



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
DEPARTAMENTO CAMPUS CARAÚBAS
CURSO CIÊNCIA E TECNOLOGIA

SONALLY CLÉSCIA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, FÍSICAS E
MECÂNICAS DE BLOCOS CERÂMICOS PRODUZIDOS NA CIDADE
DE APODI/RN**

CARAÚBAS - RN

2014

SONALLY CLÉSCIA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, FÍSICAS E
MECÂNICAS DE BLOCOS CERÂMICOS PRODUZIDOS NA CIDADE
DE APODI/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Ciência e
Tecnologia da Universidade Federal Rural do
Semi-Árido (UFERSA), como exigência final
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof. Dr. Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto - UFERSA

CARAÚBAS – RN

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Campus Caraúbas (BCC)

L732a Lima, Sonally Clécia de.

Avaliação das características geométricas, físicas e mecânicas de blocos cerâmicos produzidos na cidade de Apodi/RN/ Sonally Clécia de Lima– Caraúbas, RN, 2014.

75f.: il.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Érica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto.

Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Graduação.

• Blocos cerâmicos. 2. Construção civil. 3. Indústrias de cerâmica vermelha. 4. Padronização. I. Título.

RN/UFERSA/BCC

CDD: 691.4

Bibliotecária: Dalvanira Brito Rodrigues
CRB-15/700

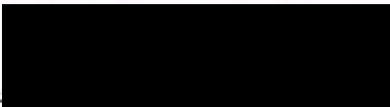
SONALLY CLÉSCIA DE LIMA

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS, FÍSICAS E
MECÂNICAS DE BLOCOS CERÂMICOS PRODUZIDOS NA CIDADE
DE APODI/RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Bacharelado em Ciência e
Tecnologia da Universidade Federal Rural do
Semi-Árido (UFERSA), Campus Caraúbas,
como exigência final para obtenção do título
de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

APROVADO EM 30 / 07 / 14

BANCA EXAMINADORA


Prof.^a. Dr.^a. Erica Natasche de Medeiros Gurgel Pinto - UFERSA
Orientadora – Presidente


Prof. Dr. Kleber Cavalcanti Cabral - UFERSA
Primeiro Membro


Prof.^a. Me. Cibele Gouveia Costa Chianca
Segundo Membro

“Digo e repito: Seja forte e corajoso! Nada de desânimo e não fique com medo! Lembre-se bem: O Senhor, o seu Deus, estará com você, esteja onde estiver!”

Josué 1:9

Aos meus pais, Sebastião Correa de Lima e Maria Claide do Rosário Lima, por todo amor e dedicação dados a minha formação, pelo auxílio, apoio e orações ao meu favor, dedico-lhes essa conquista como gratidão.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, por me mostrar que sou protegida, guiada e iluminada. Por nunca desistir de mim, me sustentando nos momentos mais difíceis, ouvindo minhas constantes angústias, alegrias e decepções, dando-me forças para jamais desistir. “Eu te agradeço Deus, que no deserto não me deixou morrer e nem desanimar”.

Ao meu pai Sebastião Correa de Lima e minha mãe Maria Claide do Rosário Lima obrigada por tudo. Por toda formação cristã e humana. Sou grata por muitas vezes renunciaram aos seus sonhos na tentativa de realizar os meus. Pela fé, companheirismo, amor e dedicação. Vocês são exatamente presentes de Deus na minha vida e sem vocês eu nada seria.

Ao meu irmão Lucas Emanuel do Rosário Lima por ser além de irmão ser companheiro, por muitas vezes deixar suas atividades de lado e ajudar nas minhas, por todo o apoio para que eu chegasse até aqui.

As companheiras de casa Allana, Gessiany, Fâmela e Anelita por suportarem todos os meus momentos difíceis, ajudando na realização de cada tarefa e trabalho.

A Lincollin por me apoiar em todos os momentos, por incontáveis vezes me acalmar e me fazer acreditar que ia conseguir. Obrigada por todo o amor, dedicação e preocupação comigo.

Aos meus amigos Fernanda, Gilmar, Eduardo, Dário e Cristina. Vocês são responsáveis por muitas vezes ter suportado tudo de cabeça erguida. Costumo dizer que são minha segunda família, suprimindo as necessidades que a distância impõe. Obrigada por cada gesto, cada ensinamento. Enfim, pela nossa amizade.

A Giovaninny, Kerol e Cristina pelo apoio e dedicação na realização desse trabalho. Por incessantes vezes me auxiliar na locomoção de cada amostra e por noites dedicadas a fim de obter melhores resultados.

A minha orientadora Erica Natasche pela orientação, apoio e disponibilidade. E ainda, pela amizade e confiança. Por cada palavra de incentivo e reconhecimento de todo o trabalho.

A todos os professores que colaboraram em todo o percurso desse curso. Por me conduzir ao aprendizado e direcionar ao caminho do conhecimento.

Enfim, agradeço a cada um que de forma direta ou indireta participou dessa conquista. Pelo apoio, pelas orações e pelo carinho.

RESUMO

O setor da construção civil tem crescido muito nos últimos anos, sendo, portanto, responsável pelo aumento das indústrias de cerâmica vermelha, as quais objetivam suprir os procedimentos através de seus produtos. Esse comportamento confere ao segmento cerâmico uma importância significativa dentro da economia. É evidente que esse desenvolvimento causa certo sofrimento dentro da indústria, pois, é perceptível a falta de qualificação, funcionamento e controle dos produtos gerados por essas indústrias. Porém, essa desorganização estimula a busca por informação de padronização e, intenção de regularizar ou ao menos amenizar essa deficiência presenciada dentro do setor de construção civil. Dessa forma, o seguinte trabalho, baseado na norma regulamentadora dos componentes cerâmicos, NBR 15270 (2005), tem como objetivo analisar o desempenho das características geométricas, físicas e mecânicas dos blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal, mais especificadamente, tijolos de 8 furos, de três indústrias de cerâmica vermelha localizadas no município de Apodi/RN. Neste trabalho foram coletadas amostras dessas olarias e encaminhadas para laboratórios, a fim de observar se as mesmas atendem a NBR 15270 (2005). Foram avaliados os seguintes quesitos: desvio em relação ao esquadro, planeza das faces, área bruta, massa seca, índice de absorção d'água e resistência a compressão, os ensaios foram responsáveis pela determinação de resultados construtivos. No geral, as empresas mostraram certa deficiência quanto à padronização de seus produtos. Essa quebra de padrão abre ênfase à necessidade de desenvolver métodos que auxiliem os processos de produção e diminuam os riscos dentro das edificações.

Palavras-chave: Construção civil, blocos cerâmicos, indústrias, padronização.

ABSTRACT

The construction industry has grown tremendously in recent years, and is therefore responsible for the increase of red ceramic industries, which aim to meet the procedures through its products. This behavior gives the ceramic segment of significant importance within the economy. Obviously this development causes some distress within the industry, it is noticeable lack of qualification, operation and control of the products generated by these industries. However, this clutter stimulates the search for standardization of information and intention to settle or at least alleviate this deficiency witnessed within the construction industry. Thus, the following work, based on regulatory norm of ceramic components, NBR 15270 (2005), aims to analyze the performance of geometric, physical and mechanical characteristics of ceramic brick fence with holes in horizontal, more specifically, bricks 8 holes, three red ceramic industries located in the municipality of Apodi / RN. In this study samples of these potteries were collected and sent to laboratories in order to observe whether they meet the NBR 15270 (2005). The following items were assessed: deviation from the square, flatness of faces, gross floor area, dry weight, rate of water absorption and compressive strength tests were responsible for determining constructive results. Overall, companies showed some deficiency in the standardization of its products. This breaking pattern opens emphasis the need to develop methods to assist the processes of production and reduce the risks within the buildings.

Keywords: Building, ceramic blocks, industries, standardization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Utensílios com fins alimentares encontrados na Pirâmide Circular de Cuicuilco e expostas no Museu do Sítio, no Distrito Federal, México.	21
Figura 2 – Jogo de cerâmica branca.	24
Figura 3 – Produtos de cerâmica vermelha.....	25
Figura 4 – Etapa de Secagem pelo processo Natural (Ao ar livre).....	33
Figura 5 – Secagem Artificial (Secador).....	33
Figura 6 – Etapa de Secagem pelo processo Artificial (Secador).	34
Figura 7 – Fluxograma do processamento cerâmico utilizado para a fabricação de blocos, telhas e tijolos.	36
Figura 8 – Alvenaria de vedação.....	38
Figura 9 – Muralha da China.....	39
Figura 10 – Representação dos blocos cerâmicos de vedação. (A) furos na horizontal (B) furos na vertical.....	43
Figura 11 – Localização do município de Apodi/RN.....	45
Figura 12 – Fluxograma das etapas de estudo.	46
Figura 13 – Amostras de blocos cerâmicos das empresas estudadas.....	47
Figura 14 – Medição das dimensões efetivas. (A) medição da largura (B) medição da altura (C) medição do comprimento.	49
Figura 15 – Desvio em relação ao esquadro. Representação sistemática.....	50
Figura 16 – Planeza das faces. Representação esquemática.....	51
Figura 17 – Blocos cerâmicos na estufa.	52
Figura 18 – Pesagem do bloco cerâmico.	53
Figura 19 – Blocos cerâmicos imersos.....	54
Figura 20 – Capeamento dos blocos da Cerâmica A.	55
Figura 21 – Capeamento dos blocos da Cerâmica B.	56
Figura 22 – Capeamento dos blocos da Cerâmica C.....	56
Figura 23 – (a) Carga sendo aplicada no bloco cerâmico. (b) Rompimento do bloco após limite de carga aplicada.....	57
Figura 24 – Representação sistemática dos defeitos encontrados nos blocos cerâmicos.....	59

Figura 25 – Comparativos dimensionais das cerâmicas em estudo.....	64
Figura 26 – Comparativo do desvio médio apresentado nos blocos das cerâmicas em estudo.....	67
Figura 27 – Esquema dos resultados. (A) Parte superior [PS], (B) Parte inferior [PF], (3) Centro [C], (1) Diagonal 1, (2) Diagonal 2.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Segmentos cerâmicos nacionais e suas respectivas produções.....	40
Tabela 2 – Principais setores cerâmicos, matérias-prima e processo de fabricação.....	41
Tabela 3 – Dimensões de fabricação dos blocos cerâmicos de vedação.	44
Tabela 4 – Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva.	60
Tabela 5 – Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à média das dimensões efetivas.....	60
Tabela 6 – Aceitação e rejeição para os ensaios de dimensão efetiva, planeza das faces e desvio em relação ao esquadro.....	61
Tabela 7 – Dimensões individuais da Cerâmica A.	61
Tabela 8 – Média das dimensões efetivas da Cerâmica A.....	61
Tabela 9 – Dimensões individuais da Cerâmica B.	62
Tabela 10 – Média das dimensões efetivas da Cerâmica B.....	62
Tabela 11 – Dimensões individuais da Cerâmica C.	63
Tabela 12 – Média das dimensões efetivas da Cerâmica C.....	63
Tabela 13 – Características de desvio da Cerâmica A.....	65
Tabela 14 – Resultados de desvio da Cerâmica B.....	65
Tabela 15 – Resultados de desvio da Cerâmica C.	66
Tabela 16 – Resultados da planeza de faces da cerâmica A.....	68
Tabela 17 – Resultados da planeza de faces da cerâmica B.....	69
Tabela 18 – Resultados da planeza de faces da cerâmica C.	69
Tabela 19 – Média da área bruta das três cerâmicas de estudo.....	70
Tabela 20 – Aceitação e rejeição na inspeção por ensaios para índice de absorção de d'água.....	71
Tabela 21 – Resultados das características físicas da Cerâmica A.	71
Tabela 22 – Resultados das características físicas da Cerâmica B.	71
Tabela 23 – Resultados das características físicas da Cerâmica C.....	72
Tabela 24 – Aceitação ou rejeição na inspeção para o ensaio de resistência a compressão.....	72
Tabela 25 – Resultados de resistência a compressão da cerâmica A.	73
Tabela 26 – Resultados de resistência a compressão da cerâmica B.	73

Tabela 27 – Resultados de resistência a compressão da cerâmica C.	74
Tabela 28 – Tensão média máxima de resistência a compressão.	74

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DA CERÂMICA.....	20
3.2 MATERIAIS CERÂMICOS	21
3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS CERÂMICOS	22
3.4 ARGILA	25
3.4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS.....	25
3.4.2 DEFINIÇÃO DAS ARGILAS	26
3.4.3 PROPRIEDADES DAS ARGILAS	29
3.5 PROCESSO PRODUTIVO DA CERÂMICA	30
3.5.1 EXTRAÇÃO DO BARRO.....	30
3.5.2 PRERAPRO DA MATÉRIA-PRIMA.....	31
3.5.3 MOLDAGEM	32
3.5.4 SECAGEM	32
3.5.5 COZIMENTO.....	34
3.6 BLOCOS CERÂMICOS.....	37
3.7 INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA.....	39
3.8 IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO A PARTIR DA NORMA	42
4. METODOLOGIA.....	45
4.1 ETAPAS DO ESTUDO	46
4.1.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO	47
4.1.2 PLANO DE COLETA DAS AMOSTRAS.....	48
4.1.3 PLANO DE ANÁLISE DOS DADOS.....	48
4.2 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS.....	49
4.2.1 MEDIDAS DAS DIMENSÕES EFETIVAS	49
4.2.4 DETERMINAÇÃO DA ÁREA BRUTA.....	52
4.2.5 DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA (M_s)	52

4.2.6 DETERMINAÇÃO DA MASSA ÚMIDA (M_U)	53
4.2.7 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA (AA)	54
5 RESULTADOS	58
5.1 ANÁLISE DOS DADOS	58
5.1.1 IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS	58
5.1.2 PROPRIEDADES VISUAIS	58
5.1.3 DIMENSÕES EFETIVAS	59
5.1.4 ANÁLISE DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO	64
5.1.5 ANÁLISE DA PLANEZA DAS FACES OU FLECHA	67
5.1.6 ÁREA BRUTA	70
5.1.7 ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA (AA)	70
5.1.8 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO	72
6 CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS	77

1 INTRODUÇÃO

Historicamente, o setor cerâmico vem sendo tomado como peça-chave nas indústrias brasileiras, inclusive há relatos da atividade de fabricação da cerâmica no Brasil desde antes da chegada dos colonizadores portugueses, em 1500. (BELLINGIERI, 2003).

Diante de um mercado competitivo, cresce a busca por maior produtividade, prazos, custos reduzidos e maximização de lucros dentro das empresas de construção civil. Dessa forma, os instrumentos que garantem qualidade ao empreendimento são esquecidos e perdem sua importância dentro do processo de construção, contribuindo para a ocorrência de patologias nas edificações. A utilização de materiais qualificados é essencial, com o aperfeiçoamento de estudos, realização de testes, e conformidade com as normas, complementam um quadro de características eficientes para estrutura de uma obra. A caracterização físico-química das matérias-primas é fundamental para a obtenção de peças com propriedades finais desejadas, que juntamente ao conhecimento e controle de todas as etapas do processo industrial, podem eliminar ou reduzir defeitos de fabricação.

Segundo a Abceram (2005), a definição dos materiais cerâmicos é a de materiais constituídos por produtos químicos inorgânicos, exceto os metais e suas ligas, que são obtidos geralmente após o tratamento térmico em temperaturas elevadas.

A produção de cerâmica vermelha é uma atividade muito antiga no território Potiguar, sendo intensificada no Vale do Açu e na região do Seridó. Atualmente, o Rio Grande do Norte possui 206 empresas cerâmicas conhecidas, distribuídas em 39 municípios e três pólos regionais: Seridó, Apodi/Açu e na Grande Natal. A localização das empresas é determinada pela disponibilidade de matéria-prima nessas regiões, ou seja, à proximidade em que se encontram as minas de argila das empresas. (SINDICER-RN, 2010).

Não obstante toda a evolução experimentada no setor de cerâmica no Brasil, notadamente no campo das cerâmicas de revestimento, ainda se observam resquícios de uma indústria conservadora no tocante às cerâmicas vermelhas, e que necessita de uma grande evolução para acompanhar o ritmo de desenvolvimento da construção, com enfoque cada

vez maior na racionalização e na qualidade, quer seja dos materiais ou dos processos. (BAUER, 2008).

No âmbito geral, os blocos cerâmicos de vedação provêm de pequenas olarias, funcionando de forma rudimentar, utilizando equipamentos de baixa produtividade, mão de obra não qualificada e sem um controle de qualidade. Essa falta de controle acaba gerando produtos que nem sempre correspondem as normas específicas que são estabelecidas.

O real quadro que se deseja adquirir são produtos que atendam às exigências mínimas para determinada utilização, sendo satisfatórios em um mesmo grau a fabricantes e usuários, onde ambos sintam-se amparados por esses parâmetros mínimos. Não se trata apenas de expor criatividade ou potencialidade na criação de novos produtos, e sim induzi-lo a desenvolver dentro de padrões mínimos características com alto desempenho. (BAUER, 2008).

Diante disso, na visão de colaborar com o desenvolvimento regional, e levando em consideração a falta de pesquisas que avaliem esses tipos de materiais, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho dos produtos cerâmicos que estão sendo comercializados em olarias de Apodi/RN, comparando-as com a NBR 15270 (2005).

O estudo de conformidade, com base na NBR 15270 (2005), através de seus resultados obtidos na pesquisa e sua possível divulgação aos fornecedores, busca expor o material como fonte de avaliação quanto à qualidade do produto e quesitos que somem a uma padronização similar.

2 OBJETIVOS

O presente trabalho será desenvolvido de forma a alcançar os seguintes objetivos:

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Conhecer a qualidade dos blocos cerâmicos de vedação comercializados nas olarias no Município de Apodi-RN, através de ensaios realizados em laboratório, seguidos da ABNT NBR 15270-3 (2005).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O trabalho de pesquisa será realizado através de ensaios com blocos cerâmicos de vedação de furos na horizontal, especificamente de 8 furos, verificar-se-á:

- Características geométricas
 - medidas das faces – dimensões efetivas;
 - desvio em relação ao esquadro (D);
 - planeza das faces (F);
 - área bruta (A_b).
- Características físicas
 - massa seca (m_s);
 - índice de absorção d'água (AA).
- Característica mecânica
 - resistência a compressão individual (f_b).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo mostra uma breve revisão da bibliografia sobre a tecnologia de cerâmica vermelha, sua história, matérias-primas, processos produtivos e produtos cerâmicos gerados.

3.1 ORIGEM E EVOLUÇÃO DA CERÂMICA

No início das civilizações o homem era nômade, não tinha um lugar fixo para habitar, mas com o tempo, ele deixou de ser andante e começou a viver em locais fixos. Vem daí a necessidade de residências mais resistentes, o que motivou a produção de tijolos e telhas, assim como materiais de construção diversos para fortalecer as habitações. (LOPES et al., 2010).

O crescimento da cerâmica deu-se a partir do primeiro exercício de engenharia de materiais do homem pré-histórico, há mais de 9.000 anos. Sua construção data do período neolítico, onde o homem fabricava cestas de vime utilizando o barro, e com o tempo, se restringiu apenas, a utilização do barro na sua composição, em consequência da análise de que o calor estimulava a dureza do material, tornando-o estável em água. (BETINI, 2007). A figura 01 apresenta artefatos de cerâmicas culturais.

A facilidade em modelar o barro antes da queima, torna-se então uma importante ferramenta para o homem desenvolver os mais variados objetos cerâmicos, que vão de utensílios para o preparo e conservação de alimentos, instrumentos musicais, até urnas funerárias. (ROCHA, 2013)



Figura 1 – Utensílios com fins alimentares encontrados na Pirâmide Circular de Cuicuilco e expostas no Museu do Sítio, no Distrito Federal, México.

(Fonte: Paulo A. Z. Suarez)

Foi, durante o período da pré-história, fase de ampliação técnica das sociedades, que a cerâmica desenvolveu-se e até hoje atende as necessidades dos cidadãos. Segundo estudiosos, a cerâmica é considerada um dos elementos mais antigo da construção. Surgiu do momento em que o homem começou a utilizar-se o barro endurecido pelo fogo.

Essa descoberta acarretou uma desenvoltura à construção civil, contribuindo na ampliação de novos conhecimentos, beneficiando o desenvolvimento das edificações. Dessa forma, surgiram tipos específicos de fornos, dimensões exatas, métodos de moldagem, alta resistência e uma série de fatores contribuintes para resultados satisfatórios quanto a sua utilização.

3.2 MATERIAIS CERÂMICOS

A cerâmica pode ser nomeada como uma pedra artificial adquirida por moldagem, secagem e cozimento de argilas, ou mesmo, misturas englobando argilas. Apesar de algumas etapas serem capazes de extinguir-se, a argila não deixa de ser a matéria prima abundante neste processo. (BAUER, 2009).

Existe uma intensa faixa de variação quanto às propriedades dos materiais cerâmicos, dependente da sua constituição, são descritas a seguir (NORTON, 1873; BAUER, 1994; PETRUCCI, 1979):

- Em relação ao peso: Há cerâmicas que são mais leves que a água, e outras de grandes pesos;
- Volume aparente: É o volume de água deslocado por uma peça já saturada por 24h de imersão;
- Peso específico aparente: É a relação entre o peso da peça seca ao ar e o seu volume aparente;
- Resistência ao desgaste: Depende muito da quantidade de vidro formado;
- Absorção de água: Depende da compactação, da constituição da temperatura e do tempo de queima, onde ocorre o início da vitrificação da peça;
- Porosidade: É mostrada através do aumento de peso que a peça apresenta após 24h de imersão em água;
- Resistência: Depende da homogeneidade, granulometria e é melhor ainda quando o cozimento é feito na temperatura e no tempo certo.

3.3 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS CERÂMICOS

A indústria cerâmica é excessivamente heterogênea e pode ser classificada, segundo a Associação Brasileira da Cerâmica (ABC, 2002), em diferentes segmentos em função das matérias-primas, propriedades e áreas de aplicação.

a) Cerâmicas Avançadas

O desenvolvimento da Ciência dos Materiais proporcionou o aprimoramento de materiais desenvolvidos a partir de matérias-primas sintéticas, de altíssima pureza, por meio de processos rigorosamente controlados.

Em particular, as propriedades elétricas, magnéticas e óticas, bem como combinações de propriedades exclusivas dos materiais cerâmicos, têm sido exploradas em uma gama de novos produtos; alguns desses produtos podem ser utilizados em motores a combustão interna e de turbina, em chapas de blindagem,

em embalagens de componentes eletrônicos, como ferramentas de corte, e para conversão, armazenamento e geração de energia (CALLISTER 2002).

b) Cerâmica Tradicional

Os produtos da cerâmica tradicional compreendem os maiores números de objetivos e são classificados da seguinte forma:

- Vidros

Recipientes, lentes e janelas são exemplos de aplicações desse grupo familiar de materiais cerâmicos. Os vidros consistem em silicatos não cristalinos que também contêm outros óxidos, notavelmente CaO , Na_2O , K_2O e Al_2O_3 , os quais influenciam as suas propriedades (CALLISTER, 2002).

- Cerâmica Estrutural

Os produtos estruturais são mais duráveis como os tijolos de construção, a terracota, as manilhas de esgotos e as de águas servidas, telhas, azulejos, ladrilhos, são fabricados com argilas e têm impurezas suficientes para fornecerem os fundentes necessários à aglomeração do corpo cerâmico (SHREVE & BRINK, 1977).

- Cerâmica Branca

Variáveis são os produtos que o setor da cerâmica branca aglomera. Louças, porcelanas (utilitárias e decorativas), sanitários e porcelanas técnicas são exemplos desse tipo de classificação, que se diferenciam, entre outros fatores, pela queima e pela composição da massa, conhecido o tipo de fundente (MOTA et al, 2001). Jordão e Zandonadi (2002) afirmam que, esta cerâmica é fabricada com massas constituídas principalmente por argilas caulínicas, quartzo e fundente (feldspato, calcita, talco e outros), que após a fase de queima apresentam cores claras. A figura 2 mostra produtos desse setor de cerâmica.



Figura 2 – Jogo de cerâmica branca (VERRUMO E TOFFOLI, 2013).

- Refratários

As argilas com alto ponto de fusão e consideravelmente puras são constituintes principais das argilas refratárias, misturadas com alumina e sílica entre 25% a 45% de alumina, com a maior temperatura possível ao longo da faixa de composição sem que ocorra a formação de uma fase líquida é de 1587°C. Os tijolos refratários são usados para a construção de fornos, confinando atmosferas contra temperaturas extremas. São aplicáveis a fabricação de vidros, isolantes, tratamento térmico metalúrgico e geração de energia. (CALLISTER, 2002).

- Materiais de Revestimento (Placas Cerâmicas)

Usados na construção civil, em forma de placas, no revestimento de paredes, pisos e bancadas, tais como azulejos, placas ou ladrilhos para pisos e pastilhas;

- Cerâmica Vermelha

Segundo Gomes (1988) a matéria-prima da cerâmica vermelha possui grandes quantidades de silte e areia, variando sua cor de preto, cinzenta, vermelha, castanha, amarela ou verde. O teor em fração argilosa é baixo, mas suficiente para permitir o desenvolvimento da plasticidade necessária para a moldagem dos corpos cerâmicos. Esta plasticidade cresce com as relações minerais argilosos / minerais não argilosos. Após a queima os corpos apresentam cor vermelha, porém se argila for calcária essa tonalidade sofre mudanças, resultando em tonalidades claras. Os principais produtos nesta categoria são os materiais empregados na construção civil: tijolos, blocos, telhas, tubos cerâmicos e manilhas. A figura 3 mostra diversos produtos do setor de cerâmica vermelha.

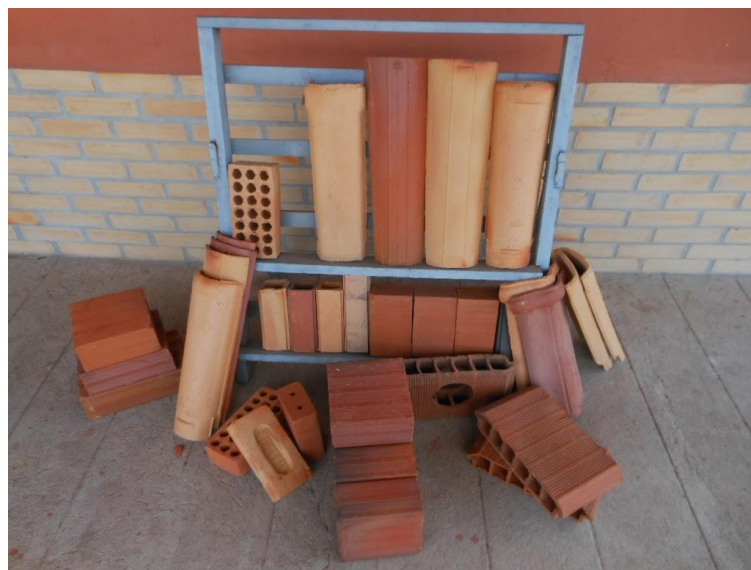


Figura 3 – Produtos de cerâmica vermelha (PRAXEDES, 2013)

3.4 ARGILA

3.4.1 ASPECTOS HISTÓRICOS

Desde 4.000 a.C, a argila é utilizada como material de construção, a época e o local de origem do primeiro tijolo não é definido ao certo. O homem teria passado a usar blocos secos ao sol quando as pedras naturais começaram a ficar escassas.

As escavações arqueológicas na cidade de Jericó, no Oriente Médio contêm registro mais antigo de um tijolo, datado do período Neolítico inicial. (ANICER, 2002).

A argila é utilizada em todas as sociedades – das mais antigas às modernas. Há achados arqueológicos datados de 5.000 a.C., na região de Anatólia (Ásia Menor). Na Grécia, eram comuns as pinturas em cerâmicas retratando cenas de batalhas e conquistas bélicas, e, na China, a produção de peças estava relacionada à tradição religiosa (ITAÚ, 2006).

Muitos são os estudos realizados em relação à estrutura, composição e propriedades fundamentais dos constituintes das argilas e dos solos. Com os efeitos da modernização a utilização de novas tecnologias e aparelhos mais sofisticados oportuniza o estudo das formas de ocorrência e a reprodução das várias das argilas, dos solos e dos depósitos de interesse industrial, em especial, a relação dos argilosminerais presentes nas argilas com suas propriedades tecnológicas. (JÚNIOR, 2010).

3.4.2 DEFINIÇÃO DAS ARGILAS

A argila é a matéria-prima essencial na alimentação do processo de fabricação da cerâmica vermelha, em seus diversos tipos que constituem, em sua maior parte, em mineralogias. O conhecimento da matéria-prima é fundamental, pois, significa conhecer todas as suas especificações no que diz respeito a retração de secagem e queima, plasticidades, granulometria, à quantidade de água necessária para o processo de extrusão, tendência a trincas de secagem e resistência após a queima.

A argila é a principal matéria-prima usada na produção de cerâmicas vermelhas, como telhas, tijolos, lajes; uma vez que esse material atende as propriedades de engenharia, como plasticidade, resistência mecânica, retração linear de secagem e compactação. O processo de fabricação desses produtos vai desde a fase da coleta/estoque da matéria-prima até o processo de queima e expedição. (SILVA, 2013).

Segundo Bauer (2008), as argilas são materiais terrosos naturais que, quando misturadas com água, adquirem a propriedade de apresentar alta plasticidade. Hoje se sabe que as argilas são constituídas essencialmente de partículas cristalinas extremamente pequenas, formadas por um número restrito de substâncias. Essas substâncias são chamadas argilo-minerais. Uma argila pode ter um ou mais argilo-minerais. Os argilo-minerais são silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio. Junto com esses elementos básicos vem sílica, alumina, mica, ferro, cálcio, magnésio, matéria orgânica etc. Como se vê, estão incluídos os elementos formadores de vidro. Petrucci (1979) define a argila como:

.. o conjunto de minerais, compostos principalmente de silicatos de alumínio hidratados, que possuem a propriedade de formarem com a água uma pasta plástica suscetível de conservar a forma moldada, secar e endurecer sob a ação do calor (PETRUCCI, 1979, p. 3).

Sendo a principal matéria-prima dos materiais cerâmicos, faz-se necessária uma definição, que, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, as argilas são compostas de partículas coloidais de diâmetro inferior a 0,005mm, com alta plasticidade quando úmidas e que, quando secas formam torrões dificilmente desagregáveis pela pressão dos dedos.

Existe uma grande variedade de tipos de argilas, o que impede que se tenha uma definição precisa e única de sua definição. Dessa forma, muitos outros estudiosos conceituam esse material da seguinte forma (JÚNIOR, 2010):

A argila é um material natural, terroso, de granulação fina, que quando umedecido com água adquire certa plasticidade (GRIM, 1953).

No ponto de vista físico-químico, as argilas são sistemas disseminados de minerais, no qual a predominância de partículas minúsculas (RIES, 1928).

A argila é um termo que compreende barros, folhelhos, xistos, filitos, caulins, tabatingas e Taguás (SOUZA SANTOS, 1989).

Conforme Bauer (2005), as argilas podem se encontradas na superfície de rochas, resultantes de uma decomposição superficial de si mesma, nos veios e trincas das rochas e, nas camadas sedimentares, onde foram depositadas por ventos e chuvas.

De acordo com Silva (1985) e Petrucci (1975) as principais formas de classificação das argilas são dadas por critérios de estrutura dos minerais e emprego do material. Conforme o emprego do material, as argilas são classificadas em: estrutura laminar e estrutura foliácela. As estruturas de caráter laminar têm seus minerais arranjados em lâminas e são utilizadas na fabricação de produtos cerâmicos. Entre as argilas de estrutura laminar podemos destacar:

- Caolinita: As consideradas argilas puras. Utilizadas na fabricação de materiais refratários, cerâmicas sanitárias e porcelanas;
- Montmorilonita: Por ser absorvente é pouco utilizada e passa a ser aplicada em misturas de caolinitas com o desejo de corrigir a plasticidade;
- Micáceas: Utilizadas na fabricação de tijolos.

Segundo Motta et al. (2004), as argilas podem ser classificadas em dois principais grupos, com base na cor de queima e na mineralogia. Estes dois subgrupos possuem vínculos com setores de aplicação industrial, onde: como matéria-prima para cerâmica vermelha e estrutural, placas cerâmicas de revestimentos, vasos, potes, agregados leves e peças utilitárias, as argilas de queima avermelhada são utilizadas; b) as argilas de queima clara, mais especificamente as argilas caulínicas (argilas plásticas) são utilizados como matéria-prima em cerâmicas sanitárias, fabricação de refratários.

Baseado na geologia, quanto ao modo de formação das suas jazidas, as argilas são classificadas como residuais, as quais não são transportadas pelos agentes naturais e, portanto, se matem no local de sua formação, por vezes são associadas a restos de rochas de origem (granito, gnaisses ou feldspato) e as sedimentares as quais foram transportadas de seu lugar de formação pelos agentes naturais como chuva, vento, rios, mares, sendo depositadas em baixadas e várzeas. Esse transporte resulta uma granulidade fina e uma mistura com várias matérias orgânicas. Na superfície da terra há uma grande diversidade de argilas, isso permite a obtenção de produtos cerâmicos com várias características, assimilando desde produtos rústicos, como tijolos e telhas.

3.4.3 PROPRIEDADES DAS ARGILAS

Existem algumas características que explicam o comportamento das argilas como material de construção. Entre as principais podemos destacar as citadas por Silva (1985) e Petrucci (1975):

- **Plasticidade:** Um material é caracterizado como plástico quando, sob a ação de uma força se deforma e mantém essa deformação depois de cessada a força que o originou. Na argila, essa propriedade se dá em função da quantidade de água presente no material. Segundo Silva (1985), até certo ponto, quanto mais água, maior será a plasticidade da argila e, a partir desse ponto, se for adicionada mais água, a argila se torna um líquido viscoso. Quanto mais pura a argila, mais plástica é a sua mistura com água e, quanto maior a temperatura, menor a plasticidade, devido à redução da quantidade de água é reduzida.
- **Ação do calor:** A ação do calor participa diretamente da situação, sua presença ocasiona variação na densidade, porosidade, dureza, resistência, plasticidade, textura, condutibilidade térmica, desidratação e formação de novos compostos.
- **Retração e dilatação:** De acordo com Silva (1985) a caolinita se dilata de modo regular, perdendo água de amassamento de 0°C a 500°C e contrai-se em temperaturas de 500°C a 1.100°C. As argilas micáceas dilatam-se progressivamente até 870°C, contraindo-se em seguida.
- **Porosidade:** é a relação entre o volume de poros e o volume total de material. Quanto maior a porosidade maior a absorção de água e menor a massa específica, a condutibilidade térmica, a resistência mecânica e a resistência à abrasão. Quanto maior a comunicação entre os poros, maior é a permeabilidade, ou seja, a facilidade de líquidos e gases de circularem pelo material. A porosidade das argilas depende dos seus constituintes, da forma, tamanho e posição das partículas (argilas de grãos grossos são mais permeáveis que as de grãos finos) e dos processos de fabricação.

- **Composição e Impurezas:** alguns constituintes presentes nas argilas podem melhorar suas propriedades, enquanto alguns podem ocasionar defeitos aos produtos. Compostos de sílica e de alumínio fazem parte da constituição principal das argilas. A sílica pode estar presente de maneira livre ou combinada. Quando livre, segundo Silva (1985) aumenta a brancura do produto cozido, diminui a plasticidade, reduz a retração, diminui a resistência à tração e à variação de temperatura e causa variações na refratariedade. Os compostos de alumínio diminuem o ponto de fusão e a plasticidade e aumentam a resistência, a densidade e a impenetrabilidade do produto cozido. Compostos alcalinos e de ferro diminuem a plasticidade e a refratariedade, sendo que o último dá cor vermelha ao material. Compostos cálcicos desprendem calor e aumentam de volume, podendo ocasionar rompimento da peça.

3.5 PROCESSO PRODUTIVO DA CERÂMICA

Os processos de fabricação de materiais cerâmicos são bastante parecidos, independente do tipo de produto desejado. Três etapas básicas são possíveis de ser identificadas nesse processo: a preparação da matéria-prima, incluindo a mistura dos diferentes minerais e preparo da massa; formação das peças; e tratamento térmico. Outra etapa, a de acabamento se faz necessária em alguns casos.

3.5.1 EXTRAÇÃO DO BARRO

Em primeira instância, deve-se proceder com a escolha do barro, pois cada tipo de cerâmica requer um tipo de barro de sua generalidade, esta escolha é feita através de um estudo completo de suas características, considerando a composição, pureza e características físicas do material a ser explorado. Segundo Petrucci:

Este estudo inicial é importante, pois dirá quais os produtos que se poderão obter com a matéria-prima, quais as eventuais correções

que deverão ser feitas e finalmente qual o equipamento a ser empregado (PETRUCCI,1979, p.20).

O período de extração ocorre geralmente no verão, já que, em períodos chuvosos, as cavas são inundadas. A maioria dos métodos de extração no Brasil é realizada a céu aberto onde, a princípio, são utilizadas máquinas retro escavadeiras ou de maneira rudimentar, o uso de pás. Após o esgotamento das jazidas, esses locais devem passar por processos de recuperação para o ressurgimento da vegetação. (ZADONADI & IOSHIMOTO,1994 apud SOARES, 2009).

A escolha do tipo de barro é tão importante que muitas das vezes as indústrias escolhem jazidas localizadas a grande distância das fábricas, instaladas onde há abundância de energia, transporte e mão-de-obra.

3.5.2 PRERAPRO DA MATÉRIA-PRIMA

Depois da fase de extração, a argila deve ser preparada para a industrialização. De acordo com Bauer (2013), essa fase de preparação pode ter as mais variadas formas. Mas, segue uma espécie de padrão:

Apodrecimento da argila: conduzidas a depósitos ao ar livre, a argila é misturada e passa por um processo de descanso. Este período tem como principal objetivo a fermentação das partículas e a correção causada pelo efeito da pressão sobre a argila. A eliminação de impurezas grosseiras também faz parte nesta fase.

Formação: a maceração é responsável pelo início de formação da massa, que passa pela correção e em seguida termina com o amassamento. Através do processo de maceração obtêm partículas menores, grãos finos, acarretando um maior grau de plasticidade e contato entre os componentes. A correção tem como papel dar à argila a constituição que se deseja já o amassamento prepara a argila para a fase de moldagem, que, por muitas vezes chega a ser confundida.

3.5.3 MOLDAGEM

Esta operação dá a forma desejada à pasta de cerâmica. Petrucci (1973) relata que esta operação de fabricação de produtos cerâmicos está diretamente relacionada com o teor de água, isso significa que quanto maior a quantidade de água, maior será a sua plasticidade e mais facilmente à moldagem.

Bauer (2005) classifica a operação de moldagem da seguinte maneira:

- a) moldagem a seco ou semi-seco (4% a 10% de água);
- b) moldagem com pasta plástica consistente (20% a 35% de água);
- d) moldagem com pasta plástica mole (25% a 40% de água);
- e) moldagem com pasta fluída (30% a 50% de água).

3.5.4 SECAGEM

A secagem é tão importante como o cozimento. Ela resulta na retração das peças e, conseqüentemente, em deformação, se não for bem conduzida. Após a conformação, as peças ainda contêm água, faz-se necessária a sua eliminação, de forma lenta e gradual, na exposição ao calor e ambientes ventilados, com o devido controle.

Conforme Bauer (2005) existe quatro processos básicos da secagem:

- a) Secagem natural: É bastante demorado e exige grandes superfícies. Apesar disso, é a mais comum nas olarias, é feita em telheiros extensos, ao abrigo do sol e com controle de ventilação. A figura 4 ilustra a etapa desse processo natural;
- b) Secagem por ar quente-úmido: os produtos são colocados nos secadores, recebendo calor quente com alto teor de umidade, até que a água absorvida desapareça. Dessa forma, passa a receber apenas o ar quente, para que a água de capilaridade seja perdida. As figuras 5 e 6 mostram exemplos da secagem artificial;

- c) Secadores de túnel: são túneis extensíveis, responsáveis pela passagem do calor residual dos fornos. As peças são colocadas em vagonetas e percorrem lentamente todo o túnel seguindo o sentido de menor temperatura para maior;
- d) Secagem por radiação infravermelha: é razão do alto custo e da utilização em peças delgadas, é pouco utilizada. Porém, dá alto rendimento e pouca deformação.



Figura 4 – Etapa de Secagem pelo processo Natural (Ao ar livre).

(Fonte: Professor Amando Alves Oliveira, SENAI-SP)



Figura 5 – Secagem Artificial (Secador).

(Fonte: Professor Amando Alves Oliveira, SENAI-SP).



Figura 6 – Etapa de Secagem pelo processo Artificial (Secador).

(Fonte: Professor Amando Alves Oliveira, SENAI-SP).

3.5.5 COZIMENTO

A queima ou sinterização é o processo em que o calor provoca transformações físico-químicas na massa argilosa, modificando as características de cru em propriedades cerâmicas. O tratamento térmico é realizado entre 800°C a 1700°C, em fornos do tipo contínuos ou intermitentes, que operam em três fases: (a) Aquecimento até a temperatura desejada; (b) Permanência em um platô, durante certo tempo, à temperatura especificada; e (c) Resfriamento até temperaturas inferiores a 200°C (NetCeramics, 2009).

A uniformidade de calor ao forno é o principal cuidado a se ter no processo de cozimento, evitando que ocorra uma diferença nas peças, umas mais queimadas que outras. Temperaturas exatas também fazem parte desse cuidado. O cozimento é feito em fornos contínuos e intermitentes. Nos fornos contínuos a produção segue contínua; nos intermitentes, deve ser cozido um lote de cada vez (BAUER, 2008).

O período de queima dos produtos é de 3 a 4 dias. A fase da queima é bem dividida por Petrucci, da seguinte maneira:

- Desidratação: a água contida nos poros evapora e parte da matéria carbonosa é queimada;
- Oxidação: toda matéria combustível é consumida, sendo eliminados o carvão e o enxofre. O óxido ferroso é oxidado, transformando-se em óxido férrico;
- Vitrificação: não ocorre em tijolos comuns. É chamada de vitrificação pela contração e fechamento dos poros da argila através da queima.

Na indústria cerâmica muitas são as variações de processos quanto os produtos, desde o mais rudimentar, como a produção de tijolos, até os mais complicados que exigem controles das matérias-primas e de cada etapa do processo, como por exemplo, a fabricação de sanitários e pisos (ZANDONADI, 1988).

Atualmente é perceptível o avanço do processo de produção da cerâmica vermelha, esse avanço pode ser observado a partir do fluxograma de blocos e telhas cerâmicas apresentados na figura 7. O mesmo apresenta uma mecanização moderna de processamentos mecanizados e automatizados, tornando-se necessário o uso de moinhos, esteiras transportadoras, laminadores, extrusoras, prensas, secadores e fornos cerâmicos (JÚNIOR, 2010).

Não necessariamente a maneira como as indústrias realizam o seu processo de produção é a mesma. A quantidade de equipamentos e formato de planta depende do tipo de produto, da quantidade e qualidade das peças.

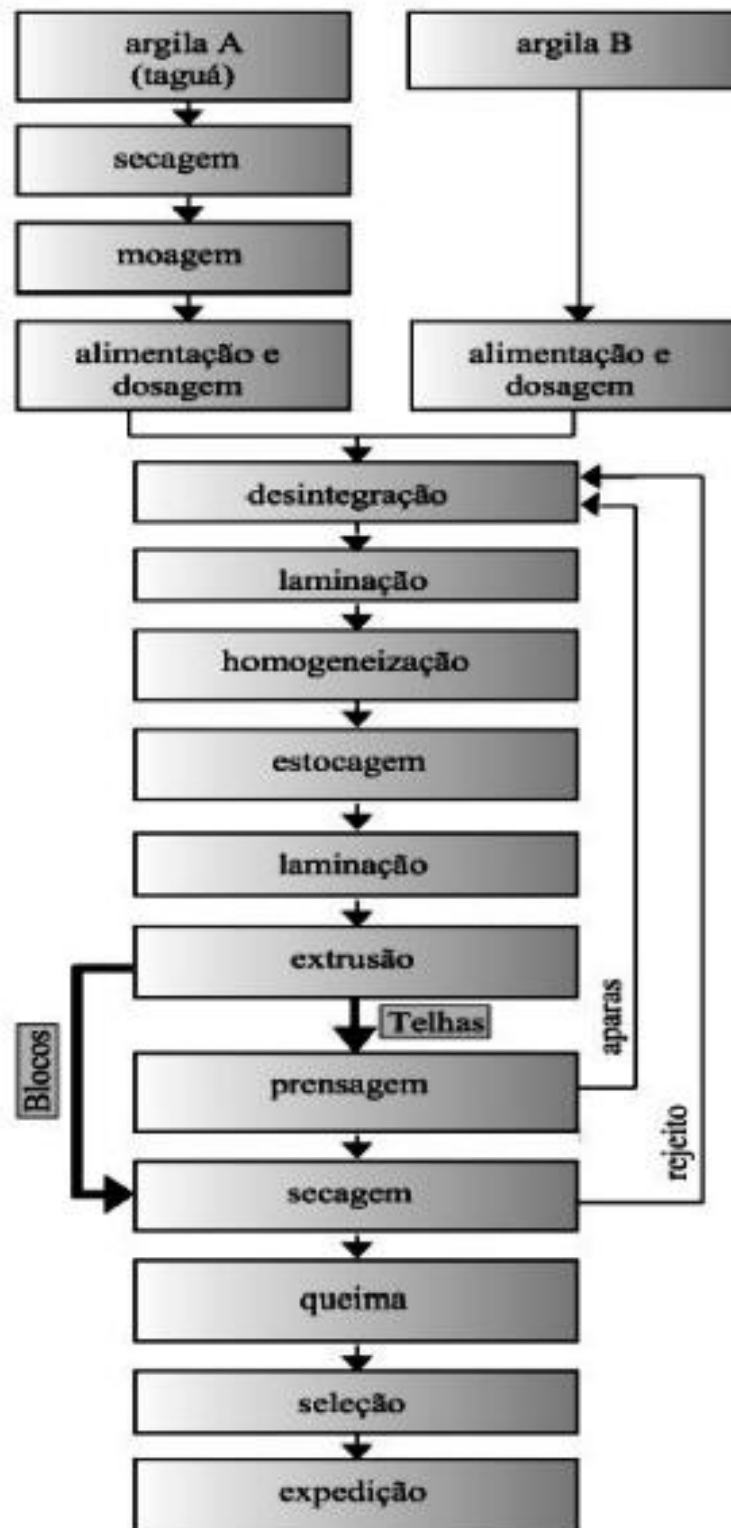


Figura 7 – Fluxograma do processamento cerâmico utilizado para a fabricação de blocos, telhas e tijolos.

Fonte: Motta (2011)

3.6 BLOCOS CERÂMICOS

Os blocos cerâmicos, ou tijolos, como são conhecidos, são um dos componentes básicos de qualquer construção de alvenaria. Os tijolos são produzidos a partir da argila, geralmente sob a forma de paralelepípedo, possuem coloração avermelhada e apresentam vazados/furos ao longo de seu comprimento.

Os blocos cerâmicos, também conhecidos como tijolo, são considerados componentes construtivos utilizados em alvenaria de vedação e estrutural, são produzidos com a matéria-prima argila, recebendo ou não aditivos, apresentam uma coloração avermelhada. Bem aceitos pelo mercado, são vistos como matéria-prima natural considerável no País. Apresentam furos de diversos formatos, paralelos a qualquer um dos seus eixos. Liberdade e flexibilidade são pontos favoráveis nos ambientes de construção das mais diversas habitações. São mais leves que os blocos de concreto e podem ser utilizados em alvenarias. No processo de fabricação a queima ocorre a elevadas temperaturas.

Para a Associação Portuguesa da Indústria Cerâmica (APICER, 2000), os tijolos cerâmicos podem ser classificados de acordo com suas características e quanto ao tipo de aplicação.

Quanto às características, destacam-se:

- Maciço – o volume de argila cozida não é inferior a 85% de seu volume total aparente;
- Furado – apresenta furos ou canais de formas e dimensões variadas, paralelos às suas maiores arestas; e
- Perfurado – com furos perpendiculares ao leito.

Quanto ao tipo de aplicação:

- Face à vista – destinados a permanecer aparentes no interior ou exterior da edificação;
- Enchimento – sem função resistente, suportando apenas seu peso próprio; e
- Estruturais – com função estrutural na construção.

Outra classificação, proposta pelo INMETRO (2001), divide os blocos cerâmicos utilizados na construção civil, produzidos no Brasil como sendo de alvenaria de vedação ou estruturais.

Os blocos cerâmicos utilizados na alvenaria de vedação são os destinados a compartimentar espaços, preenchendo vão de estruturas de concreto armado, sejam estas de aço ou com outras estruturas, como também, à execução de paredes responsáveis por suportarem seu peso próprio e pequenas cargas de ocupação (armários, pias, prateleiras etc). Mais comumente utilizados com os furos na horizontal, a despeito de já ser sentida tendência do uso com furos na vertical. Um exemplo de alvenaria de vedação pode ser mais bem observado na figura 8.



Figura 8 – Alvenaria de vedação.
Fonte: Tecnisa Consultoria Imobiliária.

Segundo Petrucci (1979), os blocos cerâmicos de vedação apresentam as seguintes vantagens sobre os tijolos maciços:

- 1) São normalmente fabricados em marombas a vácuo apresentando-se com aspecto mais uniforme, arestas e cantos mais firmes, faces planas e melhor esquadrejados.
- 2) Tem menos peso por unidade de volume aparente.
- 3) Dificultam a propagação de umidade e favorecem a dessecação das paredes.
- 4) São mais absorventes do som e melhores do ponto de vista de isolamento térmico.
- 5) Apesar da redução da seção carregada, pelas melhores qualidades intrínsecas provenientes do apuro na produção podem ter tensões de utilização, referidas à seção plena (sem desconto dos furos), da mesma ordem de grandeza dos tijolos maciços (1979, p.38).

Os blocos cerâmicos utilizados em alvenarias estruturais (ou portantes) são aqueles que, além de exercer a função de vedação, também são responsáveis por constituir a estrutura resistente da edificação, podendo substituir pilares e vigas de concreto. Utilizados com furos sempre na vertical, apresentam elevada resistência mecânica e dimensões padronizadas, fazendo com que a alvenaria estrutural concorra diretamente com o sistema construtivo muito tradicional no Brasil, o concreto armado. Um exemplo de alvenaria de vedação pode ser mais bem observado na figura 9.

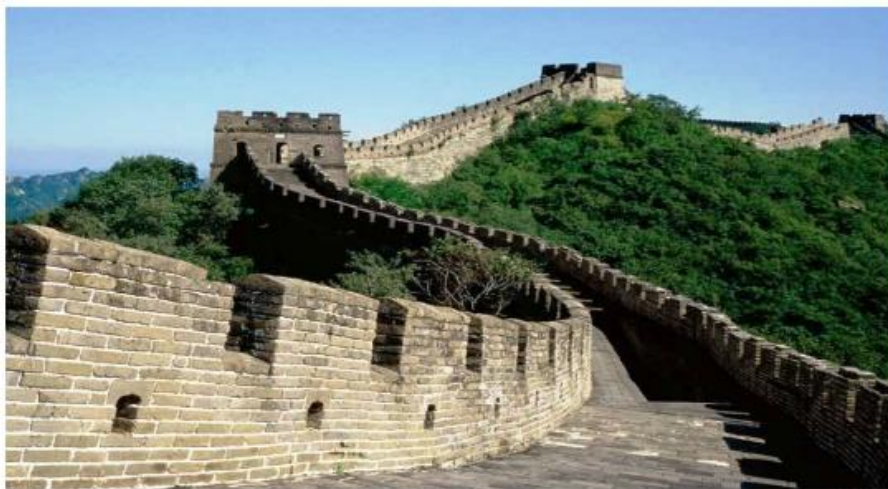


Figura 9 – Muralha da China (FREITAS, 2012)

3.7 INDÚSTRIA DA CERÂMICA VERMELHA

O segmento de cerâmica vermelha ou estrutural compreende ampla variedade de produtos de baixo custo, utilizados principalmente na construção civil, tais como telhas, blocos cerâmicos (tijolos e lajotas) e tubos cerâmicos (manilhas), agregados leves, além de cerâmicas diversas para fins ornamentais, culinários e outros.

Trata-se de uma indústria que depende da exploração de jazidas com presença de grande número de micro e pequenas empresas, inclusive em condições informais. Não existem levantamentos regulares e precisos que possam mostrar a evolução do número de empresas nesse setor para o nordeste, ou seja, o setor cerâmico brasileiro, de um modo geral, apresenta-se deficiente em termos de dados

estatísticos e indicadores de desempenho. Daí a dificuldade de se ter um panorama mais amplo dessa importante área industrial, pois os dados estatísticos são indispensáveis para o aperfeiçoamento do monitoramento e da competitividade (BNB,2010).

O Brasil é um grande produtor mundial de produtos cerâmicos, ao lado da Espanha, Itália e China, mas consome quase toda a sua produção. Os produtos brasileiros gerados encontram-se distribuídos, em ordem de importância, nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste. Com relação ao Nordeste, a produção está localizada principalmente nos Estados do Ceará, Bahia e Pernambuco, vindo em seguida Rio Grande do Norte, Maranhão e Piauí. Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME), a região Nordeste tem uma produção de aproximadamente 21% da nacional. A tabela 1 mostra resultados dessa produção para cada segmento cerâmico.

A renda do segmento tende a permanecer nos locais de produção, com impacto econômico e social significativo. Os principais produtos são tijolos, blocos de vedação e estruturais; telhas naturais e coloridas, elementos de enchimento, tubos, pisos, entre outros materiais que compõem acima de 90% das alvenarias e coberturas construídas no País (BNB, 2010).

Tabela 1 – Segmentos cerâmicos nacionais e suas respectivas produções.

Segmento	Valor da Produção (1.000 US\$ / Ano)
Cerâmica Estrutural (Vermelha)	2.500.000
Revestimentos (pisos e azulejos)	1.700.000
Matérias Primas Naturais	750.000
Refratários	380.000
Cerâmica Técnica, Especiais, outras	300.000
Sanitários	200.000
Louça de Mesa e Adorno	148.000
Fritas, Vidrados e Corantes	140.000
Matérias Primas Sintéticas	70.000
Cerâmica Elétrica	60.000
Equipamentos para Cerâmica	25.000
Abrasivos	20.000
Total do Setor	6.293.000

Fonte: Bustamante e Bressiani (2000).

O setor oleiro-cerâmico (SOC) é bastante diversificado, compreendendo não apenas a cerâmica vermelha, mas outros segmentos, tais como o de materiais de revestimento, o de louças sanitárias e de mesa, a cerâmica artística (decorativa e utilitária), os materiais refratários, dentre outros. No Brasil, a existência de todos esses fragmentos é considerável, sejam em escalas altas ou baixas quanto ao grau de desenvolvimento e capacidade de produção. Há ainda, no país, fabricantes de matérias-primas sintéticas para cerâmica (aluminia calcinada e eletrofundida, p.ex), de vidrados e corantes, gesso, equipamentos industriais e alguns produtos químicos auxiliares. (JÚNIOR, 2010).

A tabela 2 relaciona essa diversidade do setor oleiro-cerâmico, bem como os seus produtos e a respectiva matéria-prima utilizada e processo de fabricação.

Tabela 2 – Principais setores cerâmicos, matérias-prima e processo de fabricação.

CLASSIFICAÇÃO			PRODUTO	Matéria-prima										Moagem via úmida	Moagem via seca	Processo de conformação		Temperatura de Queima (°C)							
Tipo de cerâmica*	GRUPO**/ SETOR			Plástica		Não-plástica						Moagem via úmida	Moagem via seca			Extrusão	Tornearia	Prensagem	Colagem	800	900	1.000	1.100	1.200	>1.200
				Argila comum	Argila plástica	Caulim	Feldspato (***)			Filito	Talco														
Cerâmica silicática de base argilosa (ou tradicional)	1	Cerâmica Vermelha	Blocos, lajes	P											P										
			Telha	P				O							P		P								
			Agregado leve	P									O			P									
	2	Cerâmica Branca	Grês sanitário		P	S	P	O		S	O	P													
				Porcelana Mesa		P	P				P	P		S	S		O								
				Porcelana Eletr.		P	P				P	P		S	S		O								
				Faiança		P	O	S	S	S	P	S	P					P							
	3	Revesti-mentos	Pisos rústicos	P	O							O			P										
				Pisos via seca	P									P				P							
				Azulejo		P	P			O	S	S	P				P								
				Piso gresificado	O	P	S	S	P	O		S	P		O		P								
				Grês porcelânico		P	S	P		O		S	O	P				P							
Outras	4	Refratários			O					O	P														
	5	Isolantes				O				O	P														
	6	Especiais								O	P														
	7	Cimento	S						P	S	O	P													
	8	Vidro				S			S	P	P														
P	Processo ou composição principal (> 20%)		S	Processo ou composição secundária (< 10%)								O	Processo ou composição ocasional												

Obs.: * Classificação de Schuller & Henniche¹⁰; ** 21,26; *** O feldspato (ou concentrado de feldspato) é utilizado apenas nas porcelanas e, eventualmente, no grês porcelânico, enquanto que nos demais produtos são utilizados rochas feldspáticas. Fonte: Motta (2001).

3.8 IMPORTÂNCIA DA PADRONIZAÇÃO A PARTIR DA NORMA

A exigência crescente do mercado e o aumento da competitividade têm tornado cada vez mais importante a gestão da qualidade e da produtividade no setor da construção civil. Para não perder o bonde de tais mudanças, faz-se necessário acompanhar de perto todas as fases do processo produtivo, desde a preparação de massa até a pós-venda. E para alcançar tal coisa, o ceramista precisa conhecer em detalhes cada etapa da produção, começando pelo tipo de argila a ser utilizada, realizando mapeamento das jazidas de argila e os ensaios laboratoriais preliminares, finalizando com os controles de processos (SILVA, 2009).

Ainda que importante, a indústria cerâmica apresenta uma série de problemas, esses procedentes muitas das vezes de processos produtivos ultrapassados e de atrasos tecnológicos. A falta de conhecimento para a preparação da argila, a ausência de critérios bem definidos e erros durante a fase de extrusão são características que quando não empregadas reduz o desempenho de qualquer olaria (ANICER, 2007f).

Implantar e exigir produtos dentro dos padrões estabelecidos pelas normas evita eventuais problemas dentro de qualquer setor da indústria, a indústria ceramista não foge desse âmbito de regras. O processo de fabricação dos produtos deve atender todos os critérios propostos pelas normas, diminuindo a probabilidade de peças defeituosas. Problemas que sejam relacionados à matéria-prima, ao processo produtivo e a conformidade das peças, são designados comuns nas cerâmicas.

Para os blocos cerâmicos as normas regulamentadas pela ABNT são:

- NBR- 15270-1(2005) - “Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação”.
- NBR- 15270-2 (2005) - “Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural”.
- NBR- 15270-3 (2005) - “Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de Ensaio”.

Os blocos cerâmicos utilizados na execução das alvenarias de vedação, com ou sem revestimentos, por argamassa ou similar, devem atender à norma NBR 15270-1 (2005), a qual, além de definir termos, regulamenta os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis no recebimento dos produtos.

Consideram-se dois tipos de blocos quanto ao direcionamento de seus furos prismáticos, conforme ilustrado na Figura 10.

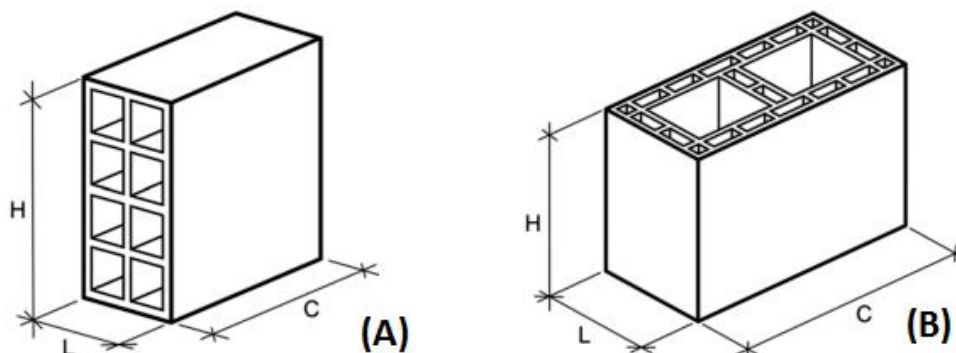


Figura 10 – Representação dos blocos cerâmicos de vedação. (A) furos na horizontal (B) furos na vertical. (NBR 15270, 2005)

A NBR 15270 (2005) é acompanhada por uma série de requisitos gerais. Suas características podem ser classificadas como visuais, geométricas, físicas e mecânicas. De início é exigido que qualquer que seja o bloco, a sua identificação é primordial, devem possuir em uma de suas faces externas, a identificação do fabricante e do respectivo bloco, em baixo relevo, com caracteres de no mínimo 5 mm de altura. Nessa caracterização, o bloco cerâmico deve constar no mínimo os seguintes quesitos:

- a) Identificação da empresa;
- b) Dimensões de fabricação, expressa em centímetros, seqüenciada com largura (L), altura (H) e comprimento (C), na forma (L x H x C), podendo ser suprimida a inscrição da unidade de medida em centímetros.

O bloco cerâmico não deve apresentar defeitos sistemáticos, desde quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam o seu emprego na função desejada e, deve apresentar a forma de um prisma reto. As dimensões dos blocos cerâmicos de vedação são melhores exemplificadas na tabela 3.

As características geométricas, físicas e mecânicas podem ser exemplificadas através da medição de suas faces (dimensões efetivas), espessura

dos septos, desvio em relação ao esquadro, planeza das faces, área bruta, massa seca, índice de absorção de água e, resistência a compressão individual.

Tabela 3 – Dimensões de fabricação dos blocos cerâmicos de vedação. Fonte: (NBR 15270, 2005)

Dimensões L x H x C Módulo dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação Cm			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco Principal	½ Bloco
(1) M x (1) M x (2) M	9	9	19	9
(1) M x (1) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (2) M		14	19	9
(1) M x (3/2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (3/2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(1) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(1) M x (2) M x (3) M			29	14
(1) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M	11,5	11,5	24	11,5
(5/4) M x (3/2) M x (5/2) M		14	24	11,5
(5/4) M x (2) M x (2) M		19	19	9
(5/4) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(5/4) M x (2) M x (3) M			29	14
(5/4) M x (2) M x (4) M	14	19	39	19
(3/2) M x (2) M x (2) M			19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

4. METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado no período de Março e Junho de 2014, em três cerâmicas localizadas em Apodi/RN. O município de Apodi/RN (Figura 11), situa-se na microrregião da chapada do Apodi e na mesorregião Oeste Potiguar, distante cerca de 341 km da capital do Estado.



Figura 11 – Localização do município de Apodi/RN

Fonte: IBGE (2010).

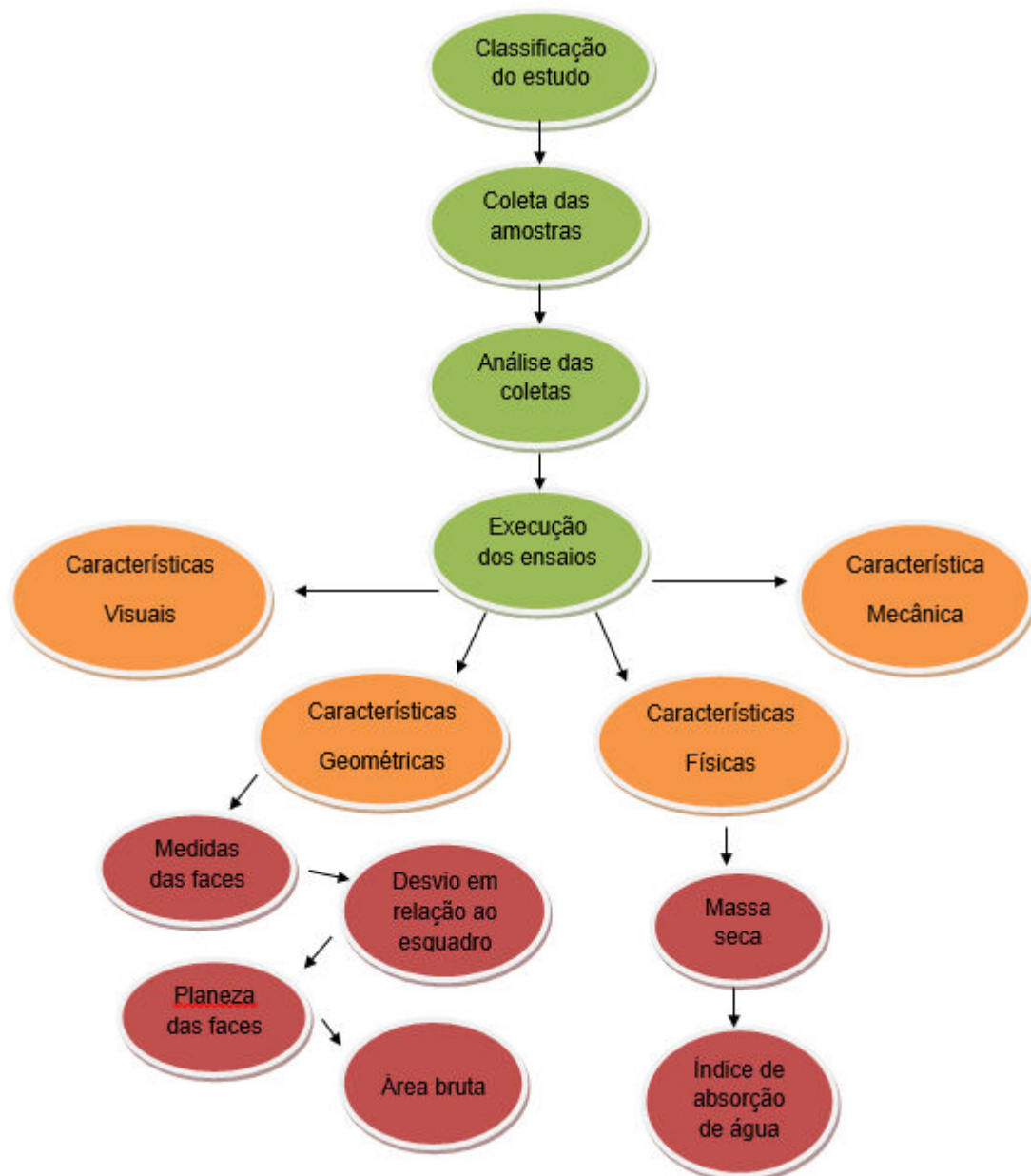
De acordo com o censo realizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2011, o município possui uma área territorial de 1.602,480 km² com população estimada de 40.404 habitantes. É dividido em quatro regiões geográficas com características diferentes baseadas nos tipos de solo: pedra, areia, vale e chapada.

O pólo ceramista tem uma grande representatividade econômica na região e no município gerando assim uma elevada taxa de empregos.

4.1 ETAPAS DO ESTUDO

A figura 12 contextualiza e desenvolve um melhor entendimento de todos os processos que serão tratados no decorrer da progressão metodológica.

Figura 12 – Fluxograma das etapas de estudo.



Fonte: Autor

4.1.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

Para a realização deste estudo de caso, inicialmente, foi feita a busca de informações conceituais sobre os materiais cerâmicos, a matéria-prima utilizada, seu processo de fabricação e sua importância econômica, bem como a legislação vigente ao assunto discutido. Após uma base científica, foi feita a busca de informações das cerâmicas existentes no município de Apodi/RN.

Os elementos escolhidos para a análise desse estudo foram os blocos cerâmicos de vedação com furos na horizontal, mais especificadamente, tijolos de 8 furos (9x19x19). Material esse, produzido em grandes escalas, devido ao alto índice de consumo, bem como, ao fato da simplicidade no seu processo de produção.

Os blocos cerâmicos foram avaliados quantitativamente através de amostras coletadas baseadas nas normas específicas. O desenvolvimento deste trabalho está ligado diretamente a verificação desses elementos com as Normas Técnicas da ABNT, examinando sua conformidade e comparando-as com os padrões estabelecidos pela NBR 15270 (2005). Sua seleção se deu a partir da iniciativa por possíveis melhorias no setor ceramista desse município, com a regulação de seus produtos. A figura 13 apresenta uma amostra de cada bloco das cerâmicas escolhidas.



Figura 13 – Amostras de blocos cerâmicos das empresas estudadas.

Fonte: Autor

4.1.2 PLANO DE COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas no dia 11 de março de 2014 diretamente das cerâmicas escolhidas para a análise desse estudo. A visita foi dividida em duas etapas: apresentação do trabalho com possíveis melhorias na produção e, em mesma instância, a coleta das amostras autorizada por responsáveis.

Nessa mesma data, as amostras foram encaminhadas ao laboratório onde os ensaios foram realizados. Na amostragem realizada adotou-se um critério aleatório de escolha de unidades, objetivando a caracterização individual de grande parte dos produtos a serem comercializados.

Foram selecionadas três empresas da cidade, escolhidas pela disponibilidade e por possuir índices maiores quanto à procura na região. No total, foram coletadas 3 grupos de amostras contendo os blocos cerâmicos. Cada amostra é composta por 30 corpos-de-prova, chegando a uma totalidade de 90 corpos-de-prova recolhidos. Para o ensaio de determinação das características geométricas e para o ensaio de determinação da resistência à compressão, as amostras são constituídas de 13 corpos-de-prova. Já o ensaio de determinação do índice de absorção de água, a amostra é constituída de seis corpos de prova. Para a execução dos ensaios chega-se a uma totalidade de 19 corpos-de-prova, os 11 corpos-de-prova que complementam a amostra de 30 assumiram papel de reserva assegurando qualquer eventualidade que possa ter ocorrido.

4.1.3 PLANO DE ANÁLISE DOS DADOS

Após a coleta das amostras junto às empresas fornecedoras, estas foram encaminhadas para o laboratório do campus da UFERSA – Caraúbas/RN, onde foram analisados de acordo com os procedimentos descritos pela NBR 15270-3 (Componentes cerâmicos. Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Métodos de ensaio). Os resultados obtidos foram confrontados com os descritos nas normas específicas, verificando-se assim os padrões de características geométricas, físicas e mecânicas.

4.2 EXECUÇÃO DOS ENSAIOS

4.2.1 MEDIDAS DAS DIMENSÕES EFETIVAS

Para a realização deste ensaio foram utilizados 13 corpos-de-prova de cada empresa, os mesmos foram identificados e numerados. Colocados em uma superfície plana e indeformável e, com o auxílio de uma trena, os valores de largura (L), altura (H) e comprimento (C) foram obtidos por medições nas partes centrais de cada bloco, sempre levando em conta a análise das duas faces. A Figura 14 mostra a execução desse ensaio.

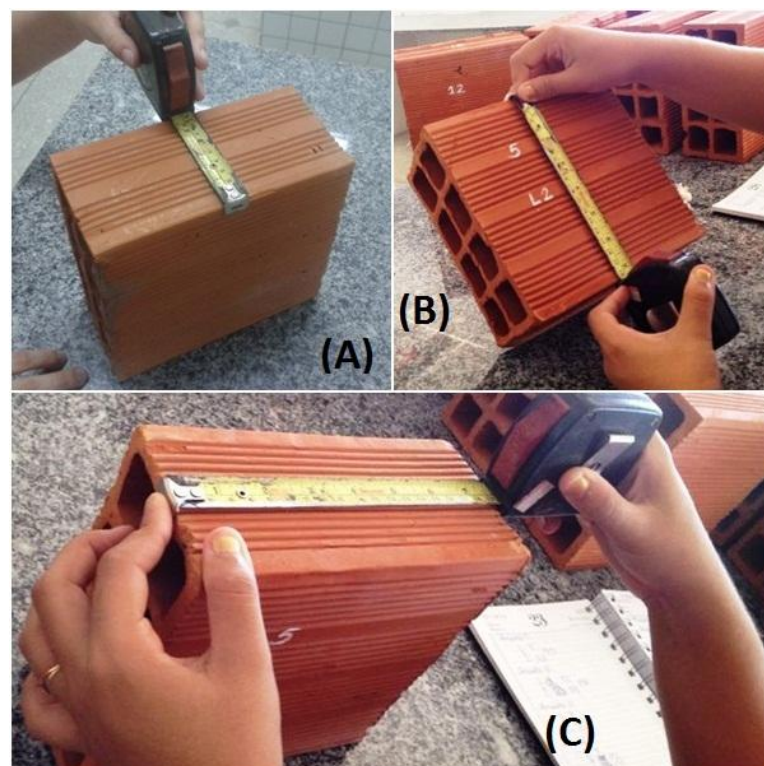


Figura 14 – Medição das dimensões efetivas. (A) medição da largura (B) medição da altura (C) medição do comprimento.

4.2.2 DETERMINAÇÃO DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO (D)

Empregando-se o paquímetro e o esquadro metálico ao mesmo tempo, foram medidos o desvio em relação ao esquadro entre uma das faces destinadas ao assentamento e a maior face destinada ao revestimento do bloco. As medidas foram feitas em ambas as faces dos blocos, posicionando a parte destinada ao assentamento no centro, mantendo o bloco centralizado para uma obtenção de melhores resultados. Utilizando o recuo do paquímetro a medição foi executada na região em que se observava o maior desvio (D). A representação desse ensaio pode ser mais bem vista na figura 15.



Figura 15 – Desvio em relação ao esquadro. Representação sistemática

Fonte: Autor

4.2.3 DETERMINAÇÃO DA PLANEZA DAS FACES (F)

A determinação da planeza das faces foi realizada nas faces do bloco destinadas ao revestimento, o corpo-de-prova foi colocado sobre uma superfície plana e indeformável.

Empregando-se os mesmos materiais do ensaio de desvio, foram determinados a planeza de faces destinadas ao revestimento através da flecha formada na diagonal. A flecha pode ser identificada no meio do bloco, e medida em ambas as faces, sempre na procura por um espaço que apresente maior flecha, provocados um afundamento neste local, ou nas extremidades deste bloco, em consequência do estofamento da parte central do bloco. Neste ensaio foi verificado se havia ou não presença de concavidades ou convexidades nas faces dos blocos, buscando justamente identificar os defeitos de fabricação que provocam essa eventualidade. A figura 16 mostra como foi realizado esse ensaio.



Figura 16 – Planeza das faces. Representação esquemática.

Fonte: Autor.

4.2.4 DETERMINAÇÃO DA ÁREA BRUTA

Cada bloco cerâmico constituía um corpo-de-prova. Da mesma forma que os anteriores se fez necessário treze corpos-de-prova de cada empresa identificados e numerados. Com as medidas das dimensões efetivas, já obtida através da caracterização geométrica, a área bruta de cada bloco foi calculada a partir da seguinte expressão:

$$A_b = L \times C$$

4.2.5 DETERMINAÇÃO DA MASSA SECA (M_s)

Diferente dos demais ensaios, para a determinação da massa seca foram necessários 6 corpos-de-prova, devidamente identificados e numerados. Os corpos-de-prova passaram por um processo de retirada das partículas soltas e em seguida, transferidos à secagem em uma estufa (105 ± 5)°C. Em intervalos de 1 h, os corpos-de-prova eram retirados e, as massas individuais dos blocos, eram determinadas por pesagens. Esse processo era contínuo até que duas pesagens consecutivas de cada bloco se diferenciassem em no máximo 0,25 %. Após essa estabilização, obteve-se o valor da massa seca, expressa em gramas. A figura 17 mostra os blocos preparados para a secagem na estufa e a figura 18 a pesagem dos blocos cerâmicos.



Figura 17 – Blocos cerâmicos na estufa.
Fonte: Autor

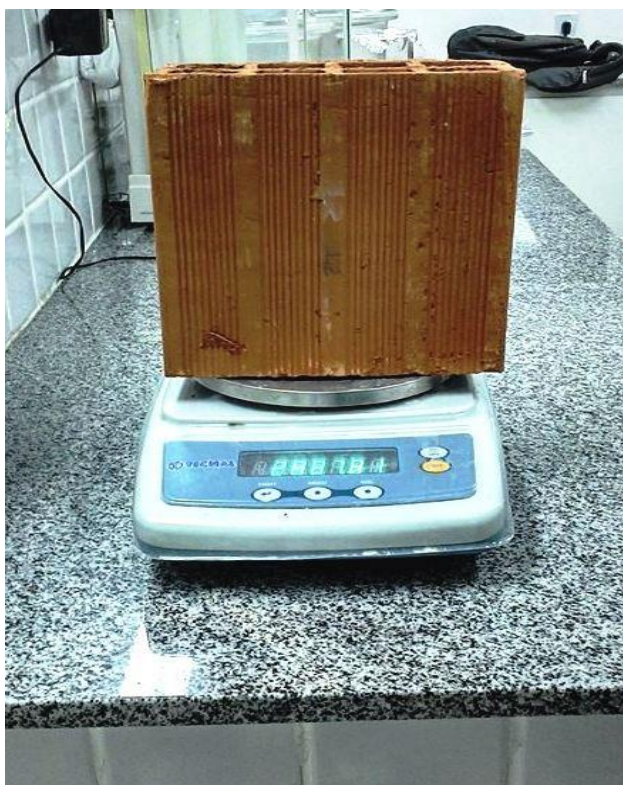


Figura 18 – Pesagem do bloco cerâmico.
Fonte: Autor

4.2.6 DETERMINAÇÃO DA MASSA ÚMIDA (M_U)

Após a determinação da massa seca (m_s), os corpos-de-prova foram colocados em um recipiente, preenchido com água a temperatura ambiente, em volume suficiente para mantê-los totalmente imersos, por um período de 24 h. Quando atingido o tempo necessário os corpos-de-prova foram removidos e colocados em uma bancada para um melhor escoamento quanto à questão do excesso de água. A água remanescente foi removida com o auxílio de um pano limpo e úmido, observando-se que o tempo decorrido entre a remoção do excesso de água na superfície e o término das pesagens não deveria ser superior a 15 min. A massa úmida, expressa em gramas, foi determinada pela pesagem de cada corpo-de-prova saturada. A figura 19 mostra a execução desse ensaio, os corpos-de-prova imersos na água.



Figura 19 – Blocos cerâmicos imersos.
Fonte: Autor

4.2.7 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA (AA)

De acordo com a NBR 15270 (2005) o índice de absorção de cada corpo-de-prova foi determinado pela seguinte expressão:

$$AA(\%) = \frac{m_u - m_s}{m_s} \times 100$$

Onde:

m_s = massa seca de cada corpo de prova;

m_u = massa úmida de cada corpo de prova

4.2.8 DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

O presente ensaio, diferente dos demais, foi realizado no Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Potiguar (UNP) no dia 16 de Julho de 2014 na cidade de Mossoró.

Ainda no Campus Caraúbas os corpos-de-prova passaram por uma preparação antes da medição do seu limite de resistência, ou seja, foi necessário realizar o capeamento desses blocos. Sobre uma superfície plana e indeformável recoberta com sacos plásticos umedecidos a pasta de cimento foi aplicada à face destinada ao assentamento, excedendo sobre o bloco uma pressão manual a fim de refluir a pasta interposta, de modo a definir uma espessura de no máximo 3 mm. O nível bolha foi utilizado para que se chegasse a um nivelamento mais interessante. O capeamento foi introduzido em ambas as faces de assentamento. As figuras a seguir mostram a finalização desse preparo antes de ensaiar sua resistência, sendo separado pelo capeamento de cada empresa.



Figura 20 – Capeamento dos blocos da Cerâmica A.

Fonte: Autor



Figura 21 – Capeamento dos blocos da Cerâmica B.

Fonte: Autor



Figura 22 – Capeamento dos blocos da Cerâmica C.

Fonte: Autor

Os blocos foram ensaiados na condição saturada de modo que a carga fosse aplicada na direção do esforço que o bloco deve suportar durante o seu emprego, sempre perpendicular ao comprimento e na face destinada ao assentamento. O corpo-de-prova foi colocado na prensa de modo que o seu centro de gravidade esteja no eixo de carga dos pratos da prensa.

Para o desenvolvimento do ensaio utilizou-se os valores médios obtidos na determinação da área bruta e, outra área foi calculada na forma de adaptar-se ao

programa utilizado na instituição, a área dos furos. A área do círculo foi tomado como base e calculada para todos os blocos, considerando um diâmetro de 50 mm. Os resultados desse ensaio foram todos obtidos por programas computacionais. A figura 23 demonstra a realização do ensaio de resistência à compressão.



Figura 23 – (a) Carga sendo aplicada no bloco cerâmico. (b) Rompimento do bloco após limite de carga aplicada

Fonte: Autor

5 RESULTADOS

Neste capítulo são expressos os resultados dos ensaios realizados com as amostras dos produtos cerâmicos coletados. Os produtos cerâmicos analisados foram os blocos cerâmicos de vedação, mas especificadamente tijolos de 8 furos, avaliados através de ensaios dimensionais, físicos e mecânicos, em acordo com a ABNT NBR 15270 (2005). A mesma estabelece limites de tolerâncias dimensionais relacionadas a todos os ensaios que foram realizados. Isso servirá de base para analisar e determinar todos os resultados que serão exemplificados adiante.

5.1 ANÁLISE DOS DADOS

5.1.1 IDENTIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS

Todo bloco cerâmico deve apresentar, obrigatoriamente a identificação do fabricante e suas devidas dimensões de fabricação. Apenas uma das empresas foi sucedida nesse ponto. As cerâmicas B e C não apresentaram nenhuma dessas características em suas amostras, sendo, portanto não-conformes nesse quesito. A cerâmica A apesar de conter as informações um pouco apagadas atende ao critério de identificação, sendo, portanto conforme.

5.1.2 PROPRIEDADES VISUAIS

A norma estabelece que os blocos não apresentem defeitos sistemáticos como quebras, trincas, deformações e superfícies irregulares. Os blocos cerâmicos foram caracterizados em três estágios para um melhor entendimento de visibilidade quanto a esses defeitos, sendo eles: Ótimo, bom e ruim. A cerâmica A foi titulada

como boa por intermediar a presença de quebras e trincas nos seus blocos; a cerâmica B como ótima por em sua maioria não apresentar deformações, quebras e trincas; e a cerâmica C como ruim, pois em todos os seus blocos se observava defeitos de trincas, quebras e superfícies irregulares. A figura 24 mostra os defeitos visuais para a obtenção desses estágios.

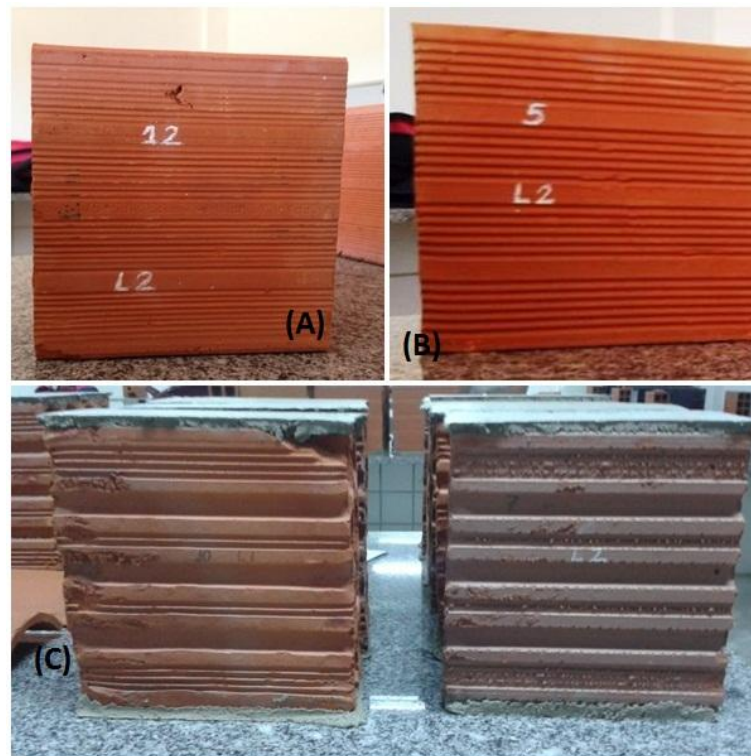


Figura 24 – Representação sistemática dos defeitos encontrados nos blocos cerâmicos.

(A) Cerâmica A, (B) Cerâmica B, (C) Cerâmica C. Fonte: Autor

5.1.3 DIMENSÕES EFETIVAS

A NBR 15270 (2005) estabelece tolerâncias dimensionais para a análise dos resultados, através de limites baseados nas medidas, tanto para dimensões individuais, como para a média das dimensões que, devem ser obedecidas rigorosamente, como mostra as tabelas 4 e 5.

Tabela 4 – Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à dimensão efetiva.

(NBR 15270, 2005)

Grandezas controladas	Tolerância individual mm
Largura (L)	± 5
Altura (H)	
Comprimento (C)	

Tabela 5 – Tolerâncias dimensionais individuais relacionadas à média das dimensões efetivas.

(NBR 15270, 2005)

Grandezas controladas	Tolerância mm
Largura (L)	± 3
Altura (H)	
Comprimento (C)	

A norma 15270 (2005) ainda estabelece limites no que diz respeito a aceitação e rejeição do lote. A tabela 06 mostra essa exigência e pode ser aplicada não só as dimensões efetivas, mas, a planeza de faces e desvio em relação ao esquadro, sendo a mesma tomada como base para determinar a aceitação ou não dos lotes de cada cerâmica quanto às demais caracterizações geométricas.

Tabela 6 – Aceitação e rejeição para os ensaios de dimensão efetiva, planeza das faces e desvio em relação ao esquadro. (NBR 15270, 2005)

Nº de blocos constituintes	Unidades não-conformes	
	Nº para aceitação do lote	Nº para rejeição do lote
13	2	3
NOTA Esta tabela não se aplica ao item área bruta.		

Os resultados das dimensões efetivas são apresentados a seguir através das tabelas 7 a 12, especificando as dimensões individuais e medianas para as três empresas de estudo. Os blocos devem atender as medições de (9x19x19), largura, altura e comprimento, respectivamente.

Tabela 7 – Dimensões individuais da Cerâmica A.

Amostra	Largura	Altura	Comprimento
1	9.0	19.4	19.4
2	9.0	19.3	19.2
3	9.0	19.2	19.3
4	9.2	19.5	19.4
5	9.0	19.0	19.1
6	9.0	19.2	19.2
7	9.2	19.5	19.3
8	9.2	19.2	19.3
9	9.0	19.5	19.3
10	9.2	19.6	19.5
11	9.0	19.0	19.0
12	9.0	19.2	19.0
13	9.0	19.0	19.0

Tabela 8 – Média das dimensões efetivas da Cerâmica A.

Cerâmica A	Largura	Altura	Comprimento
Média	9.06	19.27	19.23
Desvio Padrão	0.096	0.209	0.105

De acordo com as tabelas 7 e 8 percebe-se que, a cerâmica A está em conformidade com ambas às dimensões efetivas. Com apenas uma das amostras

fora das dimensões individuais e com valores médios apresentando números dentro do permitido com base nos requisitos específicos de tolerância exigidos pela norma, como mostra as tabelas 4 e 5. Portanto, o lote foi aceito.

Tabela 9 – Dimensões individuais da Cerâmica B.

Amostra	Largura	Altura	Comprimento
1	8.8	18.4	18.9
2	9.0	18.7	19.3
3	9.0	18.5	18.7
4	9.0	18.3	18.8
5	8.9	18.5	19.1
6	9.0	18.7	19.1
7	9.3	18.8	19.1
8	9.0	18.5	18.9
9	9.0	18.8	19.1
10	9.0	18.7	19.1
11	9.0	18.6	19.0
12	9.15	18.7	19.0
13	9.07	18.7	19.1

Tabela 10 – Média das dimensões efetivas da Cerâmica B.

Cerâmica B	Largura	Altura	Comprimento
Média	9.02	18.6	19.02
Desvio Padrão	0.117	0.155	0.157

Com os resultados expostos nas tabelas 9 e 10 nota-se que, a cerâmica B diverge um pouco do padrão permitido. Na análise individual a altura dos corpos-de-prova apresenta certa deficiência, visto que, nenhum dos blocos alcança o exigido, ultrapassando as tolerâncias especificadas pela norma. Conseqüentemente a média dessas dimensões também apresenta certa desconformidade no que diz respeito a sua altura. Na análise de dimensão individual apenas 2 amostras fogem do padrão, porém o erro se estende a média desses resultados. Esse problema na altura pode ser proveniente de alguma deficiência na dimensão de suas fôrmas. Isso nos permite dizer que, como a média da altura obtida a partir da verificação das dimensões efetivas individuais ultrapassa a tolerância estabelecida para a média

indicada na tabela 5 o lote da cerâmica B será rejeitado, pois o mesmo não é uniforme em todas as dimensões.

Tabela 11 – Dimensões individuais da Cerâmica C.

Amostra	Largura	Altura	Comprimento
1	9.0	19.4	18.9
2	8.9	19.2	19.3
3	8.7	18.7	18.7
4	8.8	19.0	18.8
5	8.9	19.0	19.1
6	8.6	18.7	19.1
7	8.6	18.8	19.1
8	8.7	19.0	18.9
9	8.6	18.9	19.1
10	8.6	19.0	19.1
11	8.8	19.0	19.0
12	8.7	19.0	19.0
13	8.7	19.0	19.1

Tabela 12 – Média das dimensões efetivas da Cerâmica C.

Cerâmica B	Largura	Altura	Comprimento
Média	8.74	18.98	19.16
Desvio Padrão	0.133	0.188	0.157

De acordo com as tabelas 11 e 12 a cerâmica C expõe resultados que obedecem aos padrões exigíveis, sendo conformes em dimensões efetivas individuais e médias. Portanto, o lote foi aceito.

Com base em todos os resultados expressados por cada cerâmica, foi possível aglomerar as análises e compará-las graficamente como mostra a seguir.

Uma análise comparativa pode ser mais bem observada na figura 25, que apesar da cerâmica A e C estarem dentro dos padrões da norma, a cerâmica A apresenta resultados mais satisfatórios. A cerâmica C apesar de defeitos nas suas características visuais seus resultados nessa análise foram considerados bons, estando dentro de todos os limites de dimensões. O gráfico serve apenas como uma

comparação entre os números em análise, não desprezando os resultados obtidos na realização dos ensaios.

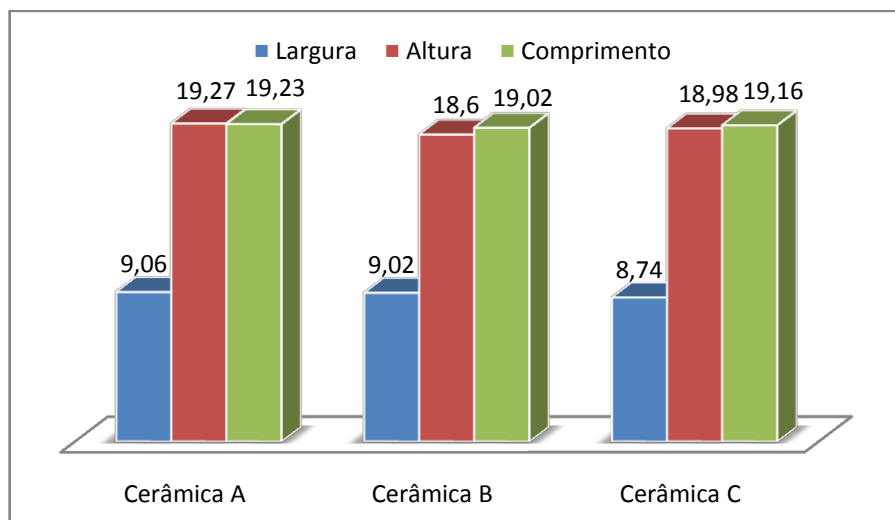


Figura 25 – Comparativos dimensionais das cerâmicas em estudo.

5.1.4 ANÁLISE DO DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO

Os valores dos desvios foram obtidos em ambas as faces de revestimento dos blocos, designados por face 1 e face 2. A NBR 15270 (2005) estabelece que o desvio em relação ao esquadro deva ser no máximo 3mm. A análise de rejeição dos lotes especificada na norma é avaliada para os resultados dos blocos individuais, a média expressa nas tabelas 13, 14 e 15 serve como base para um comparativo entre as empresas.

A tabela 13 nos permite observar que quatro corpos-de-prova estão fora do limite aceitável, sendo eles: 1, 2, 9 e 12. Com base na tabela 06 o lote dessa cerâmica será rejeitado, pois, ultrapassava o número limite de aceitação.

Tabela 13 – Características de desvio da Cerâmica A

Amostra	Face 1	Face 2
1	3.7	4.0
2	2.6	3.7
3	2.2	1.5
4	1.0	2.4
5	0.8	0.8
6	2.8	2.0
7	2.05	0.9
8	1.0	0.5
9	4.2	5.9
10	2.6	1.4
11	2.4	2.8
12	7.3	1.3
13	1.5	1.6
Média	2.63	2.22
Desvio Padrão	1.731	1.540

A tabela 14 mostra que oito corpos-de-prova estão fora dos números consideráveis para a aceitação do lote. Como não estão em conformidade com o exigido e baseado na tabela 06 o lote dessa cerâmica será rejeitado. Mostrando um grau de desconformidade bem mais elevado que a cerâmica A, chegando ao dobro de blocos defeituosos.

Tabela 14 – Resultados de desvio da Cerâmica B.

Amostra	Lado 1	Lado 2
1	5.2	3.7
2	1.8	2.9
3	2.6	7.25
4	4.3	6.9
5	4.9	4.7
6	3.4	5.4
7	1.6	0.9
8	0.9	0.4
9	0.9	2.9
10	2.05	2.05
11	4.5	5.15
12	5.65	5.65
13	1.49	3.8
Média	3.02	3.98
Desvio Padrão	1.711	2.129

Tabela 15 – Resultados de desvio da Cerâmica C.

Amostra	Lado 1	Lado 2
1	1.4	2.4
2	2.4	1.9
3	1.6	4.2
4	0.9	1.4
5	2.7	3.5
6	4.8	0.6
7	3.0	1.3
8	2.0	3.6
9	1.4	0.9
10	1.2	1.9
11	0.7	1.7
12	0.4	1.8
13	0.8	0.9
Média	1.79	2.0
Desvio Padrão	1.202	1.125

A cerâmica C também não teve sucesso na aprovação do seu lote, quatro corpos-de-prova ultrapassaram o limite estabelecido, ocasionando, portanto, a rejeição do lote.

Fazendo uma análise diferente da estabelecida pela norma, ou seja, uma análise média e geral desses resultados observou-se que a Cerâmica C apresentou números mais próximos do permitido. Apesar da deficiência nesse quesito por parte de todas as empresas, a cerâmica C apresenta um desempenho melhor que as demais no que diz respeito à aproximação dos limites toleráveis. Esses defeitos são oriundos da sensibilidade do processo de fabricação nas cerâmicas. A figura 26 mostra a análise desse comparativo.

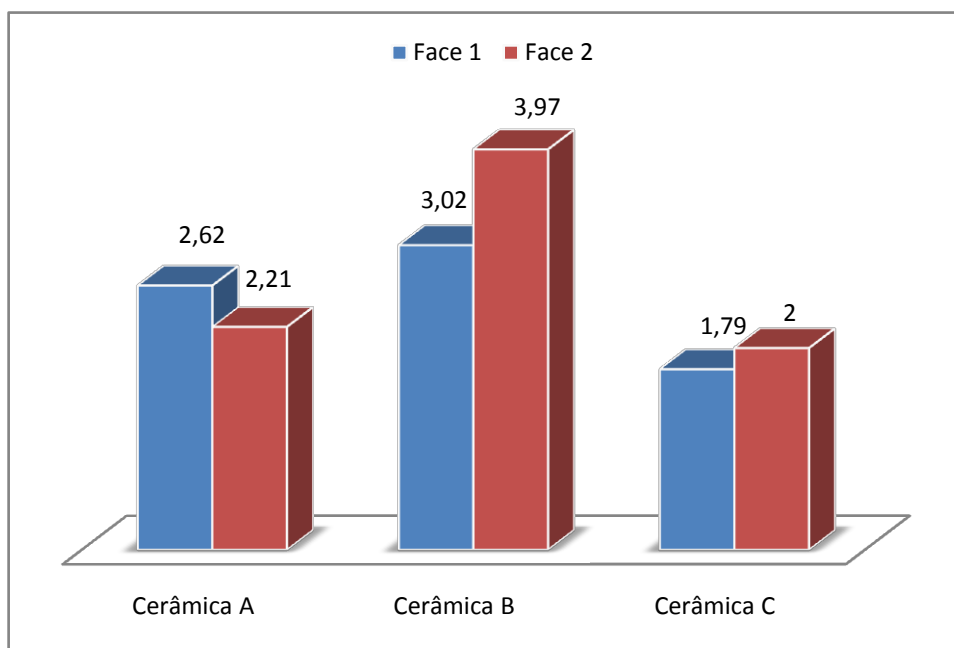


Figura 26 – Comparativo do desvio médio apresentado nos blocos das cerâmicas em estudo.

5.1.5 ANÁLISE DA PLANEZA DAS FACES OU FLECHA

Assim como a análise de desvio em relação ao esquadro os valores de planeza foram obtidos em ambas as faces de revestimento dos blocos, designados por face 1 e face 2. A NBR 15270 (2005) estabelece que a flecha deva ser de no máximo 3 mm. O mesmo raciocínio foi seguido para a apresentação desses resultados na comparação das empresas, avaliados individualmente para um aval de rejeição ou não e, como média na forma de comparar as empresas entre si.

Como as flechas podem ser vistas nas extremidades ou no centro dos blocos, foi realizado um esquema para que se tivesse uma melhor visualização e entendimento de como foi desenvolvida a procura por esses resultados, como mostra a figura 27.

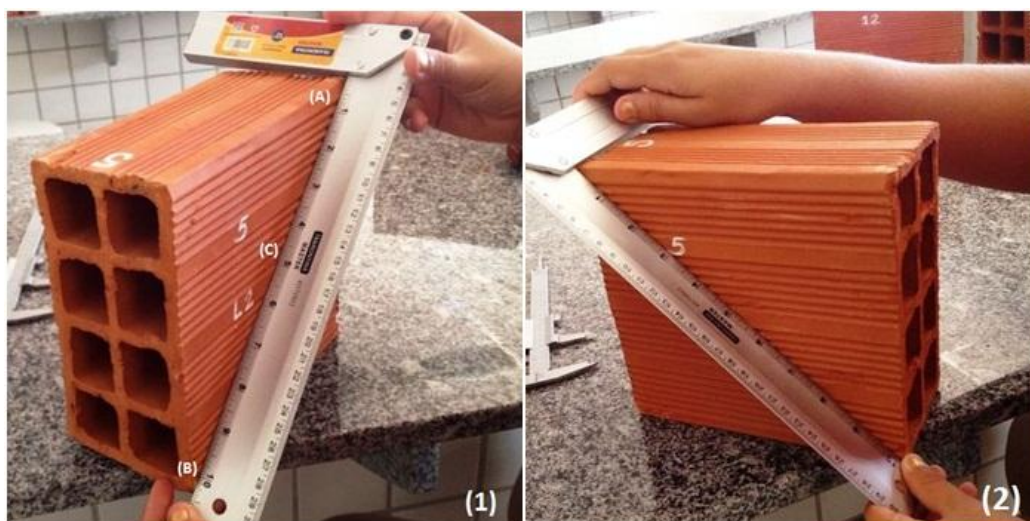


Figura 27 – Esquema dos resultados. (A) Parte superior [PS], (B) Parte inferior [PF], (3) Centro [C], (1) Diagonal 1, (2) Diagonal 2. Fonte: Autor

A análise das flechas não apresentou divergências entre as empresas quanto ao resultado de aceitação do lote. Todas as empresas tiveram seus lotes rejeitados, Apesar da rejeição a empresa que mais se aproxima das regras impostas é a cerâmica B. As demais mostram resultados bastante elevados. Os resultados divergentes são melhores observados nas tabelas 16, 17 e 18, separados por especificação de cada empresa.

Tabela 16 – Resultados da planeza de faces da cerâmica A.

Amostra	Lado 1						Lado 2					
	Diagonal 1			Diagonal 2			Diagonal 1			Diagonal 2		
	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M
1	5.05	-		1.5	1.2		4.6	-		4.4	-	
2	3.7	-		4.3	-		3.9	0.75		2.5	-	
3	3.3	-		3.8	-		2.6	-		3.6	-	
4	2.7	1.7		1.05	-		2.6	2.75		4.0	-	
5	9.4	0.7		7.8	0.9		2.1	2.2		0.9	3.2	
6	4.65	2.15		5.2	-		2.4	3.95		8.2	1.55	
7	4.3	1.4		2.6	-		1.3	1.3	0.5			1.75
8	1.0	1.95		1.95	2.15		2.85	-		2.3	-	
9	2.9	-		5.4	3.7		5.5	-		6.9	-	
10	5.85	-		5.1	-		5.85	-		1.75	-	
11	8.8	0.8		2.1	-		3.4	-		5.15	-	
12	1.6	1.75		6.4	2.0		2.9	6.9		3.6	0.9	
13	4.3	-		3.0	3.2		1.4	-		1.2	2.3	
Média	4.42	1.49		3.86	2.19		3.18	2.97		3.70	1.98	1.75
Desvio Padrão	2.373	0.558		1.969	1.094		1.371	2.225		2.131	0.990	

Tabela 17 – Resultados da planeza de faces da cerâmica B

Amostra	Lado 1						Lado 2					
	Diagonal 1			Diagonal 2			Diagonal 1			Diagonal 2		
	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M
1	2.9	-		1.85	2.85		8.05	-		3.25	-	
2	3.6	-		-	4.55		12.4	-		4.15		
3	9.2	-		3.95	-		2.1	1.4		6.7	2.1	
4			2.4			1.5	12.2	-		10.2	-	
5	6.4	-		6.7	-		1.9	1.4		1.5	4.0	
6	11.3	-		2.9	-		-	5.2		-	3.8	
7			0.8	2.5	0.3				2.5	-	1.5	
8	3.75	-		-	3.25		4.7	-		-	0.2	
9	11.1	-		-	1.4		3.0	-		-	2.8	
10	10.2	-		-	3.9		2.4	-		-	3.8	
11	7.4	1.5		2.7	-				0.8	1.2	3.5	
12	3.2	7.2		0.4	5.3		7.4	2.4		7.4	1.7	
13	7.6	0.7		1.4	0.5				2.3	2.6	1.4	
Média	6.96	3.13	1.6	2.8	2.75	1.5	6.01	2.6	1.86	4.62	2.48	
Desvio Padrão	3.084	0.8	1.131	1.9	1.860		4.417	1.796	0.929	3.180	1.292	

Tabela 18 – Resultados da planeza de faces da cerâmica C.

Amostra	Lado 1						Lado 2					
	Diagonal 1			Diagonal 2			Diagonal 1			Diagonal 2		
	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M	P.S	P.I	M
1			3.2			3.0	-	11.7		-	4.4	
2	7.0	-		8.1	-		2.7	-		4.6	-	
3	9.3	-		-	3.9		7.3	-		-	2.05	
4	5.7	-		1.6	-		6.4	-		6.0	-	
5	5.3	-		2.65	-		6.5	-		-	3.0	
6	10.1	-		2.9	-		1.3	-		1.15	-	
7	2.7	3.0		2.05	5.25		4.55	-		3.5	-	
8	2.15	3.75		1.35	1.2		1.4	2.0		3.85	-	
9	3.8	-		2.1	2.5		1.5	1.4		3.3	0.8	
10	30.6*	4.1		5.55	-		2.7	2.1		2.9	-	
11	2.1	2.4		3.4	4.5		6.2*	-		3.5	4.2	
12	3.9	-		1.1	0.55		2.85			3.5	4.8*	2.6
13	4.4	-		3.1	-		3.4	1.0		2.1	1.1	
Média	7.25	3.31	3.2	3.08	2.98	3.0	3.9	3.64		3.44	2.9	2.6
Desvio Padrão	2.715	0.762		2.068	1.877		2.180	0.519		1.309	1.533	0.762

* Blocos quebrados e com defeitos de afundamento.

De acordo com a tabela 16, os blocos cerâmicos A possui, em maior escala deficiência no seu centro, oriundas de um processo de expansão. As cerâmicas B e C são mescladas nessa visão das flechas.

5.1.6 ÁREA BRUTA

Na Tabela 19 estão apresentados os valores de área bruta para as três cerâmicas estudadas neste trabalho.

Tabela 19 – Média da área bruta das três cerâmicas de estudo

Cerâmica	Área Bruta média
A	174,26 cm ²
B	171,46 cm ²
C	167,22 cm ²

Esse ensaio foi realizado com o objetivo de subsidiar apoio ao ensaio de resistência à compressão. Já que este valor em si não representar conformidade ou não conformidade para os blocos cerâmicos de oito furos.

5.1.7 ÍNDICE DE ABSORÇÃO D'ÁGUA (AA)

A NBR 15270 (2005) impõe que o índice de absorção d'água não deve ser inferior a 8% nem superior a 22% e ainda determina limites no que diz respeito a aceitação e rejeição do lote. A definição desse resultado parte da tabela 20, na definição de conformidade a respeito do índice de absorção de água.

Tabela 20 – Aceitação e rejeição na inspeção por ensaios para índice de absorção de d'água
(NBR 15270, 2005)

Nº de blocos constituintes	Unidades não-conformes	
Amostragem simples	Nº para aceitação do lote	Nº para rejeição do lote
6	1	2

Os resultados obtidos no ensaio de absorção d'água são especificados nas tabelas 21, 22 e 23. Resultados esses tomados como base para diagnosticar a aceitação ou não dos lotes de cada cerâmica.

Tabela 21 – Resultados das características físicas da Cerâmica A.

Amostra	Massa seca	Massa úmida	AA(%)
1	2830,08	3075,2	8,661
2	2887,03	3196,27	10,711
3	2758,13	2998	8,69
4	2728,03	2994,61	9,771
5	2855,41	3157,17	10,568
6	2614,93	2840,35	8,62
Média	2778,93	3043,6	10

Tabela 22 – Resultados das características físicas da Cerâmica B.

Amostra	Massa seca	Massa úmida	AA(%)
1	2398,46	2559,62	6,71
2	2395,32	2558,19	8,469
3	2380,6	2572,56	8,063
4	2375,52	2587,91	8,904
5	2378,77	2579,37	8,432
6	2454,1	2653,75	8,135
Média	2397,12	2585,23	8.118

Tabela 23 – Resultados das características físicas da Cerâmica C.

Amostra	Massa seca	Massa úmida	AA(%)
1	2398,11	2524,08	5,25
2	2459,07	2673,56	8,722
3	2367,21	2551,03	7,765
4	2484,32	2690,3	8,291
5	2445,05	2653,95	8,543
6	2368,12	2559,46	8,079
Média	2420,31	2608,73	8

Com os resultados expressos sobre as características físicas de cada cerâmica e baseado na tabela 20, conclui-se que, apenas a cerâmica C não está em conformidade com a norma, resultando na rejeição do seu lote, por duas de suas amostras apresentarem números inferiores a 8%, o que pode acarretar uma dificuldade de aderência durante a execução do chapisco na alvenaria de vedação. A cerâmica A apresenta maior percentual de absorção de água entre as três estudadas, porém este valor está dentro da faixa determinada em norma.

5.1.8 ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

Segundo a NBR 15270 (2005) a característica mecânica dos blocos cerâmicos de vedação, calculada na área bruta, com furos na horizontal deve atender a uma resistência $\geq 1,5$ MPa. Na inspeção por ensaio individual, a aceitação ou rejeição do lote fica condicionada ao disposto na tabela 24.

Tabela 24 – Aceitação ou rejeição na inspeção para o ensaio de resistência a compressão (NBR 15270, 2005).

Nº de blocos constituintes	Unidades não-conformes	
	Nº para aceitação do lote	Nº para rejeição do lote
13	2	3

As tabelas 25, 26 e 27 mostram os resultados individuais por cerâmica, com suas respectivas tensões máxima.

Tabela 25– Resultados de resistência a compressão da cerâmica A.

Corpo de Prova	Diâmetro (mm)	Tensão Força máxima (MPa)
1	222.00	1.67
2	222.00	1.33
3	222.00	1.22
4	222.00	1.70
5	222.00	2.15
6	222.00	1.27
7	222.00	1.42
8	222.00	1.38
9	222.00	1.36
10	222.00	0.90
11	222.00	1.35
12	222.00	1.16
13	222.00	1.20

Tabela 26 – Resultados de resistência a compressão da cerâmica B

Corpo de Prova	Diâmetro (mm)	Tensão Força máxima (MPa)
1	218.00	2.30
2	218.00	2.11
3	218.00	1.89
4	218.00	2.67
5	218.00	1.54
6	218.00	2.45
7	218.00	2.70
8	218.00	2.19
9	218.00	2.02
10	218.00	1.85
11	218.00	2.23
12	218.00	2.38
13	218.00	2.30

Tabela 27 – Resultados de resistência a compressão da cerâmica C.

Corpo de Prova	Diâmetro (mm)	Tensão Força máxima (MPa)
1	213.00	0.27
2	213.00	0.27
3	213.00	0.66
4	213.00	0.27
5	213.00	0.13
6	213.00	0.41
7	213.00	0.39
8	213.00	0.22
9	213.00	0.44
10	213.00	0.41
11	213.00	0.35
12	213.00	0.46
13	213.00	0.40

A tabela 25 especifica o resultado médio das tensões de cada ensaio de resistência a compressão das cerâmicas estudadas, baseadas nos resultados obtidos nas tabelas anteriores.

Tabela 28 – Tensão média máxima de resistência a compressão.

Empresas	Quantidade de corpos de prova	Tensão Média Máxima (Mpa)	Desvio padrão
Cerâmica A	13	1,39	0,3069
Cerâmica B	13	2,20	0,3408
Cerâmica C	13	0,36	0,1325

Baseado nos dados acima é perceptível a fragilidade dos blocos cerâmicos A, os mesmos não estão aptos a aceitação do lote. Com mínimos resultados de tensão e elevado número de rejeição dos blocos individuais, a mesma teve seu lote totalmente rejeitado. A cerâmica B alcança o resultado mais significativo aos padrões da norma. Todos os blocos atenderam o quesito imposto pela norma, sem

dúvida alguma o lote foi aceito. A cerâmica C apresenta resultados com alto grau de insatisfação. Seus blocos não chegaram a suportar a metade da carga exigida pela norma, o que mostra o seu real quadro de deficiência quanto aos processos de fabricação, colocando em risco as estruturas. Esse resultado já era esperado, já que nas características visuais da cerâmica C foi possível identificar um grau elevado de trincas e fissuração, além de diferenças de coloração indicando uma possível falha durante a queima desse material.

6 CONCLUSÃO

Na intenção de adquirir produtos que atendam as exigências mínimas impostas pelas normas, exibindo resultados satisfatórios em um mesmo grau para fabricantes e compradores, a presente obra discute aspectos importantes da indústria cerâmica, dos seus materiais e a importância de produtos regularizados, de modo a serem induzidos a desenvolver padrões com alto desempenho.

A cerâmica A apresentou números satisfatórios e, esteve dentro dos padrões visuais, dimensionais, no índice de absorção d'água e, na identificação dos blocos, sendo a única a atender esse quesito. A análise dos ensaios define que cerâmica B apresentou bons resultados nas propriedades visuais, índice de absorção d'água e resistência a compressão. A cerâmica C foi regular apenas na caracterização dimensional. Esse resultado mostra a alta deficiência que a cerâmica C conta na produção de seus materiais, sendo, portanto, frágeis e não aptos a aceitação de seu lote. A deficiência dessa empresa parte desde as características visuais, na presença de trincas, quebras e deformações.

A rejeição total dos lotes na determinação do desvio em relação ao esquadro e, planeza das faces foi surpreendente, nenhuma das empresas de estudo estão em conformidade com esses quesitos. Com esses resultados observa-se a necessidade de uma reforma dentro da indústria cerâmica do município de Apodi/RN. Pois, apesar do trabalho não abranger as patologias dentro das edificações, o material cerâmico é um dos componentes dessas edificações e precisa ser trabalhado e comercializado da maneira mais conforme e correta a fim de evitar possíveis problemas patológicos.

Os dados comprovaram padronizações restritas dentro da análise das características estudadas, porém, analisando de forma geral, parâmetros de grandes deficiências foram observados nos produtos comercializados por essas indústrias. Com uma deficiência consideravelmente alta, torna-se necessária a preocupação em desenvolver métodos que auxiliem os processos de produção e diminuam os riscos dentro das edificações.

REFERÊNCIAS

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Manuais – Bloco. Rio de Janeiro, 2002.

ANICER. Matéria “Clínicas tecnológicas Senai/Anicer”. Revista da ANICER, Seção Conhecimento, Ano 10, edição 48, Setembro, 2007(f).

APICER - Associação Portuguesa da Indústria de Cerâmica. Manual de Alvenaria de Tijolo. Associação Portuguesa de Industriais de Cerâmica de Construção, Coimbra, 2000.

ABRECAM. Associação Brasileira de Cerâmica. Anuário Brasileiro de Cerâmica. São Paulo: ABC, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270. **Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5ª edição. Rio de Janeiro - RJ. LTC- Livros Técnicos e Científicos. Editora AS, 1994.935p.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção 2**. Revisão técnica João Fernandes Dias. 5º Edição, Rio de Janeiro: LTC, 2008.

JÚNIOR, G. B. **Avaliação do Processo Industrial da Cerâmica Vermelha na Região do Seridó-RN**. 2010. 201 f. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Mecânica do centro de tecnologia, Universidade Federal Rio Grande no Norte, Natal, 2010.

BETINI, D. G. **Inovação de Tecnologia de Produtos de Cerâmica Vermelha com Uso de Chamote em São Miguel do Guamá**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto de Tecnologia - UFPA, Belém-PA, 2007, 110 p.

BELLINGIERI, J. C.. **A indústria cerâmica em São Paulo e a ‘invenção’ do filtro de água: um estudo sobre a Cerâmica Lamparelli – Jaboticabal (1920-1947)**. V Congresso Brasileiro de História Econômica, Conferência Internacional de História

de Empresas, Associação Brasileira de Pesquisadores em História Econômica – ABPHE, Caxambu, 2003.

BNB – BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. Informe setorial cerâmica vermelho 2010. Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/etene/docs/ano4_n21_infome_setorial_ceramica_vermelha.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2014.

BUSTAMANTE, G. M.; BRESSIANI, J. C.. **A indústria cerâmica brasileira**. Revista Cerâmica Industrial, vol.5, n.3, Maio/Junho, São Paulo, 2000.

FREITAS, Eduardo de. **Muralha da China**. 2012. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/china/muralha-china.htm>>. Acesso em: 30 mai. 2014.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 5. ed. LTC, São Paulo, 2002.

GOMES, C. F. **Argilas o que São e para que Servem**. Lisboa: Fundação Cal Gulbenkian, 1988.457p.

GRIM, R. E. **Clay Mineralogy, Megraw Book Company**. 2. ed. New York, 1953.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades.2010.Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel /painel.php?codmun=240485>>. Acesso em: 14 Abr. 2014.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Portal do Consumidor. Bloco Cerâmico (Tijolo). 2001. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/tijolo.asp>>. Acesso em 15 .Jun 2009.

ITAÚ. Enciclopédia Itaú Cultural de Artes Visuais. Cerâmica – Definição. Disponível em <http://www.itaucultural.org.br/aplicExternas/enciclopédia_IC/index.cfm?fuseaction=termos_texto&cd_verbete=4849>. Acesso em 12 jun. 2009.

JORDÃO, M. A. P.; ZANDONADI, A. R. **Informações Técnicas do Anuário Brasileiro de Cerâmica**. Associação Brasileira de Cerâmica, São Paulo 2002. p 24-64.

LOPES, K. R. **Intervenção Ergonômica em uma Olaria**. in: Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: produto, informações, ambiente construído e transporte, 10., 2010, Rio de Janeiro.

MOTTA J. F. M.; ZANARDO A.; CABRAL Jr. M. As Matérias-Primas Cerâmicas. Parte I: O Perfil das Principais Indústrias Cerâmicas e Seus Produtos. Cerâmica Industrial V.6 n.2, São Paulo, março/abril 2001, p 28-39.

MOTTA J. F.M; ZANARDO A.; CABRAL Jr. M.; TANNO L.C.; CUCHIERATO G. As Matérias-Primas Plásticas Para a Cerâmica Tradicional: Argilas e Caulins. Cerâmica Industrial V.9 n.2, São Paulo, março/abril 2004, p 33-46.

NetCeramics, Portal. Informações Técnicas - Processo de Fabricação. 2009(a).Disponível<<http://www.netceramics.com/InformacoesTecnicas/ProcessodeFabricacao/tabid/394/language/pt-BR/Default.aspx>>. Acesso em 14 out. 2009.

NORTON, F H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. Edgard Blücher, São Paulo, Inc. 1973.324p.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, 1975.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. 4ª edição. Porto Alegre- RS. Editora Globo,1979. 435p.

PRAXEDES, Antônio. Cerâmica T. Melo II. 2013. Disponível em <<http://atoprax.blogspot.com.br/2013/11/ceramica-t-melo-ii-apodirn.html>>. Acesso em: 11 jul. 2014.

RIES, H. **Clays**: occurrence, properties and uses. 3. ed. Wiley, 1928.

ROCHA, Fernando Nogueira. **A química das argilas e cerâmica - uma abordagem para o ensino médio**. 2013. 63 f. TCC (Graduação) – Curso de Licenciatura em Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

ROCHA, F. R. F **Segurança do trabalhador em uma indústria de cerâmica vermelha no município de Itajá/RN**. Monografia de Bacharelado em Ciência e Tecnologia. Angicos/RN, Abril 2013.

SEBRAE. **Cerâmica Vermelha para construção: Telhas, tijolos e tubos**. Relatório completo, 2008.

SHREVE, R. N. & BRINK JR, J. A. **Indústria de Processos Químicos**. 4ª Edição Rio de Janeiro-RJ, Editora Guanabara Koogan S.A, 1977, pág. 122 à 137.

SILVA, Amanda Vieira e. **Análise do processo produtivo dos tijolos cerâmicos no Estado do Ceará - da extração da matéria-prima à fabricação**. 2009. 104 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

SILVA, E. J. **Acompanhamento do processo de cerâmica vermelha em uma perspectiva ergonômica: estudo do caso**. Monografia de Bacharelado em Ciência e Tecnologia. Angicos/RN, Abril 2013.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção**. São Paulo: PINI, 1985.

SINDICER-RN. O Sindicato da Indústria Cerâmica para Construção do Estado do Rio Grande do Norte.2010.

SOUTO, F. A. F. **Avaliação das características físicas, químicas e mineralógicas da matéria-prima utilizada na indústria de cerâmica vermelha nos municípios de Macapá e Santana-AP**. Dissertação de Mestrado em Ciências na Área de Geoquímica e Petrologia, Instituto de Geociências – UFP, Belém, 2009.

SOUZA SANTOS, P. **Ciência e tecnologia de argilas**. 2. ed, v. 1. São Paulo: Edgar Blucher Ltda. 1986.

TECNISA, C. I. Disponível em: <http://www.tecnisa.com.br/imoveis/sp/sao-paulo/apartamentos/lune/estagio-da-obra/194/2013/10>. Acesso em: 21 jul. 2014.

VERRUMO. M, TOFFOLI. V. Disponível em: <http://casa.abril.com.br/materia/71-acessorios-para-a-cozinha-lancados-em-2013>. Acesso em: 17 jul. 2014.

ZANDONADI, A. R. & IOSHIMOTO, E. Cerâmica Vermelha. Curso Internacional de Treinamento em Grupo em Tecnologia Cerâmica. São Paulo: IPT/ JICA, 1991. 20 p.