



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO – UFERSA
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO – CAMPUS CARAÚBAS
CENTRO DAS ENGENHARIAS
ENGENHARIA CIVIL

CRISTINA FERNANDES CÂMARA DE FARIAS

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ARGILA UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE
MATERIAIS CERÂMICOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

CARAÚBAS

2016

CRISTINA FERNANDES CÂMARA DE FARIAS

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ARGILA UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE
MATERIAIS CERÂMICOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Trabalho Final de Curso apresentado à
UFERSA – Universidade Federal Rural do
Semi Árido, como requisito para obtenção do
título de graduação no Bacharelado em
Engenharia Civil.

**ORIENTADOR (A): Prof. MSc. Gilvan
Bezerra dos Santos Junior**

CARAÚBAS

2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra torna-se de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

V224a Parias, Cristina Fernandes Câmara de Parias.
Análise da qualidade da argila utilizada na
fabricação de materiais cerâmicos no estado do Rio
Grande do Norte / Cristina Fernandes Câmara de
Parias Parias. - 2016.
50 f. : il.

Orientador: Gilvan Bezerra dos Santos Júnior
Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, Curso de Engenharia Civil,
2016.

1. cerâmica. 2. bloco cerâmico. 3. estrutural.
4. Ensaio. 5. Argila. I. Santos, Gilvan Bezerra
dos Santos Júnior, orient. II. Título.

CRISTINA FERNANDES CÂMARA DE FARIAS

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ARGILA UTILIZADA NA FABRICAÇÃO DE
MATERIAIS CERÂMICOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE**

Trabalho Final de Curso apresentado à
UFERSA – Universidade Federal Rural do
Semi Árido, como requisito para obtenção do
título de graduação no Bacharelado em
Engenharia Civil.

Aprovada em: 5 / 11 / 16

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ms. Gilvan Bezerra dos Santos Junior – UFERSA
Orientador – Presidente

Prof. Dr. Manoel Dênis Costa Ferreira
Primeiro Membro

Prof. Ms. Luís Henrique Gonçalves Costa
Segundo Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, meus pais, meu esposo e meu filho, José Cristovão, Ângela Maria, Alex Farias e Adrian Lucas, respectivamente. Painho e Mainha, obrigada, por terem me proporcionado a melhor educação, pois o máximo que eu faça ainda não será suficiente para retribuir tudo que me fizeram e ainda fazem por mim. Amor obrigada por nunca medir esforços para que eu alcançasse a vitória a qual almejava, por ter me incentivado a nunca desistir dos meus sonhos e me apoiar nos momentos mais difíceis. Meu filho obrigada, por ter tornado-me uma pessoa melhor e com outra visão a respeito do mundo e de todos. Este sucesso é vosso!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me dado força, saúde e discernimento para enfrentar todos os desafios postos a minha frente, por ter mostrado o melhor caminho a seguir nas horas mais difíceis, e por me ajudar a chegar ao fim de mais uma fase.

Aos meus pais, José Cristovão e Ângela Maria, pelo incentivo, pelo amor, pelo apoio, e pelos ensinamentos ao longo de minha vida, por me apoiarem sempre nos momentos mais difíceis, e por sempre estarem presentes em todas as etapas de minha vida.

A minha irmã, Angelina Fernandes, por fazer parte da minha vida e assim me proporcionar ser uma pessoa melhor, criticando e elogiando nos momentos certos.

Ao meu esposo, Alex Farias, pela paciência, carinho, e apoio, por não medir esforços para que eu chegasse até aqui, por estar sempre ao meu lado, por ser meu maior incentivador, companheiro de todas as horas que sempre enxugou minhas lágrimas e amparou-me em seus braços a cada derrota ou vitória ao longo do curso e da vida. Por me proporcionar o maior presente da vida, gerar um filho, ser mãe, você sabe que nunca conseguirei descrever em palavras o que sinto quanto a essa sensação.

Ao meu filho, Adrian Lucas, ainda és tão pequeno, ao me ver escrever estas palavras, mas um dia saberás o quão forte elas são, agradeço por ser tua mãe e fazer parte de sua vida. Mesmo sendo ainda tão pequeno já me ensinou e continua ensinando o grande valor da vida, meu grãozinho de gente que chegou no meio do caminho dessa vida louca de universitária/esposa/dona de casa e me atribui uma outra função a de ser mãe, esta ninguém me toma, serei eternamente grata por esse privilégio, pois ele só ajudou a tornar-me cada vez mais dedicada aos meus objetivos como pessoa e como profissional.

Ao meu orientador, Prof. Ms. Gilvan Bezerra dos Santos Junior, pela confiança, pela amizade, pela dedicação, pelo incentivo, e pela oportunidade de realizar este trabalho.

A todos os professores, que me ajudaram e me incentivaram a superar todos os desafios que este curso nos impõe, especialmente a: Erica Natasche, Luís Henrique e Cibele Gouveia, meu singelo agradecimento por além de serem professores educadores, serem amigos.

Aos meus amigos que me aguentaram ao longo desses cinco anos, enfrentando os desafios que esse curso nos proporcionou (e olha que não foram poucos), apesar de tudo sempre sorrimos ao fim. Enfim estivemos juntas na alegria, e na tristeza, na saúde, e na doença, nos estudos, e nas horas (poucas por sinal) de lazer, ou seja, quase um casamento (risos). Domilene Saranna, Jéssica Medeiros, Kerollaynny Brenda e Giovaninny George (“meu eterno covil”), vocês estão gravados em meu coração e com certeza farão parte da minha vida por toda a eternidade, que mesmo a distância nos separando fisicamente, estaremos unidos através dos aplicativos da vida

Layon, Lucas (Bebê), Lucas (Paulista), Diogo, Fernanda, Sonally e Jociana, obrigada pela amizade de vocês, espero que ela perdure ao longo dos anos e que todos sejamos ótimos profissionais. Sempre lembrarei de todos vocês com carinho.

Aos demais amigos e colegas, que tanto estão formando quanto aos que irão formar-se em breve, e que contribuíram direta ou indiretamente para a realização desse trabalho, desejo sucesso pelo caminho e área que irão seguir, e que este seja apenas um passo de uma longa caminhada.

Aos motoristas da UFERSA-Caraúbas, Fagner, Goulart, Maciel e Birinha, pelas viagens em busca das amostras de solo, pelas caronas até o laboratório, pela simpatia e por sempre realizarem o seu trabalho com dedicação.

Ao técnico de laboratório Augusto, obrigada por ter me ajudado em todos os ensaios com sua experiência e dedicação. Você é um excelente profissional, sucesso sempre!

EPÍGRAFE

“Não tenho um caminho novo. O que tenho de novo é um jeito de caminhar.”

Thiago de Mello

RESUMO

A indústria oleira possui uma grande importância para o setor econômico do país, possuindo grandes fábricas, onde nestas produzem produtos variados com alta qualidade. No estado do Rio Grande do Norte, não é diferente. A maioria das empresas que trabalham no ramo ceramista está localizada na zona rural, com isso elas possuem pouco ou nenhuma tecnologia no modo de fabricação de seus produtos. Devido a isso, muitas não seguem as Normas Regulamentadoras existentes para que se fabrique um produto de boa qualidade. A fim de melhorar a qualidade e até mesmo para conhecimento dessas empresas, essa pesquisa foi realizada para analisar os seguintes parâmetros: análise granulométrica, limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade das matérias-primas utilizadas nas regiões do Vale do Assú, Chapada do Apodi e Zona Centro Serrana do estado. Com esse princípio, tem-se por objetivo determinar a qualidade da matéria-prima utilizada, já que todas as empresas estudadas possuem jazidas próprias, a fim de proporcionar um melhor aproveitamento do material. As empresas foram selecionadas aleatoriamente de acordo com a região na qual está situada. Com os resultados obtidos poderemos afirmar a qualidade da argila e o quão importante é seguir as Normas para obter um produto com garantia. Daí essas empresas poderão enquadrar seus produtos em um padrão e até mesmo melhorar sua visão no mercado, que a cada dia se torna mais competitivo.

Palavras-chave: Cerâmica, argila, normas, qualidade.

ABSTRACT

The pottery industry has a great importance for the economic sector of the country, having large factories, where these produce various products with high quality. In the state of Rio Grande do Norte, is no different. Most companies working in the ceramist branch is located in the countryside, thus they have little or no technology in order to manufacture its products. Because of this, many do not follow the regulations concerning existing for that manufacture a product of good quality. In order to improve the quality and even knowledge of these companies, this research was conducted to analyze the following parameters: size analysis, liquid limit, plastic limit and plasticity index of raw materials used in the regions of Vale do Assu, Chapada do Apodi and Zona Centro Serrana of the state. With this principle, we have the objective of determining the quality of the raw material used, since all of the companies studied have own quarries in order to provide a better use of the material. The companies were selected randomly according to the region where it is located. With the results we can say the clay quality and how important it is to follow the rules to get a product with warranty. Hence these companies will frame their products in a standard and even improve your vision on the market, which every day becomes more competitive.

Keywords: Ceramics, clay, standards, quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Pirâmides do Egito	19
Figura 2: Coliseu, em Roma	19
Figura 3: Muralhas da China	20
Figura 4: Edifício Monadnock, Chicago (1891). (a) Fachada mostrando os seus 16 pavimentos; (b) Paredes do pavimento térreo com 1,80m de largura.	21
Figura 5: Esquema de blocos cerâmicos estruturais. (a) Paredes vazadas; (b) Paredes maciças; (c) Perfurado.	22
Figura 6: Extração da matéria-prima	26
Figura 7: Processo de mistura.....	26
Figura 8: Processo de extrusão	27
Figura 9: Finalização do processo de extrusão	28
Figura 10: Processo de corte.....	29
Figura 11: Secagem natural	30
Figura 12: Processo de queima - forno contínuo tipo Hoffmann	31
Figura 13: Mapa das Indústrias Cerâmicas em atividade no RN distribuídas por Cidade e Região	34
Figura 14: Processo de destorroamento.....	35
Figura 15: Quarteamento	36
Figura 16: Peneiramento da amostra quarteada.....	36
Figura 17: Pesagem da amostra para realização do ensaio de Análise Granulométrica.....	37
Figura 18: Peneiras granulométricas	38
Figura 19: Aparelho de Casagrande Elétrico com contador de golpes.....	38
Figura 20: Realização de um ensaio de Limite de Plasticidade	39
Figura 21: Curva Granulométrica - Cerâmica do Gato	40
Figura 22: Curva Granulométrica - Cerâmica T. Melo	41
Figura 23: Curva Granulométrica - Cerâmica São Francisco.....	41
Figura 24: Curva Granulométrica das Cerâmicas estudadas	42
Figura 25: Gráfico resultante do ensaio do Limite de Liquidez da Cerâmica do Gato	43
Figura 26: Gráfico resultante do ensaio do Limite de Liquidez da Cerâmica T. Melo	44
Figura 27: Gráfico resultante do ensaio do Limite de Liquidez da Cerâmica São Francisco ...	45
Figura 28: Gráfico do Limite de Consistência.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Balanço da indústria cerâmica de Assu e no RN.....	33
Tabela 2: Resultados do ensaio de Limite de Liquidez – Cerâmica do Gato.....	43
Tabela 3: Resultados do ensaio de Limite de Liquidez – Cerâmica T. Melo.....	44
Tabela 4: Resultados do ensaio do Limite de Liquidez – Cerâmica São Francisco.....	44
Tabela 5: Dados do ensaio de LP da Cerâmica do Gato	46
Tabela 6: Dados do ensaio de LP da Cerâmica T. Melo	46
Tabela 7: Dados do ensaio de LP da Cerâmica São Francisco.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASTM - American Society for Testing and Materials

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IP – Índice de Plasticidade

LAMESP – Laboratório de Mecânica dos Solos e Pavimentação

LL – Limite de Liquidez

LP – Limite de Plasticidade

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NP – Plasticidade Nula

SEBRAE – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

UFERSA – Universidade Federal Rural do Semi Árido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. DEFINIÇÃO DO TEMA	14
1.2. PROBLEMÁTICA.....	15
1.3. JUSTIFICATIVA.....	15
1.4. OBJETIVO GERAL	16
1.5. OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. HISTÓRIA DA INDÚSTRIA CERÂMICA.....	17
2.2. SISTEMA DE CONSTRUÇÃO COM ALVENARIA ESTRUTURAL.....	18
2.2.1. ALVENARIA ESTRUTURAL.....	18
2.2.2. BLOCO CERÂMICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL.....	21
2.3. MATÉRIA-PRIMA	22
2.3.1. ARGILA	23
2.4. PROCESSO DE FABRICAÇÃO	25
2.4.1. PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA.....	25
2.4.2. MISTURA	26
2.4.3. EXTRUSÃO.....	27
2.4.4. CORTE.....	28
2.4.6. QUEIMA	30
3. METODOLOGIA.....	32
3.1. O SETOR CERÂMICO EM ALVENARIA ESTRUTURAL NO RN	32
3.1.1. A IMPORTÂNCIA NOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS	32
3.2. PROCEDIMENTO	33
3.3. COLETA DA MATÉRIA-PRIMA	35
3.4. MOAGEM E PENEIRAMENTO	35
3.5. CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS.....	37

3.5.1. MATERIAIS	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	40
4.2. LIMITE DE LIQUIDEZ	42
4.3. LIMITE DE PLASTICIDADE	45
4.4. ÍNDICE DE PLASTICIDADE	47
5. CONCLUSÃO.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

1.1.DEFINIÇÃO DO TEMA

A ideia de que a indústria oleira nacional possui grande importância econômica-social no país é um fato, porém a mesma não possui tecnologia suficiente para produzir um material com grande qualidade e até mesmo gerando grandes desperdícios. Segundo Melo *et al.*(2002), “as indústrias cerâmicas do Brasil geralmente estão localizadas em determinadas regiões por uma combinação de fatores que envolvem as matérias primas, energia e mercado consumidor. O Rio Grande do Norte segue também a esse conjunto de fatores”, afinal nosso estado possui grande variedade de matéria prima e reservas para esse tipo de exploração.

A alvenaria estrutural vem ganhando grandes proporções em nosso país. Quando utilizada de forma correta, esta, nos traz grandes benefícios. Rizzatti *et al.*(2011) falam que, “o desempenho da alvenaria estrutural depende dos materiais a serem empregados e das suas interações, ou seja, para melhorar a qualidade do conjunto é importante compreender os fenômenos internos geradores de tensões, em que o bloco tem um papel fundamental na distribuição dessas”. Para que este setor continue a desenvolver-se, estudos e pesquisas são realizados através da geometria dos produtos cerâmicos para alvenaria estrutural.

Pensando em solucionar a questão da qualidade e normatização dos produtos cerâmicos, muitas indústrias estão aderindo a novas tecnologias e aperfeiçoamentos com seus colaboradores para que produzam um material de alta resistência e durabilidade, garantindo dessa forma: a satisfação do cliente, uma obra de qualidade e o reconhecimento no mercado. Com isso, no Brasil a construção civil é regida por várias leis e Normas, como a NBR 15270, NBR 6457/1986, NBR 6459/1984, NBR 7180/1984 e NBR 7181/1984, que falam sobre blocos cerâmicos e métodos de ensaio, respectivamente, a fim de garantir a qualidade nas obras e em seus materiais.

Um dos grandes atuantes nas construções de alvenaria estrutural são os blocos cerâmicos, pois é a partir deles que será determinada a resistência das paredes. Mas, para que estes determinem e garantam a resistência necessária, deve-se analisar a matéria-prima utilizada no mesmo, assim como seus aditivos (areia, água). Esse trabalho tem o intuito de definir, através de ensaios por amostragem, os materiais usados na fabricação dos blocos cerâmicos do estado do Rio Grande do Norte, avaliando os quão são importantes para que se garanta a qualidade do bloco, assim como da obra realizada com este.

1.2.PROBLEMÁTICA

Nos dias atuais, qualidade é um dos pontos mais significativos na área da construção civil. Com o crescimento da área e com as tecnologias mais avançadas, as pessoas tornam-se mais informadas, e, conseqüentemente os clientes tornam-se mais exigentes; tudo isso faz com que os engenheiros e estudiosos ‘corram’ atrás de garantir a qualidade no produto utilizando de novas tecnologias, porém gerando o menor custo possível.

Nosso estado possui grande potencial quando se trata de blocos cerâmicos, pois o mesmo possui indústrias ceramistas com qualidade em seu produto, além de garantir o baixo custo por possuir matéria prima de qualidade na própria região.

O sistema construtivo em alvenaria estrutural surgiu com o pensamento de uma obra com boa qualidade, rápida e menor custo, mas para isso necessitou-se de materiais que garantissem essas características. Um dos primeiros fatores são os blocos cerâmicos estruturais, no entanto, para que os blocos possuam qualidade, temos de garantir que sua matéria prima seja peculiar. E, para isso, são realizados os ensaios laboratoriais que nos ajudam a definir quantitativamente e qualitativamente os produtos necessários na produção dos blocos.

1.3.JUSTIFICATIVA

O sistema, anteriormente citado, traz grandes benefícios, como rapidez, menos desperdício e custo competitivo. Porém, esse tipo de sistema é pouco usado, devido à falta de informação para elaboração de projetos e execução (PARSEKIAN; SOARES, 2011). Sabemos, que essa técnica chegou ao Brasil na década de 60, mas apenas em 1977 foi formada a primeira comissão para a criação de uma norma brasileira para projeto de alvenaria estrutural. Hoje, esse sistema é bastante usual quando não é necessário alterações na arquitetura.

As normas brasileiras definem o tipo de bloco cerâmico apropriado para esse tipo de construção, que associado a outros componentes garantem ao projeto maior qualidade, resistência e melhor desempenho. Para isso, os blocos cerâmicos, que ocupam boa parte da alvenaria devem ser analisados e estudados, bem como os materiais que o compõem em sua produção. Afinal, todos esses elementos estão interligados para que haja a boa funcionalidade e desempenho ao fim da edificação.

Com a finalidade de definir um material de qualidade, vamos explorar a qualidade da argila (principal componente do bloco cerâmico) disponível na região, e se possível outros componentes necessários para a fabricação dos blocos.

1.4.OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como propósito obter o conhecimento sobre o material utilizado no processo de fabricação do bloco cerâmico estrutural, para que dessa forma analisemos sua qualidade e identifiquemos a melhor proporção, a fim de aperfeiçoar a produtividade do material.

1.5.OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar visitas às cerâmicas, a fim de obter o conhecimento sobre o processo de fabricação e quais os métodos que garantem o padrão de qualidade do produto final;
- Identificar as amostras para serem usados nos ensaios laboratoriais;
- Obter as análises quanto à qualidade dos materiais usados nos blocos cerâmicos estruturais realizando ensaios em laboratório e seguindo as Normas, a fim de determinar parâmetros como: resistência mecânica, absorção de água, retração linear, entre outros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Desde que surgiu o método de construção em alvenaria estrutural, surgiu também à preocupação em criar materiais apropriados em seu uso. Com isso surgiu os blocos cerâmicos estruturais, onde estes representam de 80 a 95% do volume da alvenaria. Segundo PARSEKIAN e SOARES (2010), “normalmente, os blocos cerâmicos estruturais são fabricados por extrusão, a partir da mistura de um ou mais tipo de argila com aditivos, e queimados em fornos com temperatura variando entre 800 e 1.100°C”.

Pensando nisso, o referido trabalho pretende pesquisar e descobrir o motivo do estado do Rio Grande do Norte possuir tantas cerâmicas, mas apenas uma realizar a fabricação desse tipo de bloco. Para isso serão realizadas visitas técnicas para o melhor conhecimento do material usado nessa produção, assim como amostras do material para que realizemos ensaios de acordo com a NBR 15270-3, que retrata sobre “Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Método de ensaio”, com o apoio de outras normas técnicas como, por exemplo: NBR 6459, “Determinação do limite de liquidez - método de ensaio”, e NBR 7180, “Determinação do limite de plasticidade - método de ensaio”. Com isso obteremos os resultados de alguns parâmetros que determinam o material de boa qualidade para a produção do bloco cerâmico estrutural.

2.1.HISTÓRIA DA INDÚSTRIA CERÂMICA

Segundo BACCELLI JR (2010), os principais dados sobre o setor de cerâmica no Brasil ocorreram em sua origem histórica, passando pela caracterização do segmento, localização, processo produtivo e mercado consumidor. A cerâmica se faz presente desde o início da civilização, constituindo o primeiro material artificial criado pelo homem.

A palavra cerâmica é originária do grego “*keramikós*”, que significa argila queimada, ou seja, é a arte ou técnica de produção de artefatos de objetos tendo a argila como matéria-prima. O material cerâmico pode ser classificado de diversas formas, o mais comum se dá através de sua aplicação, mas existem outras formas de classificação como: por composição química, por composição mineralógica, ou método de moldagem.

A cerâmica foi inventada por volta do ano 25.000a.C., e suas peças mais antigas foram encontradas por arqueólogos em 24.500 a.C. Sabendo-se da capacidade da argila ser moldada quando misturada a água e de seu endurecimento após a queima, o homem passou a usá-la de forma a armazenar seus mantimentos. Com sua evolução alguns chegaram a usar a argila na

construção de casas rudes. Com o passar dos séculos, a cerâmica foi evoluindo e ganhou nossos dias, com esmaltações, com alto brilho e de diferentes cores e formatos.

Ao longo dos anos a cerâmica se desenvolveu de forma cada vez mais rápida, ganhando novas tecnologias e novos design, o que antes era utilizado apenas em cozinhas e banheiros, foi ganhando novos ambientes, chegando a ser utilizada nas mais diversas localidades como: shoppings, aeroportos, hospitais, hotéis, entre outros. Atualmente, a cerâmica não está restrita apenas a tijolos refratários, mas está ligada a tecnologia de ponta, como a blindagem térmica de ônibus espaciais, sensores para detectar gases tóxicos, entre outros.

2.2.SISTEMA DE CONSTRUÇÃO COM ALVENARIA ESTRUTURAL

2.2.1. ALVENARIA ESTRUTURAL

GALLEGOS (1991) define a alvenaria como um material estrutural composto que, em sua forma tradicional, é formado por unidades básicas, assentadas com argamassa e, portanto, fracamente ligadas. Trata-se de um material heterogêneo e anisotrópico, que tem por natureza, uma resistência à compressão elevada e dependente principalmente da resistência das unidades básicas, os blocos. A resistência à tração é baixa e depende da aderência entre as unidades e a junta de argamassa

PRUDÊNCIO JR. *et al.* (2002) consideram a alvenaria estrutural um tipo de estrutura em que as paredes são elementos portantes, compostos por unidades de alvenaria, unidos por juntas de argamassa e capazes de resistirem a outras cargas além de seu peso próprio.

Segundo RAMALHO e CORRÊA (2003), o principal conceito ligado à utilização da alvenaria estrutural é a transmissão de ações através de tensões de compressão. Quando discute-se a elaboração de estruturas possuindo como processo construtivo a alvenaria, temos de levar em conta este conceito.

Pode-se dizer que uma edificação de alvenaria estrutural são paredes que estão dispostas a resistir ações verticais e horizontais, a fim de transmitir essas ações para as fundações através de tensões de compressão. Sendo assim, elas são responsáveis pela segurança do edifício, visto que elas substituem vigas e pilares das estruturas convencionais de concreto armado, ou seja, possuem papel duplo, estruturar e vedar. De forma simplificada, a alvenaria estrutural é um sistema construtivo antigo, que vem sendo utilizado desde o início da atividade humana.

A ausência de conhecimento dos materiais e a utilização de técnicas fundamentais não impediram a construção de obras monumentais de alvenaria estrutural. As pirâmides do Egito

(Figura 1), o Pathernon na Grécia, o Coliseu em Roma (Figura 2) e a muralha da China (figura 1c), podem ser citados como exemplos da capacidade, confiabilidade e durabilidade e deste sistema.

Figura 1: Pirâmides do Egito



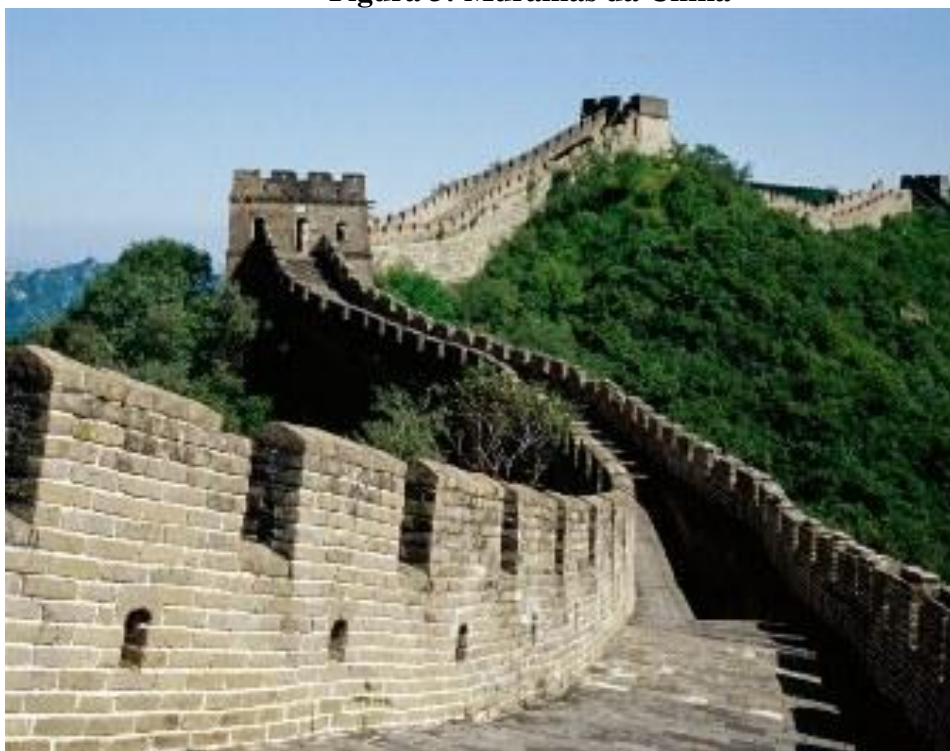
FONTE: Expresso Educacional (expressoeducacional-jps.blogspot.com)

Figura 2: Coliseu, em Roma



FONTE: El Coliseo de Roma (<http://www.enroma.com/coliseo.htm>)

Figura 3: Muralhas da China



FONTE: Brasil Escola (<http://brasilecola.uol.com.br/china/muralha-china.htm>)

O primeiro arranha céu, construído em alvenaria estrutural, possuía 16 pavimentos e 65m de altura. Suas paredes foram dimensionadas através de métodos empíricos, pois não haviam fontes disponíveis na época, com isso suas paredes possuíam 1,80m de largura. Ele foi construído em Chicago, entre 1889 e 1891, e foi chamado de edifício Monadnock (Figura 4).

Figura 4: Edifício Monadnock, Chicago (1891). (a) Fachada mostrando os seus 16 pavimentos; (b) Paredes do pavimento térreo com 1,80m de largura.



FONTE: Villar (2005)

Segundo RAMALHO e CORRÊA (2003), edifícios altos de alvenaria estrutural foram construídos no Brasil a partir de 1972. Atualmente, sua utilização se dá principalmente em blocos de concreto, e com maior frequência nas regiões Sul e Sudeste. Apesar de ser utilizada em grande parte para habitações populares, esta vem vencendo as barreiras, e já possui edifícios de médio e alto padrão, através de sua técnica.

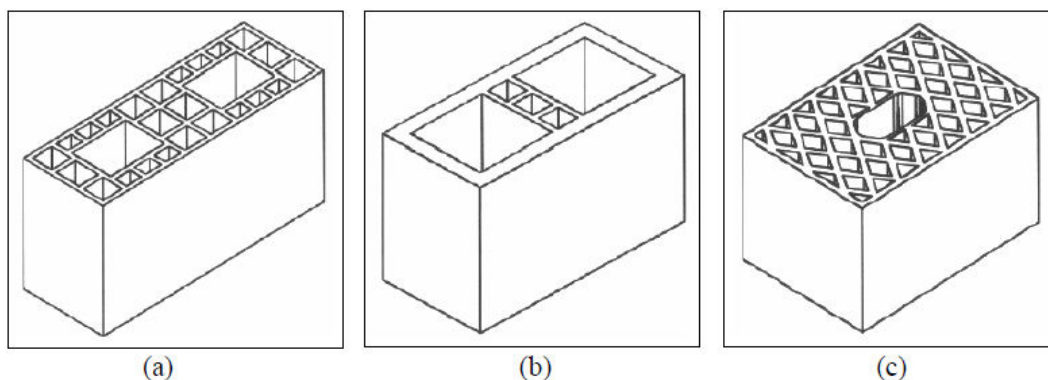
2.2.2. BLOCO CERÂMICO DE ALVENARIA ESTRUTURAL

Os blocos são os componentes básicos para a execução da alvenaria (GALLEGOS, 1191). Desempenham papel fundamental na resistência, pois 80% dos blocos correspondem ao volume total das paredes. Dessa forma quanto mais resistente for o bloco, mais resistente será a alvenaria. No Brasil, utiliza-se de blocos de concreto e blocos cerâmicos, daí tem-se a alvenaria estrutural de blocos de concreto e alvenaria estrutural de blocos cerâmicos, respectivamente.

Conforme o projeto de norma NBR 15270-1:2005, os blocos cerâmicos estruturais são componentes da alvenaria estrutural que possuem furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm, são assentados com os furos na vertical e são produzidos por conformação

plástica de matéria-prima argilosa contendo ou não aditivos e queimados a elevadas temperaturas.

Figura 5: Esquema de blocos cerâmicos estruturais. (a) Paredes vazadas; (b) Paredes maciças; (c) Perfurado.



FONTE: VILLAR (2005)

Para que os blocos cerâmicos apresentem propriedades uniformes, devem ser seguidas algumas condições a fim de manter o controle da resistência da alvenaria. Porém, não podemos afirmar isso com relação ao Brasil, visto que os blocos do país em questão são produzidos das mais diversas condições. Pois, o mesmo possui fábricas sofisticadas onde produzem blocos de alta qualidade, com propriedades estáveis e que respeitam as especificações da norma, mas, também, possui olarias precárias, que em sua maioria produz blocos sem nenhum tipo de preocupação quanto à qualidade.

2.3.MATÉRIA-PRIMA

A principal matéria-prima dos blocos cerâmicos é a argila, considerado um material com valor agregado muito baixo. Uma das grandes características do uso da argila na fabricação de blocos cerâmicos é seu baixo custo de produção, pois resultará em um produto barato, e que compete diretamente com seu semelhante, o bloco de concreto. Uma de suas desvantagens é que suas fábricas devem estar localizadas próximas a sua jazida, assim como o seu mercado consumidor, senão isto geraria um alto custo de transporte.

2.3.1. ARGILA

Segundo GALLEGOS (1991), as argilas se originam da degradação natural de rochas ígneas ou feldspatos. Podem ser encontradas em depósitos aluviais ou eólicos, sendo muitas vezes misturadas com areia ou impurezas. Dessa forma podem apresentar uma variedade de composição e estrutura dependendo do local onde foi retirada. Para CAPUTO (1988), apesar de sua aparência amorfa, as argilas são constituídas por minerais cristalinos denominados minerais argílicos, dentre os quais podemos destacar três grupos principais: caolinitas, montmorilonitas e ilitas. De forma geral, podemos afirmar que as argilas são materiais heterogêneos, e suas características dependem diretamente de onde foi extraída e sua formação geológica.

É importante e necessário a identificação completa do tipo da argila e suas propriedades quando se tratar de sua utilização na indústria. Dessa forma, conseguiu-se estabelecer as melhores condições e fórmulas necessárias a fim de obter o produto com as características desejadas. Visto que as características iniciais da matéria-prima, como granulometria, plasticidade e composição mineralógica, estão diretamente ligadas às propriedades do produto final.

2.3.1.1. ASPECTOS HISTÓRICOS

Em princípio foi a primeira matéria-prima utilizada pelo homem após a descoberta do fogo. Edificações e objetos cerâmicos confeccionados, datados de séculos antes de Cristo, são prova viva de que o uso da argila se dá ao longo da existência do homem (BACCELLI JR, 2010).

Através da tecnologia atual, este material vem sendo cada vez mais utilizado, das mais diversas formas e maneiras, ou seja, seu consumo se torna a cada dia mais crescente. Isto se dá através dos vários estudos que vem se desenvolvendo ao longo dos anos, onde estes relatam composições, estruturas e propriedades fundamentais que constituem as argilas e solos, dando uma relação entre os argilominerais presentes e suas propriedades tecnológicas.

2.3.1.2. DEFINIÇÃO DAS ARGILAS

A forma pela qual encontra-se a argila em sua jazida não quer dizer que esta é composta por apenas um tipo de argilomineral, em grande parte ela é composta por um agregado de

argilominerais, onde irão possuir maior ou menor teor de substância, como: quartzo, mica, carbonatos, sulfetos, matéria orgânica, óxidos, hidróxidos e silicatos diversos, entre outros.

Pode-se definir uma argila através dos mais diversos aspectos, tais como, granulometria, plasticidade, teor de queima, retração de secagem, para que dessa forma seja identificada sua resistência após a queima. Assim é necessário ensaios para a definição de suas características e propriedades, bem como mapear seus veios¹. Segundo BACCELLI JR (2010), o estudo do veio é bastante importante quando neles encontram-se os calcários, gessos ou areia gráuda de quartzo, pois através desses decidem o que deve se fazer com a jazida. Pois quando a argila é muito plástica, não se deve trabalhar com apenas esta, Para que se obtenha uma empresa competitiva ao mercado e com maior controle de qualidade deve-se adotar a frequência de ensaios com seus materiais e produtos. Os custos com ensaios são insignificantes comparados as perdas de material quando o mesmo não possui um controle de sua qualidade.

A argila está presente nos mais diversos campos de aplicação, até por ser uma matéria-prima abundante e poder ser utilizada nas mais diversas formas e maneiras. Seu principal uso nos dias atuais, está situada na fabricação de telhas, tijolos e manilhas. A fim de garantir a qualidade final do produto, se faz necessário o conhecimento de suas propriedades, tratamentos necessários e custos envolvidos em extração e transporte.

As argilas podem ser classificadas como aquelas que não foram transportadas por agentes naturais, ou seja, estão em lugar de formação, e aquelas que foram transportadas através de ações naturais como vento, chuva, rios, entre outros, podemos dizer que elas são residuais ou sedimentares, respectivamente.

Geralmente, se obtêm uma mistura entre as argilas para assim compor uma massa. A formulação da massa e o tipo de dosagem se dará a partir da composição química das matérias-primas.

2.3.1.3. EXTRAÇÃO E ESTOCAGEM DAS ARGILAS

A maior parte das argilas está depositada nas várzeas dos rios. Assim, sua extração é realizada a céu aberto. Algumas características devem ser levadas em conta na hora da extração, como: drenagem da água, economia no transporte, segurança no trabalho e o melhor aproveitamento da jazida. Após a extração, quando as jazidas já se encontram esgotadas, estas

¹ Veio (Mineração) – filão, camada que pode ser explorada: veio de ouro.

devem ser recuperadas com a deposição de solos aráveis, ou uma nova vegetação. E quando elas se encontrarem alagadas podem vir a utilizar como viveiro de peixes.

Para realizar a extração de argila, são usadas retroescavadeiras, escavadeiras, ou dragas. Daí estes equipamentos enchem os caminhões de caçambas basculantes, onde transportarão a argila até o salão da fábrica, onde lá será realizado o estoque para homogeneização e maturação.

A maturação realizada a céu aberto é bem comum, e o intemperismo melhora a plasticidade, trabalhabilidade e homogeneiza a distribuição de umidade, pois alivia as tensões nos blocos de argila. Nessa fase, elas encontram-se depositadas de acordo com suas características ou propriedades para o produto final. A espessura das camadas será definida através desses parâmetros. Após realizar as proporções ideais, o material é transportado até onde será dado início o processo de fabricação.

Segundo BACCELLI JR (2010), as cerâmicas do Rio Grande do Norte fazem estoque (94,3%) e algumas também a maturação. Os dados mostram que 5,7% das empresas não fazem estoques. Dentre as empresas que estocam 31,4% o fazem em pilhas separadas, enquanto 62,9% as dispõem em intercamadas.

2.4.PROCESSO DE FABRICAÇÃO

2.4.1. PREPARAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

Inicialmente, é realizada a extração da matéria-prima, é misturada e homogeneizada por retroescavadeiras ou pá carregadeira, após a maturação no salão da fábrica, daí são realizadas as dosagens para cada linha de produção. Com as dosagens prontas, a matéria-prima é encaminhada as correias transportadoras.

Figura 6: Extração da matéria-prima



FONTE: Autora

2.4.2. MISTURA

As argilas misturadas dispostas no salão, onde foram dosadas, são levadas até caixões alimentadores, onde serão destorroados. Daí vão para um misturador, para que haja a homogeneização, e seguem para o laminador, onde será transportada até a maromba. Então é moldada e depois cortada.

Figura 7: Processo de mistura



FONTE: Autora

2.4.3. EXTRUSÃO

A extrusão é a parte do processo de fabricação onde dá formato ao produto, ou seja, a massa entra por um propulsor através de uma chapa de aço, é lançada em câmara de ar a vácuo, onde o ar existente é extraído, e então a massa é expelida em seu formato desejado através de uma boquilha. A Figura 8 mostra parte do processo de extrusão.

Figura 8: Processo de extrusão



FONTE: Autora

Um detalhe importante, é que após o processo de extrusão e corte, o produto deve ser carimbado de acordo com as normas da ABNT para telhas e tijolos e da Portaria 152 do INMETRO para blocos cerâmicos (BACCELLI JR, 2010). Esse carimbo é realizado logo após a saída do produto pela maromba, através de uma peça cilíndrica, nela estão contidas as informações que precisam estar impressas no produto cerâmico, geralmente em baixo relevo, podendo ser também em alto relevo.

Figura 9: Finalização do processo de extrusão



FONTE: Autora

Nas telhas deve conter o nome da cerâmica e o município, já nos blocos cerâmicos e lajotas, além do nome da cerâmica e município, deve conter as dimensões da peça. Isso proporciona ao fabricante maior qualidade ao seu produto.

2.4.4. CORTE

Após a massa haver sido moldada e sair através da boquilha da máquina (maromba), ela passará pelo processo de corte, que pode ser realizado manual ou mecanizado. Quando mecanizado, ele é acoplado a maromba funcionando assim de forma sincronizada. Seu sistema é composto por um fio metálico que realizará o corte de acordo com a norma da ABNT.

Figura 10: Processo de corte



FONTE: Autora

Atualmente é bem raro o uso de corte manual, porém ainda não podemos afirmar que os mesmos estejam extintos.

2.4.5. SECAGEM

O processo de secagem é bastante importante, pois muitas vezes com o fim de gerar maior economia muitos fabricantes põem seus lotes a perder, através de uma secagem rápida o que causa retração diferencial, ocasionando trincas no produto (NORTON, 1973).

A secagem será realizada após o corte das peças, onde irá permitir a eliminação da água utilizada para sua fabricação. A água precisa sair lentamente e de forma homogênea, pois com sua saída a peça irá diminuir, e se não for realizado esse processo com cautela, poderá vir a danificar a peça. Estudos dizem que a umidade de extrusão do produto cerâmico deve estar entre 20 e 30%, e após a secagem, deve estar abaixo de 5% (BACCELLI JR, 2010).

Quanto mais espessa a peça, mais demorada e difícil é o seu processo de secagem (ELIAS, 1995). A temperatura do ar, velocidade do ar, umidade e temperatura da água, são fatores que influenciam na velocidade de secagem da peça.

A secagem pode ser natural ou forçada, artificial ou mista. A secagem natural se dá pela exposição ao ar livre, e é mais rápida; já a forçada pode ser realizada em secadores intermitentes ou contínuos, nos dois casos são câmaras fechadas, o que irá diferenciar, é que no intermitente as peças são postas a secar ao mesmo tempo, e no contínuo vagões ou carrinhos são carregados

de peças e irão atravessar o túnel continuamente, ficando secas ao final do túnel. O secador artificial, as peças são dispostas em pilhas no piso de um galpão, onde neste entrará um ar quente que foi desviado da chaminé e forçado a sair por respiradouros deste piso.

Figura 11: Secagem natural



FONTE: Autora

Em sua grande maioria a secagem é realizada de forma natural, principalmente em nossa região devido ao nosso clima e a grande quantidade de tempo que possuímos sem chuvas, o que seria uma limitação para as regiões que possuem chuvas mais constantes.

2.4.6. QUEIMA

Após a secagem, o produto passará por um processo fundamental, que garantirá as características desejadas ao produto como resistência, cor e dimensões. Esse processo é realizado em fornos com altas temperaturas, sendo de 750 a 900°C para tijolos, de 900 a 950°C para telhas, e de 950 a 1200°C para tubos cerâmicos (BACCELLI JR, 2010). Os principais tipos de fornos podem ser classificados como: intermitentes (abóboda ou paulistinha, garrafão, chinês, caipira e chama reversível) ou contínuos (Hoffmann ou semicontínuo e túnel). Após a queima e resfriamento, o produto desenformado está apto para comercialização e uso (SEBRAE/RN, 2000).

Figura 12: Processo de queima - forno contínuo tipo Hoffmann



FONTE: Autora

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho se dá a partir de obras bibliográficas, visitas técnicas e ensaios realizados em laboratório para que assim possa ser apresentado um conhecimento aprofundado. Também foram consultadas Normas, que apresentam de forma estruturada os passos a serem seguidos, para que assim tenhamos o melhor resultado. Dessa forma vindo a proporcionar maior veracidade à teoria.

Em resumo, todos os elementos acima referidos foram analisados e organizados de maneira que a informação transmitida seja assimilada de uma forma clara e sucinta, visando extrair o melhor de cada material acadêmico encontrado. E que será também apoiada em realizações e conclusões de própria autoria.

3.1. O SETOR CERÂMICO EM ALVENARIA ESTRUTURAL NO RN

3.1.1. A IMPORTÂNCIA NOS MUNICÍPIOS ESTUDADOS

3.1.1.1. ASSÚ

O município de Assú está situado na região caracterizada como Baixo Assú, na microrregião do Vale do Assú, abrange 1.303,442 km², localizada a 214 km de distância da capital do estado. De acordo com o senso demográfico de 2010 possui 53.227 habitantes. (IBGE, 2016)

A tabela abaixo mostra um balanço da atividade econômica do município quando comparado ao estado. Segundo BACCELLI JR (2010), nessa região são consumidas 13.675 toneladas de argila e 7.714m³ de lenha para produzir 5.900.000 peças cerâmicas.

Tabela 1 - Balanço da indústria cerâmica de Assú e no RN

	Pessoal	Lenha (m³)	Argila (T)	Tijolos (x1000)	Telhas (x1000)	Lajotas (x1000)	Total (x1000)	Índices de Avaliação Médios		
								Produtividade de (t/homem)	Energético (Kwh/t)	Calorífico (m³/t)
Assú	363	7.714	13.675	2.319	3.365	216	5.900	30,5	16,9	0,98
RN	5.494	106.497	173.925	29.796	50.186	2.399	82.799	24,5	18,6	0,79

FONTE: CARVALHO (2001)

3.1.1.2. APODI

O município de Apodi está situado na região caracterizada como Chapada do Apodi, na microrregião da Chapada do Apodi, abrange 1.602,479 km², localizada a 342 km de distância da capital do estado. De acordo com a estimativa do IBGE é que em 2014 possuía 36.120 habitantes. (IBGE, 2016)

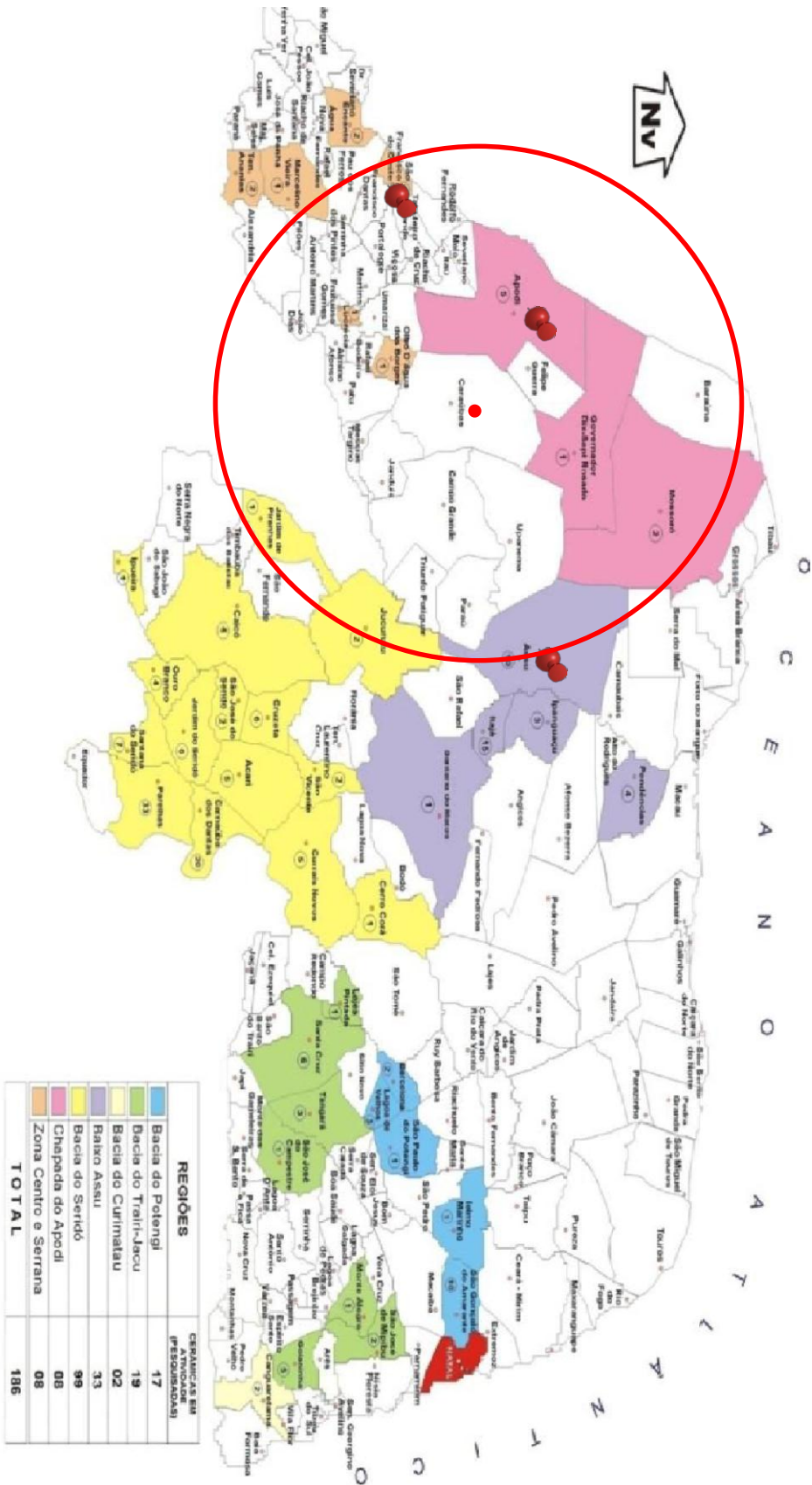
3.1.1.3. SÃO FRANCISCO DO OESTE

O município de São Francisco do Oeste está situado na região caracterizada como Zona Centro e Serrana, na microrregião de Pau dos Ferros e mesorregião do Oeste Potiguar, abrange 75,588 km², localizada a 391 km de distância da capital do estado. De acordo com o censo demográfico de 2010 possui 3.874 habitantes. (IBGE, 2016)

3.2. PROCEDIMENTO

Primeiramente, foi realizada uma análise prévia de onde seria coletada as amostras de solo. Para isso utilizou-se o mapa do Rio Grande do Norte com o auxílio de outros trabalhos publicados, e, então definiu-se o raio. Com o raio definido em torno de 80km, tomando o município de Caraúbas como centroide, foi localizado os municípios, daí delimitou-se as cerâmicas a serem coletadas as amostras para análise.

Figura 13: Mapa das Indústrias Cerâmicas em atividade no RN distribuídas por Cidade e Região



FONTE:SEBRAE/RN

3.3. COLETA DA MATÉRIA-PRIMA

As coletas foram realizadas pela autora deste trabalho com o apoio da universidade através de visitas técnicas nas cerâmicas localizadas nos municípios de Assú (região do Baixo Assú), Apodi (região da Chapada do Apodi) e São Francisco do Oeste (região da Zona Centro e Serrana), situados no estado do Rio Grande do Norte.

3.4. MOAGEM E PENEIRAMENTO

Após realizada a coleta, as amostras foram nomeadas e numeradas, para melhor identificação nos ensaios a serem realizados. Primeiramente foi realizada a secagem prévia das amostras até a umidade higroscópica, de acordo com NBR 6457/1986, após 24h as amostras foram destorroadas, a fim de homogeneizar evitando a quebra dos grãos.

Figura 14: Processo de destorroamento



FONTE: Autora

Com as amostras preparadas, foi executado o quartejamento a fim de reduzir a quantidade de material e ter uma amostra representativa com quantidade suficiente para realização dos ensaios. Daí foi realizado o peneiramento, passando o material na peneira de 2,0mm (ABNT) ou n°10 (ASTM), então foi pesado 120g do material passado e lavado na peneira 0,075mm (ABNT) ou n°200 (ASTM). O material retido foi colocado em uma cápsula para secagem em estufa.

Figura 15: Quarteamento



FONTE: Autora

Figura 16: Peneiramento da amostra quarteada



FONTE: Autora

Figura 17: Pesagem da amostra para realização do ensaio de Análise Granulométrica



FONTE: Autora

Ainda do material passado na peneira 2,0mm foi retirado três amostras e colocados em cápsulas caracterizadas, estas foram pesadas sem material e com material antes e após o enclausuramento na estufa por 24h.

3.5. CARACTERIZAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

3.5.1. MATERIAIS

Parte dos ensaios foram realizados no Laboratório de Mecânica do Solos e Pavimentação (LAMESP) da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA – Campus Mossoró) e parte no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade Federal Rural do Semi Árido (UFERSA – Campus Caraúbas), visando melhorar a qualidade do produto utilizado na fabricação dos blocos cerâmicos, seguindo as características das normas técnicas.

- Análise Granulométrica: para esse ensaio é necessário a secagem e o destorroamento dos grãos, daí realiza-se o peneiramento, pesa-se a massa de solo retida em cada peneira, de acordo com a NBR 7181/1984. Então plota-se os resultados em um gráfico, a fim de dar origem a Curva de Distribuição Granulométrica.

Figura 18: Peneiras granulométricas



FONTE: SPLabor²

- Limite de liquidez (LL): para esse ensaio é utilizado o aparelho de Casagrande. Para isso o aparelho primeiramente foi calibrado, utilizando o calibrador do aparelho, de 1cm de espessura, assim verificando a altura do ponto mais alto à base da concha. Ele define o teor de umidade do solo de acordo com a NBR 6459/1984.

Figura 19: Aparelho de Casagrande Elétrico com contador de golpes



FONTE: UDESC³

² (<http://www.splabor.com.br/blog/equipamentos-para-laboratorio/peneiras-granulometricas/>)

³ (<http://www.cct.udesc.br/?id=1465>)

- Limite de Plasticidade (LP): para esse ensaio não é necessário nenhuma aparelhagem muito específica, apenas cápsulas de porcelana, espátula, balança, um gabarito cilíndrico, e uma placa de vidro. O método é bem manual, de acordo com a NBR 7180/1984, porém ele define o menor teor de umidade para moldar um cilindro de 3mm de diâmetro com a palma da mão.

Figura 20: Realização de um ensaio de Limite de Plasticidade



FONTE: Autora

- Índice de Plasticidade (IP): esse parâmetro é definido a partir dos ensaios citados acima, ou seja, através da diferença do Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, e irá esclarecer o quanto o solo é plástico, isto é, se ele mais ou menos deformável.

$$IP = LL - LP$$

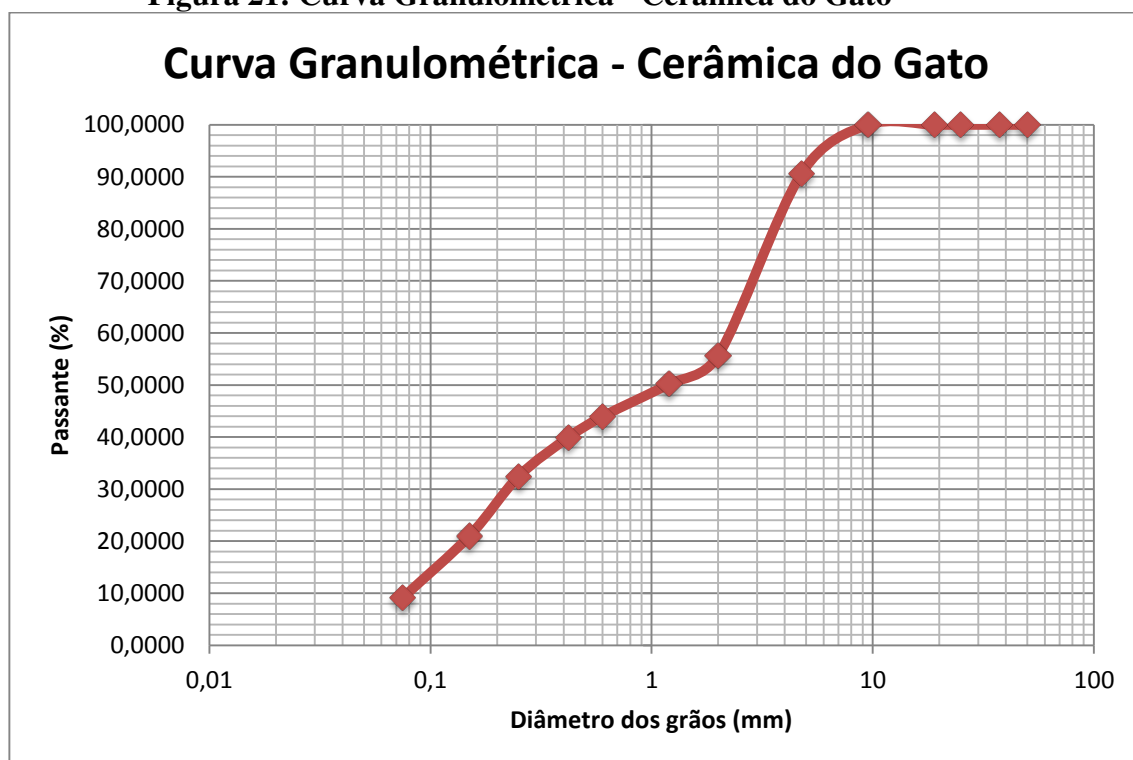
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

O ensaio foi realizado de acordo com a NBR 7181/1984. Para a maior garantia nos resultados, foi realizada três amostras com o material de cada uma das cerâmicas envolvidas. O material utilizado em todos os casos foi a argila in situ, todas de jazidas próprias de seus respectivos representantes.

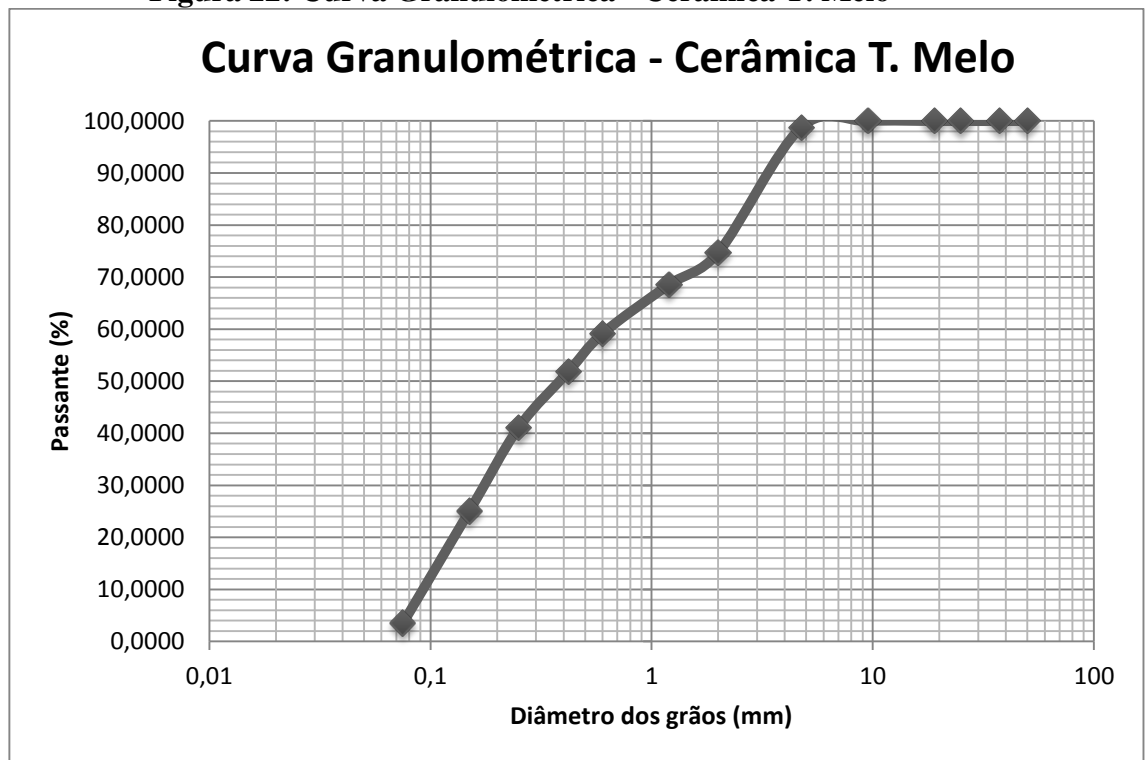
Conforme o ensaio foi realizado, e após a coleta de todos os dados e cálculos necessários, foi obtido a curva granulométrica de cada fábrica estudada. Também foi plotado em apenas um gráfico, todas as curvas para que dessa forma torne-se mais fácil a visualização dos parâmetros em questão.

Figura 21: Curva Granulométrica - Cerâmica do Gato



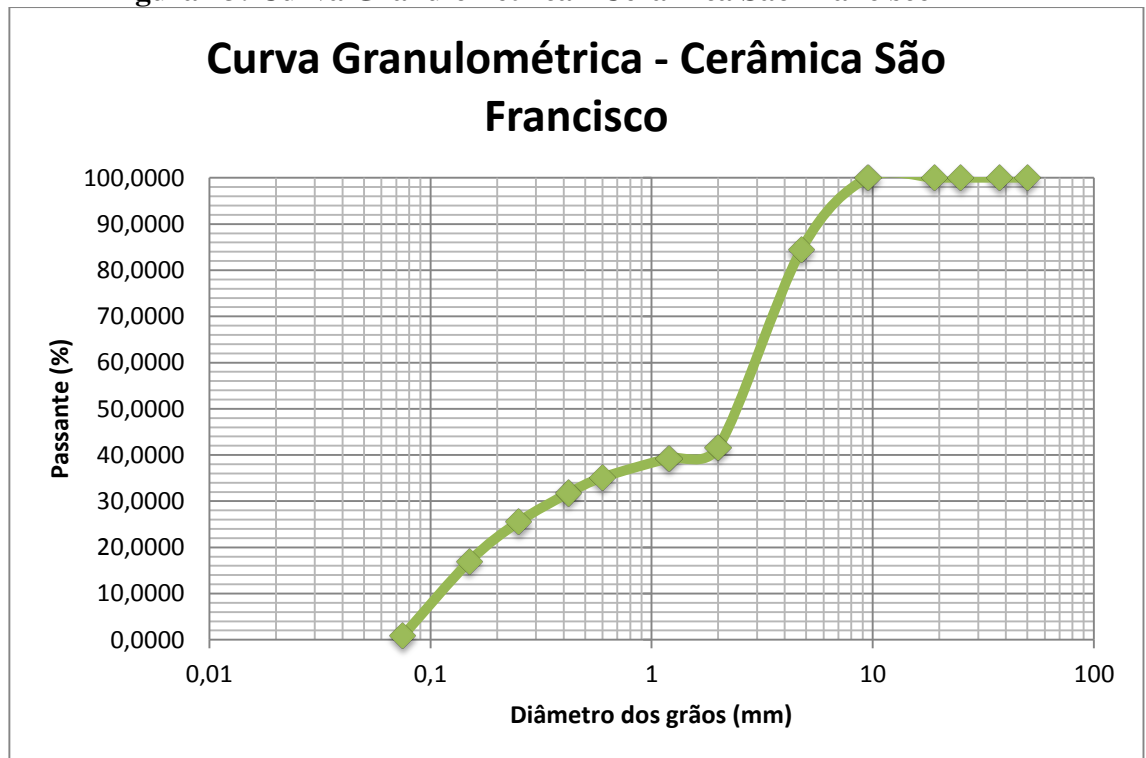
FONTE: Autora

Figura 22: Curva Granulométrica - Cerâmica T. Melo



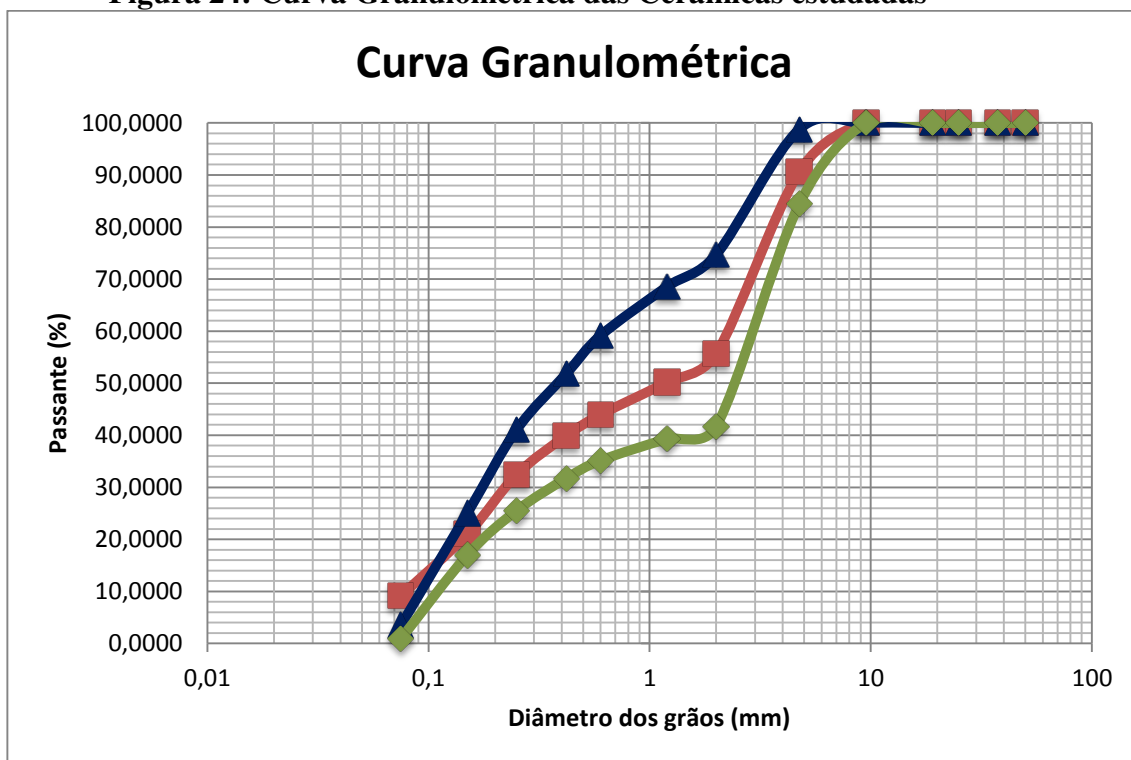
FONTE: Autora

Figura 23: Curva Granulométrica - Cerâmica São Francisco



FONTE: Autora

Figura 24: Curva Granulométrica das Cerâmicas estudadas



FONTE: Autora

De acordo com os dados obtidos através da análise granulométrica e a curva criada para melhor visualização do mesmo, pode-se afirmar que a Cerâmica T. Melo possui maior quantidade de finos com 98,82% de passantes, em segundo lugar vem a Cerâmica do Gato com 90,60% e em terceiro a Cerâmica São Francisco com 84,45%.

4.2.LIMITE DE LIQUIDEZ

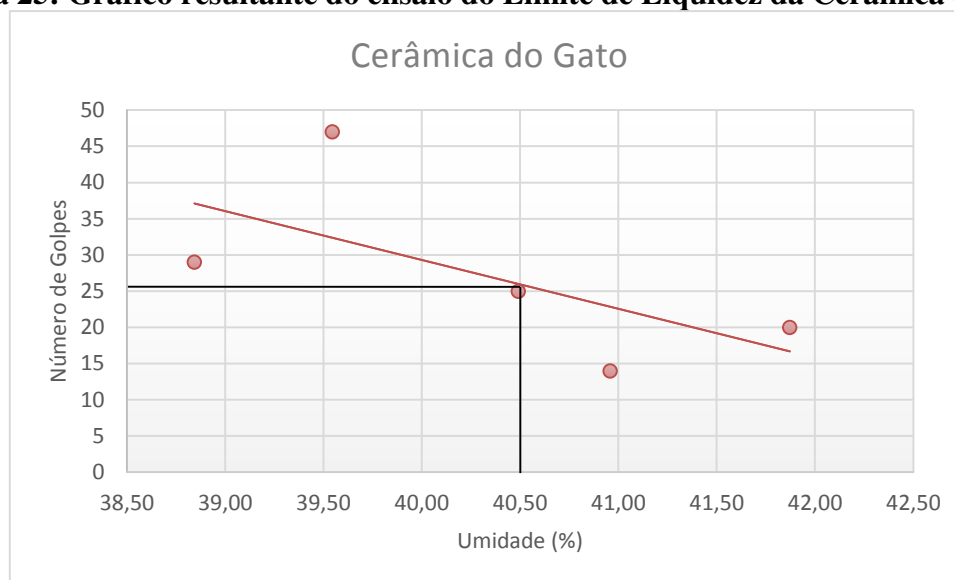
Assim como o parâmetro anterior, este ensaio foi realizado com a amostra de argila in situ, das jazidas de seus representantes, seguindo as exigências da NBR 6459/1984, que determina o método de ensaio do Limite de Liquidez. Para isso foi necessário fazer uso do aparelho de Casagrande do LAMESP.

Assim como o ensaio anterior, este também foi realizado com as três empresas (Cerâmica do Gato, Cerâmica T. Melo e Cerâmica São Francisco). Segue abaixo os resultados das respectivas empresas.

Tabela 2: Resultados do ensaio de Limite de Liquidez – Cerâmica do Gato

Cerâmica do Gato								
	Peso da cápsula (g)	Cápsula + solo úmido (g)	Cápsula + solo seco (g)	Nº de golpes	Peso da água	Peso do solo seco	Teor de umidade	LL
A1	5,97	15,78	13	47	2,78	7,03	39,54	40,34
A2	6,27	14,92	12,5	29	2,42	6,23	38,84	
A3	7,70	16,27	13,8	25	2,47	6,10	40,49	
A4	6,11	17,02	13,8	20	3,22	7,69	41,87	
A5	5,30	15,59	12,6	14	2,99	7,30	40,96	

FONTE: Autora

Figura 25: Gráfico resultante do ensaio do Limite de Liquidez da Cerâmica do Gato

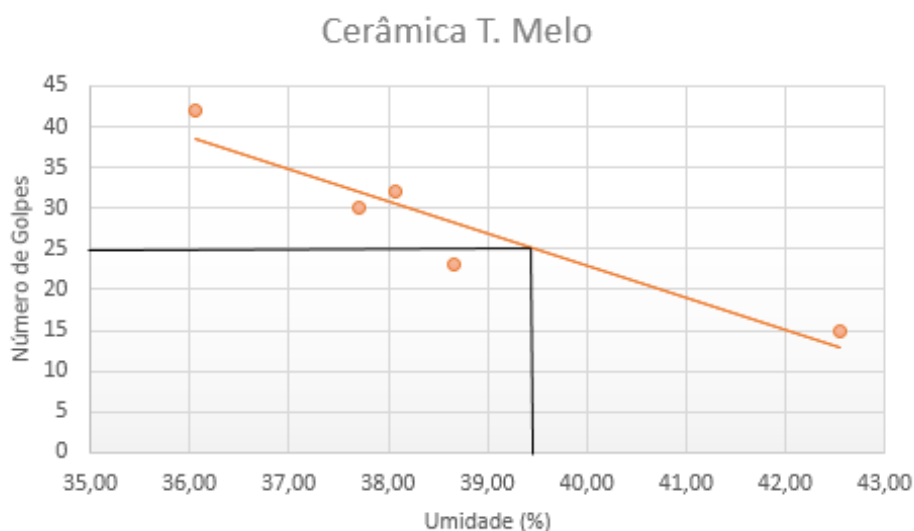
FONTE: Autora

De acordo com o gráfico podemos afirmar que para essa argila atingir o Limite de liquidez deve-se ter 40,5% de umidade, ou seja, ao atingir essa umidade o solo passa de um estado líquido para o estado plástico, onde irá apresentar pequena resistência ao cisalhamento.

Tabela 3: Resultados do ensaio de Limite de Liquidez – Cerâmica T. Melo

Cerâmica T. Melo								
	Peso da cápsula (g)	Cápsula + solo úmido (g)	Cápsula + solo seco (g)	Nº de golpes	Peso da água	Peso do solo seco	Teor de umidade	LL
A6	5,53	9,87	8,72	42	1,15	3,19	36,05	38,61
A7	5,92	10,09	8,94	32	1,15	3,02	38,08	
A8	7,35	13,01	11,46	30	1,55	4,11	37,71	
A9	5,66	12,26	10,42	23	1,84	4,76	38,66	
A10	5,90	12,3	10,39	15	1,91	4,49	42,54	

FONTE: Autora

Figura 26: Gráfico resultante do ensaio do Limite de Liquidez da Cerâmica T. Melo

FONTE: Autora

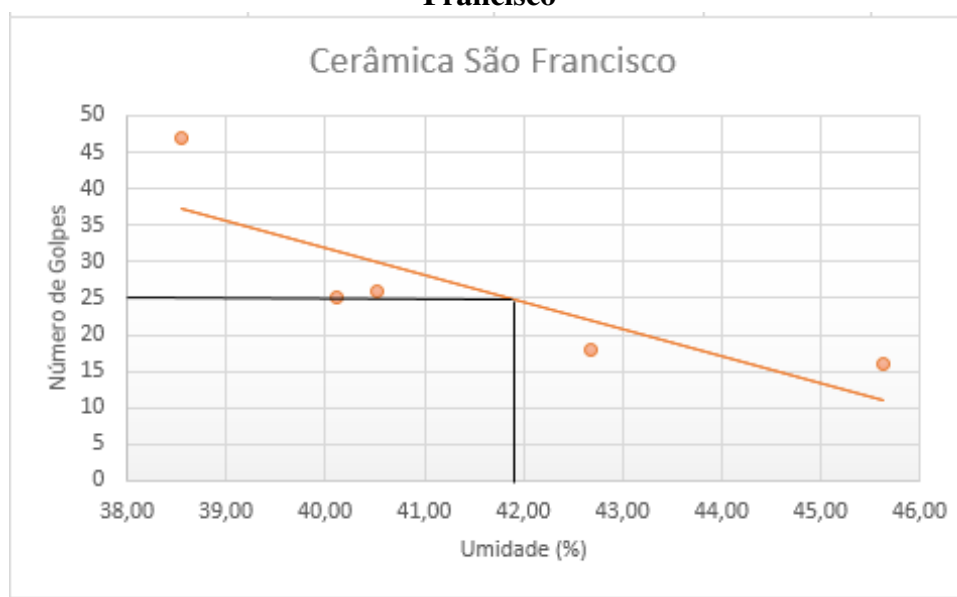
De acordo com o gráfico podemos afirmar que para essa argila atingir o Limite de liquidez deve-se ter 39,5% de umidade, ou seja, ao atingir essa umidade o solo passa de um estado líquido para o estado plástico, onde irá apresentar pequena resistência ao cisalhamento.

Tabela 4: Resultados do ensaio do Limite de Liquidez – Cerâmica São Francisco

Cerâmica São Francisco								
	Peso da cápsula (g)	Cápsula + solo úmido (g)	Cápsula + solo seco (g)	Nº de golpes	Peso da água	Peso do solo seco	Teor de umidade	LL
A11	6,28	12,93	11,08	47	1,85	4,80	38,54	41,50
A12	5,72	12,83	10,78	26	2,05	5,06	40,51	
A13	7,55	14,71	12,66	25	2,05	5,11	40,12	
A14	5,82	11,67	9,92	18	1,75	4,10	42,68	
A15	5,73	12,72	10,53	16	2,19	4,80	45,63	

FONTE: Autora

Figura 27: Gráfico resultante do ensaio do Limite de Liquidez da Cerâmica São Francisco



FONTE: Autora

De acordo com o gráfico podemos afirmar que para essa argila atingir o Limite de liquidez deve-se ter 41,8% de umidade, ou seja, ao atingir essa umidade o solo passa de um estado líquido para o estado plástico, onde irá apresentar pequena resistência ao cisalhamento.

Assim, pode-se afirmar que a Cerâmica T. Melo apresentou o melhor resultado quando comparado as outras duas empresas. Mesmo sabendo que a diferença entre elas foi pequena quando comparada.

4.3.LIMITE DE PLASTICIDADE

Assim como os demais parâmetros citados anteriormente, este ensaio foi realizado com a amostra de argila in situ, das jazidas de seus representantes, seguindo as exigências da NBR 7180/1984, que determina o método de ensaio do Limite de Plasticidade.

Conforme o ensaio foi realizado com as três empresas, e após a coleta de todos os dados e cálculos necessários, foi obtido o limite de plasticidade de cada fábrica estudada.

Figura 28: Gráfico do Limite de Consistência

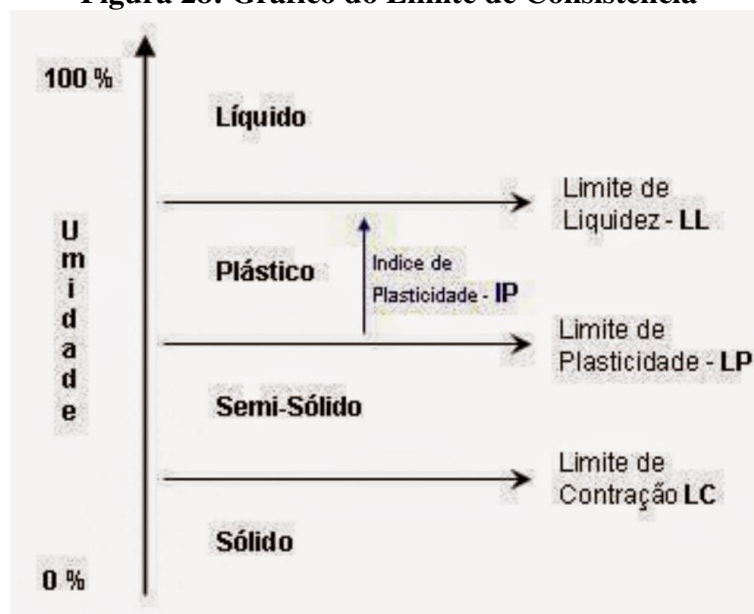
FONTE 1: Tudo Eng. Civil⁴

Tabela 5: Dados do ensaio de LP da Cerâmica do Gato

Cerâmica do Gato							
	Peso da cápsula (g)	Cápsula + solo úmido (g)	Cápsula + solo seco (g)	Peso da água (g)	Peso do solo seco (g)	Teor de umidade (%)	LP
A-1	5,169	7,503	7,039	0,464	1,87	24,813	24,89
A-2	5,365	7,813	7,327	0,486	1,962	24,771	
A-3	5,479	7,652	7,216	0,436	1,737	25,101	

FONTE: Autora

Como pode ser visto na Tabela 3, a argila da Cerâmica do Gato apresenta seu Limite de Plasticidade a uma umidade de 24,89%. De acordo com a norma podemos adotar o número inteiro mais próximo, então nesse caso podemos afirmar que sua umidade será de 25% o que o torna um solo semi-sólido de acordo com a classificação da Figura 26.

Tabela 6: Dados do ensaio de LP da Cerâmica T. Melo

Cerâmica T. Melo							
	Peso da cápsula (g)	Cápsula + solo úmido (g)	Cápsula + solo seco (g)	Peso da água	Peso do solo seco	Teor de umidade	LP
A-4	5,479	7,241	6,911	0,330	1,432	23,045	22,48
A-5	5,872	8,085	7,678	0,407	1,806	22,536	
A-6	5,329	7,275	6,926	0,349	1,597	21,853	

FONTE: Autora

⁴ (<http://www.tudoengcivil.com.br/2015/04/ensaio-de-limite-de-liquidez-e.html>)

A Tabela 4, mostra os dados da argila da Cerâmica T. Melo onde apresenta seu Limite de Plasticidade a uma umidade de 22,48%. Assim como citado anteriormente, de acordo com a norma podemos adotar o número inteiro mais próximo, que nesse caso será de 23% o que o torna também um solo semi-sólido de acordo com a classificação da Figura 26.

Tabela 7: Dados do ensaio de LP da Cerâmica São Francisco

Cerâmica São Francisco							
	Peso da cápsula (g)	Cápsula + solo úmido (g)	Cápsula + solo seco (g)	Peso da água	Peso do solo seco	Teor de umidade	LP
A-7	5,397	7,719	7,238	0,481	1,841	26,127	24,93
A-8	4,934	8,381	7,698	0,683	2,764	24,711	
A-9	5,728	8,451	7,925	0,526	2,197	23,942	

FONTE: Autora

Na Tabela 5, mostra os dados da argila da Cerâmica São Francisco onde apresenta seu Limite de Plasticidade a uma umidade de 24,93%. Como sabemos, de acordo com a norma podemos adotar o número inteiro mais próximo, que nesse caso será de 25% o que o torna também um solo semi-sólido de acordo com a classificação da Figura 26.

Como visto, as argilas apesar de serem de regiões diferentes, apresentam características semelhantes quanto ao Limite de Plasticidade. De modo que quanto menor o teor de umidade maior a resistência, podemos afirmar que a Cerâmica T. Melo se sobressai nesse quesito por alguns pontos percentuais.

4.4.ÍNDICE DE PLASTICIDADE

O Índice de Plasticidade é um dos diversos índices mais utilizados nos dias atuais. É ele que representa fisicamente a quantidade de água necessária para acrescentar no solo, para que ele passe do estado plástico ao estado líquido. Ele é definido através da NBR 7180/1984. Foi possível definir o índice de plasticidade de todas as empresas selecionadas.

Classificação dos solos em função do IP:

- fracamente plásticos $1 < IP \leq 7$
- medianamente plásticos $7 < IP \leq 15$
- altamente plásticos $IP > 15$

Determinando o Índice de Plasticidade da Cerâmica do Gato, obteremos a seguinte equação:

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 41 - 25$$

$$IP = 16$$

Assim como definiu-se o Índice de Plasticidade da Cerâmica citada anteriormente, foi feito com as demais, e obteve-se os seguintes resultados:

- Cerâmica T. Melo – $IP = 16$
- Cerâmica São Francisco – $IP = 17$

Dessa forma pode-se afirmar que todas as argilas analisadas são classificadas como argilas de alta plasticidade, e já que trata-se de argila, pode-se dizer também que é um solo bastante compressível.

5. CONCLUSÃO

Com esse trabalho podemos afirmar que os dados obtidos foram considerados significativos. Já que o mesmo abordou o fato de seguir as Normas a partir dos ensaios realizados, para alcançar resultados consideráveis, a fim de garantir o melhoramento da qualidade no produto final, apesar de que este apenas apresenta dados relacionados a matéria-prima usada na confecção de blocos cerâmicos.

Contudo o trabalho tornou-se bastante proveitoso, pois mostrou que apesar de que as Cerâmicas em estudo situarem-se em regiões diferentes de um único estado, elas possuem matérias-primas com resultados similares em praticamente todos os parâmetros analisados. Sabendo que apenas a Cerâmica do Gato produz blocos cerâmicos de alvenaria estrutural no estado do Rio Grande do Norte, pode-se indagar a seguinte questão de qual seria o motivo pelo qual as demais cerâmicas não investem nesse produto para comercialização, visto que o mercado tem crescido bastante nessa área. E um dos motivos pelos quais podemos citar seria a inexistência de qualificação, tanto na mão de obra, quanto no maquinário. Pois muitas das cerâmicas do estado, ainda operam de forma arcaica. Dessa forma elas não seguem padrões determinados pelas Normas e em sua grande maioria não possuem nem mesmo a exigência básica para se comercializar um produto com a mínima qualidade. No mais, a qualidade das demais cerâmicas nos mostra que também são capazes de produzir um bloco cerâmico de alvenaria estrutural, porém necessitam de adequação as Normas para que venham a produzir garantindo a qualidade do produto final.

O enfoque principal do trabalho seria dar os resultados principais sobre o material usado na fabricação do bloco cerâmico, como análise granulométrica, limite de liquidez e limite de plasticidade. Quanto a isso, pode-se reconhecer o sucesso, pois através dos dados obtidos, garantiu-se que as argilas possuem boa qualidade, e que todas elas são consideradas de alta plasticidade. O que significa dizer que a água age não somente como um meio inerte para separar as partículas e para variar as forças existentes entre elas, mas também como orientadora às partículas lamelares na direção do fluxo. De modo geral estes ensaios são de grande relevância para a indústria cerâmica, porém as exigências irão variar conforme a propriedade que se deseja obter ou o ramo industrial que está/estará sendo seguido.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6457-1986: Amostras de Solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
 ____-NBR 6459-1984: Solo – Determinação do Limite de Liquidez (método de ensaio). Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
 ____-NBR 7180-1984: Solo – Determinação do Limite de Plasticidade (método de ensaio). Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
 ____-NBR 7181-1984: Solo – Análise Granulométrica (método de ensaio). Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
 ____-NBR 15270/1-2005: Componentes Cerâmicos – Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação (terminologia e requisitos). Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
 ____-NBR 15270/2-2005: Componentes Cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural (terminologia e requisitos). Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
2. BACCELLI JUNIOR, Gilberto. **Avaliação do Processo Industrial da cerâmica vermelha na região do Seridó - RN**. 2010. 541 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
3. CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Vol. 1, Livros Técnicos e Científicos Editora, 6ª ed., Rio de Janeiro, 1988.
4. GALLEGOS, H. **Albañilería Estructural**. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 3ª ed., Lima, Peru, 1991.
5. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. **Censo demográfico**. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/>>. Acesso em: 31 out. 2016.
6. MELO, M. A. F. et al. Cor e propriedades mecânicas de algumas argilas do Rio Grande do Norte para uso em cerâmica branca. **Cerâmica**, São Paulo, v. 38, n. 308, p.183-186, dez. 2002. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132002000400003>>. Acesso em: 01 ago. 2016.
7. NORTON, F. H. **Introdução à tecnologia cerâmica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973.
8. PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Márcia Melo. **Alvenaria Estrutural em Blocos Cerâmicos: projeto, execução e controle**. São Paulo: Nome da Rosa, 2010. 238 p.

9. PRUDÊNCIO JR., L. R.; OLIVEIRA, A. L.; BEDIN C. A. **Alvenaria Estrutural de Blocos de Concreto**. Florianópolis, 2002.
10. RAMALHO, M. A.; CORRÊA, M. R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Pini, São Paulo, 2003.
11. RIZZATTI, Eduardo et al. Tipologia de blocos cerâmicos estruturais: influência da geometria dos blocos no comportamento mecânico da alvenaria. **Revista Matéria**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 2, p.730-746, 22 set. 2011.