	10.583	19.699	1.969
Acre	28.695	14,0	4.471	14.910	6.709	2.605
Amapá	17.172	9,0	2.701	8.586	3.680	2.205
Roraima	16.092	12,0	2.076	7.961	4.844	1.211

**Fonte:** FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil 2011-2012.** Belo Horizonte: Centro de Estatística e Informações, 2015.

Ainda, acrescenta-se ao déficit habitacional uma considerável parcela de pessoas que vivem em situação de rua. Estimam-se dados referentes entre 0,6 a 1,0% da população urbana vivendo sem teto, o que, em números, equivale a cerca de 1,8 milhões de pessoas, contribuindo de maneira significativa para o avanço do número de residências que precisam ser construídas em função de toda essa demanda (LIMA, 2014).

A maior parte das novas unidades residenciais são construídas pela iniciativa privada por autonomia, outa parcela importante de residências são produzidas por associações utilizando os programas governamentais (CEF, 2011).

Temos uma conjuntura em que os programas habitacionais de iniciativa de políticas públicas são de suma importância para garantir que a população de baixa renda consiga enfrentar os custos relativos aos financiamentos imobiliários (CEF, 2011).

Mas os grandes programas de políticas habitacionais são desenvolvidos baseados nos sistemas construtivos convencionais, e atualmente vêm enfrentando diversos desafios.

Há inúmeras formas de utilização do solo, como confecção de blocos maciços, que são feitos com solos argilosos misturados à água apenas e moldados, também mais conhecidos como barro ou blocos maciços cerâmicos. Segundo Lepsch(2010, p. 24),

Os homens primitivos viam o solo apenas como algo existente sobre a superfícies da Terra, que permitia não só a sua locomoção, como também o crescimento de vegetais, frutos silvestres, barro para confeccionar objetos de cerâmica e fornecer pigmentos para suas pinturas rupestres.

Ou seja, há mais de trinta mil anos, o homem já usava o solo argiloso para a confecção de objetos cerâmicos e para a confecção dos chamados adobes.

No Brasil, muitas cidades possuem casas antigas feitas de adobe, taipa-de-pilão, pau-a-pique ou taipa-de-sopapo, que até hoje apresentam um bom estado de conservação. O adobe antigamente era usado “cru”, ou seja, após o seu molde, este era apenas colocado para secar ao ar livre. Com o passar do tempo, esses adobes passaram a ser queimados como podemos ver atualmente em olarias existentes na cidade de Pastos Bons, região Sul do Estado do Maranhão, a qual possui casas feitas com adobe “cru” e adobe queimado. No presente trabalho iremos chamar o adobe queimado de Bloco Rústico de Terra (BRT).

O BRT é feito simplesmente com o uso de solo argiloso misturado à água até atingir uma mistura homogênea que então é colocada em uma forma de madeira como molde e retirada em seguida e para a secagem e depois para a queima ao ar livre. Por ser um material argiloso, é de fácil moldagem, diferente da areia e do silte, como define Lepsch (2010, p. 26),

Nas amostras em que predomina a areia, a sensação é de atrito (áspera e pouco pegajosa) e o material parece uma pasta sem consistência que não forma pequenos rolos, tais como ‘biscoitos alongados’. Quando há prevalência de argila, a impressão é de suavidade e pegajosidade, e o material forma pequenos e longos rolos que podem ser dobrados em argolas. Quando predomina o silte, a sensação é ‘sedosa’ (semelhante ao talco em pó) e o material forma rolos com dificuldade, os quais são muito quebradiços.

Neste trabalho, como será visto adiante, foram escolhidos dois materiais argilosos de regiões diferentes, um de região de várzea e o outro de região de morro. O primeiro material apresenta mais matéria orgânica pelo fato de estar em contato direto com plantas e correntezas de água que trazem restos de materiais para o solo e também apresenta mais argila do que areia na sua composição. O segundo apresenta mais areia na sua composição maior quantidade de quartzo. Para a indústria cerâmica os solos que são mais argilosos são considerados melhores, justamente pela plasticidade do material e a presença de argilomineral, que significam muito quando o bloco passar pelo processo de queima, como será mostrado mais adiante neste trabalho.

Segundo Lepsch (2010), a textura do solo depende da constituição do mesmo, que pode possuir variados tamanhos de partículas, podendo algumas serem vistas a olho nu e outras apenas como o auxílio de potentes microscópicos. Na tabela a seguir, Lepsch (2010) classifica a fração e diâmetro médio mais utilizado no Brasil.

Tabela 6 - Extraída do livro Formação e Conservação dos solos.

<b>Fração</b>	<b>Diâmetro médio</b>
<b>Calhaus (ou pedras)</b>	200 a 20 mm
<b>Cascalho</b>	De 20 a 2 mm
<b>Areia</b>	De 2 a 0,05 mm
<b>Silte (ou “limo”)</b>	0,05 a 0,002 mm
<b>Argila</b>	Menor que 0,002 mm

Fonte: Lepsch (2010), p. 39.

A partir disso, verificamos que a argila que apresenta maior presença de areia na sua composição possui grãos maiores, variando de 2 a 0,05mm, ou seja, quando esse solo é colocado à água e feita a mistura homogênea e moldado, o bloco formado apresenta espaços vazios no seu total. Diferentemente na argila, que apresenta maior presença de argilomineral na sua composição, os espaços vazios são mais preenchidos justamente por ter grãos menores que 0,002mm. Com isso foi surgida a ideia de uma mistura entre os dois materiais colhidos na região de Pastos Bons-MA, onde o solo mais arenoso misturado com o solo mais argiloso teriam juntos a propriedade de diminuir os espaços vazios na formação dos blocos.

## 5 PRODUÇÃO MANUAL DOS TIJOLOS

A produção dos blocos é feita, como já falado anteriormente, nas olarias, onde se encontra a matéria-prima que é a terra argilosa. A matéria-prima é coletada no local e ali mesmo se faz a modelagem do bloco, que é feito seguindo as seguintes etapas:

1ª Coleta da matéria-prima: a terra argilosa é coletada na própria olaria, e lá se faz o bloco;

2ª Colocação da matéria-prima no molde de madeira. Com a junção de água à terra argilosa, vai se formando uma pasta que se modela nos moldes de madeira;

3ª Depois o bloco é colocado para secar a céu aberto por alguns minutos;

4ª O bloco é retirado do molde de madeira e colocado em pilhas;

5ª É feita a queima dos blocos, colocando fogo na parte de baixo dos blocos empilhados, formando uma “churrasqueira”. Espera-se atingir uma cor típica do bloco para saber a hora de apagar o fogo;

6ª Deixa-se os blocos descansarem, e depois é feita a estocagem;

7ª É feito o transporte.

Realizamos as etapas da produção do BRT desde a jazida até a comercialização do mesmo.

- Da jazida:

Figura 7 – Jazida do material do BRT.



Fonte: A autora

- Da moldagem:

A moldagem é feita na própria olaria, onde se faz a mistura da areia argilosa com a água, o que forma uma pasta que é colocada em formas de madeira e em seguida retirada da forma e colocada no chão para secar.

- Da Queima:

Após a secagem do BRT, os blocos são empilhados e são colocadas toras de madeira embaixo do monte de blocos, formando um forno com os próprios tijolos, como mostra a foto abaixo. Por essa queima ocorrer dessa forma, alguns blocos apresentam coloração diferente dos outros, justamente porque os que estão em contato direto com as toras de madeira em chama ficam mais escuros e os demais com a cor mais avermelhada.

Figura 8 – Queima do BRT.



Fonte: A autora

- Do Armazenamento:

O armazenamento é feito na própria olaria, de forma arcaica, apenas com a colocação de um tijolo sobre o outro e colocada uma lona sobre a pilha para proteger de possíveis intempéries.

- Da Comercialização:

A comercialização é feita diretamente entre cliente e fornecedor, ou seja, não possui uma divulgação ou pontos de vendas, pois a olaria fica a cerca de 2 quilômetros da cidade de Pastos Bons-MA.

## 6 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A caracterização da matéria-prima é essencial para que se possa verificar a verdadeira composição do material. Foram colhidas de forma manual e colocadas em sacos de estopa as duas amostras em dois locais distintos. A primeira amostra (AM 01), figura 9, foi coletada em um local chamado Riacho do Meio, e a segunda amostra (AM 02), figura 10, foi coletada em uma localidade chamada Carrapato, onde atualmente existe uma olaria. Ambas as amostras são matérias-primas para a produção de tijolos de terra há mais de 50 anos no município de Pastos Bons.

Figura 9 - Coleta do material no Riacho do Meio (Amostra 01).



Fonte: A autora.

Figura 10 - Coleta do material no Carrapato (Amostra 02).



Fonte: A autora.

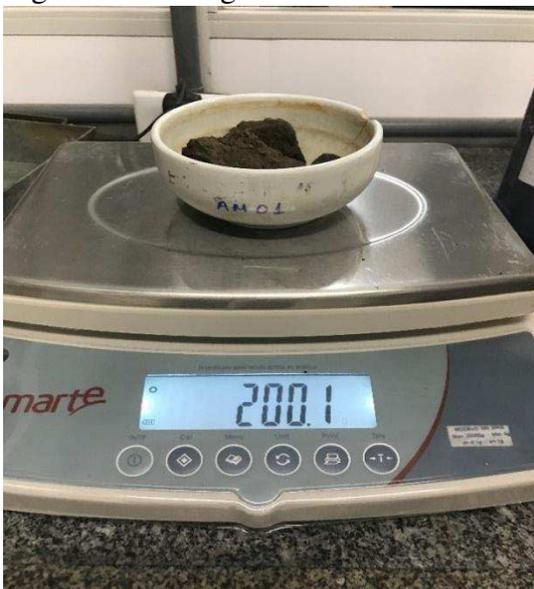
### 6.1 Ensaio de resíduo

Primeiramente foi feito o ensaio de resíduo, que seguiu os seguintes passos:

1º Passo: Foram pesadas e separadas 200,10 gramas de cada material, conforme

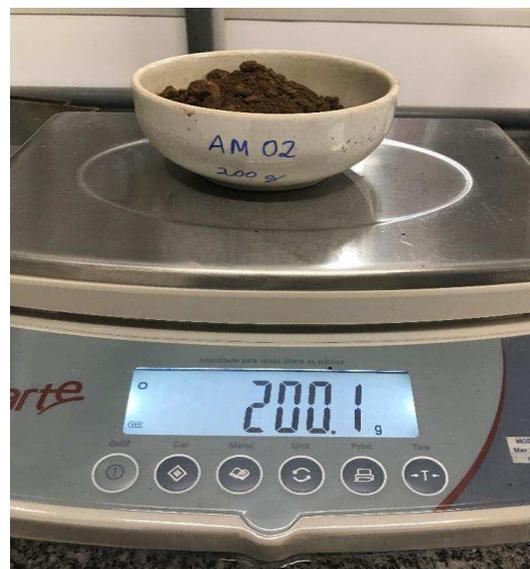
Figuras 11 e 12.

Figura 11 – Pesagem da Amostra 01.



Fonte: A autora.

Figura 12 – Pesagem da Amostra 02



Fonte: A autora.

2º Passo: Colocou-se água até as amostras ficarem submersas. Em seguida foi acrescentado o silicato de sódio para desflocular e deixadas em repouso durante 1 dia as amostras, para desagregar a argila e facilitar nos ensaios, conforme Figuras 13 e 14.

Figura 13 - Amostras submersas em água.



Fonte: A autora.

Figura 14 - Amostras com o Silicato de Sódio, ou floculante.



Fonte: A autora.

3º Passo: No dia seguinte, após a ação do silicato de sódio, percebeu-se que o material estava todo desagregado, ou seja, estava pronto para a continuação do ensaio (Figura

15). Nessa etapa foi feita a lavagem das duas amostras usando uma peneira ABNT 325 de abertura (Figura 16).

Figura 15 - Amostras já desfloculadas ou desagregadas após ação do silicato de sódio.



Fonte: A autora.

Figura 16 - Peneira ABNT 325.



Fonte: A autora.

A lavagem é feita colocando o material na peneira e lavando com água até que a água que escorre pela peneira seja limpa, ou seja, tenha uma coloração mais clara, já que no início do processo ela apresenta uma coloração mais escura por causa do argilomineral que estava saindo, conforme Figuras 17, 18, 19, 20, 21 e 22.

Figura 17 - A lavagem sendo feita. Nota-se o argilomineral escorrendo pela peneira, no fundo da pia.



Fonte: A autora.

Figura 18 - A AM 01 já lavada e pronta. Notou-se a presença de matéria orgânica nessa amostra.



Fonte: A autora.

Figura 19 - Colocação da amostra em um novo recipiente



Fonte: A autora.

Figura 20 - Lavagem da AM 02. Nota-se o argilomineral escorrendo pela peneira, no fundo da pia.



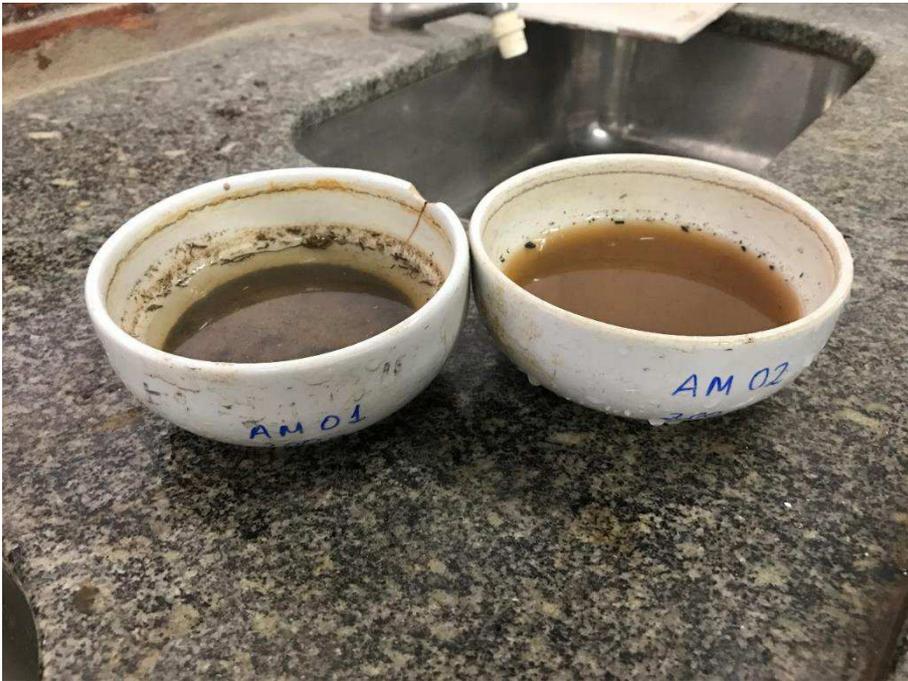
Fonte: A autora.

Figura 21 - Lavagem finalizada. Notou-se a presença de algumas pedras, material mais arenoso.



Fonte: A autora.

Figura 22 - As duas amostras já lavadas.



Fonte: A autora.

4° Passo: As duas amostras foram colocadas na estufa para secar a uma temperatura variando de 70° C a 110° C (Figura 23).

Figura 23 - Amostras após saírem da estufa, já secas.



Fonte: A autora.

5º Passo: Foram pesadas as amostras para saber-se quanto de resíduo cada uma tinha e quanto ficou de material, conforme Figuras 24 e 25.

Figura 24 - Pesagem da AM 01.



Fonte: A autora.

Figura 25 - Pesagem da AM 02.



Ou seja, a AM 01 apresenta 38,4% de resíduo, e AM 02 apresenta 37,4% de resíduo.

## 6.2 Ensaio de Granulometria

Após o ensaio de resíduo, foi feito o ensaio de granulometria, no qual foi realizado conforme os seguintes passos:

1º Passo: Primeiramente foram separadas as peneiras para o ensaio. Foram usadas as peneiras de cima para baixo: 80-120-140-200-325-FUNDO (Figura 26). O material foi colocado nas peneiras e submetido a um vibrador de peneiras durante 2 minutos, seguindo a norma recomenda, conforme Figuras 27 e 28.

Figura 26 - Peneiras 80-120-140-200-325-FUNDO já instaladas no vibrador de peneiras.



Fonte: A autora.

Figura 27 - AM 01 sendo colocada nas peneiras.



Fonte: A autora.

Figura 28 - AM 02 sendo colada nas peneiras.



Fonte: A autora.

2ºPasso: Após a agitação das peneiras por 2 minutos, foi feita a agitação manual de cada peneira para que todo o material pudesse passar por completo, conforme norma (Figura 29). À medida que ia sendo finalizada a agitação manual, o material era transferido da peneira para um copo plástico (Figura 30).

Figura 29 - Agitação manual de peneira por peneira.



Fonte: A autora.

Figura 30 - Colocação do material que restou em cada peneira em um copo plástico para cada uma.



Fonte: A autora.

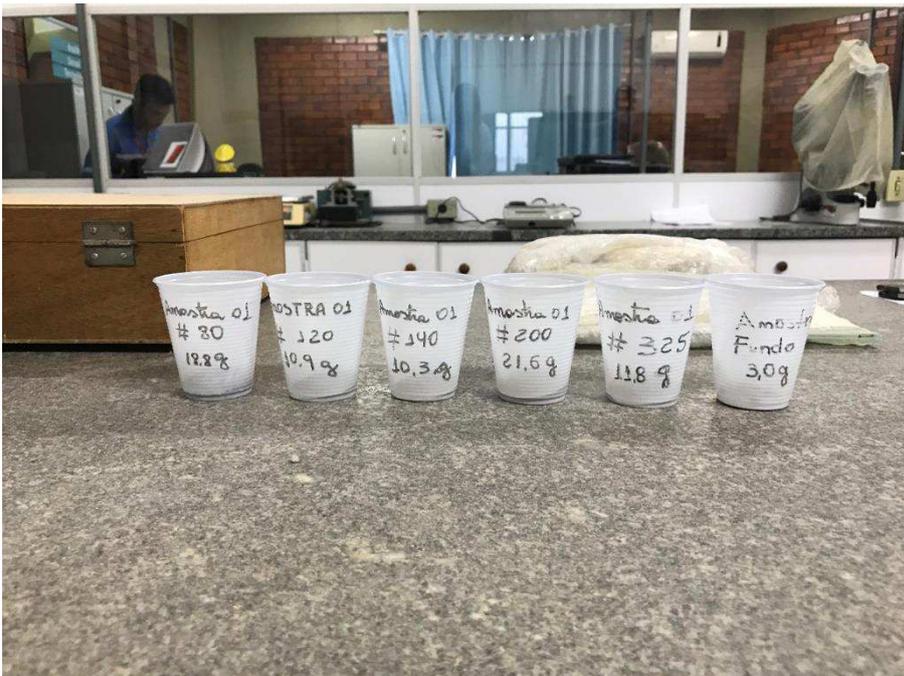
3ºPasso: Após colocar o material de cada peneira em copos plásticos, um para cada amostra, foi feita a pesagem de cada copo com o material para descobrir a sua granulometria, conforme Figuras 31, 32 e 33.

Figura 31 - Pesagem de cada copo com material. O material foi colocado em papel Chamex, pois não foi subtraído o peso do copo.



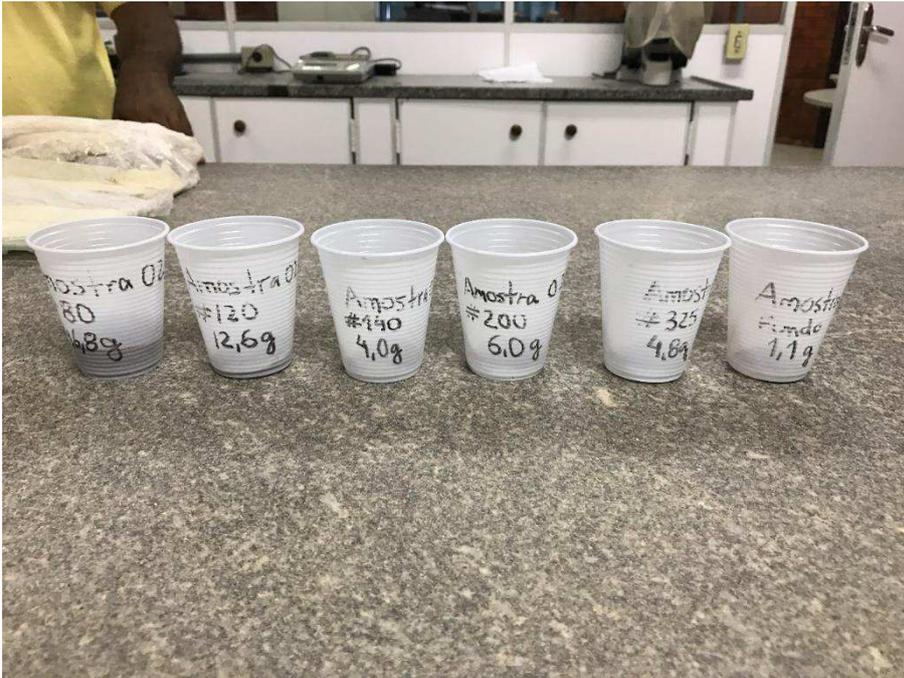
Fonte: A autora.

Figura 32 - Resultado granulométrico da AM 01 com valor retido em cada peneira.



Fonte: A autora.

Figura 33 - Resultado granulométrico da AM 02 com valor retido em cada peneira.



Fonte: A autora.

Após ter finalizado o teste, foi feita a porcentagem passante em cada peneira, conforme Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - AM 01.

Nº da Peneira	Retido (g)	% Retido
80	18,8	9,4
120	10,9	5,45
140	10,3	5,15
200	21,6	10,8
325	11,8	5,9
FUNDO	3,0	1,5

Fonte: A autora.

Tabela 8 - AM 02.

Nº da Peneira	Retido (g)	% Retido
80	46,8	23,4
120	12,6	6,3
140	4,0	2,0
200	6,0	3,0
325	4,8	2,4
FUNDO	1,1	0,55

Fonte: A autora.

Os cálculos das tabelas foram feitos da seguinte forma:

$$\text{AM 01 - P.N}^\circ 80- 18,8 \text{ g} \text{ ----- } \frac{18,8 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 9,4\%$$

$$\text{P.N}^\circ 120- 10,9 \text{ g} \text{ ----- } \frac{10,9 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 5,45\%$$

$$\text{P.N}^\circ 140- 10,3 \text{ g} \text{ ----- } \frac{10,3 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 5,15\%$$

$$\text{P.N}^\circ 200- 21,6 \text{ g} \text{ ----- } \frac{21,6 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 10,8\%$$

$$\text{P.N}^\circ 325- 11,8 \text{ g} \text{ ----- } \frac{11,8 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 5,9\%$$

$$\text{P. FUNDO- } 3,0 \text{ g} \text{ ----- } \frac{3,0 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 1,5\%$$

$$\text{AM 02} - \text{P.N}^\circ 80- 46,8 \text{ g} \text{ ----- } \frac{46,8 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 23,4\%$$

$$\text{P.N}^\circ 120- 12,6 \text{ g} \text{ ----- } \frac{12,6 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 6,3\%$$

$$\text{P.N}^\circ 140- 4,0 \text{ g} \text{ ----- } \frac{4,0 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 2,0\%$$

$$\text{P.N}^\circ 200- 6,0 \text{ g} \text{ ----- } \frac{6,0 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 3,0\%$$

$$\text{P.N}^\circ 325- 4,8 \text{ g} \text{ ----- } \frac{4,8 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 2,4\%$$

$$\text{P. FUNDO- } 1,1 \text{ g} \text{ ----- } \frac{1,1 \text{ g}}{200,0 \text{ g}} \times 100 = 0,55\%$$

## 7 CARACTERIZAÇÃO DOS TIJOLOS PRODUZIDOS

Montagem dos corpos de prova.

De acordo com a NBR 15.270-3/2005, os ensaios para blocos cerâmicos de vedação e estruturais são os indicados nas tabelas abaixo.

Tabela 09 – Determinação das características físicas - Sumário dos métodos de ensaio.

Determinações	N	I	Anexos	Blocos cerâmicos	
				V	E
Massa seca	X		B	•	•
Índice de absorção d' água	X			◊	◊
V - vedação	N - normativo				
E - estrutural	I - informativo				
◊ - Obrigatório para avaliação de conformidade.					
• - Não obrigatório para avaliação de conformidade.					

Fonte: NBR 15.270-3/2005, p. 11.

Tabela 10 – Determinação das características mecânicas – Sumário dos métodos de ensaio.

Determinações	N	I	Anexos	Blocos cerâmicos	
				V	E
Resistência à compressão dos blocos estruturais e de vedação	X		C	◊	◊
Diretrizes para seleção de métodos de ensaios para determinação de características especiais		X	D	•	•
Índice de absorção inicial (AAI)		X	E	•	•
V - vedação	N - normativo				
E - estrutural	I - informativo				
◊ - Obrigatório para avaliação de conformidade.					
• - Não obrigatório para avaliação de conformidade.					

Fonte: NBR 15.270-3/2005, p.12.

### 7.1 Moldagem dos corpos de provas

Na confecção dos corpos de provas, primeiramente foi peneirada a argila na peneira de nº 200 ABNT. Após serem peneiradas as argilas, foi feita uma mistura dos dois tipos de argila para saber o seu desempenho em conjunto. Então o material foi molhado até se

obter uma mistura homogênea, a qual foi colocada em um molde para fazer o corpo de prova, usando um martelo especificado para socar a mistura no molde. A mistura foi feita pesando-se 1kg de cada material e misturando-os, molhando-os em seguida para obter uma mistura homogênea para só então colocá-la no molde, passos mostrados nas figuras abaixo.

1º Passo – As amostras sendo peneiradas com peneira n° 200 ABNT (Figuras 34 e 35).

Figura 34 - AM 01.



Fonte: A autora.

Figura 35 - AM 02.



Fonte: A autora.

2ºPasso - As amostras foram molhadas e feita a mistura até ficar homogênea (Figuras 36 e 37).

Figura 36 – AMO 01.



Fonte: A autora.

Figura 37 – AM 02.



Fonte: A autora.

3º Passo - Colocação da mistura nos moldes compactação com martelo metálico, conforme Figuras 38 e 39.

Figura 38 - AM 01.



Fonte: A autora.

Figura 39 - AM 02.



Fonte: A autora.

4º Passo - Confeção dos moldes manualmente, usando uma espátula para recorte das faces até ficarem com formato retangular, conforme Figura 40.

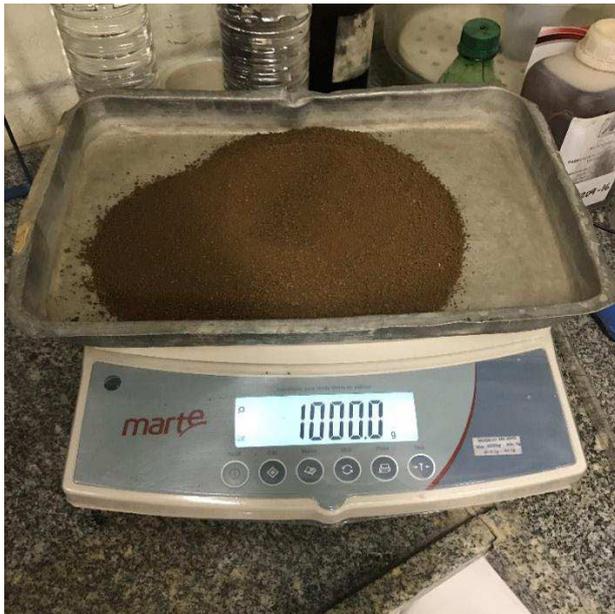
Figura 40 – Molde feito manualmente.



Fonte: A autora.

5º Passo - Mistura das duas argilas, com pesagem de 1000 gramas da AM 02 (Figura 41) acrescentadas 1000 gramas da AM 01 (Figura 42).

Figura 41 – Pesagem de 1000g da AM 02.



Fonte: A autora.

Figura 42 – Acréscimo de 1000g da AM 01.



Fonte: A autora.

6º Passo – Após a pesagem, foram feitas as misturas das amostras (Figura 43), e logo em seguida acrescentadas água (Figura 44) até formar uma mistura homogênea (Figura 45).

Figura 43 - Mistura das duas amostras.



Fonte: A autora.

Figura 44 - Colocação de água para fazer a mistura homogênea.



Fonte: A autora.

Figura 45 - Mistura finalizada e demonstração do aspecto do material, facilmente moldável.



Fonte: A autora.

7º Passo – Foi feita a “socagem” da mistura homogênea em um molde de corpo de prova de 45 mm de diâmetro por 100mm de altura, usando um martelo metálico (Figura 46).

Figura 46 - Colocação da mistura no molde do corpo de prova e “socagem” do material com martelo metálico.



Fonte: A autora.

8º Passo – Para cada molde feito manualmente foi marcado 50mm no paquímetro para que, quando ocorresse a secagem e queima do molde, fosse verificado se houve retração e de quanto foi essa retração (Figura 47).

Figura 47 – Marcação de 50mm nos moldes manuais com o paquímetro.



Fonte: A autora.

9º Passo - Finalizados os corpos de provas e os moldes manuais, os mesmos foram então colocados para secar (Figuras 48 e 49).

Figura 48 - Corpos de provas finalizados.



Fonte: A autora.

Figura 49 - Moldes manuais finalizados.



Fonte: A autora.

## 7.2 Ensaio de retração

Após a secagem dos moldes manuais, que foram levados à estufa para acelerar o processo de secagem, verificou-se uma retração dos mesmos. Através das marcações de 50mm que foram feitas nos moldes (Figura 50), verificou-se após a secagem a retração dos mesmos (Figura 51), como mostra a Tabela 11.

- Antes da secagem:

Figura 50 – Marcação com paquímetro de 50mm antes da secagem.



Fonte: A autora.

- Depois da secagem:

Figura 51 – Medição com paquímetro da retração ocorrida nos moldes manuais.



Fonte: A autora.

Tabela 11 – Medição com paquímetro dos moldes manuais antes e após a secagem.

AMOSTRAS	RETRAÇÃO	
	Antes da secagem (mm)	Após a secagem (mm)
AM 01	50	45,05
AM 01	50	45,05
AM 01	50	45,09
AM 02	50	46,91
AM 02	50	46,98
AM 02	50	46,97
MISTURA	50	46,96
MISTURA	50	46,28
MISTURA	50	45,92

Fonte: A autora.

Com esses dados (Tabela 13), foram feitas as porcentagens de retração de cada molde, como veremos a seguir.

$\% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{L_o - L_f}{L_o} \times 100$ , onde  $L_o$  = comprimento inicial, e  $L_f$  = comprimento final

$$\text{AM 01- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 45,05}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 9,90 \%$$

$$\text{AM 01- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 45,05}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 9,90 \%$$

$$\text{AM 01- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 45,09}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 9,82 \%$$

$$\text{AM 02- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 46,91}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 6,18 \%$$

$$\text{AM 02- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 46,98}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 6,04 \%$$

$$\text{AM 02- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 46,97}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 6,06 \%$$

$$\text{MISTURA- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 46,96}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 6,08 \%$$

$$\text{MISTURA- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 46,28}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 7,44 \%$$

$$\text{MISTURA- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{50 - 45,92}{50} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 8,16 \%$$

A partir desses resultados verificamos que após a secagem ocorreu uma retração nas amostras. Observou-se uma maior retração na amostra 01, de argila preta, com 9,90 % de retração, indicando que esse material possui maior quantidade de argilomineral na sua composição, o que se justifica pelo fato de a amostra 01 ser de riacho, possuindo, portanto, maior quantidade de matéria orgânica e argilomineral. A amostra 02, de região de morro, possui menos argilomineral e maior quantidade de pedras pequenas e areia.

Após a queima, foi feita a medição com paquímetro nas marcações dos moldes (Figura 52). Foram encontrados outros valores de retração como mostra a Tabela 12.

Figura 52 – Medição da marcação com paquímetro após a queima.



Fonte: A autora.

Tabela 12 – Medição com paquímetro dos moldes antes e depois da queima.

AMOSTRAS	RETRAÇÃO	
	Antes da queima	Depois da queima
AM 01	45,05	46,88
AM 01	45,05	47,53
AM 01	45,09	47,22
AM 02	46,91	46,18
AM 02	46,98	45,25
AM 02	46,97	46,04
MISTURA	46,96	46,86
MISTURA	46,28	41,12
MISTURA	45,92	46,23

Fonte: A autora.

Com os dados da Tabela 12, foram calculadas as porcentagens de retração dos moldes, como mostrado a seguir.

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{L_o - L_f}{L_o} \times 100, \text{ onde } L_o = \text{ comprimento inicial, e } L_f =$$

comprimento final

$$\text{AM 01- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{45,05 - 46,88}{45,05} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = -4,06 \%$$

$$\text{AM 01- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{45,05 - 47,53}{45,05} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = -5,50 \%$$

$$\text{AM 01- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{45,09 - 47,22}{45,09} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = -4,72 \%$$

$$\text{AM 02- } \% \text{ RETRAÇÃO} = \frac{46,91 - 46,18}{46,91} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 1,55 \%$$

$$\text{AM 02- \% RETRAÇÃO} = \frac{46,98-45,25}{46,98} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 3,68 \%$$

$$\text{AM 02- \% RETRAÇÃO} = \frac{46,97-46,04}{46,97} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 1,98 \%$$

$$\text{MISTURA- \% RETRAÇÃO} = \frac{46,96-46,86}{46,96} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 0,21 \%$$

$$\text{MISTURA- \% RETRAÇÃO} = \frac{46,28-41,12}{46,28} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = 11,14 \%$$

$$\text{MISTURA- \% RETRAÇÃO} = \frac{45,92-46,23}{45,92} \times 100$$

$$\% \text{ RETRAÇÃO} = -0,67 \%$$

Analisando os dados da retração após a queima, observou-se que alguns moldes ao invés de se retraírem com a queima, se expandiram, como verificamos no cálculo de porcentagem de retração nos valores negativos, o que significa que os moldes se expandiram. Contudo, verificamos que o molde que sofreu maior retração foi o molde 2 da mistura, com 11,14 % de retração.

### 7.3 Ensaio de absorção

De acordo a NBR NM 0030/2001, o ensaio de absorção deve ser feito inicialmente pesando-se o corpo de prova já seco em estufa, e depois colocando-o submerso em tanque com água durante 24 horas. Passadas as 24 horas, são retirados os corpos de prova e feita novamente a pesagem dos mesmos (Figuras 53, 54 e 55). Depois é feito o cálculo da absorção. Como segue abaixo.

Figura 53 – Pesagem das Amostras 01.



Fonte: A autora.

Figura 54 – Pesagem das Amostras 02.



Fonte: A autora.

Figura 55 – Pesagem das Amostras da mistura.



Fonte: A autora.

Após a pesagem, os moldes foram colocados em um tanque de imersão onde ficaram por 24 horas, conforme Figuras 56 e 57.

Figura 56 - Moldes no tanque de imersão.



Fonte: A autora.

Figura 57 - Tanque de imersão utilizado.



Fonte: A autora.

Tendo os valores da massa seca e úmida dos moldes, foi feita a Tabela 13.

Tabela 13 – Valores da massa seca e úmida dos moldes manuais.

AMOSTRAS	ABSORÇÃO	
	MASSA SECA (g)	MASSA ÚMIDA (g)
AM 01	69,4	67,1
AM 01	65,5	69,7
AM 01	54,9	77,6
AM 02	55,9	64,9
AM 02	57,9	67,7
AM 02	64,3	71,0
MISTURA	56,0	82,8
MISTURA	58,4	78,4
MISTURA	61,3	65,3

Fonte: A autora.

Com esses dados, foi feita a porcentagem de absorção dos moldes manuais.

$$\% \text{ de absorção} = \frac{M_{úmida} - M_{seca}}{M_{seca}} \times 100$$

$$\text{AM 01: } \% \text{ de absorção} = \frac{67,1 - 69,4}{69,4} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 2,88$$

$$\text{AM 01: } \% \text{ de absorção} = \frac{69,7 - 65,5}{65,5} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 6,41$$

$$\text{AM 01: } \% \text{ de absorção} = \frac{77,6 - 54,9}{54,9} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 41,34$$

$$\text{AM 02: } \% \text{ de absorção} = \frac{64,9 - 55,9}{55,9} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 16,10$$

$$\text{AM 02: } \% \text{ de absorção} = \frac{67,7 - 57,9}{57,9} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 16,92$$

$$\text{AM 02: } \% \text{ de absorção} = \frac{71,0 - 64,3}{64,3} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 10,42$$

$$\text{MISTURA: } \% \text{ de absorção} = \frac{82,8 - 56,0}{56,0} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 47,85$$

$$\text{MISTURA: } \% \text{ de absorção} = \frac{78,4 - 58,4}{58,4} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 34,24$$

$$\text{MISTURA: } \% \text{ de absorção} = \frac{65,3 - 61,3}{61,3} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 6,85$$

Segundo a NBR 15.270-1/2005 de blocos cerâmicos, o índice de absorção de água não pode ser inferior a 8%, nem superior a 22 %. A partir disso, verifica-se que a amostra 02 se mantém nesse intervalo. A amostra 01 e a mistura possuem valores acima de 22 % e abaixo de 8 %. Mas isso é justificável, pois segundo a NBR NM 30, os moldes têm que ser em tronco cônico e ter as seguintes dimensões: “40 ± 3mm de diâmetro superior, 90 ± 3mm de diâmetro inferior e 75 ± 3mm de altura e com espessura mínima de 1mm” (NBR NM 30, página 2, item 5.2).

- Absorção dos corpos de prova

Os mesmos procedimentos feitos para os moldes manuais foram feitos para os corpos de prova, que tiveram os resultados mostrados na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores da massa seca e úmida dos corpos de prova.

AMOSTRAS	ABSORÇÃO	
	MASSA SECA (g)	MASSA ÚMIDA (g)
AM 01	232,0	270,0
AM 01	234,5	283,5
AM 02	248,1	286,1
AM 02	245,9	283,9
MISTURA	250,6	299,5
MISTURA	251,6	299,5

Fonte: A autora.

Tendo esses dados (Tabela 14), foram feitas as porcentagens de absorção dos corpos de provas.

$$\% \text{ de absorção} = \frac{M_{úmida} - M_{seca}}{M_{seca}} \times 100$$

$$\text{AM 01: } \% \text{ de absorção} = \frac{270,0 - 232,0}{232,0} \times 100$$

$$\% \text{ de absorção} = 16,37\%$$

$$\text{AM 01: \% de absor\c{c}\~{a}o} = \frac{283,5 - 234,5}{234,5} \times 100$$

$$\% \text{ de absor\c{c}\~{a}o} = 20,89\%$$

$$\text{AM 02: \% de absor\c{c}\~{a}o} = \frac{286,1 - 248,1}{248,1} \times 100$$

$$\% \text{ de absor\c{c}\~{a}o} = 15,31\%$$

$$\text{AM 02: \% de absor\c{c}\~{a}o} = \frac{283,9 - 245,9}{245,9} \times 100$$

$$\% \text{ de absor\c{c}\~{a}o} = 15,45\%$$

$$\text{MISTURA: \% de absor\c{c}\~{a}o} = \frac{299,5 - 250,6}{250,6} \times 100$$

$$\% \text{ de absor\c{c}\~{a}o} = 19,51\%$$

$$\text{MISTURA: \% de absor\c{c}\~{a}o} = \frac{299,5 - 251,6}{251,6} \times 100$$

$$\% \text{ de absor\c{c}\~{a}o} = 19,04\%$$

Já na absorção feita nos corpos de prova, todas as amostras (AM 01, AM 02 e MISTURA) possuem valores de absorção em porcentagem entre 8% e 22%. Verificamos, portanto, que, pela análise de absorção dos corpos de prova, todas as amostras são aceitas pela NBR 15.270-1/2005.

#### 7.4 Ensaio de resistência

Os corpos de provas ficaram 24 horas no processo de secagem e depois foi feita a queima dos mesmos, como mostra a Figura 58.

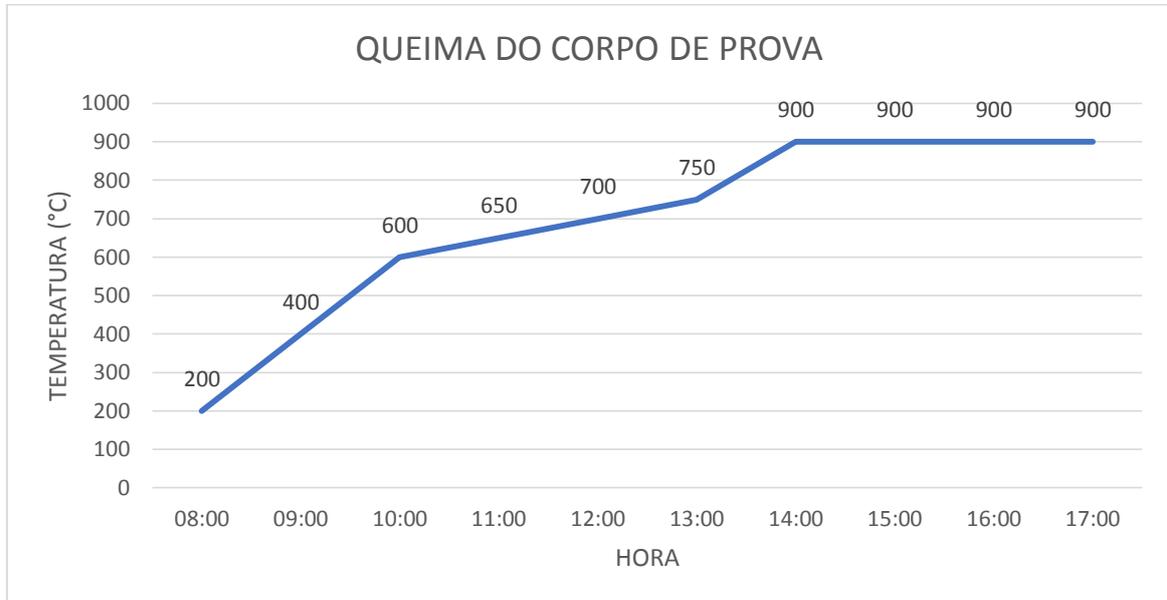
Figura 58 - Blocos após o processo de secagem, AM 01, Mistura e AM 02, respectivamente.



Fonte: A autora.

Em seguida os blocos foram colocados para serem queimados em um forno, seguindo a ordem de queima e horário demonstrada no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Faixa de temperatura e tempo de queima dos corpos de provas.



Fonte: A autora.

Na queima ocorrem várias transformações, desde a mudança da cor, que ocorre no patamar de 900°C, até a transformação do quartzo  $\alpha$  por  $\beta$ , ou seja, acontece a expansão do bloco na faixa de temperatura de 600°C a 700°C. O processo de resfriamento deve ocorrer de modo controlado, para que não ocorra fissuras nos blocos, ou seja, ao queimar, o bloco deve permanecer no forno, e deve ser feita a diminuição da temperatura de forma decrescente de 100°C em 100°C.

Figura 59 - Forno usado para o processo de queima.



Fonte: A autora.

Após a queima durante 10 horas, o corpo de prova é deixado esfriando por 5 horas (Figura58).

Figura 60 - Corpos de prova no processo de resfriamento.



Fonte: A autora.

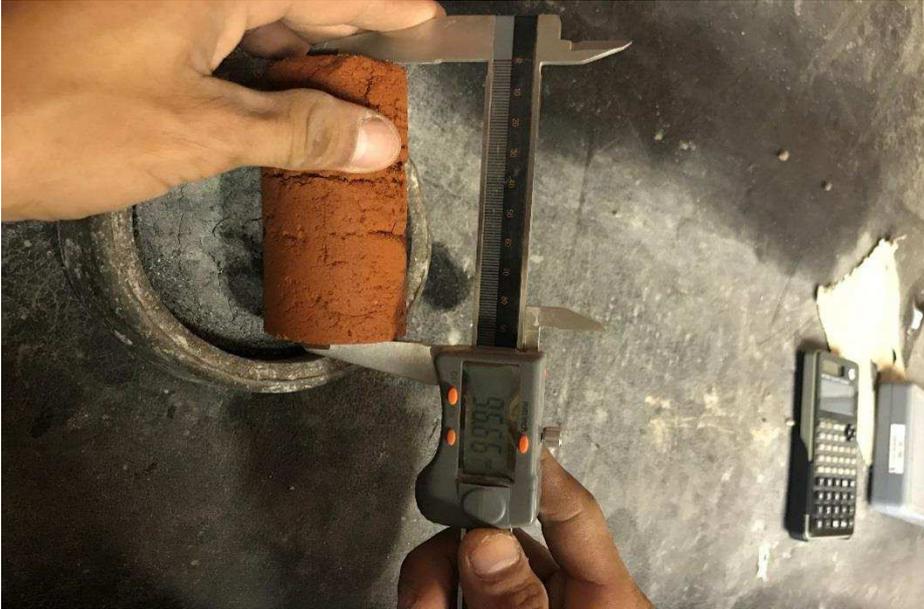
Para todos os corpos de provas foram tomadas as medidas de diâmetros e altura do bloco, conforme Figuras 61 e 62.

Figura 61 - Medição do diâmetro do corpo de prova.



Fonte: A autora.

Figura 62 - Medição da altura do corpo de prova.



Fonte: A autora.

Feitas as medidas de cada corpo de prova, foi realizada a compactação dos corpos, ou seja, a medição da resistência, com auxílio da máquina universal de ensaios de 100 toneladas, da fabricante EMIC. Quando o corpo de prova atinge o limite de resistência, a máquina marca o valor da carga de ruptura, conforme Figuras 63 e 64.

Figura 63 - Compressão dos corpos de provas.



Fonte: A autora.

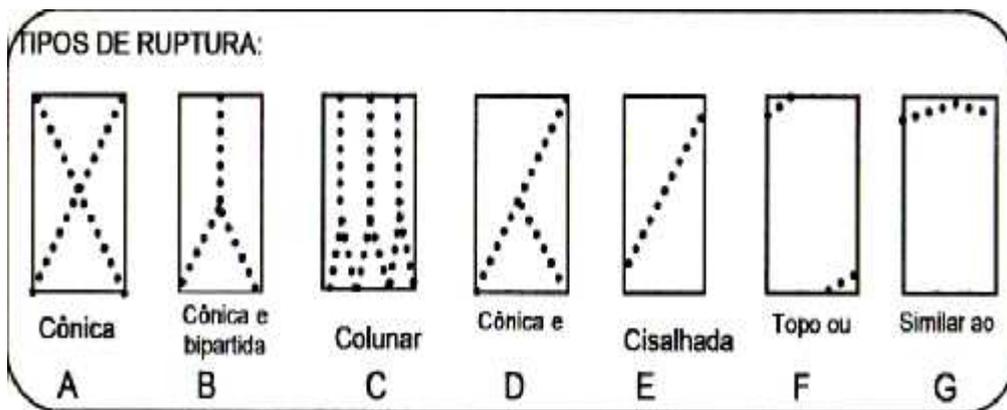
Figura 64 - Resistência do corpo de prova dada pela Máquina Universal de Ensaio MUE 100.



Fonte: A autora.

A partir dessas medições, foi feita a Tabela 1, contendo os dados das medições de diâmetros e alturas dos corpos de provas. A carga de ruptura ( $T_f$ ) dada pela máquina Universal de Ensaio MEU 100. Após cada rompimento dos corpos de provas, pode-se ver o tipo de ruptura (Figura 65), indicado na Tabela 15.

Figura 65 – Tipos de rupturas de corpo de prova.



Fonte: A autora.

Tabela 15 – Ensaio de compressão de corpo de prova cilíndrico.

AMOSTRA	CP N°	DIÂMETRO 1 (mm)	DIÂMETRO 2 (mm)	ALTURA (mm)	CARGA RUPTURA (Tf)	TENSÃO RUPTURA (MPa)	TENSÃO DO EXEMPLAR (MPa)	TIPO DE RUPTURA
AP (AMO 01)	1	44,60	43,31	94,85	0,52	3,4	3,4	C
	2	43,49	43,99	96,92	0,40	2,6		C
AV (AMO 02)	1	44,54	45,07	97,73	0,20	1,2	4,9	E
	2	45,49	44,63	96,78	0,80	4,9		E
MISTUR A	1	44,97	44,02	96,66	0,70	4,4	4,4	E
	2	44,90	45,01	96,48	0,56	3,5		E

Fonte: A autora.

Os diâmetros 1 e 2 de cada corpo de prova foram feitos usando o paquímetro, como já mostrado, assim como a altura.

A carga de ruptura (Tf) é calculada pelo próprio equipamento, que após cada compactação fornece um valor da carga de ruptura, como visto anteriormente neste trabalho.

A tensão de ruptura (MPa) é calculada da seguinte forma:

$$Dm = \frac{D1 + D2}{2}$$

Onde, D1 é o primeiro diâmetro do corpo de prova, e D2 é o segundo. Dm é o diâmetro médio.

$$\text{Área} = \frac{Dm^2 \times \pi}{4}$$

$$F = \frac{Tf \times 1000}{\text{Área}} \times g$$

Onde, F é a tensão de ruptura (MPa), Tf é a carga de ruptura (Tf), e g é a gravidade.

A partir disso, foram feitos os cálculos para cada corpo de prova.

Corpo de prova 1 – AP

$$Dm = \frac{44,60 + 43,31}{2}$$

$$Dm = 43,95$$

$$\text{Área} = \frac{(43,95)^2 \times \pi}{4}$$

$$\text{Área} = 1517,077$$

$$F = \frac{0,52 \times 1000}{1517,077} \times 9,81$$

$$F = 3,36$$

$$F = 3,4 \text{ MPa}$$

Corpo de prova 2 – AP

$$Dm = \frac{43,49 + 43,99}{2}$$

$$Dm = 43,74$$

$$\text{Área} = \frac{(43,74)^2 \times \pi}{4}$$

$$\text{Área} = 1502,61$$

$$F = \frac{0,40 \times 1000}{1502,61} \times 9,81$$

$$F = 2,61$$

$$F = 2,6 \text{ MPa}$$

Corpo de prova 1 – AV

$$Dm = \frac{44,54 + 45,07}{2}$$

$$Dm = 44,80$$

$$\text{Área} = \frac{(44,80)^2 \times \pi}{4}$$

$$\text{Área} = 1576,32$$

$$F = \frac{0,20 \times 1000}{1576,32} \times 9,81$$

$$F = 1,24$$

$$F = 1,2 \text{ MPa}$$

Corpo de prova 2 – AV

$$Dm = \frac{45,49 + 44,63}{2}$$

$$Dm = 45,06$$

$$\text{Área} = \frac{(45,06)^2 \times \pi}{4}$$

$$\text{Área} = 1594,67$$

$$F = \frac{0,80 \times 1000}{1594,67} \times 9,81$$

$$F = 4,92$$

$$F = 4,9 \text{ MPa}$$

Corpo de prova 1 – MISTURA

$$Dm = \frac{44,97 + 44,02}{2}$$

$$Dm = 44,49$$

$$\text{Área} = \frac{(44,49)^2 \times \pi}{4}$$

$$\text{Área} = 1554,58$$

$$F = \frac{0,70 \times 1000}{1554,58} \times 9,81$$

$$F = 4,41$$

$$F = 4,4 \text{ MPa}$$

Corpo de prova 1 – VERMELHA

$$Dm = \frac{44,90 + 45,01}{2}$$

$$Dm = 44,95$$

$$\text{Área} = \frac{(44,95)^2 \times \pi}{4}$$

$$\text{Área} = 1586,89$$

$$F = \frac{0,56 \times 1000}{1586,89} \times 9,81$$

$$F = 3,46$$

$$F = 3,5 \text{ MPa}$$

Segundo a NBR 7170/1983, os tijolos maciços cerâmicos para alvenaria devem ter as seguintes dimensões nominais, conforme Tabela 16.

Tabela 16 – Dimensões nominais dos tijolos maciços cerâmicos para alvenaria (NBR 7170).

<b>Comprimento</b>	<b>Largura</b>	<b>Altura</b>
<b>190</b>	90	57
<b>190</b>	90	90

Fonte: A autora.

Segundo a NBR 7170/1983, as resistências às compressões mínimas de tijolos devem ser verificadas conforme a NBR 6460, atendendo aos valores indicados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resistência mínima à compressão em relação à categoria (NBR 7170).

<b>Categoria</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
<b>A</b>	1,5
<b>B</b>	2,5
<b>C</b>	4,0

Fonte: A autora.

As categorias indicadas na Tabela 19 representam: A – Bloco para vedação; B - Bloco para vedação; e C- Bloco de função estrutural.

Segundo a NBR 7170/1983, todos os blocos atendem aos requisitos de resistência, já que, se considerarmos o bloco como sendo usado para vedação, a resistência mínima é 1,5 MPa, para ser usado como estrutural, a resistência mínima é de 4,0 MPa. Com isso, as Amostras ficam classificadas de acordo com a Tabela 18, considerando as tensões de rupturas exemplares (MPa), ou seja, as maiores resistências à compressão.

Tabela 18 – Classificação das amostras quanto à resistência à compressão.

<b>AMOSTRA</b>	<b>CATEGORIA</b>	<b>Resistência à compressão (MPa)</b>
<b>AM 01</b>	B	3,4
<b>AM 02</b>	C	4,9
<b>MISTURA</b>	C	4,4

Fonte: A autora.

### 7.5 Peso do BRT e tijolo cerâmico

Foi feita a pesagem do tijolo cerâmico (Figura 66) e do BRT (Figura 67) para mostrar que a diferença de peso não é tão grande.

Figura 66 – Pesagem do tijolo cerâmico.



Fonte: A autora.

Figura 67 – Pesagem do BRT.



Fonte: A autora.

Foi feito um comparativo do peso (Tabela 19).

Tabela 19 – Comparativo de peso de BRT e tijolo cerâmico.

	<b>PESO (g)</b>
<b>BRT</b>	2318,3
<b>TIJOLO CERÂMICO</b>	1839,1

Fonte: A autora.

Concluiu-se que o BRT é 26,05% mais pesado que o tijolo cerâmico.

## 8 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

A análise de desempenho estrutural para edificações habitacionais segue uma norma que demonstra todos os ensaios necessários para que se possa ter uma edificação com bom desempenho, a NBR 15.575, que é a norma de desempenho de edificações habitacionais para a avaliação estrutural usada como padrão para as construções. A abrangência dessa norma é para qualquer tipo de tecnologia, trazendo, entretanto, ressalvas quanto a edificações de mais de 5 (cinco) pavimentos.

De acordo com a NBR 15.575-1, página 7, item 7.1, os requisitos gerais para edificação habitacional são:

- a. não ruir ou perder a estabilidade de nenhuma de suas partes;
- b. prover segurança aos usuários sob ação de impactos, choques, vibrações e outras solicitações decorrentes da utilização normal da edificação, previsíveis na época do projeto;
- c. não provocar sensação de insegurança aos usuários pelas deformações de quaisquer elementos da edificação, admitindo-se tal exigência atendida caso as deformações se mantenham dentro dos limites desta norma;
- d. não repercutir em estados inaceitáveis de fissuração de vedação e acabamentos;
- e. não prejudicar a manobra normal de partes móveis, como portas e janelas, nem repercutir no funcionamento normal das instalações em face das deformações dos elementos estruturais;
- f. cumprir as disposições das ABNT NBR 5629, ABNT NBR 11682 e ABNT NBR 6122, relativamente às interações com o solo e com o entorno da edificação.

A partir disso, para o estudo de caso, foram iniciados os ensaios em uma casa feita desde a fundação com BRT.

### 8.1 Ensaio de resistência

O BRT utilizado no estudo de caso é da região da Amostra 02, ou seja, do Povoado Carrapato, em Pastos Bons-MA. Esse bloco padrão, feito em olaria, foi ensaiado em laboratório seguindo a ABNT NBR 15270-3. Primeiramente foram tomadas as medidas das larguras (L), dos comprimentos (C) e das alturas (H). Para regularizar as faces do bloco foram feitas pastas de cimento de traço 1:2, com espessura de 3 mm, que foram colocadas nas duas faces dos blocos (Figura 68).

Figura 68 – Blocos capeados para a compressão axial.



Fonte: A autora.

Finalizado o capeamento, com endurecimento da pasta de cimento, os blocos foram colocados submersos em um tanque com água durante 24 horas, após as quais foi feita a compressão dos blocos (Figura 69).

Figura 69 – Compressão axial dos blocos.



Fonte: A autora.

Com as medidas iniciais das dimensões dos blocos e resultados das compressões, foi feita a Tabela 20.

Tabela 20 – Memória de cálculo de resistência mecânica do BRT.

Nº CP	LARGURA L			COMPRIMENTO (C)			Área (cm²)	FORÇA (Kgf)	TENSÃO O (MPa)
	A (mm)	B (mm)	Média (mm)	C (mm)	D (mm)	Média (mm)			
1	136,68	138,26	137,47	216,32	212,52	214,42	294,76	18360,0	<b>6,10</b>
2	133,24	136,99	135,11	223,84	223,38	223,61	302,12	17160,0	<b>5,57</b>

Fonte: A autora.

Com os dados da Tabela 20, foram feitos os cálculos da força em MPa. Primeiramente foi feita a média das larguras e comprimentos de cada bloco e calculada a área média, após o que se realizou o cálculo da resistência em MPa, como visto a seguir.

Bloco 1:

$$\text{Largura Média} = \frac{A+B}{2}$$

$$\text{Comprimento Médio} = \frac{C+D}{2}$$

$$\text{Área média} = \frac{L_{\text{médio}} + C_{\text{médio}}}{100}$$

TENSÃO (MPa) =  $\frac{F \text{ (Kgf)} \times g}{\text{Area Média}}$ , onde F (Kgf) é a força suportada pelo bloco medido com máquina universal de ensaios MUE 100; e g é a gravidade.

$$\text{TENSÃO (MPa)} = \frac{F \text{ (Kgf)} \times g}{\text{Area Média}}$$

Conforme a ABNT NBR 15270-1/2005, para este ensaio a resistência mínima é de 1,5 MPa para bloco de vedação, e mínimo de 3,0 MPa para bloco estrutural. Fazendo uma análise, verificou-se que o BRT pode ser usado tanto como bloco de vedação, como estrutural, já que apresentou resistência maior que 3,0 MPa.

Para efeito de comparação com o tijolo cerâmico, foi feito para este ensaio o comparativo entre BRT e tijolo cerâmico de 6 furos, a partir do qual foi feita a Tabela 21.

Tabela 21 – Memória de cálculo de resistência mecânica do tijolo cerâmico de 6 furos.

Nº CP	LARGURA L			COMPRIMENTO (C)			Área (cm²)	FORÇA (Kgf)	TENSÃO O (MPa)
	A (mm)	B (mm)	Média (mm)	C (mm)	D (mm)	Média (mm)			
1	95,5	94,2	94,9	185,8	186,9	186,4	176,8	3780,0	2,10
2	94,7	94,8	94,8	187,7	185,8	186,8	176,9	1980,0	1,1

Fonte: A autora.

A partir dos dados apresentados, conclui-se que o BRT apresenta quase 3 vezes melhor desempenho em relação à resistência à compressão que o do tijolo cerâmico.

## 8.2 Ensaio de desempenho acústico

O teste de desempenho acústico foi feito usando o decibelímetro, aparelho fornecido pela Universidade Estadual do Maranhão, através do laboratório de Segurança do trabalho. Com o aparelho foi feita medição em duas casas, uma sendo construída de BRT e outra de tijolo cerâmico de 6 furos. Primeiramente foi feito o teste usando uma música constante e depois uma música oscilante, e chegou-se aos resultados mostrado nos gráficos a seguir.

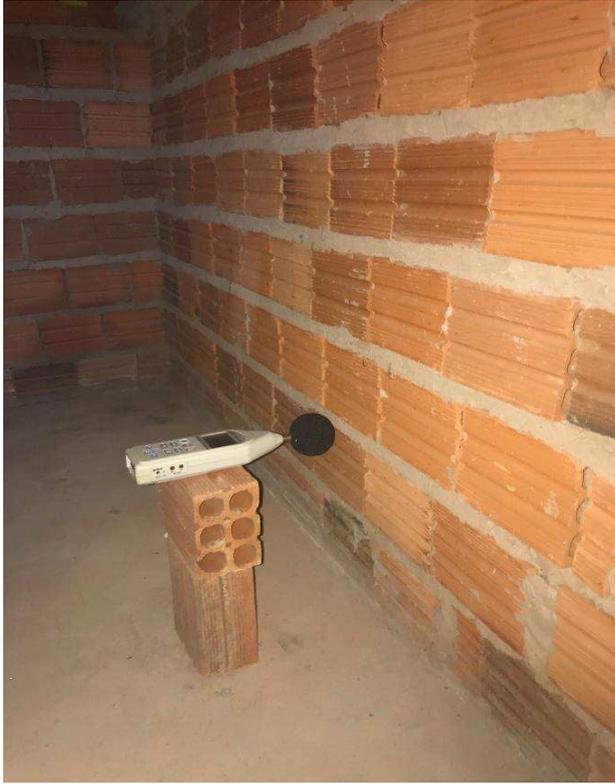
O primeiro teste foi feito na casa de tijolo cerâmico de 6 furos, onde primeiramente colocou-se uma música constante. As medidas foram feitas fora e em seguida dentro da casa. O segundo teste foi feito com música oscilante. O mesmo foi feito para a casa de BRT, conforme figuras abaixo:

Figura 70 - Medição da música fora da casa.



Fonte: A autora.

Figura 71 - Medição dentro da casa.



Fonte: A autora.

Figura 72 - Medição fora da casa de BRT.



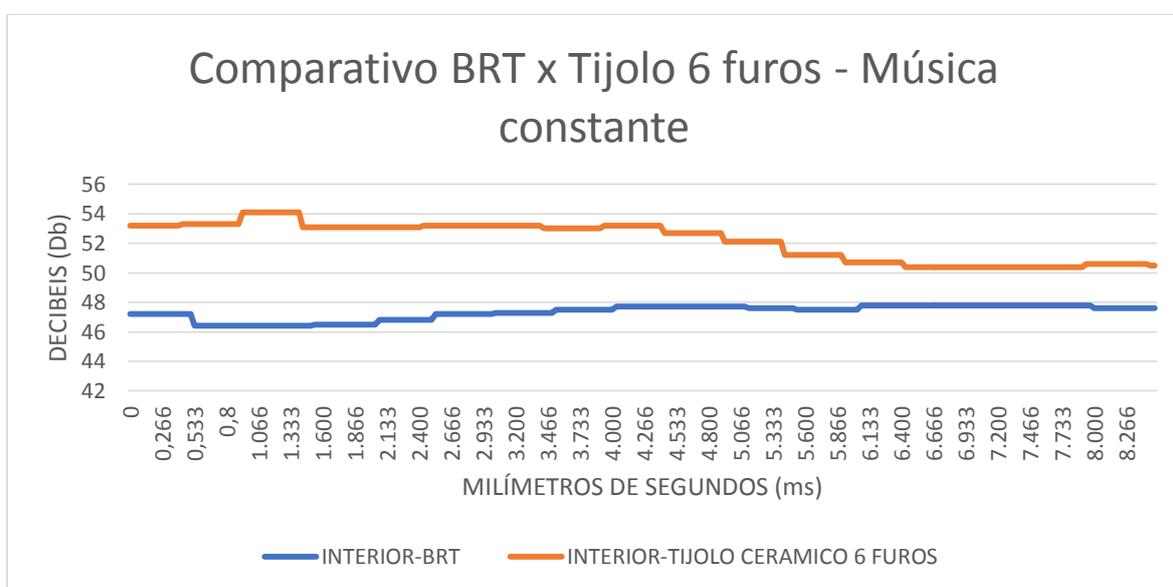
Fonte: A autora.

Figura 73 – Medição dentro da casa de BRT.



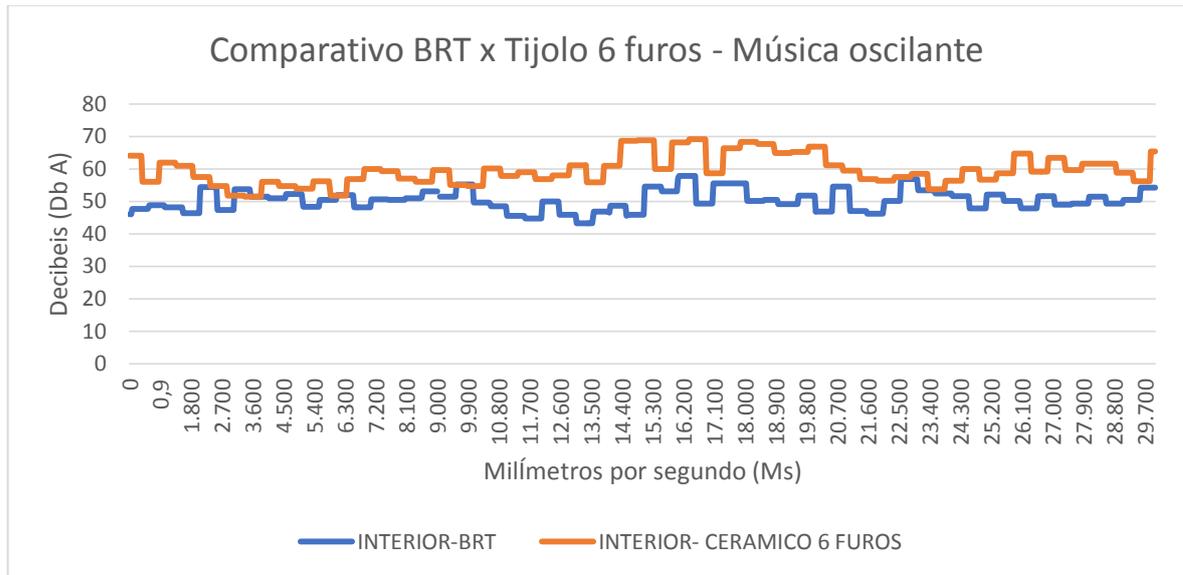
Fonte: A autora.

Gráfico 2 – Comparativo BRT e tijolo cerâmico em dB (A) com música constante.



Fonte: A autora.

Gráfico 3 – Comparativo BRT e tijolo cerâmico em dB (A) com música oscilante.



Fonte: A autora.

Tabela 22 – Valores médios das duas casas em dB (A).

	VALORES MÉDIOS dB (A)	
	BRT	Tijolo cerâmico 6 furos
<b>Música constante</b>	47,28	52,20
<b>Música oscilante</b>	50,32	59,63

Fonte: A autora

De acordo com a NBR 10151/2000, os valores bases em dB (A) são indicados na Tabela 23.

Tabela 23 - Nível de critério de avaliação NCA para ambientes externos, em dB (A).

Tipos de áreas	Diurno	Noturno
<b>Áreas de sítios e fazendas</b>	40	35
<b>Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas</b>	50	45
<b>Área mista, predominantemente residencial</b>	55	50
<b>Área mista, com vocação comercial e administrativa</b>	60	55
<b>Área mista, com vocação recreacional</b>	65	55
<b>Área predominantemente industrial</b>	70	60

Fonte: A autora.

O ensaio foi feito em horário diurno. ANBR 10151/2000, adota para áreas mistas, predominantemente residencial, o valor de 55 dB (A). Logo, de acordo com a NBR, a casa de BRT atende à norma, pois o dB (A) medido na casa tendo música constante foi de 47,28 dB, e com música oscilante foi de 50,26 dB (tabela 20). A casa de tijolo cerâmico de 6 furos não teve valor favorável, segundo a norma, já que com a música oscilante teve 59,63 dB (A), superior a 55 dB (A).

Verificou-se que a casa construída com BRT absorve melhor as ondas sonoras, fazendo com que tenha um maior conforto acústico no seu interior.

### 8.3 Ensaio de desempenho térmico

Esse ensaio foi feito com a ajuda de um termômetro de ambiente (Figura 74), com o qual foram coletadas, num mesmo dia, quatro temperaturas, em 4horários distintos: às 08:00 horas, às 13:00 horas, às 17:00 horas e às 22:00 horas. Esse processo foi feito para a casa de BRT e tijolo cerâmico de 6 furos, além da medição da temperatura fora das casas (Gráfico 4).

Figura 74 – Medição da temperatura com termômetro de ambiente.



Fonte: A autora.

Na casa de BRT, obteve-se os dados vistos na Tabela 24, os quais mostram a alternância de temperaturas ao longo do dia. A Tabela 25 mostra a alternância de umidade.

Tabela 24 – Temperaturas medidas em diferentes horários ao longo do dia.

HORÁRIO (HORAS)	TEMPERATURA ° C
08:00	24,5
13:00	28,8
17:00	29,4
22:00	26,9

Fonte: A autora.

Tabela 25 – Umidade medida em diferentes horários ao longo do dia.

HORÁRIO (HORAS)	UMIDADE (%)
08:00	72
13:00	66
17:00	63
22:00	70

Fonte: A autora.

Na casa de tijolo cerâmico de 6 furos, obteve-se os dados vistos na Tabela 26, mostrando a alternância de temperaturas ao longo do dia. A Tabela 27 mostra a alternância de umidade.

Tabela 26 – Temperaturas medidas em diferentes horários ao longo do dia.

<b>HORÁRIO (HORAS)</b>	<b>TEMPERATURA ° C</b>
<b>08:00</b>	25,5
<b>13:00</b>	31,5
<b>17:00</b>	32,3
<b>22:00</b>	25,0

Fonte: A autora.

UMIDADE:

Tabela 27 – Umidade medida em diferentes horários ao longo do dia.

<b>HORÁRIO (HORAS)</b>	<b>UMIDADE (%)</b>
<b>08:00</b>	63
<b>13:00</b>	55
<b>17:00</b>	49
<b>22:00</b>	59

Fonte: A autora.

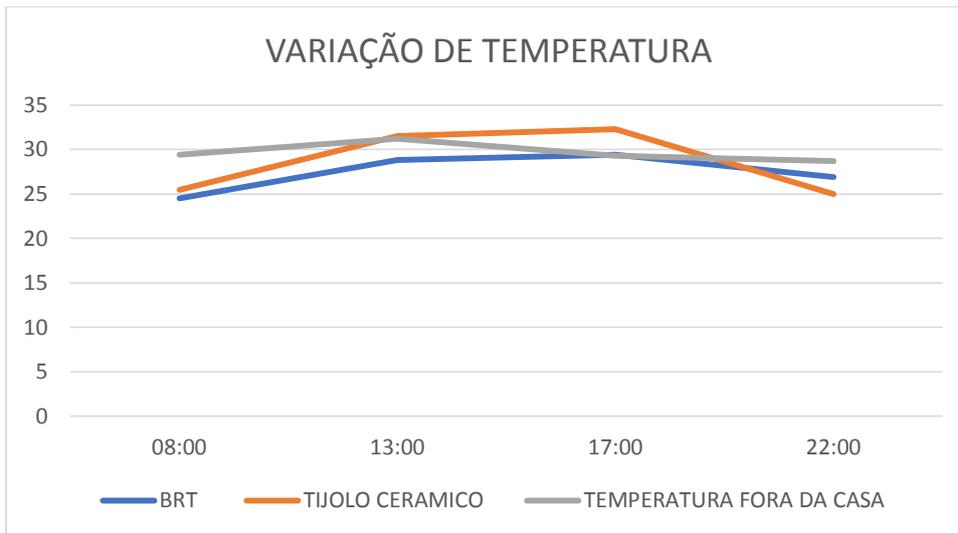
Feito o ensaio nas duas casas, fez-se uma tabela comparativa para mostrar a diferença de temperatura entre elas.

Tabela 28 – Comparativo de temperatura das duas casas ensaiadas.

<b>HORÁRIO (HORAS)</b>	<b>TEMPERTURA (°C)</b>		<b>UMIDADE (%)</b>	
	<b>CASA DE BRT</b>	<b>CASA DE TIJOLO CERÂMICO DE 6 FUROS</b>	<b>CASA DE BRT</b>	<b>CASA DE TIJOLO CERÂMICO DE 6 FUROS</b>
<b>08:00</b>	24,5	25,5	72	63
<b>13:00</b>	28,8	31,5	66	55
<b>17:00</b>	29,4	32,3	63	49
<b>22:00</b>	26,9	25,0	70	59

Fonte: A autora.

Gráfico 4 – Variação de temperatura ao longo do dia.



Fonte: A autora.

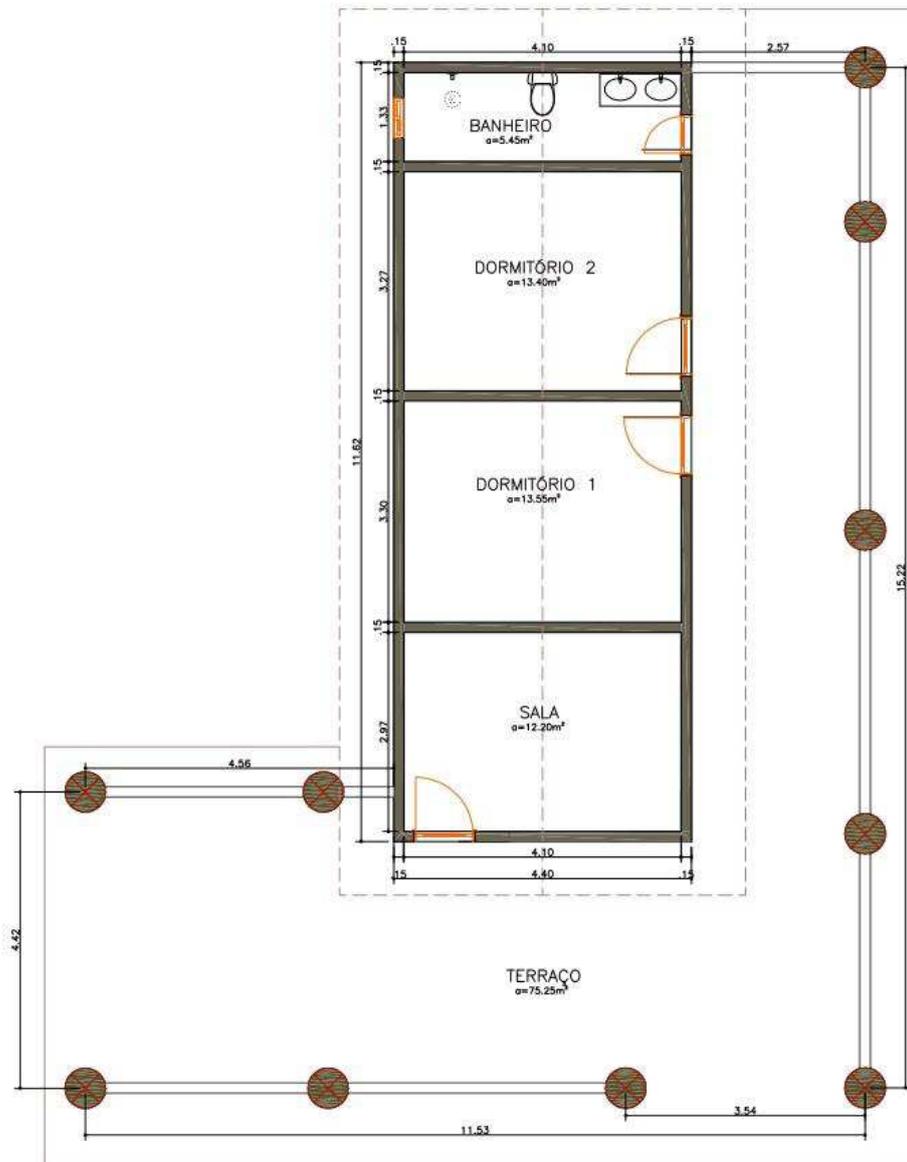
Fazendo um comparativo da temperatura, nota-se que a casa de BRT possui um melhor conforto térmico nos horários mais quentes do dia, 13:00 e 17:00 horas, com uma diferença da casa de tijolo cerâmico no primeiro horário de 2,7 °C, e para o segundo horário de 2,9°C (Tabela 28).

Conclui-se a partir desse teste que a casa de BRT possui um desempenho térmico melhor que a casa de tijolo cerâmico, como mostrado no Gráfico 4. Em relação à temperatura fora das casas, a casa de BRT sempre apresenta valores menores, ou seja, absorve o calor melhor que a casa de tijolo cerâmico.

#### 8.4 Ensaio de corpo mole

O ensaio de corpo mole foi feito de acordo com a norma de desempenho 15.575. A casa escolhida fica localizada no interior de Pastos Bons, no Povoado Carrapato, onde anteriormente foi feita a análise do material.

Figura 75 - Planta Baixa da habitação ensaiada.



PLANTA-Baixa

Fonte: A autora.

Figura 76 - A casa foi construída com BRT, com as seguintes medidas (13x5x22cm).



Fonte: A autora.

Figura 77 – Medição da largura do BRT.



Fonte: A autora.

Figura 78 – Medição da altura do BRT.



Fonte: A autora.

Figura 79 – Medição do comprimento do BRT.



Fonte: A autora.

Foi utilizado um saco com 35 cm de diâmetro e 70 cm de altura, seguindo os padrões da norma NBR 15.575, cheio de areia seca, com peso de 40 Kg (Figura 84). O mesmo foi preso por cordas e pendurado no telhado da casa. Em seguida fez-se movimentos pendulares até atingir as energias de impacto padrões de norma, de acordo com a Tabela 29.

Figura 80 - Confeção do saco de 40kg com areia seca.



Fonte: A autora.

Tabela 29 - Extraída da NBR 15.575-1, pagina 11, item 7.4.1.

**Tabela 3 — Critérios e níveis de desempenho para elementos estruturais localizados na fachada da edificação, em exteriores acessíveis ao público – Impacto de corpo mole na face externa, ou seja, de fora para dentro**

Energia de impacto de corpo mole J	Critério de desempenho
720	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
480	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
360	Não ocorrência de ruína; são admitidas falhas localizadas (fissuras, destacamentos e outras)
240	Não ocorrência de falhas Limitação do deslocamento horizontal: $d_n \leq h/250$ e $d_{hr} \leq h/1\ 250$ para pilares, sendo $h$ a altura do pilar $d_n \leq L/200$ e $d_{hr} \leq L/1\ 000$ para vigas, sendo $L$ o vão teórico da viga
180	Não ocorrência de falhas
120	Não ocorrência de falhas

Fonte: NBR 15.575-1, 2010

Foram adotados critérios de desempenho para casas térreas com vedações e função estrutural, já que as casas com o bloco são construções estruturais.

Com a massa de 40kg do saco, foram feitos os cálculos para se chegar às energias de 360J, 240J, 180J e 60J; a de 120J não foi feita, pois necessitava do uso de um aparelho específico de impacto. Com isso, foram feitos os seguintes cálculos:

- $E = m \cdot g \cdot h$ , onde  $E$ =energia (J),  $m$ =massa (N),  $g$ =gravidade( $m/s^2$ ),  $h$ =altura(m)

- $E = 360J$ ,  $m = 40 \times 10 = 400N$

$$360 = 40 \cdot 10 \cdot h$$

$$h = 360 / 400 = 0,90m$$

- $E=240\text{J}$   
 $240=40.10.h$   
 $h=0,60\text{m}$
- $E=180\text{J}$   
 $180=40.10.h$   
 $h=0,45\text{m}$
- $E=60\text{J}$   
 $60=40.10.h$   
 $h=0,15\text{m}$

Tabela 30 – Tabela de alturas e energias de lançamento do pendulo (saco de areia)

<b>ENERGIA (J)</b>	<b>Altura h (m)</b>	<b>Altura h (cm)</b>
<b>360</b>	0,90	90
<b>240</b>	0,60	60
<b>180</b>	0,45	45
<b>60</b>	0,15	15

Fonte: A autora

Depois de calculadas as alturas, o saco foi içado até a altura calculada e fez o movimento pendular para a obtenção do impacto na parede. A cada vez que ocorria o impacto do saco com a estrutura de BRT, era feita a análise na parede de gesso no interior da casa, como demonstrado nas figuras a seguir.

Figura 81 - Camada de gesso no interior da casa para verificação de fissuras.



Fonte: A autora.

Figura 82 - Saco pendurado nas alturas calculadas.



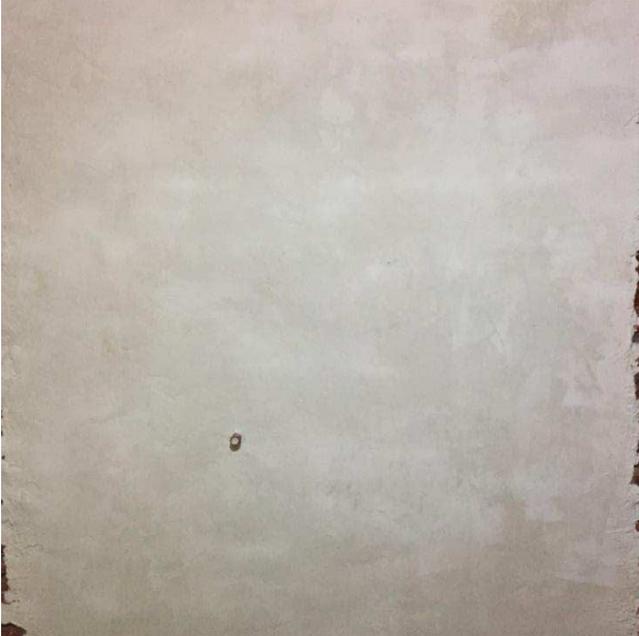
Fonte: A autora.

Figura 83 - Lançamento do saco na altura de 15cm.



Fonte: A autora.

Figura 84 - A parede não sofreu nenhum dano com o impacto.



Fonte: A autora.

Figura 85 - Lançamento do saco na altura de 45cm.



Fonte: A autora.

Figura 86 - A parede não sofreu nenhuma alteração.



Fonte: A autora.

Figura 87 - Lançamento na altura de 60 cm.



Fonte: A autora.

Figura 88 – A parede não sofreu nenhum dano com o impacto.



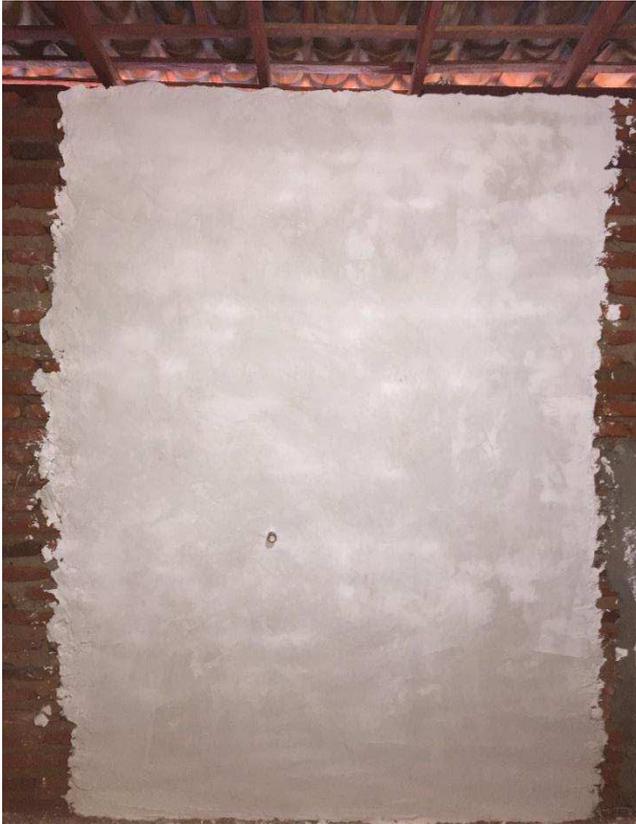
Fonte: A autora.

Figura 89 - Lançamento na altura de 90 cm.



Fonte: A autora.

Figura 90 - Parede sem nenhum defeito.



Fonte: A autora.

Após o ensaio de corpo mole, verificou-se que a vedação com função estrutural feita com o BRT segue os padrões da norma. Foi constatado que a vedação com BRT passa em todas as energias de impacto (Tabela 31 e 32).

Tabela 31 - Síntese dos resultados obtidos no ensaio de impacto de corpo mole.

<b>ENERGIA DE IMPACTO</b>			
<b>60 J</b>	180 J	240 J	360 J
<b>CRITÉRIOS DE DESEMPENHO</b>			
<b>Não ocorrência de danos.</b>	Não ocorrência de danos.	Não ocorrência de ruptura ou perda de estabilidade (admitidas fissuras, escamações e outros danos)	

Fonte: A autora.

Tabela 32 - Conclusão do ensaio de impacto de corpo mole.

<b>PONTO DE IMPACTO</b>	<b>RESULTADO DOS ENSAIOS</b>				<b>AValiação</b>
<b>EXTERNO</b>	Não ocorrência de danos.	Não ocorrência de danos.	Não ocorrência de danos.	Não ocorrência de danos.	<b>SATISFATÓRIO</b>
<b>INTERNO</b>	Não ocorrência de danos.	Não ocorrência de danos.	Não ocorrência de danos.	Não ocorrência de danos.	<b>SATISFATÓRIO</b>

Fonte: A autora.

### 8.5 Teste de capacidade de suporte de peças suspensas

Para esse teste foi feita uma mão francesa padronizada, seguindo a NBR 15.575, como na Figura 91.

Figura 91 – Mão francesa fixada na parede de BRT.



Fonte: A autora.

Em seguida, foram colocados dois sacos de 100kg cada (Figura 95), pendurados nos ganchos da mão francesa, pois, segundo a NBR 15.575-1, para o teste de capacidade de suporte de peças suspensas, como no caso de “redes de dormir”, deve ser considerada uma carga de uso de 2KN, o equivalente a 200 kg, atuando durante 24 horas, de acordo com a norma.

Figura 92 – Sacos de 200kg pendurados na mão francesa.



Fonte: A autora.

O resultado do teste, após o peso atuar durante 24 horas, estão demonstrados nas Figuras 93 e 94.

Figura 93 - Não houve fissuras ou rupturas.



Fonte: A autora.

Figura 94 - Houve apenas o rebaixamento da estrutura.



Fonte: A autora.

O rebaixamento ocorrido na mão francesa (Figura 94), após as 24 horas de atuação, é considerado pela norma NBR 15.575, já que não houve fissuras ou arrancamento total da peça.

## 9 ORÇAMENTO SINTÉTICO

### 9.1 Características do orçamento

- Área construída = 127,08
- Área interna = 44,60 m<sup>2</sup>
- Compartimentos: Sala, Dormitório 1, Dormitório 2 e Banheiro
- Pé direito: 2,60
- Foras utilizadas esquadrias de madeira

Figura 95 - Vista da casa.



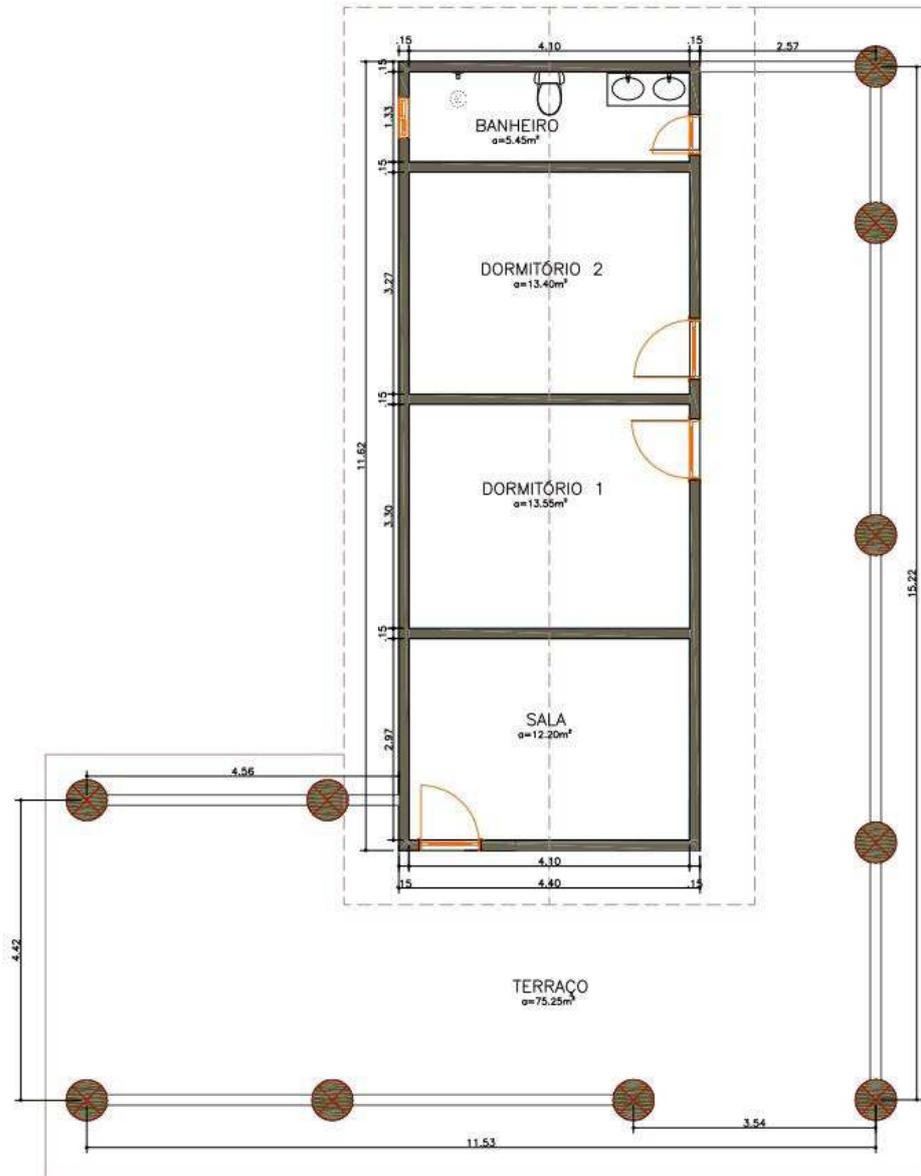
Fonte: A autora.

Figura 96 - Fachada da casa.



Fonte: A autora.

Figura 97 – Planta-baixa da habitação orçada.



PLANTA-Baixa

Fonte: A autora.

Tabela 33 – Dimensões dos ambientes da casa ensaiada.

Ambiente	Área (m <sup>2</sup> )
Sala	12,20
Dormitório 1	13,55
Dormitório 2	13,40
Banheiro	5,45
<b>Total</b>	<b>44,60</b>

Fonte: A autora

Foram feitos dois orçamentos, um com a casa sendo feita de BRT (Tabela 34) e outro usando o tijolo cerâmico de 6 furos (Tabela 35).

Tabela 34 - Orçamento da casa feita com BRT.

REFERENCIA-MAIO 2017						
OBRA: CONSTRUÇÃO DE RESIDENCIA UNIFAMILIAR						
Item	Descrição	REFERENCIA	Unid	Quantidade	Preço Unitário	Preço do Item
	<b>RESIDENCIAL ALVENARIA CONVENCIONAL</b>					
<b>10.02</b>	<b>INFRAESTRUTURA</b>					
10.02.01	ESCAVAÇÃO MANUAL EM CAMPO ABERTO EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, PROFUNDIDADE ATÉ 2 M	79517/001	m³	29.50	R\$ 19.89	R\$ 586.76
10.02.02	REATERRO MANUAL DE VALA APOILOADO	73964/004	m³	21.20	R\$ 20.89	R\$ 442.87
10.02.03	BALDRAME FEITO COM BLOCO RÚSTICO DE TERRA	COMPOSIÇÃO PRÓPRIA	m²	3.40	R\$ 83.47	R\$ 283.80
<b>4.02</b>	<b>SUPRAESTRUTURA</b>					
4.02.01	BLOCO RÚSTICO DE TERRA (5X13X22CM)	92778	m²	165.62	R\$ 24.75	R\$ 4.099.10
<b>05.03</b>	<b>PAVIMENTAÇÃO</b>					
05.03.01	ATERRO C/COMPACTAÇÃO MANUAL	SEINFRA C0331	m²	50.60	R\$ 19.41	R\$ 982.15
05.03.02	LASTRO DE CONCRETO (CONTRA-PISO) , INCLUINDO PREPARO DE CAIXA, E = 5 CM	94974	m²	6.33	R\$ 277.08	R\$ 1.753.92
05.03.03	REGULARIZAÇÃO SARRAFEADA DE BASE PARA REVESTIMENTO DE PISO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA PENEIRADA TRAÇO 1:3, E=2CM	87620	m²	126.50	R\$ 19.52	R\$ 2.469.28
05.03.04	PORCELANATO 60X60CM, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA DE CIMENTO COLANTE E REJUNTAMENTO.	87263	m²	46.41	R\$ 88.68	R\$ 4.115.64
05.03.05	PISO CERÂMICO ESMALTADO PEI 4, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA DE CIMENTO COLANTE[ENTRADA].	87248	m²	80.09	R\$ 28.96	R\$ 2.319.41
<b>04.05</b>	<b>REVESTIMENTOS</b>					
04.05.01	CHAPISCO PARA PAREDE INTERNA OU EXTERNA COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA SEM PENEIRAR TRAÇO 1:3, E=5 MM(INCLUSO LAJE)	87874	m²	331.24	R\$ 3.33	R\$ 1.103.03
04.05.02	REBOCO PARA PAREDE, COM ARGAMASSA CIMENTO E AREIA 1:6, ESP: 20MM(INCLUSO LAJE)	SEINFRA C2122	m²	331.24	R\$ 13.83	R\$ 4.581.05
04.05.03	CERÂMICA ESMALTADA C/ ARG. PRÉ-FABRICADA ATÉ 10X10CM (100CM²) - DECORATIVA - P/ PAREDE E DIVISÓRIAS (ALTURA 1,50M)	SEINFRA C4442	m²	32.58	R\$ 57.52	R\$ 1.874.00
<b>04.07</b>	<b>ESQUADRIAS</b>					
4.07.01	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER (2,00 X1,10M), 4 FOLHAS, FIXAÇÃO COM PARAFUSO SOBRE CONTRAMARCO (EXCLUSIVE CONTRAMARCO), COM VIDROS, PADRONIZADA. AF_07/2016	94573	m²	13.86	R\$ 436.11	R\$ 6.044.48
4.07.02	PEITORIL DE GRANITO NATURAL, ASSENTADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA TRAÇO 1:3	84088	m	15.00	R\$ 32.94	R\$ 494.10
<b>10.09</b>	<b>COBERTURA</b>					
10.09.01	ESTRUTURA DE MADEIRA PARA TELHA ESTRUTURAL DE FIBROCIMENTO , ANCORADA EM LAJE OU PAREDE	SEINFRA C1341	m²	168.00	R\$ 30.41	R\$ 5.108.88
10.09.02	COBERTURA COM TELHA DE FIBROCIMENTO , UMA ÁGUA, PERFIL ONDULADO, E = 6 MM, ALTURA 51 MM, LARGURA ÚTIL 1.050 MM, LARGURA NOMINAL 1.100 MM, INCLINAÇÃO 27%	C2445	m²	168.00	R\$ 35.66	R\$ 5.990.88
<b>10.12</b>	<b>LOUÇAS E METAIS</b>					
10.12.02	BACIA DE LOUÇA COM CAIXA ACOPLADA, COM TAMPA E ACESSÓRIOS.	86888	un	1.00	R\$ 285.59	R\$ 285.59
10.12.03	BANCADA DE GRANITO VERMELHO POLIDO ESP: 2CM.	Serviço Composto	m²	0.50	R\$ 309.53	R\$ 154.76
10.12.04	CUBA DE LOUÇA DE EMBUTIR PARA LAVATÓRIO.	86937	un	1.00	R\$ 106.17	R\$ 106.17
10.12.05	SIFÃO EM METAL CROMADO - 1"X1 1/2" ,PARA LAVATÓRIO.	86881	un	1.00	R\$ 83.57	R\$ 83.57
10.12.06	TORNEIRA DE PRESSÃO METÁLICA PARA USO GERAL	Serviço Composto	un	2.00	R\$ 63.49	R\$ 126.98
<b>15</b>	<b>LIMPEZA DA OBRA</b>					<b>R\$ 244.50</b>
15.01	LIMPEZA GERAL DA EDIFICAÇÃO	9537	m²	150.00	R\$ 1.63	R\$ 244.50
	<b>TOTAL</b>					<b>R\$ 43.495.42</b>

Fonte: A autora.

Tabela 35 - Orçamento da casa feita de tijolo cerâmico de 6 furos.

REFERENCIA-MAIO 2017						
OBRA: CONSTRUÇÃO DE RESIDENCIA UNIFAMILIAR						
Item	Descrição	REFERENCIA	Unid	Quantidade	Preço Unitário	Preço do Item
<b>RESIDENCIAL ALVENARIA CONVENCIONAL</b>						
<b>1.0 INFRAESTRUTURA</b>						
1.1	ESCAVAÇÃO MANUAL EM CAMPO ABERTO EM SOLO DE 1ª CATEGORIA, PROFUNDIDADE ATÉ 2 M	79517/001	m²	29.50	R\$ 19.89	R\$ 586.76
1.2	REATERRO MANUAL DE VALA APILOADO	73964/004	m²	21.20	R\$ 20.89	R\$ 442.87
1.3	LASTRO DE CONCRETO, INCLUINDO PREPARO E LANÇAMENTO(BASE DAS SAPATAS)	94974	m²	21.60	R\$ 277.08	R\$ 5.984.93
1.4	CONCRETO ESTRUTURAL VIRADO EM OBRA, CONTROLE "A", CONSISTÊNCIA PARA VIBRAÇÃO, BRITA 1 E 2, FCK 25 MPA	94971	m²	15.60	R\$ 284.29	R\$ 4.434.92
1.5	TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DO CONCRETO EM ESTRUTURA	74157/004	m²	15.60	R\$ 68.49	R\$ 1.068.44
1.6	ARMADURA DE AÇO PARA ESTRUTURAS EM GERAL, CA-50 Ø 10 MM, CORTE E DOBRA NA OBRA	92778	kg	415.00	R\$ 7.06	R\$ 2.929.90
1.7	ARMADURA DE AÇO PARA ESTRUTURAS EM GERAL, CA-50 Ø 12,5 MM, CORTE E DOBRA NA OBRA	92779	kg	310.00	R\$ 5.87	R\$ 1.819.70
1.8	ARMADURA DE AÇO PARA ESTRUTURAS EM GERAL, CA-50 Ø 6,3 MM, CORTE E DOBRA NA OBRA	92776	kg	275.00	R\$ 9.20	R\$ 2.530.00
1.9	FÔRMA DE MADEIRA PARA FUNDIÇÃO COM TÁBUA DE 3", 2 REAPROVEITAMENTOS	5651	m²	145.00	R\$ 28.58	R\$ 4.144.10
<b>2.0 SUPRAESTRUTURA</b>						
2.1	ARMADURA DE AÇO PARA ESTRUTURAS EM GERAL, CA-50 Ø 10 MM, CORTE E DOBRA NA OBRA	92778	kg	366.60	R\$ 7.06	R\$ 2.588.20
2.2	ARMADURA DE AÇO PARA ESTRUTURAS EM GERAL, CA-50 Ø 12,5 MM, CORTE E DOBRA NA OBRA	92779	kg	269.20	R\$ 5.87	R\$ 1.580.20
2.3	ARMADURA DE AÇO PARA ESTRUTURAS EM GERAL, CA-50 Ø 6,3 MM, CORTE E DOBRA NA OBRA	92776	kg	158.20	R\$ 9.20	R\$ 1.455.44
2.4	CONCRETO ESTRUTURAL VIRADO EM OBRA, CONTROLE "A", CONSISTÊNCIA PARA VIBRAÇÃO, BRITA 1 E 2, FCK 25 MPA	94971	m²	12.50	R\$ 284.29	R\$ 3.553.63
2.5	TRANSPORTE, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DO CONCRETO EM ESTRUTURA	74157/004	m²	12.50	R\$ 68.49	R\$ 856.13
2.6	FÔRMA DE MADEIRA PARA ESTRUTURAS EM GERAL COM TÁBUA DE 3", 2 REAPROVEITAMENTOS(PILARES E VIGAS)	92271	m²	127.70	R\$ 48.34	R\$ 6.173.02
<b>3.0 ALVENARIA E VEDAÇÕES</b>						
3.1	ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM TIJOLOS CERÂMICO FURADO 9X19X19CM, ESP:9CM, ASSENTE COM ARGAMASSA CIM/AREIA TRAÇO 1:6.	87495	m²	165.62	R\$ 46.52	R\$ 7.704.64
<b>4.0 PAVIMENTAÇÃO</b>						
4.1	ATERRO C/COMPACTAÇÃO MANUAL	SEINFRA C0331	m³	50.60	R\$ 19.41	R\$ 982.15
4.2	LASTRO DE CONCRETO (CONTRA-PISO), INCLUINDO PREPARO DE CAIXA, E = 5 CM	94974	m²	6.33	R\$ 277.08	R\$ 1.753.92
4.3	REGULARIZAÇÃO SARRAFEDA DE BASE PARA REVESTIMENTO DE PISO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA PENEIRADA TRAÇO 1:3, E=2CM	87620	m²	126.50	R\$ 19.52	R\$ 2.469.28
4.4	PORCELANATO 60X60CM, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA DE CIMENTO COLANTE E REJUNTAMENTO.	87263	m²	46.41	R\$ 88.68	R\$ 4.115.64
4.5	PISO CERÂMICO ESMALTADO PEI 4, ASSENTADO COM ARGAMASSA PRÉ-FABRICADA DE CIMENTO COLANTE(ENTRADA).	87248	m²	80.09	R\$ 28.96	R\$ 2.319.41
<b>5.0 REVESTIMENTOS</b>						
5.1	CHAPISCO PARA PAREDE INTERNA OU EXTERNA COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA SEM PENEIRAR TRAÇO 1:3, E=5 MM(INCLUSO LAJE)	87874	m²	331.24	R\$ 3.33	R\$ 1.103.03
5.2	REBOCO PARA PAREDE, COM ARGAMASSA CIMENTO E AREIA 1:6, ESP: 20MM(INCLUSO LAJE)	SEINFRA C2122	m²	331.24	R\$ 13.83	R\$ 4.581.05
5.3	CERÂMICA ESMALTADA C/ ARG. PRÉ-FABRICADA ATÉ 10X10CM (100CM²) - DECORATIVA - P/ PAREDE E DIVISÓRIAS (ALTURA 1,50M)	SEINFRA C4442	m²	32.58	R\$ 57.52	R\$ 1.874.00
<b>6.0 ESQUADRIAS</b>						
6.1	JANELA DE ALUMÍNIO DE CORRER (2,00 X1,10M), 4 FOLHAS, FIXAÇÃO COM PARAFUSO SOBRE CONTRAMARCO (EXCLUSIVE CONTRAMARCO), COM VIDROS, PADRONIZADA. AF_07/2016	94573	m²	13.86	R\$ 436.11	R\$ 6.044.48
6.2	PEITORIL DE GRANITO NATURAL, ASSENTADO COM ARGAMASSA DE CIMENTO E AREIA TRAÇO 1:3	84088	m	15.00	R\$ 32.94	R\$ 494.10
<b>7.0 COBERTURA</b>						
7.1	ESTRUTURA DE MADEIRA PARA TELHA ESTRUTURAL DE FIBROCIMENTO, ANCORADA EM LAJE OU PAREDE	SEINFRA C1341	m²	168.00	R\$ 30.41	R\$ 5.108.88
7.2	COBERTURA COM TELHA DE FIBROCIMENTO, UMA ÁGUA, PERFIL ONDULADO, E = 6 MM, ALTURA 51 MM, LARGURA ÚTIL 1.050 MM, LARGURA NOMINAL 1.100 MM, INCLINAÇÃO 27%	C2445	m²	168.00	R\$ 35.66	R\$ 5.990.88
<b>8.0 LOUÇAS E METAIS</b>						
8.1	BACIA DE LOUÇA COM CAIXA ACOPLADA, COM TAMPA E ACESSÓRIOS.	86888	un	1.00	R\$ 285.59	R\$ 285.59
8.2	BANCADA DE GRANITO VERMELHO POLIDO ESP: 2CM.	Serviço Composto	m²	0.50	R\$ 309.53	R\$ 154.76
8.3	CUBA DE LOUÇA DE EMBUTIR PARA LAVATÓRIO.	86937	un	1.00	R\$ 106.17	R\$ 106.17
8.4	SIFÃO EM METAL CROMADO - 1"X1 1/2", PARA LAVATÓRIO.	86881	un	1.00	R\$ 83.57	R\$ 83.57
8.5	TORNEIRA DE PRESSÃO METÁLICA PARA USO GERAL	Serviço Composto	un	2.00	R\$ 65.49	R\$ 126.98
<b>9.0 LIMPEZA DA OBRA</b>						
9.1	LIMPEZA GERAL DA EDIFICAÇÃO	9537	m²	150.00	R\$ 1.63	R\$ 244.50
<b>TOTAL</b>						<b>R\$ 85.935.77</b>

Fonte: A autora.

Percebemos, fazendo a análise dos orçamentos dos dois sistemas construtivos, que ocorreu uma diferença de 49,38%, o que representa um total de R\$42.440,35, em favor da adoção do BRT. Destacamos que esse percentual será muito relevante na escolha por investir no BRT em uma obra.

Outros critérios na avaliação de um empreendimento têm fatores decisivos, de modo que podem elevar o custo final do sistema e com isso modifica o resultado que se espera obter.

Um fator importante a se considerar é o padrão da obra. Voltando aos orçamentos, destacamos que em baixo padrão, em que os acabamentos não têm grande relevância ao custo final, a economia do BRT em relação ao concreto será notadamente superior.

Porém, quando elevamos o padrão da obra, a estrutura tem um grau de importância menor ao custo total da obra, a diferença não pode ser considerada decisiva na escolha do BRT. Devido a personalização dessas obras, normalmente o concreto armado se torna mais viável.

Atualmente, os índices de atratividade para se investir em um empreendimento estão cada dia mais justas, e qualquer redução de custo garante um ganho de retorno no investimento. Portanto, em comparação com a alvenaria convencional, se considerarmos a economia, o BRT é mais vantajoso para um empreendimento.

Porém, o fator econômico não é o único que deve ser considerado na escolha por um ou outro sistema, destaca-se a mão-de-obra, fornecedores disponíveis para atender com os materiais necessários nas proximidades da obra, etc.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como vimos no orçamento sintético da casa de BRT e tijolo cerâmico, item 9, nota-se que uma das principais vantagens do BRT com relação à alvenaria tradicional é o não uso de pilares, vigas e armaduras no processo construtivo, refletindo uma redução de custos e tempo de execução.

Baseado no método utilizado neste trabalho, temos que o resultado do BRT como elemento vertical apresentou um desempenho satisfatório com base em alguns requisitos, tais como: segurança estrutural, conforto térmico, sustentabilidade, economia em comparação com a alvenaria convencional.

Foi possível reunir informações acerca do uso do BRT verificando que seu uso remonta a épocas bastante antigas, além de diversas variações no seu uso.

Quando passamos a abordar aspectos normativos aplicando diversos requisitos de normas vigentes, foi possível a verificação desses requisitos em um projeto-tipo, que foi comparado com o método convencional de alvenaria, obtendo-se uma análise que foi registrada em diferentes informações sobre os sistemas construtivos. Com isso, gerou-se uma análise de forma qualitativa no desempenho do uso do BRT, seguindo parâmetros mensuráveis.

Diante das conclusões, temos que o BRT apresenta-se como uma excelente solução tanto econômica quanto ambiental, devido ao fato de estar baseada nos princípios das construções bioclimáticas, além de ser um sistema sustentável, pois os danos causados para o meio ambiente são inferiores, se compararmos com os das construções tradicionais.

Um fator de grande importância na escolha do BRT está na questão social, pois sua utilização preserva o uso de técnicas tradicionais do local, no caso a cidade de Pastos Bons, onde encontramos inúmeras construções antigas que fizeram uso dessa técnica. Além disso, devido às suas características, os ensaios demonstraram que a construção com BRT é bom regulador de umidade, o que resulta em temperatura bastante agradável no interior do imóvel, sendo a mesma um excelente isolamento térmico e acústico.

Baseado no exposto, concluímos que o BRT como sistema construtivo ainda não tem seu reconhecimento tanto pela Caixa Econômica Federal, quanto por construtores e as financiadoras imobiliárias, muito embora ficasse bastante claro a sua viabilidade no uso de edificações, além de apresentar-se de maneira eficiente na redução do déficit habitacional, especialmente no interior do estado do Maranhão. Portanto, o uso do BRT pode ser mais

estudado e discutido com maior abrangência pela sociedade para que o seu uso possa se expandir.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682**: Estabilidade de taludes. Rio de Janeiro, 1991. 39p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6122**: Projeto e Execução de fundações. Rio de Janeiro, 1996. 33p.

\_\_\_\_\_. **NBR NM 30**: Agregado miúdo – Determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001. 3p.

\_\_\_\_\_. **NBR 5629**: Execução de tirantes ancorados no terreno. Rio de Janeiro, 1996.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 10151**: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento. Rio de Janeiro, 2000. 4p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

\_\_\_\_\_. **NBR 7170**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria. Rio de Janeiro, 1983. 4p.

\_\_\_\_\_. **NBR 6460**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria-verificação da resistência a compressão. Rio de Janeiro, 1983. 3p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15575-1**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho (parte 1 – requisitos gerais). Rio de Janeiro, 2010. 52p.

BUDDENHAGEN, C. **Direito à Habitação**, 2003.

CEF, C. E. F. **DEMANDA HABITACIONAL NO BRASIL**. Brasília, 2011. 170 p.

CID, J. F.; MAZARRON, F. R.; GUERRERO, I. C. Las normativas de construcción contierraenel mundo. **Informes de laconstruccion revista de informaciontecnica**, v. 63, n. 523, p. 159-169, 2011.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil**: anos 2011-2102. Belo Horizonte. Centro de Estatística e Informações, 2015.

GONÇALVES, T. D.; GOMES, M. I. **Construção de Terra Crua: Potencialidades e Questões em Aberto**. Jornadas LNEC: engenharia para a sociedade, investigação e inovação, cidades e desenvolvimento. 2012.

GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2003, 165 p.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios**. RENDIMENTO, D. D. E. E. Rio de Janeiro: IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2007-2012.

JIMENEZ DELGADO, M. C.; CAÑAS GUERRERO, I. The selection of soils for unstabilised earth building: A normative review. **Construction and building materials**, v. 21, n. 2, p. 237-251, 2007.

LEPSCH, Igo F. **Formação e Conservação dos Solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

LIMA, T. V. **Estudo da produção de blocos de solo-cimento com matérias-primas no núcleo urbano da Cidade de Campos dos Goytacazes – RJ**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense, 2006, 107p.

LIMA, E. S. **Moradores e moradores de rua no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://moradoresderua.org.br/portal/moradores-e-moradores-de-rua-no-brasil/#more-336>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

Wikipedia.org/wiki/Pastos\_Bons, (2017). Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Pastos\\_Bons#/media/File:Maranhao\\_Municip\\_PastosBons.svg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Pastos_Bons#/media/File:Maranhao_Municip_PastosBons.svg)>. Acesso em: 12 jun. 2017.