



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**Túlio Parreira Labre**

## **CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICAS E FÍSICO- MECÂNICA DE BLOCOS CERÂMICOS PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO PRODUZIDOS EM PALMAS-TO**

**PALMAS - TO**

**2016**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**Túlio Parreira Labre**

## **CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICAS E FÍSICO- MECÂNICA DE BLOCOS CERÂMICOS PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO PRODUZIDOS EM PALMAS-TO**

Trabalho de conclusão de curso (TCCII) elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA) Orientador: Prof. M.Sc. Joaquim de Carvalho

**PALMAS - TO**

**2016**

## RESUMO

Esta pesquisa apresenta um cenário das indústrias de cerâmica vermelha na Região de Palmas – TO e uma análise dos produtos cerâmicos fabricados nesse polo. A região em estudo possui três cerâmicas em atividades, sendo que estão situadas no bairro de Taquaralto. O objetivo desta pesquisa é avaliar a conformidade dos blocos cerâmicos para alvenaria de vedação, produzidos pela indústria de cerâmica vermelha da microrregião em estudo, verificando suas potencialidades e adequação em termos produtivos. Para definição do universo da pesquisa, fez-se um levantamento das indústrias. Para a análise dos produtos cerâmicos, foi coletada uma amostra de blocos em três indústrias, para a caracterização desses produtos sendo que todas as amostras contem 13 corpos-de-prova de blocos queimados, para a avaliação da conformidade. Os resultados das caracterizações realizadas apresentaram um padrão aceitável em todas as formulações e temperaturas estudadas. As amostras queimadas foram submetidas aos ensaios geométricos, físicos e mecânicos de acordo com as normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Os resultados dos ensaios físicos mostraram que todas as amostras estão dentro da faixa recomenda pela norma. Já nos ensaios geométricos, uma indústria apresentou resultados, não estando eles de acordo com a norma, devido à falta de controle nos seus processos e nos equipamentos.

Palavras-chaves: Argila. Cerâmica Estrutural. Blocos de Alvenaria. Conformidade. Qualidade

## **ABSTRACT**

His research presents a scenario of red ceramic industries in Region de Palmas - TO and analysis of ceramic products manufactured in that pole. The study area has three ceramics in activities, and is situated in the neighborhood Taquaralto. The objective of this research is to evaluate compliance ceramic blocks for masonry sealing, produced by the micro red ceramic industry study verified its potential and suitability in terms of production. For definition of the survey, there was a survey of industries. For the analysis of ceramics, a sample was collected in three blocks of industries, for the characterization of these products is that all samples containing 13 test-proof blocks burned, to assess compliance. The results of the characterizations carried out showed an acceptable standard in all formulations and temperatures. The fired samples were subjected to geometric, physical and mechanical tests according to the ABNT (Brazilian Technical Standards Association). The results of physical tests showed that all samples are within the range recommended by the standard. Already on geometric tests, two industries presented results do not conform to the norm, due to the lack of control in their processes and equipment.

Keywords: Clay. Structural Ceramics. Masonry blocks. Accordingly. Quality

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> - LOCAL PARA MEDIÇÕES DA LARGURA (L) DO BLOCO .....	28
<b>FIGURA 2</b> - LOCAL PARA MEDIÇÕES DA ALTURA (H) DO BLOCO .....	28
<b>FIGURA 3</b> - LOCAL PARA MEDIÇÕES DO COMPRIMENTO (C) DO BLOCO.....	28
<b>FIGURA 4</b> - MEDIDAS DOS SEPTOS E DAS PAREDES EXTERNAS DOS BLOCOS CERÂMICOS.....	30
<b>FIGURA 5</b> - DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO .....	31
<b>FIGURA 6</b> - PLANEZA DAS FACES (CONVEXA) .....	32
<b>FIGURA 7</b> - PLANEZA DAS FACES (CÔNCAVA).....	32
<b>FIGURA 8</b> –GRÁFICO DA LARGURA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A.....	39
<b>FIGURA 9</b> –GRÁFICO DA ALTURA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A.....	39
<b>FIGURA 10</b> –GRÁFICO DO COMPRIMENTO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A.....	40
<b>FIGURA 11</b> - DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS DAS FACES.....	40
<b>FIGURA 12</b> - GRÁFICO DA LARGURA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B.....	42
<b>FIGURA 13</b> - GRÁFICO DA ALTURA DOS CORPOS -DE- PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B.....	42
<b>FIGURA 14</b> - GRÁFICO DO COMPRIMENTO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B.....	43
<b>FIGURA 15</b> - GRÁFICO DA LARGURA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA C.....	44

<b>FIGURA 16</b> - GRÁFICO DA ALTURA DOS CORPOS -DE- PROVA DE VEDAÇÃO, CERAMICA C.....	44
<b>FIGURA 17</b> - GRÁFICO DO COMPRIMENTO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERAMICA C .....	45
<b>FIGURA 18</b> - DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS E SEPTOS.....	47
<b>FIGURA 19</b> –GRÁFICO DA ESPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A .....	47
<b>FIGURA 20</b> - GRÁFICO DA ESPESSURA DOS SEPTOS DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A.....	48
<b>FIGURA 21</b> - GRÁFICO DA ESPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B .....	49
<b>FIGURA 22</b> - GRÁFICO DA ESPESSURA DOS SEPTOS DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B .....	50
<b>FIGURA 23</b> - GRÁFICO DA ESPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA C .....	51
<b>FIGURA 24</b> - GRÁFICO DA ESPESSURA DOS SEPTOS DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERAMICA C.....	52
<b>FIGURA 25</b> –GRÁFICO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A .....	54
<b>FIGURA 26</b> - GRÁFICO DA FLECHA NA PLANEZA DAS FACES DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A.....	54
<b>FIGURA 27</b> - GRÁFICO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B .....	56
<b>FIGURA 28</b> - APRESENTADO O RESULTADO DA FLECHA NA PLANEZA DAS FACES DOS BLOCOS B. ....	56
<b>FIGURA 29</b> - GRÁFICO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA C .....	58

<b>FIGURA 30</b> - DETERMINAÇÃO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO E DA PLANEZA DAS FACES.....	58
<b>FIGURA 31</b> - GRÁFICO DA FLECHA NA PLANEZA DAS FACES DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA C.....	59
<b>FIGURA 32</b> – PESAGEM PARA ENSAIO DE ABSORÇÃO D'ÁGUA.....	61
<b>FIGURA 33</b> - GRÁFICO DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B.....	63
<b>FIGURA 34</b> - GRÁFICO DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA C.....	64
<b>FIGURA - 35</b> CAPEAMENTO DOS BLOCOS.....	65
<b>FIGURA 36</b> - DETERMINAÇÃO RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO.....	67
<b>FIGURA 37</b> - GRÁFICO DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A.....	618
<b>FIGURA 38</b> - DETERMINAÇÃO RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO.....	68
<b>FIGURA 39</b> - GRÁFICO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO CERÂMICA B.....	710
<b>FIGURA 40</b> - GRÁFICO DA RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO CERÂMICA C.....	71
<b>FIGURA 41</b> - DETERMINAÇÃO RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO.....	71

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS INDIVIDUAIS RELACIONADAS À DIMENSÃO EFETIVA	29
TABELA 2 - TOLERÂNCIAS DIMENSIONAIS RELACIONADAS À MÉDIA DAS DIMENSÕES EFETIVAS .....	29
TABELA 3 - ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO NA INSPEÇÃO POR ENSAIOS DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS.....	33
TABELA 4 - ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO NA INSPEÇÃO POR ENSAIOS DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	34
TABELA 5 – RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO ..	38
TABELA 6 - DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS DAS FACES DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A .....	39
TABELA 7 – DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS DAS FACES DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B .....	42
TABELA 8 – DETERMINAÇÃO DAS MEDIDAS DAS FACES DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA C .....	44
TABELA 9 - DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS E SEPTOS DOS CORPOS- DE-PROVA DE VEDAÇÃO CERÂMICA A .....	47
TABELA 10 - DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS E SEPTOS DOS CORPOS- DE-PROVA DE VEDAÇÃO CERÂMICA B .....	49
TABELA 11 - DETERMINAÇÃO DA ESPESSURA DAS PAREDES EXTERNAS E SEPTOS DOS CORPOS- DE-PROVA DE VEDAÇÃO CERÂMICA C .....	51
TABELA 12 - DETERMINAÇÃO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO E DA PLANEZA DAS FACES DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO CERÂMICA A .....	54
TABELA 13 - DETERMINAÇÃO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO E DA PLANEZA DAS FACES DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO CERÂMICA B.....	56



TABELA 14 - DETERMINAÇÃO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO E DA PLANEZA DAS FACES DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO CERÂMICA C.....	58
TABELA 15- ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A .....	61
TABELA 16- ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B .....	63
TABELA 17- ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA C .....	64
TABELA 18 - RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA A .....	67
TABELA 19 - RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA B .....	69
TABELA 20 - RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO DOS CORPOS-DE-PROVA DE VEDAÇÃO, CERÂMICA C .....	70

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Índice de Absorção d'Água
$A_b$	Área Bruta
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
C	Comprimento
CP	Corpo-de-prova
E	Espessura das paredes externas
F	Planeza das faces
$f_b$	Resistência à compressão individual
FC	Determinação da flecha na face côncava
F1	Determinação da flecha na face convexa lado 1
F2	Determinação da flecha na face convexa lado 2
H	Altura
L	Largura
LP	Limite de Plasticidade
LL	Limite de Liquidez
$m_s$	Massa Seca
$m_u$	Massa Úmida
PF	Perda ao Fogo
S	Espessura dos Septos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivos.....	14
1.1.1 - Objetivo Geral.....	14
1.1.2 - Objetivos Específicos .....	14
1.2 - Justificativa e importância do Trabalho .....	14
1.3 - Estrutura do Trabalho .....	15
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Cerâmica Vermelha .....</b>	<b>17</b>
2.1.1 – Argilas para cerâmica vermelha.....	18
<b>2.2 – ESPECIFICAÇÕES .....</b>	<b>19</b>
2.2.1 – Preparação da mistura.....	19
2.2.2 – Propriedade da cerâmica vermelha .....	20
2.2.3 – Secagem e queima .....	21
2.2.3.1 – Plasticidade.....	21
2.2.3.2 – Porosidade .....	22
2.2.3.3 – Retração linear.....	22
2.2.3.4 – Absorção de água .....	23
2.2.3.5 – Umidade.....	23
2.2.3.6 – Perda de Fogo .....	23
<b>2.3 - Bloco Cerâmico .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.1 – Escolhas dos blocos .....</b>	<b>24</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
3.1 Composição dos Blocos Cerâmicos de Vedação .....	26
3.2 Aplicação dos ensaios laboratoriais junto aos corpos-de-prova de vedação...	27

3.2.1 - Determinação das características geométricas dos corpos-de-prova de vedação .....	27
3.2.1.1 - Determinação das medidas das faces dos corpos-de-prova de vedação – Dimensões efetivas .....	27
3.2.1.2 - Determinação da espessura das paredes externas e septos dos corpos-de-prova de vedação .....	30
3.2.1.3 - Determinação do desvio em relação ao esquadro dos corpos-de-prova de vedação .....	31
3.2.1.4 - Planeza das faces dos corpos-de-prova de vedação .....	32
3.2.1.5 - Determinação da área bruta ( $A_b$ ) dos CPs de vedação .....	32
3.2.1.6 - Inspeção dos lotes pelas características geométricas dos corpos-de-prova de vedação .....	33
3.2.2 - Determinação das características físicas dos blocos cerâmicos de vedação .....	34
3.2.2.1 Inspeção dos lotes pelas características físicas dos blocos cerâmicos de vedação .....	34
3.3 Análise dos dados.....	36
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>37</b>
4.1.1 - Análise das características geométricas dos Corpos-de-prova de vedação, Fabricados pelas Cerâmicas, Tecil, Cerâmica Santa Fé e Cerâmica Betim .....	37
4.1.1.1 - Análise das medidas das faces dos Corpos-de-prova para alvenaria de vedação – Dimensões efetivas .....	37
4.1.1.2 - Análise das espessuras das paredes externas e septos dos corpos-de-prova das cerâmicas Tecil ,Santa Fé e Betim.....	46
4.1.1.3 - Análise do desvio em relação ao esquadro e da planeza das faces.....	52
4.1.2 - Análise das características físicas .....	59
4.1.3 - Análise das características mecânicas .....	64
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>72</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>74</b>

## 1. INTRODUÇÃO

As características dos materiais empregados na construção são de essencial importância para o projeto e a construção na Engenharia Civil; tanto os materiais da estrutura da edificação como aqueles usados para o seu fechamento no caso os blocos de vedação.

Os avanços das peculiaridades dos instrumentos da construção civil permite assegurar um bom desempenho, durabilidade e, principalmente, contribuir para a segurança das edificações. As empresas fornecedoras destes materiais devem, para isso, desenvolver um controle da característica de forma a garantir a qualidade destes produtos.

Foram executadas experiências com blocos cerâmicos de vedação nas datas do dia 17 e 22 de agosto do presente ano (2016). No dia 17 de Agosto houve ensaios visuais de identificação, inspeção visual e geométrica nos blocos cerâmicos de vedação. No sentido dos ensaios em blocos cerâmicos de vedação, agora em função de suas características físicas, no dia 19 de Agosto, as experiências físicas foram executadas, cujas experiências aconteceram no Laboratório de Materiais e Estruturas.

As inspeções gerais foram realizadas tendo como propósito verificar se as características visuais dos blocos são por amostragem dupla e se apresentam identificação por amostragem simples. As experiências realizadas tiveram como ponto principal apontar as características físicas, mecânicas e geométricas dos blocos cerâmicos de vedação e a partir dos resultados obtidos, definir e qualificar se estão conforme o lote sendo recusáveis ou aceitáveis a ele.

O processo de aceitação ou recusa é realizado a partir das especificações das normas técnicas da ABNT NBR15270, estas que fixam os requisitos geométricos, físicos e mecânicos, bem como as tolerâncias a serem exigidos por lotes de blocos de cerâmica de vedação. Os blocos cerâmicos, ou tijolos, como são popularmente conhecidos, são um dos componentes básicos de qualquer construção de alvenaria, seja ela de vedação ou estrutural. Os blocos de vedação têm a função principal de suportar o peso próprio da alvenaria da qual faz parte.

Todo conjunto de blocos constituintes de um pedido deve ser dividido em lotes de até 100000 blocos ou fração. Amostra – de cada lote retira-se aleatoriamente um número de blocos para fazer as inspeções, com intuito de verificar se o lote, representado por esses blocos, está aprovado ou não. A amostra pode ser constituída por um número diferente de blocos.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Determinar os ensaios feitos tendo como objetivos as características geométricas e físico-mecânicas dos blocos cerâmicos de vedação da cidade de Palmas - TO e de acordo os resultados obtidos, qualificá-los e defini-los como aceitáveis ou recusáveis (essa definição é quantificada para lotes) conforme a NBR 15270-1:2005.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Avaliar a conformidade dos blocos cerâmicos de vedação produzidos em Palmas/TO, através de ensaios estabelecidos pela NBR 15270-1 (2005) para apontar as características físicas e geométricas;

Analisar os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis pela NBR 15270-2 (2005) dos blocos cerâmicos produzidos em Palmas /TO;

Realizar um estudo e análise estatística conforme a produção dos blocos cerâmicos de vedação das empresas pesquisadas da região de Palmas – TO.

## **1.1 Justificativa e Importância do Trabalho**

A exigência dos consumidores pela qualidade, segurança e economia dos produtos na Construção Civil é evidenciada através das ações executadas pelas companhias, para que possam ser produzidos dentro das especificações ditadas em normas técnicas. Abranger os padrões da qualidade do setor da construção civil significa articular o diverso agente do processo, e comprometimento com o padrão dos produtos.

Entre os materiais de uso mais tradicional na construção civil estão os blocos de cerâmica vermelha que são normalizados pela ABNT e INMETRO / BRASIL, que avalia e analisa tanto os métodos de fabricação, ensaio e a entrega do produto final. Os resultados de medições dos ensaios sem confiabilidade provocam aceitação de produtos ruins como bons ou a rejeição.

## **1.2 Estrutura do Trabalho**

O primeiro capítulo apresenta a introdução, o objetivo geral e específicos deste estudo de possibilidade do bloco cerâmico de vedação.

No segundo capítulo, aborda relativamente do referencial teórico, em que são examinadas as concepções que serão aplicadas como embasamento teórico para o progresso deste trabalho.

No terceiro capítulo são exibidos os resultados atingidos, com suas peculiares deliberações e compreensões que se acarreta desde a preparação deste trabalho.

No quarto capítulo, são abordadas as considerações finais com correspondência a todo o trabalho em sim, expondo um diagnóstico dos resultados expostos no capítulo antecedente.

No penúltimo capítulo, refere-se às fontes de referência bibliográfica que foram consideradas e empregadas no trabalho.

E no decisivo capítulo são expostas inclusas as consequências e efeitos dos ensaios de resistência à compressão individual ( $f_b$ ) aplicados nos corpos-de-prova, efeitos estes que foram expedidos pelo laboratório do CEULP/UIbra.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

As aplicações da uniformização das tecnologias surgem às normas e dados que contêm informações técnicas para uso pelos fabricantes e consumidores sendo elaboradas a partir da experiência acumulada na indústria e no uso a partir dos conhecimentos tecnológicos alcançados. A partir de 1900, surgem várias associações destinadas à elaboração de normas reunindo produtores, técnicos, engenheiros, fabricantes, consumidores e organismos neutros (instituições de pesquisas, universidades, etc.)

Dentro desses parâmetros que o presente trabalho aborda sobre diversos aspectos da cerâmica vermelha como blocos para alvenaria de vedação como um todo, desde a matéria-prima até o processamento. Os aspectos como as argilas, propriedades das argilas, componentes das argilas, dentre outros, foram tratados com pouca profundidade, porém o interesse maior foi discutido nos tópicos seguintes, que tratam da avaliação da conformidade, focalizando o processo como ponto central da discussão. Essa avaliação se faz através dos ensaios geométricos, ensaios físicos. A caracterização do produto (tijolos verdes), onde se calcula a umidade de extrusão, retratação linear após a secagem, retratação linear após a queima, perda ao fogo, absorção d'água, porosidade aparente, massa específica aparente e cor de queima serviu como suporte para a avaliação da conformidade.

É necessário frisar que a destinação dos ensaios não requer aprovação de modelos de produtos ou modelos. A circunstância de haver análise das amostras e as mesmas apresentarem ou não acordo com as orientações contidas em um regulamento/norma técnica, expressa uma habilidade setorial no quesito qualidade em determinado ciclo. Com base na obtenção de resultados, há a definição, em articulação com as partes envolvidas, as ações fundamentais de base aos setores produtivos na procura por evolução na qualificação dos produtos, fazendo com que o produto nacional tenha mais concorrência e contribua com intenção de o consumidor ter, a sua disposição no mercado, produtos que sejam ajustados conforme suas necessidades.

A exposição das consequências obtidas nos ensaios realizados em amostras de *Blocos Cerâmicos para Alvenaria* é parte integrante dos trabalhos



do Programa de Análise de Produtos desenvolvido pelo Inmetro e que tem por objetivos:

- prover mecanismos para que o Inmetro mantenha o consumidor brasileiro informado sobre a adequação dos produtos aos Regulamentos e às Normas Técnicas, contribuindo para que ele faça escolhas melhor fundamentadas, tornando-o mais consciente de seus direitos e responsabilidades;
- fornecer subsídios para a indústria nacional melhorar continuamente a qualidade de seus produtos;
- diferenciar os produtos disponíveis no mercado nacional em relação à sua qualidade, tornando a concorrência mais equalizada;
- tornar o consumidor parte efetiva deste processo de melhoria da qualidade da indústria nacional.

(Órgãos da Rede Brasileira de Metrologia Legal e Qualidade – RBMLQ)

## **2.1 Cerâmica vermelha**

Cerâmica é a pedra artificial produzida pela moldagem, secagem e cozeduras de argilas. Com esse processo a argila fica aglutinada por conta de uma pequena quantidade de vidro, tendo seu surgimento devido à ação do calor de cocção sobre os componentes da argila (RÊGO, 2008, p.24).

Cerâmica é a pedra artificial obtida pela moldagem, secagem e cozeduras de argilas. Com esse processo a argila fica aglutinada devido a uma pequena quantidade de vidro, cujo surgimento é devido à ação do calor de cocção sobre os componentes da argila (RÊGO, 2008, p.24).

O processo de produção da cerâmica vermelha é de forma geral, simples, o que permite a eficiência das olarias na utilização de argila de diferentes tipos para outros fins. Esse tipo de empresa tem o papel de desempenhar várias empresas da cadeia envolvida até uso de pigmentos nos produtos acabados (ANICER). As fases de produção dos materiais cerâmicos, de caráter geral, seguem as seguintes etapas: a de extração e preparação do barro (mistura argilosa), moldagem, secagem, cozimento e o esfriamento (BAUER, 1988). O

controle de qualidade aplicado em todas as etapas de produção visa garantir a qualidade do produto final. Entretanto, é necessário que os profissionais da construção civil se atentem se o material recebido está de acordo com as normas estabelecidas quanto às dimensões e uniformidade, resistência, capacidade de absorção, entre outras características. O conhecimento e determinação da qualidade dos materiais são determinados experimentalmente por meio de normas regulamentadas que definem não só o modo de execução dos ensaios laboratoriais, mas também os valores padrões que cada material precisa atingir para que sejam considerados de qualidade, isto é, aptos para desempenhar a função no qual serão destinados (BAUER, 1994). A fabricação de produtos oriundos da cerâmica vermelha representa um desafio ao controle e uniformidade devido à grande quantidade de variáveis envolvidas no processo, pois, cada etapa interfere na etapa seguinte e em consequência no produto final.

### 2.1.1 Argilas para cerâmica vermelha

As argilas utilizadas na indústria de cerâmica vermelha ou, como também conhecidas na literatura técnica, argilas comuns (common clays) abrangem uma grande variedade de substâncias minerais de natureza argilosa. Compreendem, basicamente, sedimentos pé líticos consolidados e inconsolidados, como argilas aluviais quaternárias, argilitos, silte os, folhelhos e rítmicos, que queimam em cores avermelhadas, a temperaturas variáveis entre 800 e 1.250°C. Na indústria de cerâmica vermelha ou estrutural as argilas são empregadas como matéria-prima na fabricação de blocos de vedação e estruturais, telhas, tijolos maciços, tubos e ladrilhos. Essas argilas possuem geralmente granulometria muito fina, característica que lhes conferem, com a matéria orgânica incorporada, diferente graus de plasticidade, quando adicionada de determinadas porcentagens de água; além da trabalhabilidade e resistência a verde, a seco e após o processo de queima, aspectos importantes para fabricação de uma grande variedade de produtos cerâmicos. ( Rochas e Minerais Industriais – CETEM/2005)

## 2.2 ESPECIFICAÇÕES

A composição mineralógica, química e física das argilas é importante para a confecção de peças cerâmicas, pois, isoladamente ou combinada, essas propriedades conferem as características de trabalhabilidade no preparo e conformação das peças e a sinterização no processamento térmico, dando a resistência mecânica necessária. No entanto, para a caracterização e indicação de uma argila para um determinado uso cerâmico, utilizam-se ensaios experimentais padronizados, ou composição das massas feitas de forma empírica, com base na experiência do técnico ou do oficial prático cerâmico. Neste último caso, o processo pode ser variável de local para local e dificulta a padronização de formulações e, conseqüentemente, de especificações de matérias-primas para os diferentes usos industriais. ( Anicer)

Para a fabricação de materiais cerâmicos para construção civil, as argilas devem ser moldadas facilmente, apresentar valores de tensão de ruptura de médio a elevados, cor vermelha após a queima, poucas trincas e empenamentos. Deve ainda apresentar teores elevados de ferro bivalente e baixos teores de elementos alcalinos e alcalinos-terrosos.

As argilas para cerâmica vermelha devem possuir as seguintes características (SOUSA SANTOS apud RÉGO, 2008, p.25):

- Ter plasticidade;
- Possuir resistência mecânica após a queima adequada para aplicações;
- Viabilizar a aplicação de técnicas simples de processamento;
- Ter cor vermelha após a queima;
- Ser disponível em abundância

### 2.2.1 Preparação da mistura

Uma massa bem preparada proporciona enormes benefícios nas etapas subsequentes do processo produtivo. Pois, o mesmo será alimentado com insumo uniforme, diminuindo as necessidades de regulagem dos equipamentos,

perdas na conformação (extrusão) e quebras durante a etapa de secagem, além de gerar uma economia de 30% em relação ao consumo de energia gasto durante o processo (Motta et al, 2004).

### 2.2.2 Propriedades da cerâmica vermelha

As propriedades dos materiais cerâmicos são definidas pelas características atômicas e micro estrutural dos materiais que os compõem. Tais matérias podem ser tratadas por meio da seleção das matérias-primas, do processo de fabricação e do produto, sendo fundamental este controle para que sejam minimizados os defeitos macroestruturais (RED apud JUNIOR, 2009, p.37).

A característica essencial da argila como matéria-prima para a produção dos diferentes produtos cerâmicos é a sua plasticidade no estado úmido, qualidade quase não superada por nenhuma outra matéria-prima, que adquire rigidez ao secar e dureza ao ser queimada.

Os materiais argilosos utilizados na indústria de cerâmica vermelha são comercialmente e vulgarmente denominados de “barro” e que são também conhecidos como: barro gordo quando rico em substâncias argilosas de elevada plasticidade ou, barro magro quando o material argiloso contem certa quantidade de silte e areia fina dando um contato áspero ao tato. As argilas para telhas e tijolos são gordas, por exemplo, quando contém 80% de substâncias argilosas e magras quando contém 60% de areia e silte. (ANICER)

Acoplada às propriedades apresentadas nas argilas da cerâmica vermelha acrescentem-se também algumas características apresentadas pelas mesmas, durante e após a transformação do produto final, como plasticidade, porosidade, retração linear, absorção de água, umidade e perda ao fogo.

### 2.2.3 Secagem e queima

Segundo a Associação Nacional da Indústria da Cerâmica ( ANICER) O processamento térmico, que abrange as fases de secagem e queima, é de decisiva importância para a aquisição de um produto cerâmico, pois dele depende o correto desenvolvimento de suas qualidades finais. Após a conformação, as peças ainda contêm água. Para evitar o aparecimento de tensões e futuros defeitos, faz-se necessário eliminá-la, de forma lenta e gradual, com a exposição ao calor e a ambientes ventilados, com controle da taxa de aquecimento, ventilação e umidade relativa do ar. Isto pode ser feito em secadores intermitentes ou contínuos, com temperaturas variando entre 50°C e 150°C. No caso de secagem natural, há necessidade de cuidados adicionais. O processo é mais lento e muito empírico. Pode ocorrer, por exemplo, secagem abrupta, provocando o aparecimento tensões e trincas, que inviabilizam a ida da peça para o forno (queima). A fim de evitar isto, a distribuição das peças no secador deve permitir fluxo de ar uniforme, mas resguardadas de ventilação ou calor excessivas.

#### 2.2.3.1 Plasticidade

É a propriedade de o material úmido ficar sem romper e deformado devido a aplicação de uma tensão, sendo que, a deformação continua mesmo após a tensão aplicada ter sido retirada. Ou seja, um corpo plástico é definido como aquele em que pode ser deformado, sem que sobrevenha a ruptura. Não tem limite de plasticidade e como também não pode ser encruado a frio, sendo este o caso das argilas molhadas (RÊGO, 2008, p.26).

Conforme as normas da ABNT NBR 6459 e a NBR 7180 determina o Limite de liquidez e o Limite de Plasticidade das argilas. E para a determinação da umidade da massa cerâmica (bloco sem secagem, logo após a saída da maromba) aqueles preconizados pela norma ABNT NBR 64574 a determinação da plasticidade é de suma importância, devido à indicação de adequação para ser conformada por extrusão.

O limite de plasticidade é o indicador da quantidade de água mínima a qual a argila ou a massa cerâmica deve conter para ser conformada. O limite de liquidez refere-se à quantidade máxima de água que a argila ou a massa cerâmica deva conter para ainda ser moldável, representando a quantidade de água que ainda pode ser adicionada a partir do LP, sem que ocorra alteração do estado plástico do material.

O índice mínimo do LP é 10%, sendo que, inferior a este percentual torna-se comprometida à etapa de conformação, devido ao grande risco de mudança no comportamento plástico.

#### 2.2.3.2 Porosidade

A estimativa da porosidade para um corpo cerâmico se deve a sua excelente avaliação do grau de conservação em decorrência da temperatura de queima. A porosidade é dimensionada através do volume de água ou ar necessário para enchimento dos poros ou se existem poros fechados. Na grande maioria das massas cerâmicas ou argilas ocorre a retração logo após a secagem e queima em decorrência do fechamento dos poros devido a solicitação a aproximação das partículas entre si por meio da solicitação da tensão superficial (NORTON apud RÉGO, 2008, p.26).

#### 2.2.3.3 Retração linear

Os materiais derivados da argila sofrem retração linear de secagem, devido à eliminação da água utilizada na composição da matéria-prima. Com a eliminação da água surgem vazios, acarretando em uma aproximação das partículas em decorrência das forças de atração eletrostáticas, provocando a conhecida aglomeração. As normas de especificação nacional NBR 13818 (ABNT, (1997)) e internacional ISO 13006 (ISO, (1998)). Apresentam as

variações dimensionais sofridas durante o processo produtivo, desde a conformação até a queima. (Rev. Técnico Científica (IFSC), v. 3, n. 1 (2012).

#### 2.2.3.4 Absorção de água

Segundo a NBR 15270-1 (2005) o índice de absorção d'água não deve ser inferior a 8% e nem superior a 22%. Caso estes valores sejam ultrapassados, então, o produto poderá estar comprometido para determinados fins. Uma absorção muito baixa compromete a aderência com a argamassa, enquanto que, uma absorção muito alta reduz a resistência do bloco, quando usado aparente.

#### 2.2.3.5 Umidade

A umidade nas matérias-primas apresenta uma determinada quantidade de água, devido ao processo natural das chuvas quando estão em seu local de origem ou armazenadas em locais a céu aberto.

A umidade residual refere-se a água remanescente das argilas, após a secagem natural, em decorrência de serem ligeiramente higroscópicas. Para a determinação deste índice é feito um ensaio a temperaturas de 110 a 120°C, durante aproximadas duas horas, sendo o objetivo principal deste ensaio a avaliação da constituição mineralógica das argilas, seus componentes durante os processos de conformação e de secagem (RÊGO, 2008, p.28).

#### 2.2.3.6 Perda ao fogo

Corresponde à diminuição de massa da amostra seca, durante a queima, devido à eliminação da matéria orgânica, águas prováveis de hidróxidos de alumínio, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) gerado da decomposição dos carbonatos e água de constituição das argilas. Para a determinação da PF são utilizadas amostras com peso constante após passarem pela secagem a 110°C, sendo os resultados expressos em %. ( RÊGO, 2008, p.28).

### **2.3 Bloco cerâmico**

O bloco cerâmico, popularmente conhecido como tijolo, é um dos mais antigos elementos de construção. Obtendo-se relatos que desde 4.000 A.C o tijolo já era utilizado como material de construção em diversos tipos de habitações (Barbosa et al., 2011).

A alvenaria de bloco cerâmico é o método de produção mais antigo e mais utilizado, sendo que, a sua matéria-prima é a argila, a qual recebe ou não aditivos, apresentando uma coloração avermelhada, e seu processo de fabricação reside no fato da queima do produto em elevadas temperaturas (Barbosa et al., 2011).

De acordo com Alves apud Almeida (2012, p. 17) a alvenaria pode ser empregada na produção de vários elementos construtivos, nos quais pode haver função estrutural ou de vedação.

Tais blocos são produzidos a partir da argila, geralmente sob forma de um paralelepípedo, possuem coloração avermelhada e apresentam canais/furos ao longo de seu comprimento.

Os blocos de vedação são aqueles destinados à execução de paredes que suportarão o peso próprio e pequenas cargas de ocupação (armários, pias, lavatórios) e geralmente são utilizados com os furos na posição horizontal.

A melhoria da qualidade e desempenho das alvenarias, afeta diretamente os demais subsistemas do edifício como estruturas, instalações, esquadrias, revestimentos e impermeabilização, possibilitando aumentar a vida útil e minimizar custos de execução e manutenção das edificações. Por isso antes da utilização de blocos cerâmicos faz-se necessária a verificação das suas



características físicas e mecânicas para determinar suas condições de aplicação que será realizados no CEULP/ULBRA.

## 2.3 Escolhas dos blocos

Muitos fatores interferem na qualidade final da parede acabada, tais como: a regularidade geométrica da estrutura, a escolha dos blocos de vedação, as argamassas utilizadas para assentamento dos blocos e revestimento, além da mão-de-obra para a execução dos serviços.

Aspectos importantes na escolha do bloco:

Dimensões, desvios de forma e peso de cada bloco, que influenciam na produtividade.

Regularidade geométrica, que conduz a um assentamento mais uniforme com economia de argamassa de assentamento e revestimento - com os blocos Pauluzzi há clientes que conseguem chegar a uma espessura de reboco interno de 8mm

Condições de fornecimento: a palatização facilita o transporte até a obra, dentro da obra e evita o desperdício

Absorção de água e aderência - em ambientes internos os blocos Pauluzzi admitem o reboco em chapisco, além da utilização de gesso corrido. Para paredes externas, chapisco+reboco ou monocapa

Resistência mecânica

Movimentações higroscópicas e térmicas

Peso próprio das paredes: os blocos mais leves conduzirão a elementos estruturais com menores dimensões

Para o desenvolvimento deste constamos com equipamentos modernos, qualificação técnica e segurança nos processos, o laboratório de materiais do centro universitário luterano de Palmas – TO realiza ensaios físicos e mecânicos . Outro indicador de confiança é o fato de fazer parte de um dos maiores Centro Universitário do Brasil .

Foram realizados ensaios dimensionais e físicos e mecânicos conforme norma ABNT NBR 15270-3 para blocos Cerâmicos.

### **3 METODOLOGIA**

Os ensaios realizados tiveram a importância de verificar as características e propriedades dos blocos cerâmicos para alvenaria de vedação realizados em três cerâmicas de Palmas-TO, observando assim se atendem ou não as normas regulamentadoras. Para cada unidade foram verificadas as seguintes características:

Dimensões dos blocos, desvio em relação ao esquadro, planicidade, índice de absorção de água, taxa de sucção e resistência à compressão segundo os procedimentos definidos na norma da ABNT NBR 15270-3 – Bloco cerâmico para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio. Os resultados obtidos foram comparados com os valores padrões estabelecidos na norma da ABNT NBR 15270-1 – Bloco cerâmico para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos.

Foram também realizadas as análises das dimensões e resistência à compressão seguindo os procedimentos definidos na norma da ABNT NBR 15270-3 – Bloco cerâmico para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio.

Os resultados obtidos foram comparados com os valores estabelecidos na norma da ABNT NBR 15270-2.

Bloco cerâmico para alvenaria estrutural e de Vedação – Terminologia e requisitos.

#### **3.1 Composição dos corpos-de-prova de vedação**

As matérias-primas empregadas na produção de tijolos são basicamente as argilas. O termo argila se emprega para fazer referência a um material de granulometria fina, que manifesta um comportamento plástico quando misturado com uma quantidade limitada de água.

## 3.2 Aplicação dos ensaios laboratoriais junto aos corpos-de-prova de vedação

Os ensaios laboratoriais dos corpos-de-prova foram executados conforme NBR 15270-3 (2005) no laboratório do CEULP/UiBra com a finalidade de avaliar as características físicas, mecânicas e geométricas.

### 3.2.1 Determinação das características geométricas dos corpos-de-prova de vedação

Conforme NBR 15270-3 (2005) para determinar as características geométricas necessitou realizar as seguintes avaliações:

- a) Medidas das faces - dimensões efetivas;
- b) Espessura dos septos e paredes externas do bloco;
- c) Desvio em relação ao esquadro;
- d) Planeza das faces;
- e) Área bruta.

Enquanto que a aparelhagem necessária para a execução do ensaio foi a seguinte (NBR 15270-3, 2005):

- a) Paquímetro com sensibilidade mínima de 0,05 mm;
- b) Régua metálica com sensibilidade mínima de 0,05 mm;
- c) Esquadro metálico de  $90 \pm 0,5^\circ$ ;
- d) Balança com resolução de até 10 g.

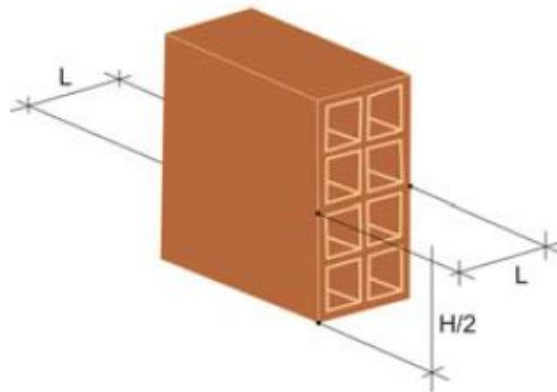
Ao receber os corpos-de-prova estes foram identificados, limpos, tiveram as rebarbas retiradas e colocados em um ambiente para proteger as características originais.

#### 3.2.1.1. *Determinação das medidas das faces dos corpos-de-prova de vedação – Dimensões efetivas*

Os blocos foram colocados em cima de uma superfície plana e indeformável.

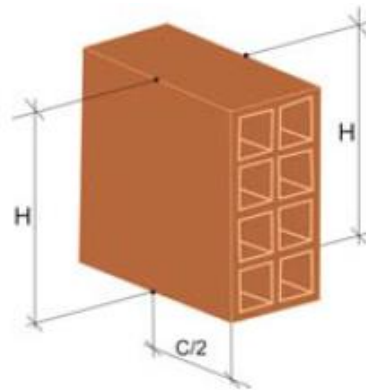
Baseado na NBR 15270-3 (2005), para se obter os valores da largura (L), altura (H) e comprimento (C) foram realizadas medições nos pontos indicados nas figuras 1, 2 e 3.

**Figura 1** - Local para medições da largura (L) do bloco



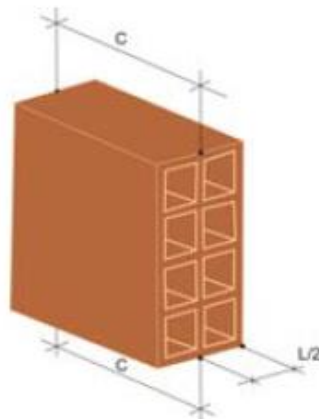
Fonte: RÊGO, 2008, p.48

**Figura 2** - Local para medições da altura (H) do bloco



Fonte: RÊGO, 2008, p.48

**Figura 3**- Local para medições do comprimento (C) do bloco



Fonte: RÊGO, 2008, p.48

O resultado do ensaio contém as seguintes informações (NBR 15270-3, 2005):

- a) Identificação da amostra e de todos os corpos-de-prova;
- b) Valores individuais das dimensões das faces de cada um dos corpos-de-prova, expresso em milímetros;
- c) Valor da média de cada uma das dimensões consideradas, calculado como a média aritmética dos valores individuais, expresso em milímetros;
- d) Valores de referência das tolerâncias dimensionais;
- e) Referência a NBR 15270.

As tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva são abordadas na tabela 1.

**Tabela 1** - Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva

<b>Grandezas Controladas</b>	<b>Tolerância individual mm</b>
Largura (L)	$\pm 5$
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Fonte: NBR 15270-1, 2005

As tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas são abordadas na tabela 2.

**Tabela 2** - Tolerâncias dimensionais relacionadas à média das dimensões efetivas

<b>Grandezas Controladas</b>	<b>Tolerância individual mm</b>
Largura (L)	$\pm 3$
Altura (H)	
Comprimento (C)	

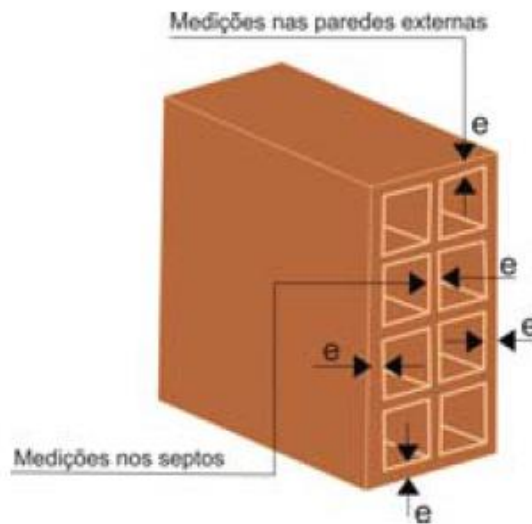
Fonte: NBR 15270-1, 2005

### 3.2.1.2 Determinação da espessura das paredes externas e septos dos corpos-de-prova de vedação

Os corpos-de-prova foram colocados em uma superfície plana e indeformável, após isso, a espessura das paredes externas foram medidas no mínimo nos pontos informados na figura 4, através do qual houve a busca pela menor espessura da parede (NBR 15270-3, 2005).

Obtidas as aferições de espessuras dos septos na região central, usufruindo no mínimo quatro aferições, para encontrar os septos com a menor espessura (NBR 15270-3, 2005).

**Figura 4** - Medidas dos septos e das paredes externas dos blocos cerâmicos



Fonte: RÊGO, 2008, p.51

O resultado contém as seguintes informações (NBR 15270-3, 2005):

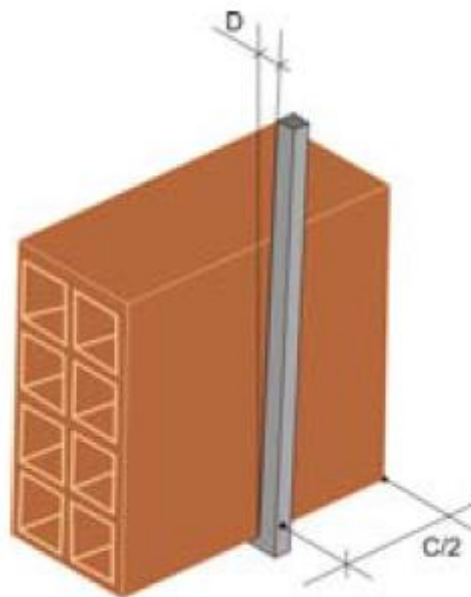
- a) Identificação da amostra e de todos os corpos-de-prova;
- b) Esquema da face de corte transversal aos furos, com as indicações dos pontos onde os valores das espessuras foram obtidos;
- c) Os valores individuais das espessuras das paredes externas e dos septos, para cada um dos corpos-de-prova, expressados em milímetros;
- d) Valores de referência das tolerâncias dimensionais;
- e) Referência a NBR 15270.

De acordo com a NBR 15270-1 (2005), a espessura dos septos dos blocos cerâmicos de vedação será de no mínimo 6 mm, enquanto que, das paredes externas será de no mínimo 7 mm.

### 3.2.1.3 Determinação do desvio em relação ao esquadro dos corpos-de-prova de vedação

Conforme NBR 15270-3 (2005), os corpos-de-prova foram colocados em uma superfície plana e indeformável, onde foi medido desvio em relação ao esquadro entre uma das faces destinadas ao assentamento e a maior face será destinada ao revestimento do bloco, na qual empregados o esquadro metálico e a régua metálica, conforme figura 5.

**Figura 5** - Desvio em relação ao esquadro



Fonte: RÉGO, 2008, p.52

O resultado contém as seguintes informações (NBR 15270-3, 2005):

- a) Identificação da amostra e de todos os corpos-de-prova;
- b) Valores individuais da planeza das faces (F) para cada corpo-de-prova, expressado em milímetros;

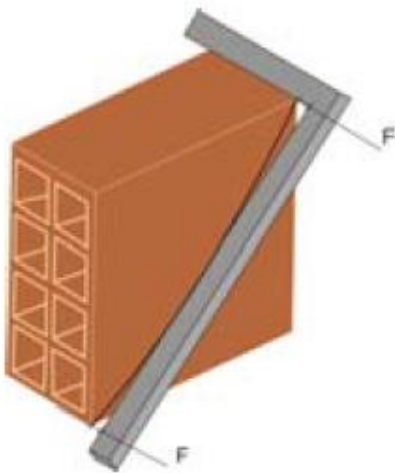
- c) Valor de referência do limite dimensional;
- d) Referência a NBR 15270.

A NBR 15270-1 (2005) informa que, o desvio em relação ao esquadro será de no mínimo 3 mm.

#### 3.2.1.4 Planeza das faces dos corpos-de-prova de vedação

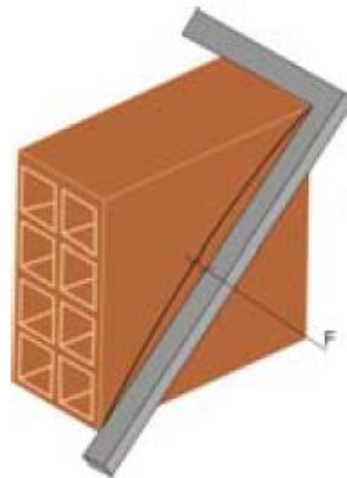
Conforme NBR 15270-3 (2005), os corpos-de-prova foram colocados em uma superfície plana e indeformável, para se determinar a planeza de uma das faces destinadas ao revestimento por meio da flecha formada na diagonal, utilizando o esquadro metálico e a régua metálica, de acordo com o representado nas figuras 6 e 7.

**Figura 6** - Planeza das faces (convexa)



Fonte: RÊGO, 2008, p.53

**Figura 7** - Planeza das faces (côncava)



Fonte: RÊGO, 2008, p.53

A flecha deverá ser no máximo de 3 mm (NBR 15270-1, 2005).

#### 3.2.1.5 Determinação da área bruta ( $A_b$ ) dos CPs de vedação



Para determinar a área bruta para o bloco de vedação foi necessário realizar as seguintes atividades (NBR 15270-3, 2005):

- a) Medida a largura (L), a altura (H) e o comprimento (C) dos corpos-de-prova, conforme figuras 5, 6 e 7;
- b) Aplicada a expressão  $L \times C$ , na unidade de centímetros quadrados, por meio de aproximação decimal.

O resultado apresenta as seguintes informações (NBR 15270-3, 2005):

- a) Identificação da amostra e de todos os corpos-de-prova;
- b) Valor médio da área bruta, calculado como a média aritmética dos valores individuais;
- c) Referência a NBR 15270 (2005).

### 3.2.1.6 Inspeção dos lotes pelas características geométricas dos corpos-de-prova de vedação

Baseado na NBR 15270-1 (2005), para determinar a rejeição ou aceitação dos lotes dos corpos-de-prova de vedação, na inspeção por ensaios, à dimensão efetiva, a planeza das faces, o desvio em relação ao esquadro e a espessura das paredes externas e dos septos, devem atender ao disposto na tabela 3.

**Tabela 3** - Aceitação e rejeição na inspeção por ensaios de características geométricas

N° de blocos constituintes	Unidades não-conformes	
	N° para aceitação do lote	N° para rejeição do lote
13	2	3

Nota: Esta tabela não se aplica ao item área bruta.

Fonte: NBR 15270-1, 2005

Além disso, o lote deve ser rejeitado caso a média obtida das dimensões efetivas individuais ultrapasse o limite estabelecido de  $\pm 3$  mm.

### 3.2.2 Determinação das características físicas dos corpos-de-prova de vedação

Conforme NBR 15270-3 (2005) para determinar as características físicas foi necessário realizar as seguintes avaliações:

- a) determinação da massa seca ( $m_s$ );
- b) determinação da massa úmida ( $m_u$ );
- c) determinação do índice de absorção d'água (AA).

Para realizar os ensaios supracitados foi necessário ter a seguinte aparelhagem (NBR 15270-3, 2005):

- a) balança com resolução de até 5 g;
- b) estufa com temperatura ajustável a  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ .

Ao receber os corpos-de-prova estes foram identificados, limpos, tiveram as rebarbas retiradas e colocados em um ambiente para proteger as características originais.

#### 3.2.2.1 Inspeção dos lotes pelas características físicas dos corpos-de-prova de vedação

Baseado na NBR 15270-1 (2005), para determinar a rejeição ou aceitação dos lotes dos corpos-de-prova de vedação, na inspeção por ensaios, o índice de absorção d'água deve atender ao disposto na tabela 4.

**Tabela 4** - Aceitação e rejeição na inspeção por ensaios de características físicas

N° de blocos constituintes	Unidades não-conformes	
	N° para aceitação do	N° para rejeição do lote
Amostragem simples		

	<b>lote</b>	
13	1	2

Fonte: NBR 15270-1, 2005

**Tabela 5** – Resistência à compressão

<b>Blocos com furos na horizontal.</b>	<b>Resistência à Compressão Mpa</b>
13	$\geq 1,5$

Fonte: NBR 15270-1, 2005

### **3.3 ANÁLISE DOS DADOS**

A partir da análise das unidades amostrais, foram obtidos os dados das variáveis observadas, estas foram processadas e apresentados através de tabelas e/ou gráficos; também foram determinadas medidas de tendência central, dispersão e curtose. A partir dessas medidas foram construídos intervalos com 95% de confiabilidade. Para que se possa comparar a qualidade das empresas produtoras deste material a partir destes parâmetros analisados.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Neste capítulo foram apresentados os resultados obtidos da análise dos ensaios físicos, geométricos e mecânicos baseados na metodologia do presente trabalho, em forma de gráficos e tabelas para que assim permita uma melhor explicação e análise do resultado dos ensaios geométricos, ensaios físicos e ensaios mecânicos baseados na metodologia do trabalho, em forma de tabelas e gráficos, para permitir um avanço na análise e explicação dos resultados.

### **4.1 Corpos-de-prova de vedação**

#### 4.1.1 Análise das características geométricas dos Corpos-de-prova de vedação, Fabricados pelas Cerâmicas, A, B e C.

Nesta seção são apresentados os resultados e discussões das características geométricas dos ensaios realizados nos blocos cerâmicos para alvenaria, de vedação.

##### 4.1.1.1 Análise das medidas das faces dos Corpos-de-prova para alvenaria de vedação – Dimensões efetivas

Na tabela 5 constam os resultados obtidos na determinação das medidas das faces para obtenção das dimensões.

**Tabela 6** - Determinação das medidas das faces dos Corpos-de-prova de vedação, cerâmica A

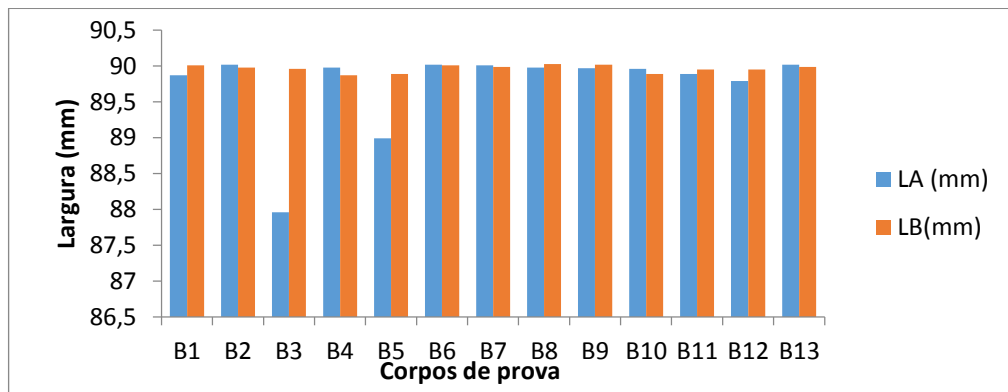
CP N°	Medidas das faces (mm)					
	Largura		Altura		Comprimento	
	LA	LB	HA	HB	CA	CB
B1	89,87	90,01	190	189	290	288
B2	90,02	89,98	188	190	288	289
B3	87,96	89,96	189	188	287	286
B4	89,98	89,87	187	190	290	290
B5	88,99	89,89	190	198	290	289
B6	90,02	90,01	190	187	292	288
B7	90,01	89,99	187	189	289	289
B8	89,98	90,03	190	190	287	288
B9	89,97	90,02	188	190	286	287
B10	89,96	89,89	187	189	289	289
B11	89,89	89,95	189	189	290	288
B12	89,79	89,95	187	190	286	290
B13	90,02	89,99	188	189	289	289
<b>Média</b>	<b>89,73</b>	<b>89,96</b>	<b>188,46</b>	<b>189,85</b>	<b>288,69</b>	<b>288,46</b>
<b>Conf. 95%</b>	<b><math>89,37 \leq M \leq 90,09</math></b>	<b><math>89,93 \leq M \leq 89,99</math></b>	<b><math>187,69 \leq M \leq 189,21</math></b>	<b><math>188,27 \leq M \leq 191,42</math></b>	<b><math>287,61 \leq M \leq 289,77</math></b>	<b><math>287,7 \leq M \leq 289,14</math></b>
<b>Dimensões Efetivas (mm)</b>	<b>90</b>		<b>190</b>		<b>290</b>	

Fonte: Autor, 2016

Nas figuras 8, 9 e 10 são apresentados os resultados já expostos na tabela 6, agora por meio de gráficos, dos valores pertinentes á largura, a altura e o

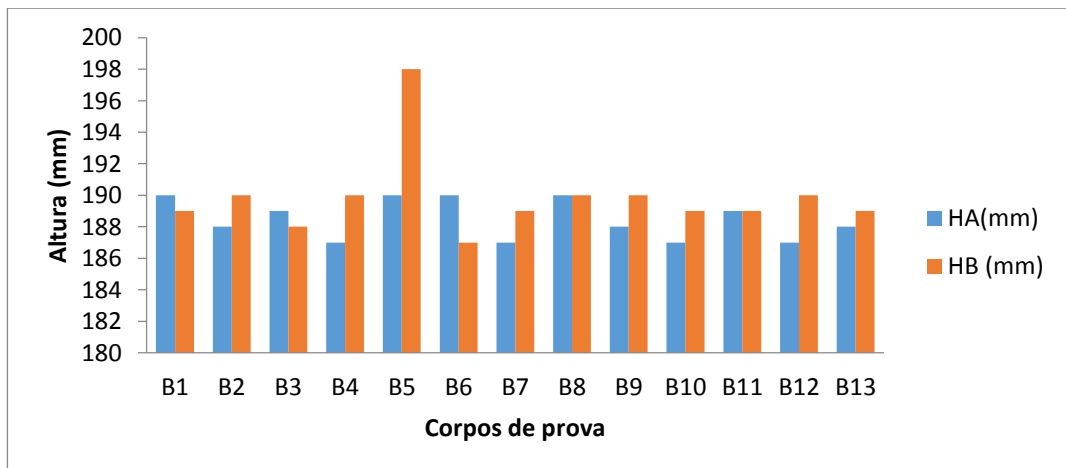
comprimento dos corpos-de-prova. As linhas vermelhas referenciam as tolerâncias dimensionais individuais expressas na NBR 15270-1 (2005).

**Figura 8** –Gráfico da largura dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A



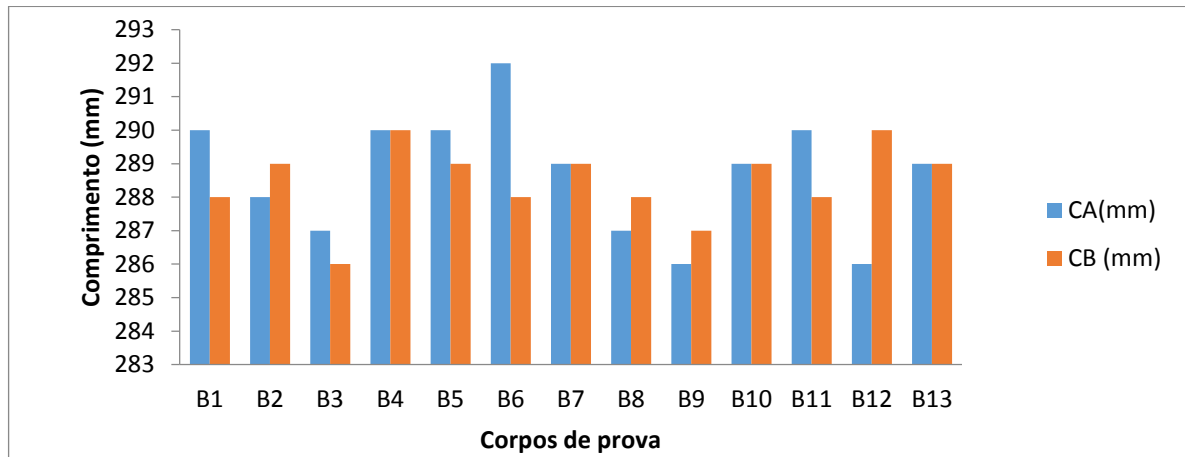
Fonte: Autor, 2016

**Figura 9** –Gráfico da altura dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A



Fonte: Autor, 2016

**Figura 10** –Gráfico do comprimento dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A

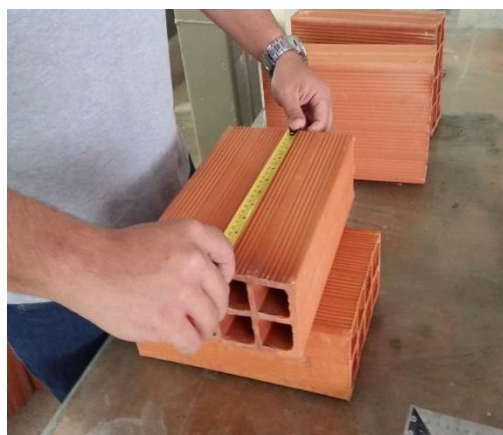


Fonte: Autor, 2016

Conforme exposto na tabela 5 e nas figuras 8, 9 e 10, os blocos cerâmicos estão em conformidade com a NBR 15270-1 (2005), no que diz respeito às tolerâncias dimensionais individuais e também em relação à média efetiva, porém neste último, somente na altura e no comprimento, pois na largura excedeu mais de 3 mm.

Na tabela 6 constam os resultados obtidos na determinação das medidas das faces para obtenção das dimensões efetivas, quanto aos corpos-de-prova da Cerâmica B.

**Figura 11** - Determinação das medidas das faces



Fonte: (Autoria própria)



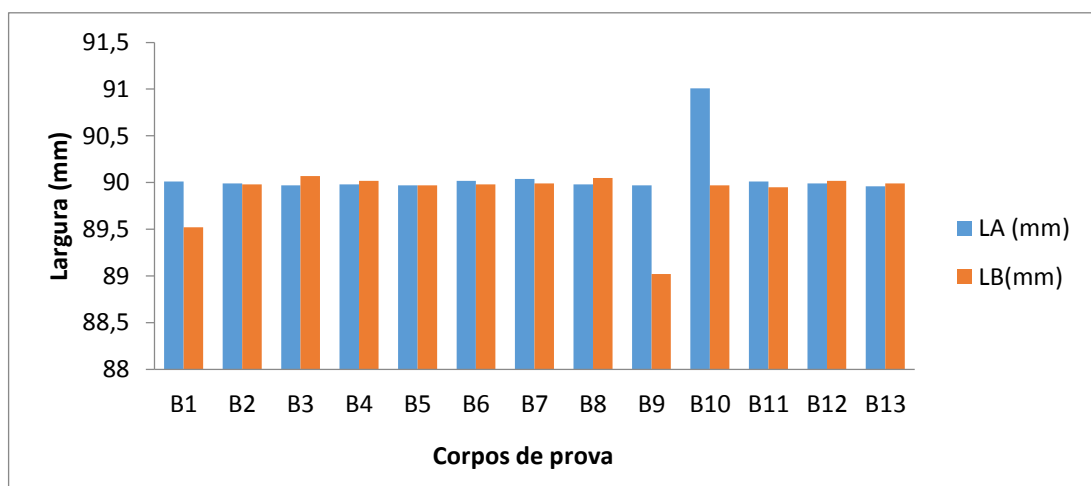
**Tabela 7** - Determinação das medidas das faces dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica B.

CP N°	Medidas das faces (mm)					
	Largura		Altura		Comprimento	
	LA	LB	HA	HB	CA	CB
B1	90,01	89,52	191	190	289	290
B2	89,99	89,98	190	190	290	288
B3	89,97	90,07	191	189	289	289
B4	89,98	90,02	190	186	289	289
B5	89,97	89,97	189	188	290	297
B6	90,02	89,98	186	189	291	290
B7	90,04	89,99	190	190	288	286
B8	89,98	90,05	189	189	290	290
B9	89,97	90,02	188	190	290	291
B10	91,01	89,97	187	189	289	288
B11	90,01	89,95	190	190	286	288
B12	89,99	90,02	188	188	287	289
B13	89,96	89,99	190	190	290	291
<b>Média</b>	<b>90,07</b>	<b>83,73</b>	<b>189,15</b>	<b>189,08</b>	<b>289,08</b>	<b>289,69</b>
<b>Conf. 95%</b>	<b>89,9 ≤ M ≤ 90,24</b>	<b>83,65 ≤ M ≤ 83,81</b>	<b>188,23 ≤ M ≤ 190,07</b>	<b>188,36 ≤ M ≤ 189,80</b>	<b>288,25 ≤ M ≤ 289,91</b>	<b>288,13 ≤ M ≤ 291,25</b>
<b>Dimensões Efetivas (mm)</b>	<b>90</b>		<b>190</b>		<b>290</b>	

Fonte: Autor, 2016

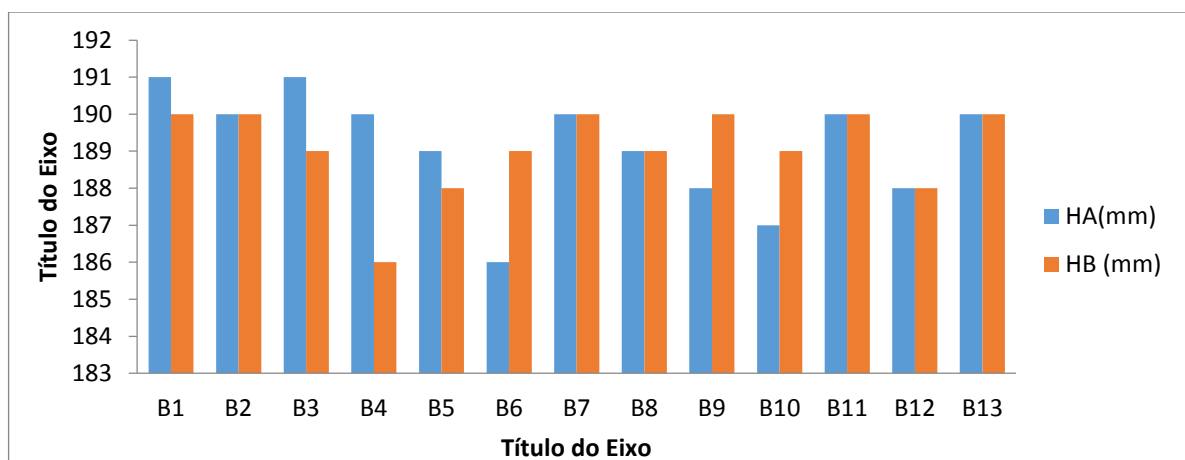
Nas figuras 12, 13 e 14 são apresentados os resultados já expostos na tabela 7, agora por meio de gráfico dos valores pertinentes a largura, a altura e o comprimento dos corpos-de-prova. As linhas vermelhas referenciam as tolerâncias dimensionais individuais expressas na NBR 15270-1 (2005).

**Figura 12** - Gráfico da largura dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica B.

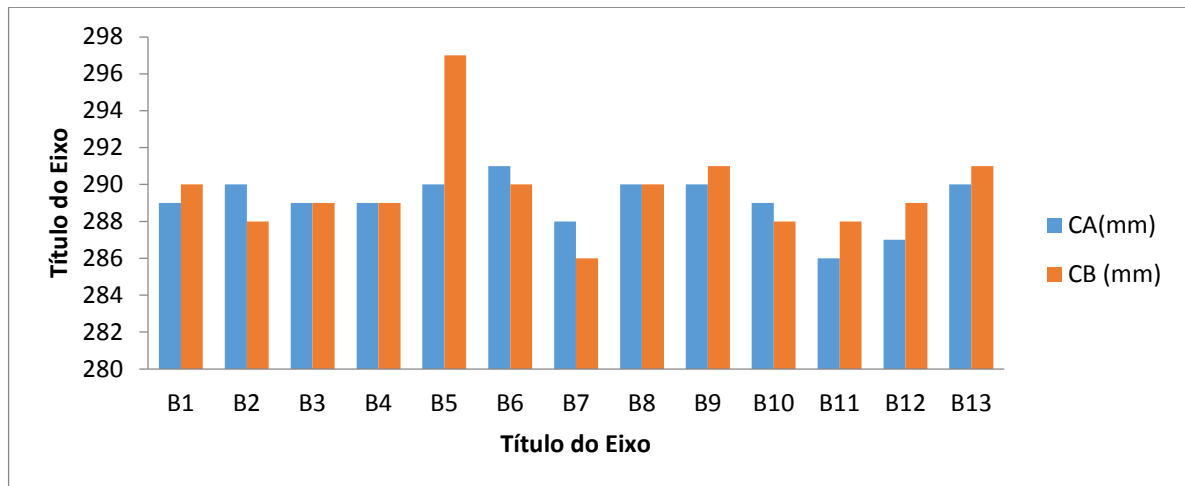


Fonte: Autor, 2016

**Figura 13** - Gráfico da altura dos corpos -de- prova de vedação, cerâmica B.



Fonte: Autor, 2016

**Figura 14** - Gráfico do comprimento dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica B.

Fonte: Autor, 2016

**Tabela 8** - Determinação das medidas das faces dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica C.

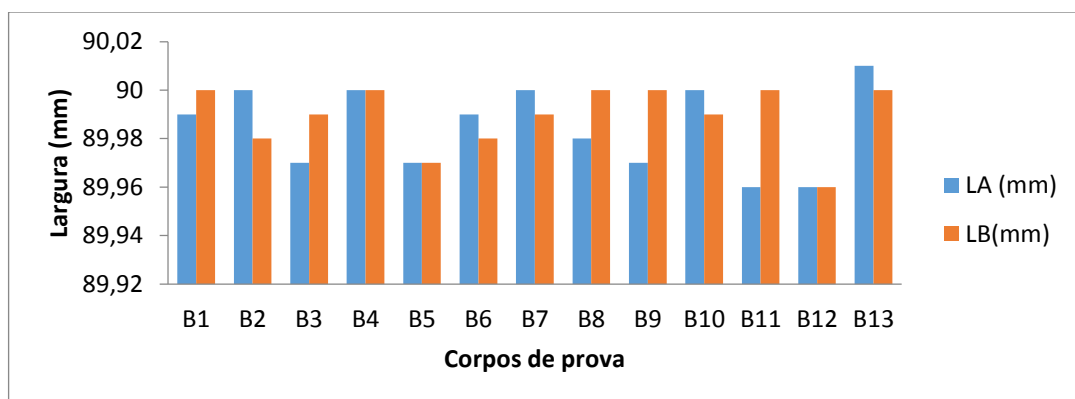
CP N°	Medidas das faces (mm)					
	Largura		Altura		Comprimento	
	LA	LB	HA	HB	CA	CB
B1	89,99	90	190	185	288	291
B2	90	89,98	189	187	288,5	289
B3	89,97	89,99	190	188	291	291
B4	90	90	188	187	291	289
B5	89,97	89,97	188	188	290	288
B6	89,99	89,98	187	189	291	290
B7	90	89,99	187	188	289	294
B8	89,98	90	189	189	289	290
B9	89,97	90	188	188	287	291
B10	90	89,99	187	186	290	288

B11	89,96	90	190	190	290	290
B12	89,96	89,96	188	188	292	293
B13	90,01	90	188	190	291	292
<b>Média</b>	<b>89,98</b>	<b>89,99</b>	<b>188,38</b>	<b>187,92</b>	<b>289,81</b>	<b>290,46</b>
<b>Conf. 95%</b>	<b>89,97 ≤ M ≤ 89,99</b>	<b>89,99 ≤ M ≤ 89,99</b>	<b>187,71 ≤ M ≤ 189,05</b>	<b>187,05 ≤ M ≤ 188,79</b>	<b>288,94 ≤ M ≤ 290,68</b>	<b>288,66 ≤ M ≤ 292,26</b>
<b>Dimensões Efetivas (mm)</b>	<b>90</b>		<b>190</b>		<b>290</b>	

Fonte: Autor, 2016

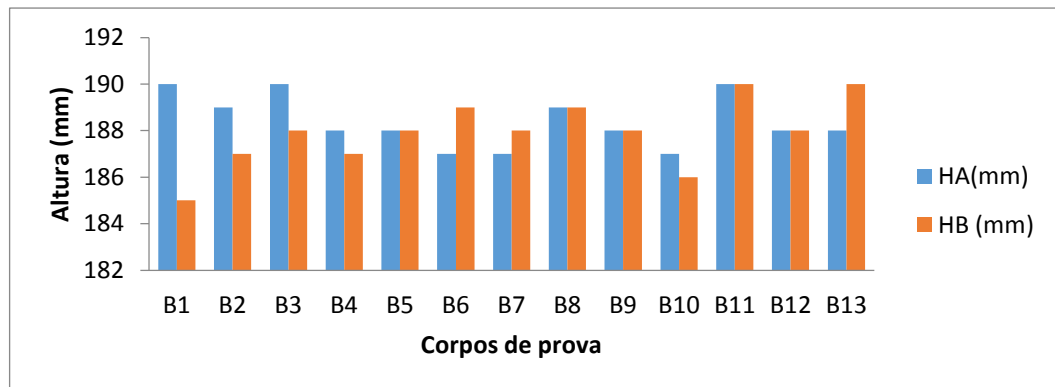
Nas figuras 15, 16 e 17 são apresentados os resultados já expostos na tabela 8, agora por meio de gráfico dos valores pertinentes a largura, a altura e o comprimento dos corpos-de-prova. As linhas vermelhas referenciam as tolerâncias dimensionais individuais expressas na NBR 15270-1 (2005).

**Figura 15** - Gráfico da largura dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica C.



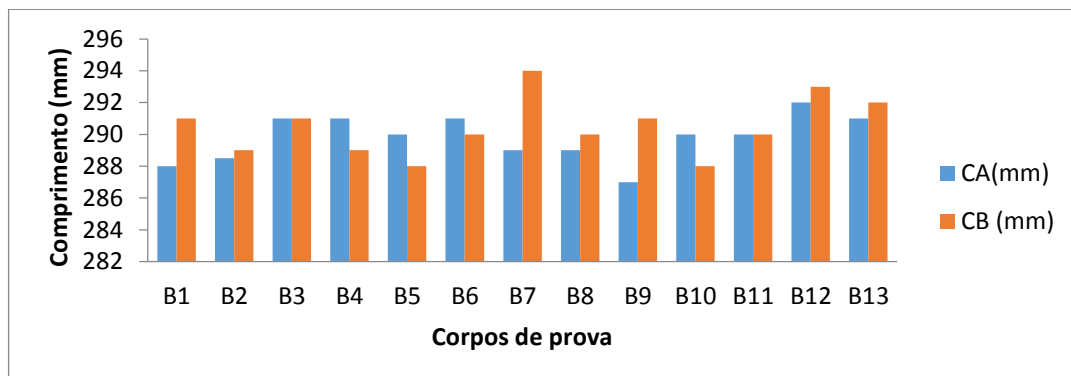
Fonte: Autor, 2016

**Figura 16** - Gráfico da altura dos corpos -de- prova de vedação, cerâmica C.



Fonte: Autor, 2016

**Figura 17** - Gráfico do comprimento dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica C.



Fonte: Autor, 2016

Conforme exposto na tabela 8 e nas figuras 15, 16 e 17, os blocos estão em conformidade com a NBR 15270-1 (2005) no que diz respeito às tolerâncias dimensionais individuais, com exceção somente no CP B11 no quesito altura média, pois ficou abaixo dos 5 mm de tolerância individual, porém o número é aceito para aprovação do lote, pois ficou abaixo de 3 unidades não-conformes.

Quanto à média efetiva, somente o comprimento atendeu à solicitação da Norma, enquanto que a largura ficou acima de 3 mm da tolerância e a altura ficou abaixo dos mesmos 3 mm de tolerância.

4.1.1.2 Análise das espessuras das paredes externas e septos dos corpos-de-prova das cerâmicas A ,B e C.

Sobre os resultados da determinação da espessura das paredes externas e septos dos corpos-de-prova, estão expressos na tabela 8.

**Tabela 9** - Determinação da espessura das paredes externas e septos dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A.

CP N°	Espessura das paredes externas (mm)				Espessura dos septos (mm)			
	E1	E2	E3	E4	S1	S2	S3	S4
A1	7,38	9,74	6,83	8,74	7,87	6,96	7,01	7,67
A2	7,24	9,92	7,46	8,49	7,15	7,52	6,92	7,14
A3	6,78	9,53	7,68	7,49	7,38	7,02	7,37	6,58
A4	7,53	8,32	8,05	8,80	7,01	6,50	6,45	7,00
A5	8,45	9,16	7,67	7,74	6,76	6,66	6,93	7,63
A6	7,36	9,01	8,10	9,01	7,30	6,90	8,11	7,05
A7	9,22	8,37	7,77	9,59	8,07	7,62	6,89	7,08
A8	7,26	8,59	8,45	8,61	7,60	6,66	7,22	7,08
A9	9,35	8,46	7,74	9,39	6,64	6,22	6,96	8,32
A10	6,90	9,72	8,11	7,42	6,40	6,61	6,90	8,27
A11	6,85	9,53	6,52	9,35	7,53	7,09	7,73	7,82
A12	7,78	9,19	6,54	9,52	7,51	5,82	6,90	7,02
A13	7,17	8,80	6,90	9,00	7,65	7,45	6,98	8,00
Coef.95%	7,13 ≤ M ≤	8,76 ≤ M ≤	7,14 ≤ M ≤	8,25 ≤ M ≤	7,05 ≤ M ≤ 7,54	6,53 ≤ M	6,85 ≤ M ≤	7,10 ≤ M ≤

	8,14	9,44	7,90	8,25		≤7,15	7,35	7,76
--	------	------	------	------	--	-------	------	------

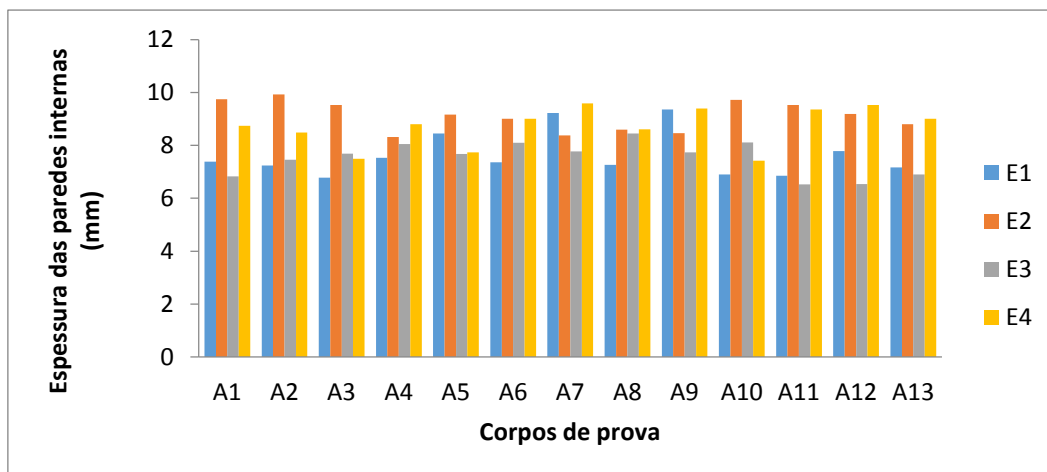
Fonte: Autor, 2016

**Figura 18** - Determinação da espessura das paredes externas e septos



Fonte: (Autoria própria)

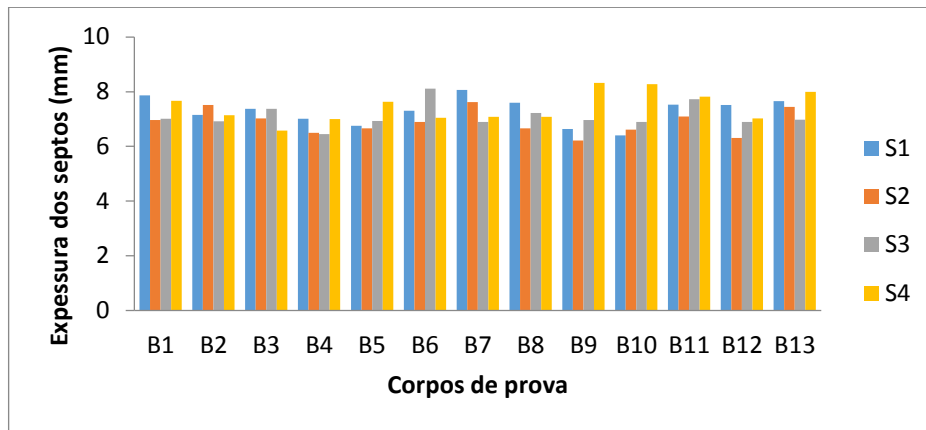
**Figura 19** – Gráfico da espessura das paredes externas dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A.



Fonte: Autor, 2016

Ao analisar a tabela 9 e o gráfico 19 é possível abstrair que dos 13 blocos, 4 apresentaram problema quanto a espessura das paredes externas, pois em alguns pontos ficaram abaixo de 7 mm e o número de unidades não-conformes ficou maior ou igual a 3, conforme preconiza a NBR 15270-1 (2005).

A figura 20 apresenta o gráfico de medição das espessuras dos septos dos corpos-de-prova contendo.

**Figura 20** - Gráfico da espessura dos septos dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A.

Fonte: Autor, 2016

Na análise da tabela 9 e do gráfico 20 é possível abstrair que somente um bloco ficou com espessura nos septos menor do que 6 mm, ou seja, neste quesito os blocos atendem a norma vigente.

**Tabela 10** - Determinação da espessura das paredes externas e septos dos corpos-de-prova de vedação cerâmica B.

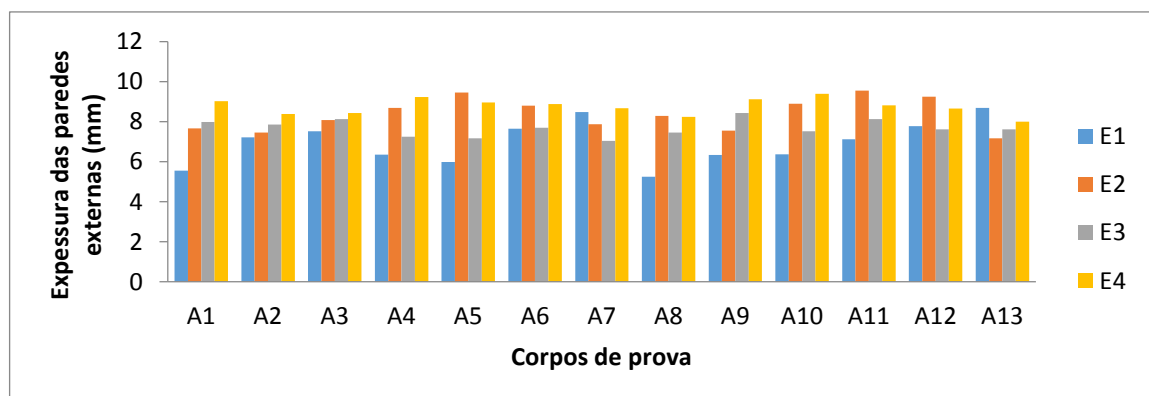
CP N°	Espessura das paredes externas (mm)				Espessura dos septos (mm)			
	E1	E2	E3	E4	S1	S2	S3	S4
B1	5,55	7,17	7,62	7,99	8,24	7,09	8,14	7,64
B2	8,69	7,66	7,98	9,02	8,11	7,35	7,74	8,25
B3	7,22	7,45	7,85	8,38	7,44	6,95	7,68	7,64
B4	7,52	8,08	8,13	8,43	8,45	7,08	7,17	7,51
B5	6,35	8,69	7,24	9,22	7,46	8,26	7,49	7,31
B6	5,98	9,45	7,17	8,95	8,33	7,28	6,91	7,64
B7	7,65	8,79	7,69	8,88	6,96	7,23	7,39	9,21
B8	8,48	7,87	7,03	8,66	7,67	6,99	7,69	8,13



B9	5,25	8,28	7,45	8,24	4,63	6,92	7,88	8,22
B10	6,34	7,55	8,42	9,11	7,51	7,01	8,73	7,89
B11	6,36	8,89	7,51	9,39	9,05	7,97	8,45	7,96
B12	7,12	9,54	8,12	8,81	6,86	7,45	8,26	8,19
B13	7,78	9,25	7,61	8,65	7,81	10	7,43	7,53
Coef. 95%	$6,3 \leq M \leq 7,58$	$7,88 \leq M \leq 8,83$	$7,43 \leq M \leq 7,93$	$8,49 \leq M \leq 8,99$	$6,93 \leq M \leq 8,23$	$6,99 \leq M \leq 8,01$	$7,45 \leq M \leq 8,07$	$7,63 \leq M \leq 8,23$

Fonte: Autor, 2016

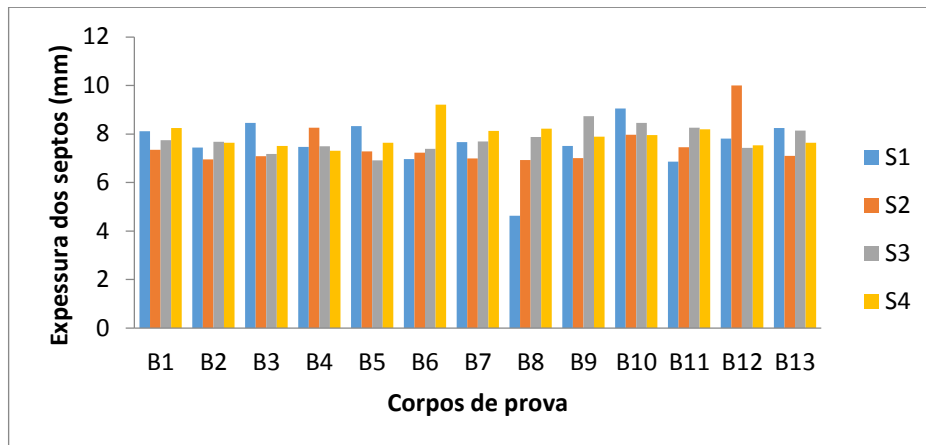
**Figura 21** - Gráfico da espessura das paredes externas dos Corpos-de-prova de vedação, Cerâmica B.



Fonte: Autor, 2016

Ao analisar a tabela 10 e o gráfico 21 é possível abstrair que dos 13 blocos, 6 apresentaram problema quanto a espessura das paredes externas, pois em alguns pontos ficaram abaixo de 7 mm e o número de unidades não-conformes ficou maior ou igual a 3, conforme preconiza a NBR 15270-1 (2005). Ou seja, um resultado pior do que o apresentado.

A figura 22 apresenta o gráfico de medição das espessuras dos septos dos CPs B.

**Figura 22** - Gráfico da espessura dos septos dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica B.

Fonte: Autor, 2016

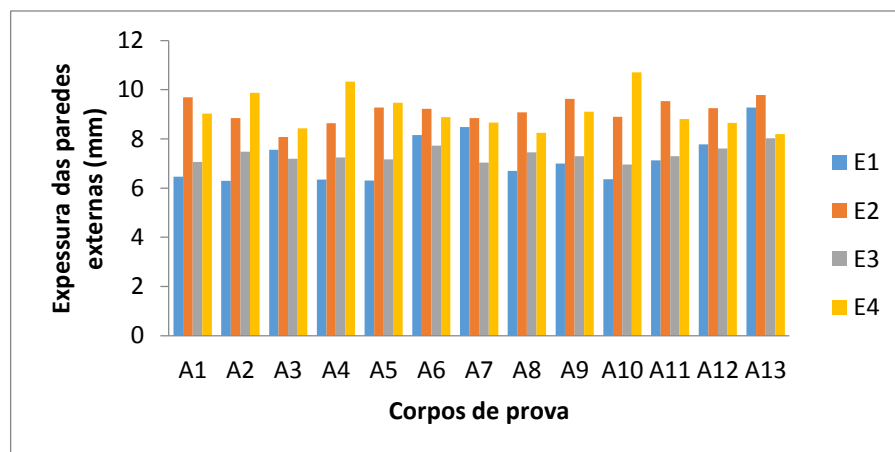
**Tabela 11** - Determinação da espessura das paredes externas e septos dos corpos-de-prova de vedação cerâmica C.

CP Nº	Espessura das paredes externas (mm)				Espessura dos septos (mm)			
	E1	E2	E3	E4	S1	S2	S3	S4
B1	6,46	9,69	7,06	9,03	7,34	6,86	7,36	7,09
B2	6,29	8,85	7,48	9,87	7,01	7,01	7,17	7,45
B3	7,55	8,08	7,19	8,43	7,11	6,28	6,92	7,23
B4	6,35	8,63	7,24	10,33	7,46	9,55	7,49	7,28
B5	6,3	9,27	7,17	9,47	7,05	7,28	6,91	8,38
B6	8,15	9,22	7,72	8,88	6,96	7,23	7,8	7,35
B7	8,48	8,84	7,03	8,66	6,66	7,4	7,45	7,88
B8	6,7	9,08	7,45	8,24	6,9	6,92	7,82	7,17
B9	7	9,63	7,29	9,11	7,51	7,01	7,93	7,38
B10	6,36	8,89	6,96	10,71	7,1	7,97	7,15	7,4
B11	7,12	9,54	7,3	8,81	7,38	7,4	8,3	7,22

B12	7,78	9,25	7,61	8,65	6,92	10	6,95	6,89
B13	9,28	9,78	8,02	8,19	6,61	6,99	7,29	7,18
Coef. 95%	$6,63 \leq M \leq 7,79$	$8,84 \leq M \leq 9,42$	$7,16 \leq M \leq 7,52$	$8,63 \leq M \leq 9,57$	$6,90 \leq M \leq 7,24$	$6,89 \leq M \leq 8,17$	$7,16 \leq M \leq 7,68$	$7,14 \leq M \leq 7,60$

Fonte: Autor, 2016

**Figura 23** - Gráfico da espessura das paredes externas dos Corpos-de-prova de vedação, Cerâmica C.

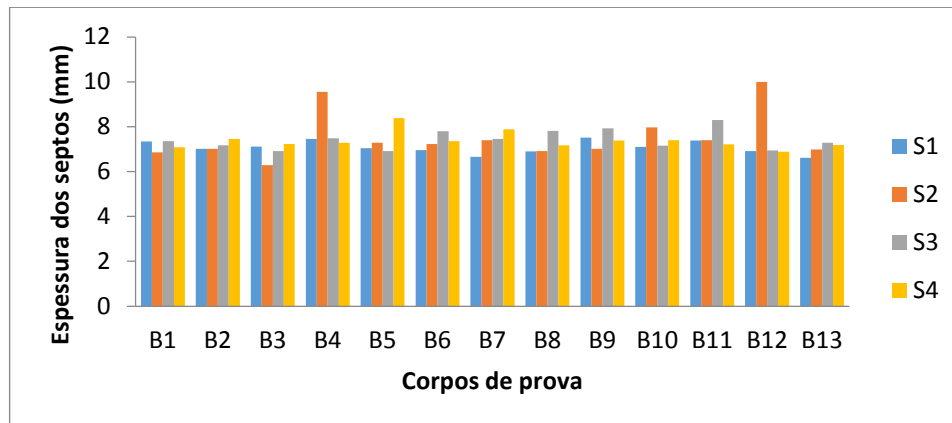


Fonte: Autor, 2016

Ao analisar a tabela 11 e o gráfico 23 é possível abstrair que dos 13 blocos, 6 apresentaram problema quanto a espessura das paredes externas, pois em alguns pontos ficaram abaixo de 7 mm e o número de unidades não-conformes ficou maior ou igual a 3, conforme preconiza a NBR 15270-1 (2005). Ou seja, um resultado pior do que o apresentado.

A figura 24 apresenta o gráfico de medição das espessuras dos septos dos CPs B.

**Figura 24** - Gráfico da espessura dos septos dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica C



Fonte: Autor, 2016

Na análise da tabela 11 e do gráfico 24 é possível abstrair que nenhum bloco ficou com espessura nos septos menor do que 6 mm, ou seja, neste quesito os blocos atendem a Norma vigente.

#### 4.1.1.3 Análise do desvio em relação ao esquadro e da planeza das faces

Com relação a determinação do desvio em relação ao esquadro e também quanto a determinação da planeza das faces, nos corpos-de-prova da cerâmica A, os resultados são expressados na tabela 11.

**Tabela 12** - Determinação do desvio em relação ao esquadro e da planeza das faces dos corpos-de-prova de vedação cerâmica A.

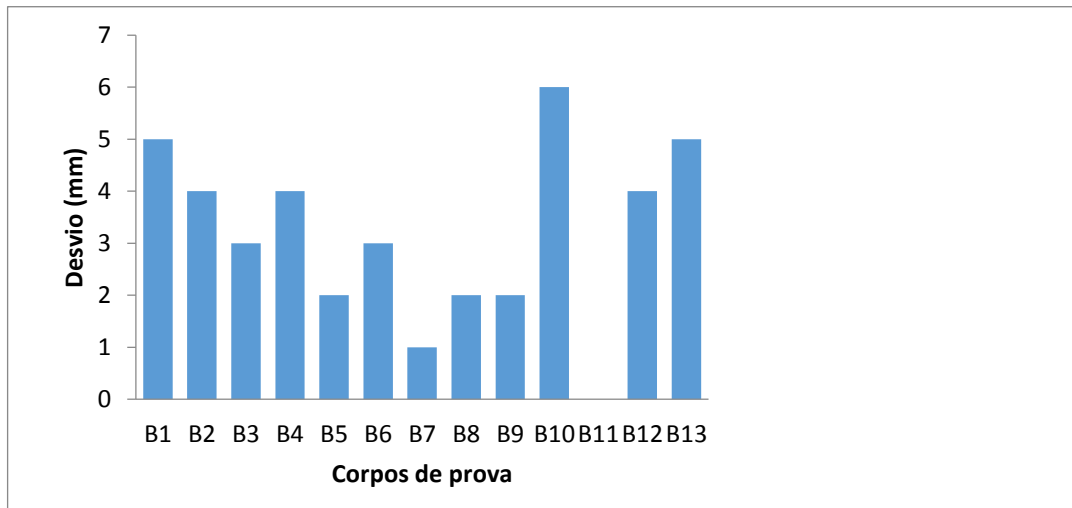
CP N°	Desvio esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)

	<b>Face D1</b>	<b>FC</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>
B1	5,00	1,00	0,00	1,00
B2	4,00	2,00	3,00	0,00
B3	3,00	0,00	4,00	6,00
B4	4,00	0,00	5,00	4,00
B5	2,00	1,00	4,00	5,00
B6	3,00	0,00	1,00	3,00
B7	1,00	3,00	1,50	2,00
B8	2,00	2,00	8,00	4,00
B9	2,00	4,00	3,00	3,00
B10	6,00	0,00	7,00	0,00
B11	0,00	0,00	5,00	7,00
B12	4,00	0,00	1,00	4,00
B13	5,00	1,00	4,00	2,00
Média	3,15	1,08	3,58	3,15

Fonte: Autor, 2016

Com a obtenção da tabela 12 conseguiu-se o gráfico presente na figura 25, no qual se expressam os valores do desvio em relação ao esquadro dos corpos-de-prova.

**Figura 25** –Gráfico do desvio em relação ao esquadro dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A.

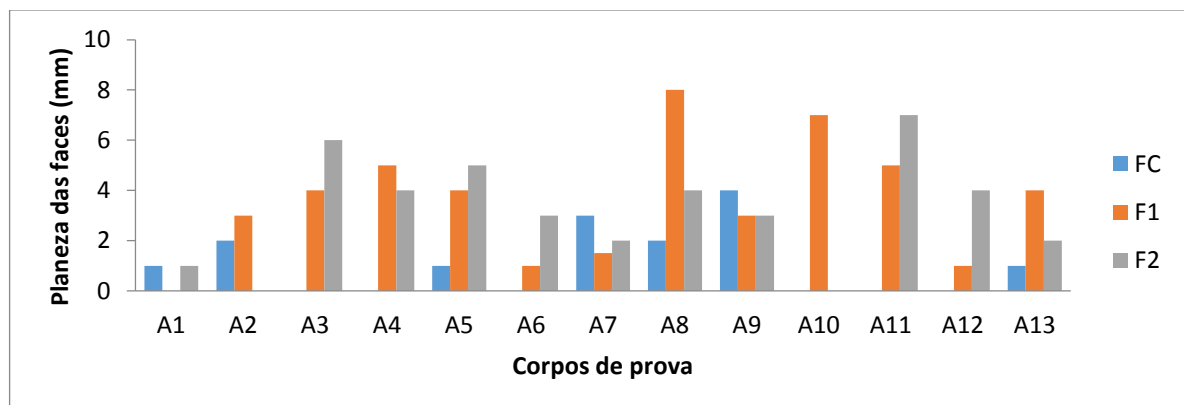


Fonte: Autor, 2016

Portanto, com o resultado expressado na figura 25 é possível identificar que somente o CP B11 teve o limite de 0 mm de desvio em relação ao esquadro, contudo o lote é aceito.

Na figura 26 é apresentado o resultado da flecha na planeza das faces dos blocos A.

**Figura 26** - Gráfico da flecha na planeza das faces dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A.



Fonte: Autor, 2016

Quanto a flecha nas faces côncavas, somente um bloco apresentou resultado acima de 3 mm, no caso o CP A4, ou seja, só este foi reprovado neste quesito. Com relação a flecha nas faces convexas, somente três CPs atenderam a exigência da NBR 15270-1 (2005), desta forma, o lote é rejeitado, tendo em vista, que o número de unidades não-conformes ficou maior ou igual a 3.

A determinação do desvio em relação ao esquadro e também quanto a determinação da planeza das faces, nos corpos-de-prova, são expressos na tabela 12.

**Tabela 13** - Determinação do desvio em relação ao esquadro e da planeza das faces dos corpos-de-prova de vedação cerâmica B.

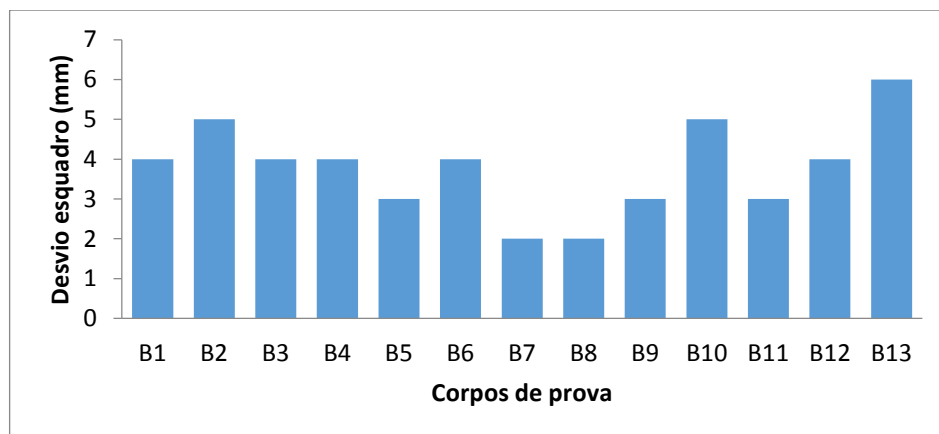
CP N°	Desvio esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)		
	Face D1	FC	F1	F2
B1	4,00	1,00	3,00	4,00
B2	5,00	3,00	4,00	3,00
B3	4,00	1,00	2,00	5,00
B4	4,00	2,00	5,00	6,00
B5	3,00	3,00	4,00	5,00
B6	4,00	4,00	1,00	3,00
B7	2,00	2,00	3,00	2,00
B8	2,00	4,00	8,00	4,00
B9	3,00	3,00	3,00	3,00
B10	5,00	3,00	7,00	0,00
B11	3,00	2,00	5,00	7,00
B12	4,00	1,00	1,00	4,00
B13	6,00	4,00	4,00	3,00

Média	3,77	2,54	3,85	3,77
-------	------	------	------	------

Fonte: Autor, 2016.

Com a obtenção da tabela 13 conseguiu-se o gráfico presente na figura 27, no qual se expressam os valores do desvio em relação ao esquadro dos corpos-de-prova.

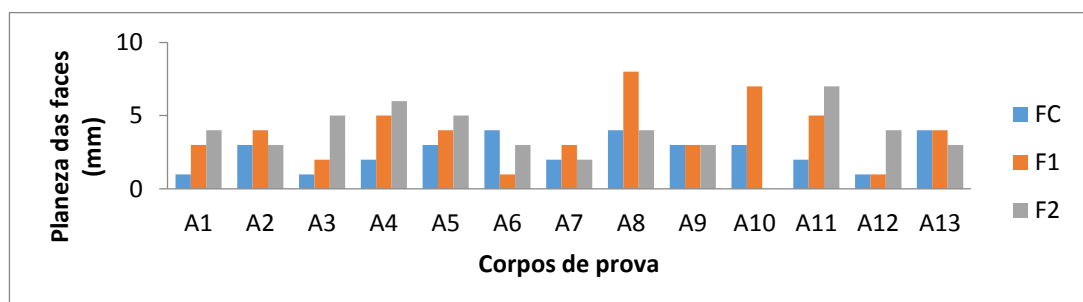
**Figura 27** - Gráfico do desvio em relação ao esquadro dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica B.



Fonte: Autor, 2016

Com o resultado expressado na figura 27 é possível identificar que 5 dos 13 blocos excederam o limite de 3 mm de desvio em relação ao esquadro, ou seja, apresentou um resultado inferior aos blocos A. Além disso, o lote é rejeitado, pois o número de unidades não-conformes ficou maior ou igual a 3.

**Figura 28** - Apresentado o resultado da flecha na planeza das faces dos blocos B.



Fonte: Autor, 2016



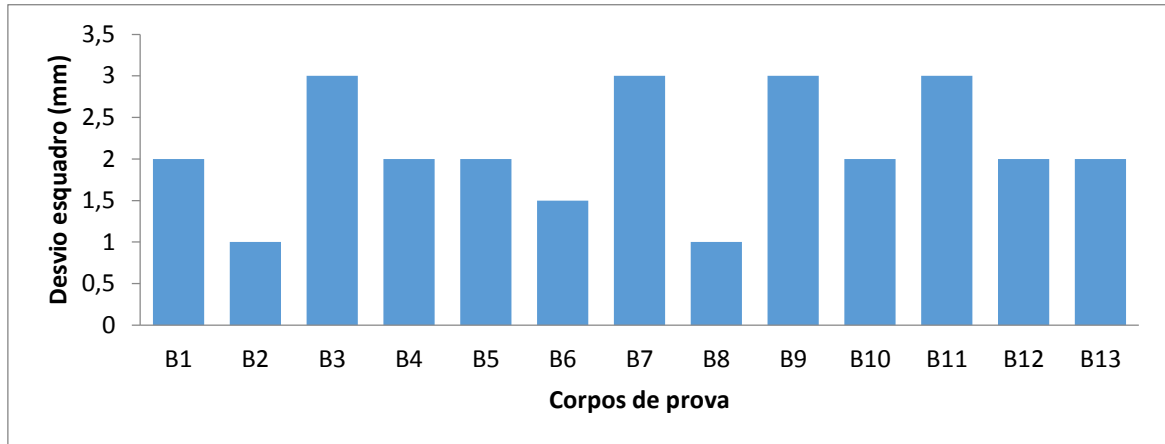
**Tabela 14** - Determinação do desvio em relação ao esquadro e da planeza das faces dos corpos-de-prova de vedação cerâmica C.

CP N°	Desvio esquadro (mm)	Planeza das faces (mm)		
	Face D1	FC	F1	F2
B1	2,00	1,00	2,00	1,50
B2	1,00	1,00	3,00	2,00
B3	3,00	1,00	2,00	5,00
B4	2,00	2,00	4,00	2,50
B5	2,00	2,00	3,00	5,00
B6	1,50	3,00	2,00	3,00
B7	3,00	2,00	3,00	2,00
B8	1,00	2,00	8,00	2,00
B9	3,00	3,00	3,00	1,00
B10	2,00	2,00	7,00	0,00
B11	3,00	2,00	5,00	2,00
B12	2,00	1,00	1,00	3,00
B13	2,00	1,50	3,00	2,00
Média	2,12	1,81	3,54	2,38

Fonte: Autor, 2016

Com a obtenção da tabela 14 conseguiu-se o gráfico presente na figura 29, no qual se expressam os valores do desvio em relação ao esquadro dos corpos-de-prova.

**Figura 29** - Gráfico do desvio em relação ao esquadro dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica C.



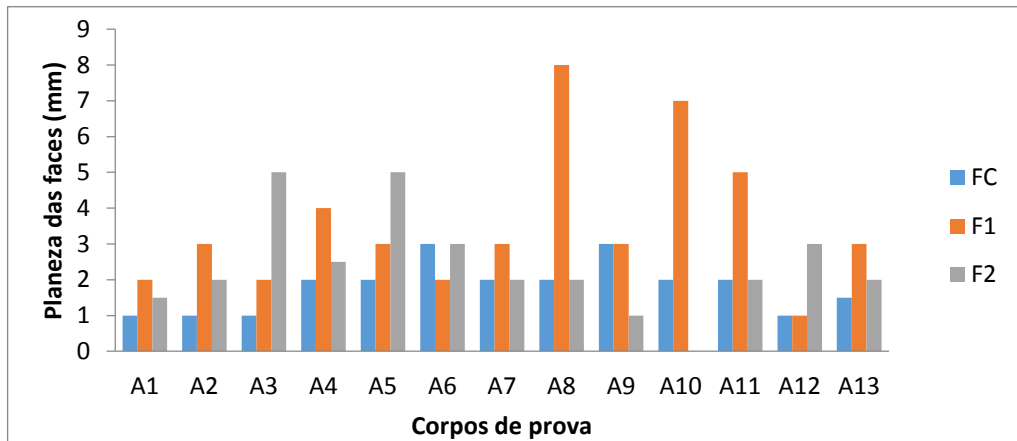
Fonte: Autor, 2016

**Figura 30** - Determinação do desvio em relação ao esquadro e da planeza das faces



Fonte: (Autoria própria)

**Figura 31** - Gráfico da flecha na planeza das faces dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica C.



Fonte: Autor, 2016

Quanto a flecha nas faces côncavas, somente um bloco apresentou resultado acima de 3 mm, no caso o CP B9. Com relação a flecha nas faces convexas, seis CPs atenderam a exigência da NBR 15270-1 (2005), ou seja, um resultado melhor do que os de bloco, contudo este lote também é rejeitado, pois o número de unidades não-conformes ficou maior ou igual a 3.

#### 4.1.2 Análise das características físicas

Nesta seção são apresentados os resultados e discussões das características físicas dos ensaios realizados nos blocos cerâmicos de vedação.

Sendo assim, na tabela 15 é demonstrado o índice de absorção d'água nos blocos da Cerâmica A.

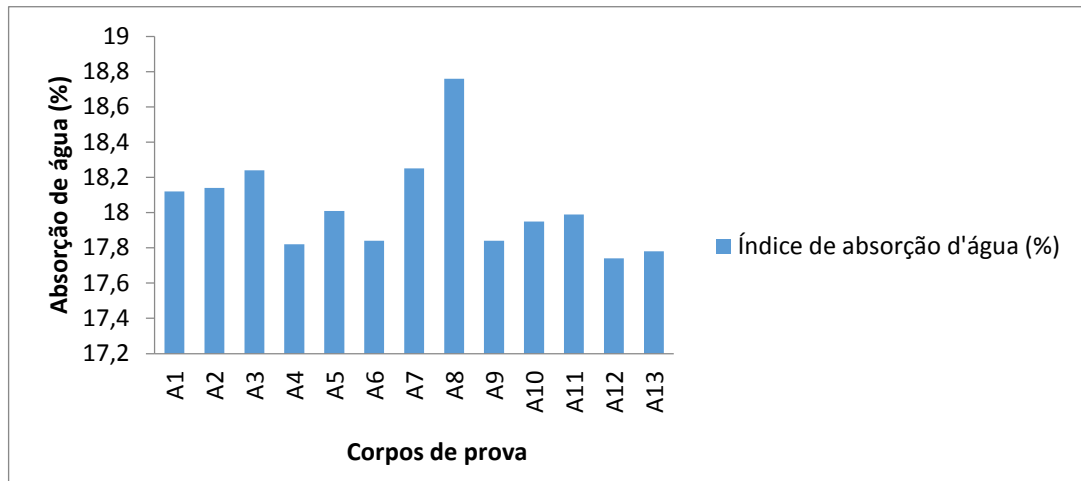
**Tabela 15** - Índice de absorção d'água dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica

A.

CP N°	Massa Seca (g)	Massa Úmida (g)	Índice de absorção d'água (%)
A1	3.729,40	4.405,20	18,12
A2	3.703,50	4.375,20	18,14
A3	3.708,70	4.385,30	18,24
A4	3.719,60	4.382,30	17,82
A5	3.735,70	4.408,40	18,01
A6	3.727,50	4.392,40	17,84
A7	3.717,10	4.395,30	18,25
A8	3.701,10	4.395,40	18,76
A9	3.712,70	4.375,00	17,84
A10	3.706,80	4.372,00	17,95
A11	3.741,00	4.414,00	17,99
A12	3.697,70	4.353,80	17,74
A13	3.725,90	4.388,50	17,78
Média	3.717,44	4.387,91	18,04
Desvio padrão			0,00276
Coeficiente de variação (%)			0,00001

Fonte: Autor, 2016

**Figura 32** - Gráfico do índice de absorção d'água dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica A.



Fonte: Autor, 2016

De acordo com a tabela 15 e com a figura 31, é possível verificar que todos os blocos cerâmicos atenderam a NBR 15270-1 (2005), pois o AA permaneceu entre 8 e 22%.

Na tabela 16 são demonstrados os valores obtidos quanto ao índice de absorção d'água nos corpos-de-prova da cerâmica B.

**Figura 33** – Pesagem para ensaio de absorção d'água



Fonte: (Autoria própria)

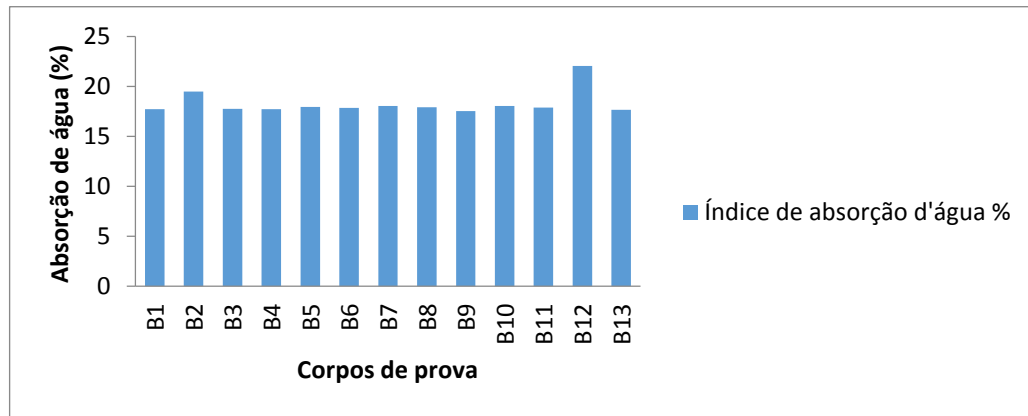
**Tabela 16-** Índice de absorção d'água dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica B

<b>CP N°</b>	<b>Massa Seca (g)</b>	<b>Massa Úmida (g)</b>	<b>Índice de absorção d'água %</b>
B1	3.708,20	4,365,40	17,72
B2	3,645,70	4.356,20	19,49
B3	3.736,60	4.400,10	17,76
B4	3.741,10	4.403,90	17,72
B5	3.677,80	4.337,80	17,95
B6	3.728,60	4.393,50	17,83
B7	3.754,00	4.430,50	18,02
B8	3.687,80	4.348,70	17,92
B9	3.748,60	4.405,80	17,53
B10	3.693,60	4.359,90	18,04
B11	3,760,30	4,420,50	17,86
B12	3,695,70	4,510,30	22,04
B13	3.769,80	4.434,70	17,64
Média	3.724,61	4.398,31	18,27
Desvio padrão			0,0123
Coeficiente de variação (%)			0,0002

Fonte: Autor, 2016

**Figura 34** - Gráfico do índice de absorção d'água dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica

B



Fonte: Autor, 2016

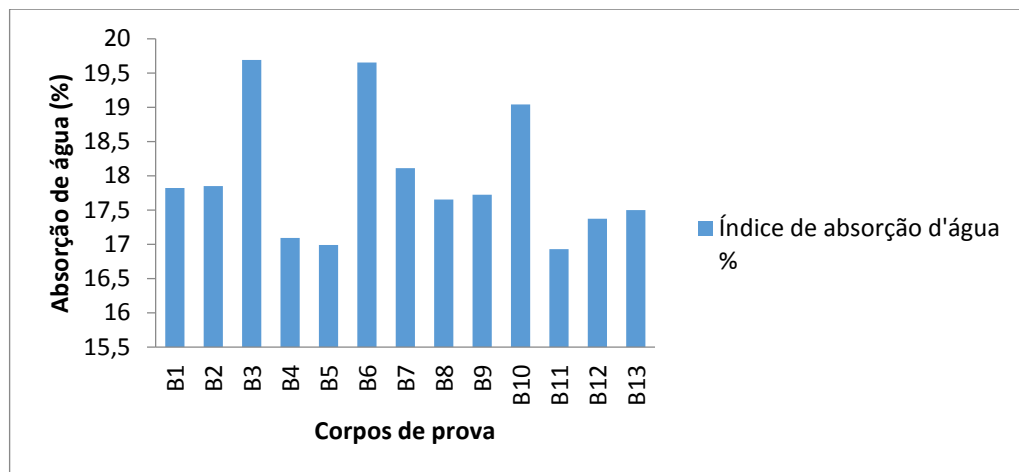
**Tabela 17**- Índice de absorção d'água dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica C.

CP N°	Massa Seca (g)	Massa Úmida (g)	Índice de absorção d'água %
B1	3.710,40	4.371,60	17,82
B2	3.698,60	4.358,90	17,85
B3	3.686,60	4.412,50	19,69
B4	3.732,30	4.405,60	17,09
B5	3.767,70	4.407,90	16,99
B6	3.688,70	4.413,50	19,65
B7	3.751,20	4.442,50	18,11
B8	3.689,90	4.358,30	17,65
B9	3.738,50	4.401,20	17,72
B10	3.683,60	4.384,80	19,04
B11	3.757,50	4.395,20	16,93

B12	3.768,40	4.422,90	17,37
B13	3.769,40	4.429,10	17,50
Média	3.726,37	4.400,31	17,95
Desvio padrão			0,00937
Coefficiente de variação (%)			0,00009

Fonte: Autor, 2016

**Figura 35** - Gráfico do índice de absorção d'água dos corpos-de-prova de vedação, cerâmica C



Fonte: Autor, 2016

Conforme índices apresentados na tabela 17 e com a figura 34, é possível constatar que nenhum bloco da cerâmica B, foi reprovado por não ter se encontrado no intervalo preconizado pela Norma vigente. Ou seja, todos se encontraram dentro 8 a 22% de índice de absorção d'água.

Portanto, todos os 13 blocos ensaiados, estão dentro do estipulado pela NBR 15270-1 (2005).

#### 4.1.3 Análise das características mecânicas

Nesta seção serão apresentados os resultados e discussões das características mecânicas dos ensaios realizados nos blocos cerâmicos de vedação.



Desta forma, é apresentado na tabela 17 o resultado do ensaio à compressão nos corpos-de-prova.

Os blocos foram capeados com argamassa para uniformizar e regular a superfície na região de direção dos esforços aplicados que o bloco deve suportar durante o seu emprego.

**Figura -36** Capeamento dos blocos



Fonte: Autor, 2016

Após o endurecimento da argamassa os blocos foram imersos em água para que o ensaio fosse realizado com os blocos em condições saturadas. O bloco foi colocado na prensa e aplicado uma força de compressão gradualmente até a sua ruptura.

A resistência à compressão mínima dos blocos na área bruta deve atender aos valores indicados na NBR 7171 a resistência mínima à compressão exigida é de 2,5 MPa. Independentemente da classificação.

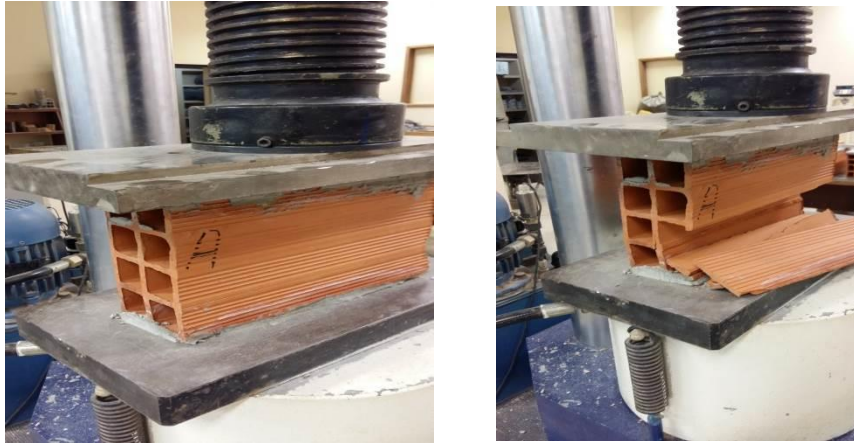
**Tabela 18** - Resistência a compressão dos corpos-de-prova de vedação cerâmica A

CP N°	Largura Média (mm)	Comprimento Médio (mm)	Altura Média (mm)	Força Ruptura (kgf)	Resistência a Compressão

					(Mpa)
A1	88.0	289.0	188.0	7231	2.7
A2	89.0	291.0	189.0	6678	2.5
A3	90.0	292.0	189.0	6472	2.4
A4	88.0	290.0	190.0	6006	2.3
A5	90.0	291.0	191.0	6873	2.6
A6	87.0	290.0	190.0	6678	2.5
A7	89.0	289.0	190.0	7231	2.7
A8	90.0	290.0	189.0	6472	2.4
A9	91.0	291.0	190.0	6678	2.5
A10	89.0	292.0	189.0	7256	2.8
A11	89.0	291.0	190.0	6677	2.5
A12	90.0	290.0	190.0	6874	2.6
A13	90.0	289.0	191.0	6873	2.6
Média	89.2	290.2	189.7	6769,15	2.546
Coef.95%	$88,57 \leq M \leq 89,89$	$289,56 \leq M \leq 290,83$	$189,19 \leq M \leq 190,21$	$6556,3 \leq M \leq 6982,0$	$2,46 \leq M \leq 2,63$
Desvio padrão				352,21	0,14
Coeficiente de variação (%)				5,2	0,05
Mínimo				6061	2,302
Máximo				7231	2.717

Fonte: Autor, 2016

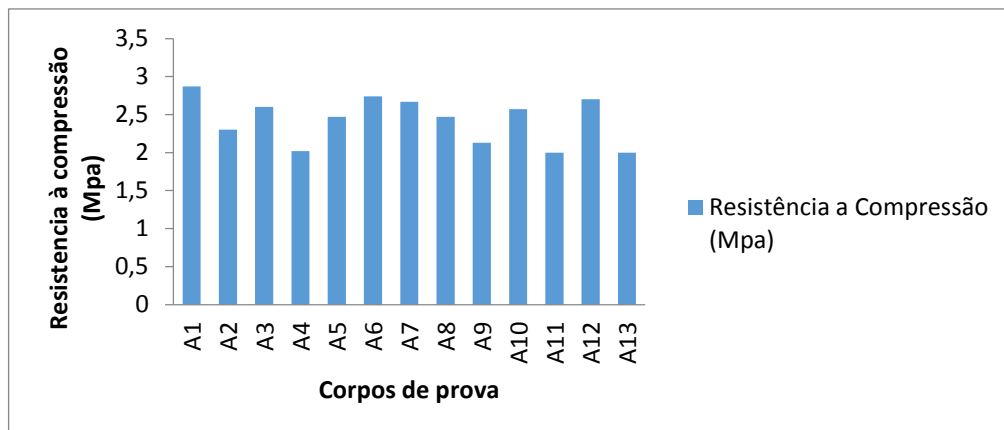
**Figura 37** - Determinação Resistência a compressão



Fonte: (Autoria própria)

**Figura 38** - Gráfico da resistência a compressão dos corpos-de-prova de vedação, Cerâmica

A



Fonte: Autor, 2016

Conforme é observado na tabela 18 e na figura 36, todos os corpos-de-prova do tipo A foram aceitos no ensaio de resistência a compressão, pois ficaram com a media maior ou iguais a 2,5 Mpa.

Em continuidade ao ensaio na tabela 19 são apresentados os resultados da resistência a compressão dos corpos-de-prova do tipo B pois ficaram com a media menor que 2,5 Mpa.

**Figura 39** - Determinação Resistência a compressão

Fonte: (Autoria própria)

**Tabela 19** - Resistência a compressão dos corpos-de-prova de vedação, Cerâmica

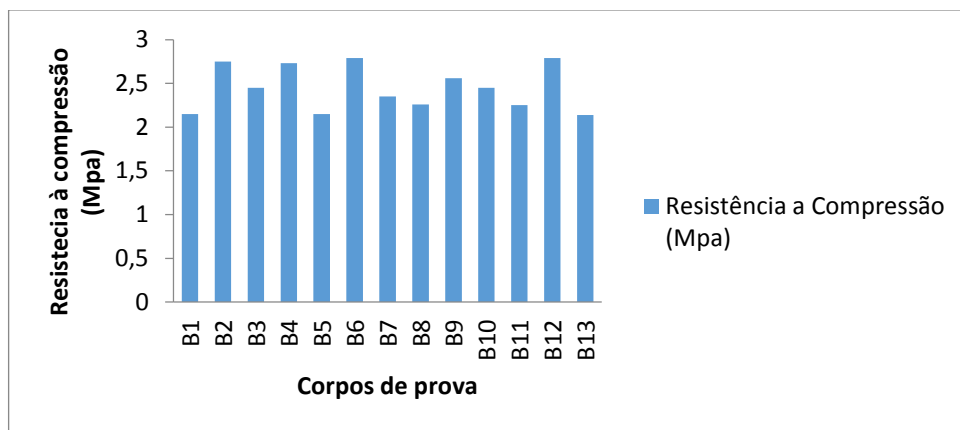
B

CP N°	Largura Média (mm)	Comprimento Médio (mm)	Altura Média (mm)	Força Ruptura (kgf)	Resistência a Compressão (Mpa)
B1	91.0	292.0	189.0	2461	1.0
B2	89.0	291.0	189.0	5323	2.0
B3	91.0	290.0	190.0	6407	2.4
B4	88.0	289.0	191.0	5518	2.1
B5	90.0	290.0	189.0	6526	2.5
B6	91.0	291.0	188.0	5518	2.1
B7	89.0	289.0	191.0	6789	2.6
B8	92.0	290.0	192.0	5323	2.0
B9	90.0	291.0	191.0	6429	2.4
B10	88.0	290.0	190.0	5117	1.9
B11	87.0	289.0	189.0	4304	1.6
B12	90.0	291.0	190.0	5150	1.9

B13	91.0	290.0	191.0	2233	0.8
Média	89.8	290.2	190.0	5161	1,592
Coef.95%	88,91 ≤M≤ 90,69	289,67 ≤M≤ 290,79	18,93≤M≤ 190,7	4296,0≤M≤ 6025,95	1.61≤M≤ 2,27
Desvio Padrão				1431,23	0,53
Coeficiente de variação (%)				27,73	0,27
Mínimo				2233	0.839
Máximo				7047	2.648

Fonte: Autor, 2016

**Figura 40** - Gráfico da resistência a compressão dos corpos-de-prova de vedação cerâmica B.



Santa Fé

Fonte: Autor, 2016

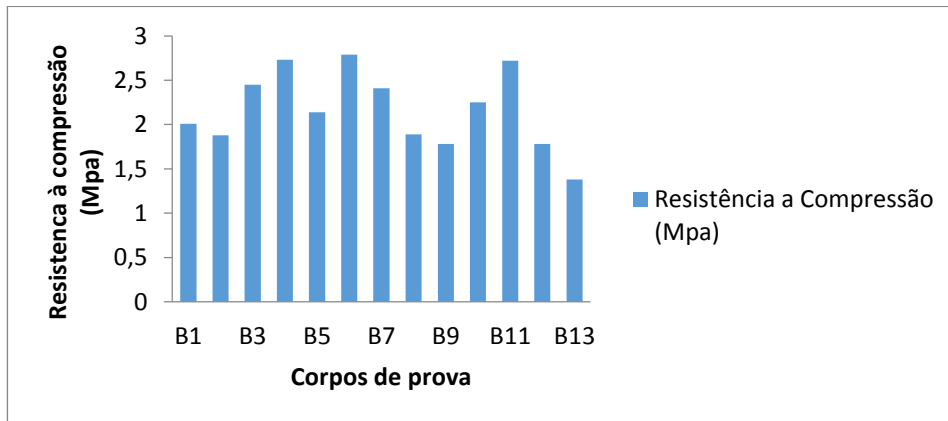
**Tabela 20** - Resistência a compressão dos corpos-de-prova de vedação, Cerâmica C

CP N°	Largura Média	Comprimento Médio (mm)	Altura Média	Força Ruptura	Resistência a Compressão
-------	---------------	------------------------	--------------	---------------	--------------------------

	(mm)		(mm)	(kgf)	(Mpa)
C1	88.0	291.0	189.0	4868	1,8
C2	89.0	289.0	188.0	5421	2,0
C3	87.0	289.0	190.0	5583	2,1
C4	90.0	290.0	191.0	6418	2,4
C5	89.0	290.0	189.0	4109	1,5
C6	88.0	289.0	191.0	5204	2,0
C7	87.0	290.0	190.0	5908	2,2
C8	89.0	291.0	187.0	6212	2,3
C9	88.0	288.0	189.0	6732	2,5
C10	90.0	289.0	190.0	5193	2,0
C11	90.0	290.0	192.0	6732	2,5
C12	88.0	291.0	191.0	6385	2,4
C13	87.0	291.0	190.0	5312	2,0
Média	88,46	289,84	189,69	5690,5	2,13
Coef.95%	$87,78 \leq M \leq 89,14$	$289,24 \leq M \leq 290,45$	$188,9 \leq M \leq 190,48$	$5219,48 \leq M \leq 6161,58$	$1,95 \leq M \leq 2,31$
Desvio padrão				784,69	0,28
Coeficiente de variação (%)				13,77	0,13
Mínimo				4109	1.544
Máximo				6732	2.530

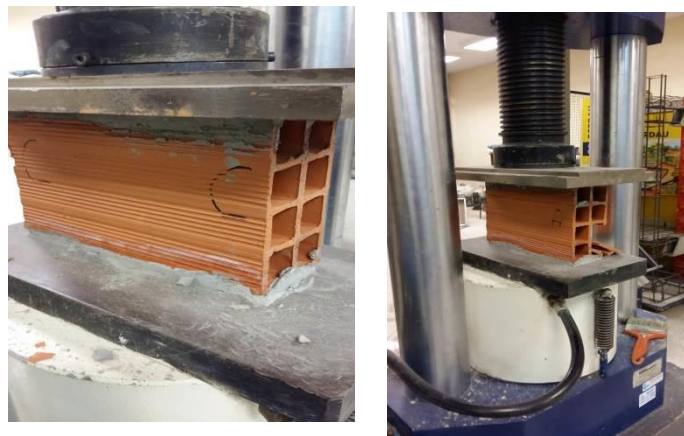
Fonte: Autor, 2016

**Figura 41-** Gráfico da resistência a compressão dos corpos-de-prova de vedação cerâmica Betim



Fonte: Autor, 2016

**Figura 41 -** Determinação Resistência a compressão



Fonte: (Autoria própria)

De acordo com o observado na tabela 15 e na figura 37, todos os corpos-de-prova do tipo B foram aceitos no ensaio de resistência a compressão, pois ficaram maiores ou iguais a 1,5 Mpa.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela análise das características visuais podemos concluir que nenhuma das amostras analisadas até o momento: A B e C estão plenamente dentro da norma NBR15270-2 (2005), pois somente A e C possui as dimensões inscritas nos blocos, sendo que a amostra B não possui nenhuma inscrição. Quanto as trincas, quebras, superfícies irregulares e deformações todas foram aprovadas, levando-se em conta que os problemas existentes não impedem sua utilização. Quanto ao desvio de esquadro podemos notar que todas as amostras foram aceitas pelos padrões estipulados pela norma que é de 3mm de desvio. Com relação a planeza das faces, todas as amostras foram aprovadas devido a pequena incidência de blocos fora do padrão. Todas as amostras se encontram dentro da especificação da NBR15270-2 (2005) quanto as dimensões: largura, comprimento e altura, como pode ser visto na tabela 5, 6 e 7 estão de conformidade com a media de 3mm estabelecida pela norma com uma confiabilidade de 95%. Com relação ao índice de absorção todas foram aprovadas quanto a média dos valores obtidos, mas cabe ressaltar que as amostras estão muito próximas ao limite superior máximo aceitável que é de 25% de absorção, como pode ser verificado: A 18,04%, B 18,27%, C 17,95% . Levando-se em conta de que este resultado é uma média dos valores, conclui-se que os blocos não possuem índices maiores que 22%. No ensaio de resistência a compressão as amostras A, B e C foram ensaiadas. Verificou-se um problema quanto a uniformidade da resistência nos blocos em A: apesar de nenhum um bloco ter rompido com menos de 1,5 MPa, ocorreram variações de mais de 2,0 MPa. Já a amostra B apresentou dois blocos apresentaram resistência menor que 1,5 Mpa estabelecidos por norma. Já na amostra C todas as amostras ficaram com o limite estabelecido. O mesmo evento pode ser constatado praticamente em todas as amostras. Isto pode ser comprovado pela análise dos gráficos apresentados nas figuras 2, 3, 4 e 5, o que nos faz concluir preliminarmente que há problemas de controle de qualidade no processo de produção dos blocos. Observou-se, por meio do estudo das amostras, que na cerâmica B, não houve, no processo de produção, preocupação com a identificação e padronização das dimensões dos blocos. Os



Índices encontrados para absorção de água foram aprovados com êxito, devido a sua porcentagem estar incluso nos parâmetros estabelecidos pela NBR. E finalizando, concluiu-se que o maior problema encontrado quanto a resistência dos blocos foi a grande variação entre os resultados obtidos na cerâmica B. Isso está relacionado ao processo de fabricação deste blocos, e heterogeneidade quanto a moldagem, secagem e queima do produto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C. C. **Boas práticas utilizadas na execução da alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**: um estudo de caso em edificações residenciais. 2012. 92 f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Urbana), Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

ABC – **ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA**. Anuário Brasileiro de Cerâmica 2002. São Paulo: 2002.

ANICER – **ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA**. Blocos Cerâmicos - Manual técnico. Porto Alegre: 2000.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 6023 de Agosto de 2002. **Informação e documentação – Referências – Elaboração**. Rio de Janeiro/RJ, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 6508 de Outubro de 1984. **Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro/RJ, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 10004 de Maio de 2004. **Resíduos Sólidos– Classificação**. Rio de Janeiro/RJ, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15270-1 de Setembro de 2005. **Componente cerâmica Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos**. Rio de Janeiro/RJ, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15270-3 de Setembro de 2005. **Componente cerâmica Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e vedação – Métodos de ensino**. Rio de Janeiro/RJ, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 8043 – **Blocos cerâmicos portantes para alvenaria**. Determinação de área líquida - Método de ensaio. Rio de Janeiro, RJ

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 8047 – **Telha cerâmica - Determinação da massa e da absorção de água** - Método de ensaio. Rio de Janeiro, RJ

BARBOSA, F. B. B. et al. **Um comparativo entre os blocos cerâmicos utilizados nas edificações de Caruaru: estudos preliminares.** In II Semana Nacional de Ciência e Tecnologia do IFPE – Campus Caruaru. 2011, Caruaru.

BAUER, L. A. Falcão, **Materiais de Construção II**, Rio de Janeiro, Livro Técnico, 1988.

LINS, F.F. **Rochas & Minerais Industriais. CETEM/MCT.2005;**

MOTTA, J.F.M, Zanardo, A., CABRAL Junior, M.M., Tanno, L.C., Cuchierato, G. (2004) **As matérias-primas plásticas para a cerâmica tradicional: Argilas e Caulins.** Cerâmica Industrial. 9 (2): 33-46.

RÊGO, V. R. **Avaliação da conformidade de blocos cerâmicos para alvenaria de vedação produzidas na Região Integrada de Desenvolvimento da Grande Teresina.** 2008. 116f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

\_\_\_\_\_. NBR 15270-1 de Setembro de 2005. **Componente cerâmica Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro/RJ, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 15270-2 de Setembro de 2005. **Componente cerâmica Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos.** Rio de Janeiro/RJ, 2004.

\_\_\_\_\_. NBR 15270-3 de Setembro de 2005. **Componente cerâmica Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e vedação – Métodos de ensino.** Rio de Janeiro/RJ, 2004.