



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CAMPUS MUTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LOURYNNY HÉLIA DE LIMA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DA ARGILA, UTILIZADA COMO
MATÉRIA-PRIMA NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO
MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO OESTE/RN.**

PAU DOS FERROS

2016

LOURYNNY HÉLIA DE LIMA COSTA

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DA ARGILA, UTILIZADA COMO
MATÉRIA-PRIMA NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO
MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO OESTE/RN.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. José Flávio Timoteo Júnior

Co-orientador: Prof. Me. Rogério de Jesus dos Santos

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

CC837 COSTA, LOURYNNY HÉLIA DE LIMA.
c CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO DA ARGILA,
UTILIZADA COMO MATÉRIA-PRIMA NA INDÚSTRIA DE
CERÂMICA VERMELHA NO MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO
DO OESTE/RN. / LOURYNNY HÉLIA DE LIMA COSTA. -
2016.
63 f. : il.

Orientadora: José Flávio Timoteo Júnior.
Coorientadora: Rogério de Jesus dos Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2016.

1. ARGILA. 2. CERÂMICA VERMELHA. I. Júnior,
José Flávio Timoteo, orient. II. Santos, Rogério
de Jesus dos, co-orient. III. Título.

Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)
LOURYNNY HÉLIA DE LIMA COSTA

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICO DAS FRAÇÕES DE ARGILAS, UTILIZADAS
COMO MATÉRIA-PRIMA NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA VERMELHA NO
MUNICÍPIO DE SÃO FRANCISCO DO OESTE/RN.**

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 22 / 11 /2016.

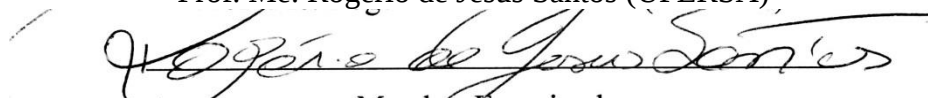
BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Flávio Timoteo Júnior (UFERSA)



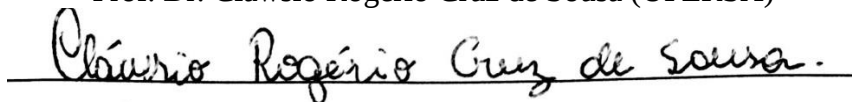
Presidente

Prof. Me. Rogério de Jesus Santos (UFERSA)



Membro Examinador

Prof. Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa (UFERSA)



Membro Examinador

*Aos meus queridos pais, meu irmão e minhas
avós que sempre me ajudaram em tudo que
precisei e que sempre acreditarão em mim e que
são os amores da minha vida!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por guiar meus passos e me dar força e fé todos os dias, para persistir na realização de um sonho meu e de meus pais.

A meus pais, Louzângela de Lima e Francisco Marcos, pelo apoio e confiança de que poderia fazer mais por mim e por eles. E principalmente pela paciência, palavras de apoio, amor e dedicação que me obtiveram.

Agradeço ao meu Orientador Dr. José Flávio Timóteo Júnior e meu Co-Orientador Me. Rogerio de Jesus Santos, que além de ótimos professores são ótimos amigos, por todos os conhecimentos transmitidos, pela enorme paciência, compreensão e boa vontade em conseguir me orientar.

Ao Professor Dr. Cláwsio Rogério Cruz de Sousa por ter colaborado de alguma forma com toda pesquisa.

A empresa Freitas e Chaves, pela disponibilidade de material.

Ao meu irmão Francisco Maycon, por estar sempre acreditando em mim.

A minhas avós e aos meus avôs, Maria de Lourdes, Rita Franklin, João Pereira e Sebastião Oliveira, por todas as palavras de apoio, amor, carinho e o colo que sempre me deram.

Aos meus tios e tias, Ronaldo, João Lucas, Maria Franklin, Aldo Sousa, Francisco das Chagas e Geneide Franklin que sempre me deram suporte no que sempre precisei e me influenciaram bastante para chegar até aqui.

Ao meu namorado e amigo, Djankley Lima, por sempre acreditar em mim, me apoiar e me aconselhar nesses anos de curso.

Agradeço a minhas vizinhas Elcia e inclusive a minha vizinha Sebastiana Teles, por todo apoio, suporte e paciência que tiveram comigo desde o dia que cheguei em Pau dos Ferros.

Aos meus amigos Bruno Saldanha, Rejanne Souto, Tailton Telles e Pollyana Holanda, que estiveram sempre me apoiando e me motivando para nunca desistir dos meus sonhos.

“O senhor é meu pastor e nada me faltará”.

Salmo 23.

RESUMO

A atividade ceramista apresentou grandes avanços nos últimos anos, que se refletem diretamente nos avanços econômicos do setor, bem como na sua representatividade frente aos demais setores, como por exemplo, a construção civil. Em contrapartida a tais aspectos, ao analisar este segmento na Cidade de São Francisco do Oeste/RN, percebe-se um quantitativo que a empresa local ainda possui um sistema produtivo ultrapassado, que não mostra qualquer controle de qualidade ou estudo das matérias primas utilizadas, propiciando uma produção com qualidade limitada, além de inviabilizar a implementação de métodos capazes de ampliar os níveis de produção. Diante desta realidade, foram realizados ensaios físico-químicos, que englobaram a granulometria, microscopia eletrônica de varredura, limites de plasticidade e liquidez, bem como a espectrometria de fluorescência de raio x. mediante os testes analisados, verificou-se que a argila utilizada para a produção dos materiais cerâmicos apresenta uma granulometria consideravelmente alta quando comparada às referências técnicas, no entanto, percebe-se que esse material possui alta plasticidade. Além desses fatores, constatou-se que os principais constituintes da argila são SiO_2 , Fe_2O_3 e Al_2O_3 , além de um elevado percentual de contaminantes. Essas substâncias são comumente encontradas nas argilas cerâmicas e são responsáveis por caracterizá-la, uma vez que após a queima ocorre o surgimento da coloração vermelha. Desse modo, percebe-se que o material utilizado necessita ser processado de forma mais eficiente, afim de reduzir as dimensões granulométricas, bem como estudar a possibilidade de trocar a jazida ou modificar a mistura para reduzir o percentual de contaminantes.

Palavras-chave: Atividade ceramista; Ensaio físico-químico; Caracterização da argila.

ABSTRACT

The ceramist activity has shown great advances in the last years, which are reflected directly in the economic advances of the sector, as well as in its representativity vis-à-vis other sectors, such as civil construction. In contrast to these aspects, when analyzing this segment in the city of São Francisco do Oeste/RN, we can see a quantitative that the local company still has an outdated production system, which does not show any quality control or study of the raw materials used, Providing a production with limited quality, and making it impossible to implement methods capable of increasing production levels. Faced with this reality, physical-chemical tests were carried out, including granulometry, scanning electron microscopy, plasticity and liquidity limits, as well as x-ray fluorescence spectrometry. Through the tests analyzed, it was verified that the clay used for the production of the ceramic materials presents a considerably high granulometry when compared to the technical references, however, it is perceived that this material has high plasticity. Besides these factors, it was verified that the main constituents of the clay are SiO_2 , Fe_2O_3 and Al_2O_3 , besides a high percentage of contaminants. These substances are commonly found in ceramic clays and are responsible for characterizing it, since after the burning occurs the appearance of red coloration. In this way, it can be seen that the material used needs to be processed more efficiently, in order to reduce the size of the granulometry, as well as to study the possibility of changing the deposit or modify the mixture to reduce the percentage of contaminants.

Keywords: Pottery activity; Physicochemical tests; Characterization of clay.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo, entradas e saídas dos insumos.
- Figura 2 – Extração da argila.
- Figura 3 – Armazenamento da argila.
- Figura 4 – Preparação da massa cerâmica.
- Figura 5 – Esquema de um laminador.
- Figura 6 – Esquema de uma forma de tijolos.
- Figura 7 – Extrusão e corte do material cerâmico.
- Figura 8 – Secagem natural.
- Figura 9 - Secagem artificial.
- Figura 10 – Forno utilizado para a queima do material cerâmico.
- Figura 11 – Queima de peças cerâmicas.
- Figura 12 – Evolução da produção cerâmica no Brasil.
- Figura 13 – Representatividade regional frente à produção nacional da cerâmica vermelha.
- Figura 14 – Localização da Zona Urbana de São Francisco do Oeste e da Cerâmica.
- Figura 15 – Agitador de peneiras.
- Figura 16 – Resultado após peneiramento.
- Figura 17 – Registros do ensaio de limite de liquidez.
- Figura 18 – Registros do ensaio de limite de plasticidade.
- Figura 19 – Distribuição de Partículas no solo.
- Figura 20 – Curvas granulométricas.
- Figura 21 – Microscopia Eletrônica de Varredura.
- Figura 22 – Microscopia Eletrônica de Varredura.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Massa passante (g) X Abertura das Peneiras (μm).

Gráfico 2 – % Massa Passante (%P) X Abertura das Peneiras (μm).

Gráfico 3 – % Massa retida (%R) X Abertura das Peneiras (μm).

Gráfico 4 – Umidade (%) X Logaritmo do número de golpes.

Gráfico 5 – FRX dos aditivos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise granulométrica de matérias-primas cerâmicas.

Tabela 2 – Análise de resíduos de argila.

Tabela 3 – Dados para a determinação do limite de liquidez.

Tabela 4 – Tabela para obter o gráfico Umidade (%) X Log. número de golpes.

Tabela 5 – Dados para a determinação do limite de plasticidade.

Tabela 6 – Classificação dos solos quanto ao seu IP.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PIB	Produto Interno Bruto
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
ABRAMAT	Associação Brasileira de Materiais de Construção
SINDICERRN	Sindicato da Indústria da Cerâmica Vermelha
SEBRAE	Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SESI	Serviço Social da Indústria
FIEMG	Federação das Indústrias de Minas Gerais
ANICER	Associação Nacional da Indústria de Cerâmica
NBR	Norma Brasileira
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
FRX	Fluorescência de Raio X
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade
µm	Micrômetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1 INDÚSTRIA CERAMISTA	18
3.2 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CERÂMICA VERMELHA.....	19
3.2.1 Extração de argila	20
3.2.2 Recebimento da matéria-prima	20
3.2.3 Preparação da massa cerâmica	21
3.2.4 Laminação.....	22
3.2.6 Secagem.....	24
3.2.7 Queima	25
3.2.8 Inspeção	26
3.2.9 Estocagem	27
3.2.10 Expedição	27
3.3 MERCADO DA CERÂMICA VERMELHA	27
3.4 ARGILA.....	29
3.4.1 Tipos de Argila.....	30
3.4.1.1 Argila Dispersiva.....	30
3.4.1.2 Argila Sensível.....	31
3.4.1.3 Bentonita	31
3.4.1.4 Caulin	31
3.4.1.5 Argila Refratária	31
3.4.1.6 Argilas de Bolas	31
4. METODOLOGIA	36
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA.....	35
4.2 REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS.....	37
4.2.1 Granulometria.....	37
4.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura.....	37
4.2.3 Limite de Liquidez.....	38
4.2.4 Limite de Plasticidade.....	39
4.2.5 Espectrometria de Fluorescência de Raio X.....	40

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
5.1 GRANULOMETRIA.....	42
5.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA.....	45
5.3 LIMITE DE LIQUIDEZ.....	47
5.4 LIMITE DE PLASTICIDADE.....	49
5.5 ÍNDICE DE PLASTICIDADE.....	50
5.6 ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X.....	50
6. CONCLUSÃO.....	52
7. REFERÊNCIAS.....	53

INTRODUÇÃO

O setor da construção civil cresceu de forma significativa nos últimos anos, essa expansão foi fortemente influenciada por programas governamentais que visam o acesso a moradia e a erradicação da desigualdade social. Nesse contexto, em 2007 foi lançado o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, voltado aos investimentos em obras de infraestrutura econômica e social, e em 2009, surgiu o Programa Minha Casa, Minha Vida em parceria com o Governo Federal.

Como resposta aos programas, em 2010 o Produto Interno Bruto - PIB da construção civil atingiu 11,7%, enquanto que o PIB nacional alcançou 7,5% e neste mesmo período a taxa de desemprego na área da construção civil diminuiu de 9,8% para 2,7%. De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC, o PIB da construção civil cresceu 2,7% em 2011; 1% em 2012 e 2,5% em 2013. Ressalta-se ainda que o investimento privado no setor imobiliária atingiu 5,3 bilhões em 2011. Junto a ampliação deste setor, a demanda por materiais foi proporcionalmente aquecida. Nesse contexto, ressalta-se que de acordo com a CBIC (2010) a Indústria de Materiais representa 15,5% da cadeia produtiva.

Nos âmbitos industrial e comercial, a cerâmica vermelha possui uma relevância considerável. Em 2013, de acordo com a Associação Brasileira de Materiais de Construção - ABRAMAT, a produção ceramista representava 60% do mercado nacional de coberturas e alvenarias. Já no ponto de vista econômico, a atividade é responsável por 1% do PIB nacional e apresenta consideráveis contribuições para a promoção de empregos, visto que um dos fatores característicos é o intenso uso de mão de obra.

Em contrapartida, é de fundamental importância altos investimentos neste segmento, pois a atividade ceramista é caracterizada como um setor industrial de caráter familiar, desenvolvida por empresas de pequeno e médio porte, no qual são adotados métodos de produção rústicos e desprovidos de tecnologia. Consequentemente, o sistema produtivo é pouco desenvolvido e a produção se torna restrita em decorrência de todas as limitações.

Na região nordeste, a atividade de olarias está ganhando espaço no meio industrial, uma vez que uma série de fatores propiciam a expansão, entre eles, a disponibilidade de mão de obra e de matéria prima. Dentre os estados nordestinos, o Rio Grande do Norte é um destaque nesse segmento, o setor industrial do estado representa 23,7% do PIB. Ressalta-se também que de acordo com o Sindicato da Indústria da

Cerâmica Vermelha - SINDICERRN (2014) e com o Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2012), o estado possui oito polos econômicos e 186 cerâmicas distribuídas no território, sendo que a Região do Vale do Açu e a Região do Seridó são os maiores produtores no âmbito da produção da cerâmica vermelha.

Ao observar a produção ceramista do interior do Rio Grande do Norte, em especial na Cidade de São Francisco do Oeste, percebe-se que sistema local é constituído por uma pequena frente de produção, que devido aos impactos da crise e de outros fatores externos à empresa está apresentando reduções na produção, o que de certo modo, ameaça o desenvolvimento da empresa local.

Além dos aspectos econômicos, é necessário analisar os métodos de produção, em decorrência do uso de práticas ultrapassadas e da ausência de ensaios técnicos e controle de qualidade ao longo da produção. Esses fatores podem resultar em perdas irreparáveis, tendo em vista que não é possível estabelecer níveis de qualidade e tão pouco avaliar a eficiência do sistema produtivo.

Diante de tal realidade, verifica-se a necessidade da implementação de análises físico-químicas, afim de melhorar a o sistema e assim promover uma produção mais tecnológica e eficiente. Neste caso, pode-se afirmar que mediante as análises torna-se possível modificar a formulação adotada, bem como ampliar a eficiência do meio de produção e fazer o controle de qualidade dos produtos fabricados.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Caracterizar a aplicação da argila e seu processo para produção de tijolos estruturais numa indústria de cerâmica vermelha da região do Oeste Potiguar, determinando as suas características para melhor aplicabilidade nesta indústria.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar o processo de produção dessa indústria com a argila;
- Realizar análises físico-químicas da argila para caracterizar a matéria-prima.
- Sugerir melhorias que poderão beneficiar a indústria.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 INDÚSTRIA CERAMISTA

A cerâmica vermelha engloba diversos materiais que são frequentemente utilizados na construção civil, como blocos cerâmicos, tijolos maciços, telhas, dentre outros materiais necessários ao ser humano. Segundo (Isaia, 2007, p.563) “a indústria da cerâmica vermelha é uma das mais antigas do mundo. Seu surgimento data do período neolítico (entre 12000 e 4000 a.C.), onde a necessidade de armazenar alimentos levou o homem à criação de componentes de barro seco.”

No cenário nacional, conforme o Serviço Social da Indústria - SESI (2011), a atividade ceramista começou a se desenvolver de forma mais intensa por volta de 1575. Esse crescimento resulta da disponibilidade de recursos naturais, que associados às diversas fontes energéticas existentes impulsionou o desenvolvimento de todos os setores da produção cerâmica. Em contrapartida, a produção da cerâmica vermelha ainda é considerada atrasada quando comparada aos demais setores.

Quanto às características deste setor, de acordo com Ferreira (2012) e Oliveira (2011), a cerâmica estrutural constitui um segmento industrial que faz uso contínuo de mão de obra. Além disso, a produção é realizada por pequenas e médias empresas de caráter familiar que adotam de métodos tradicionais, desprovidos de ferramentas capazes de ampliar a produção.

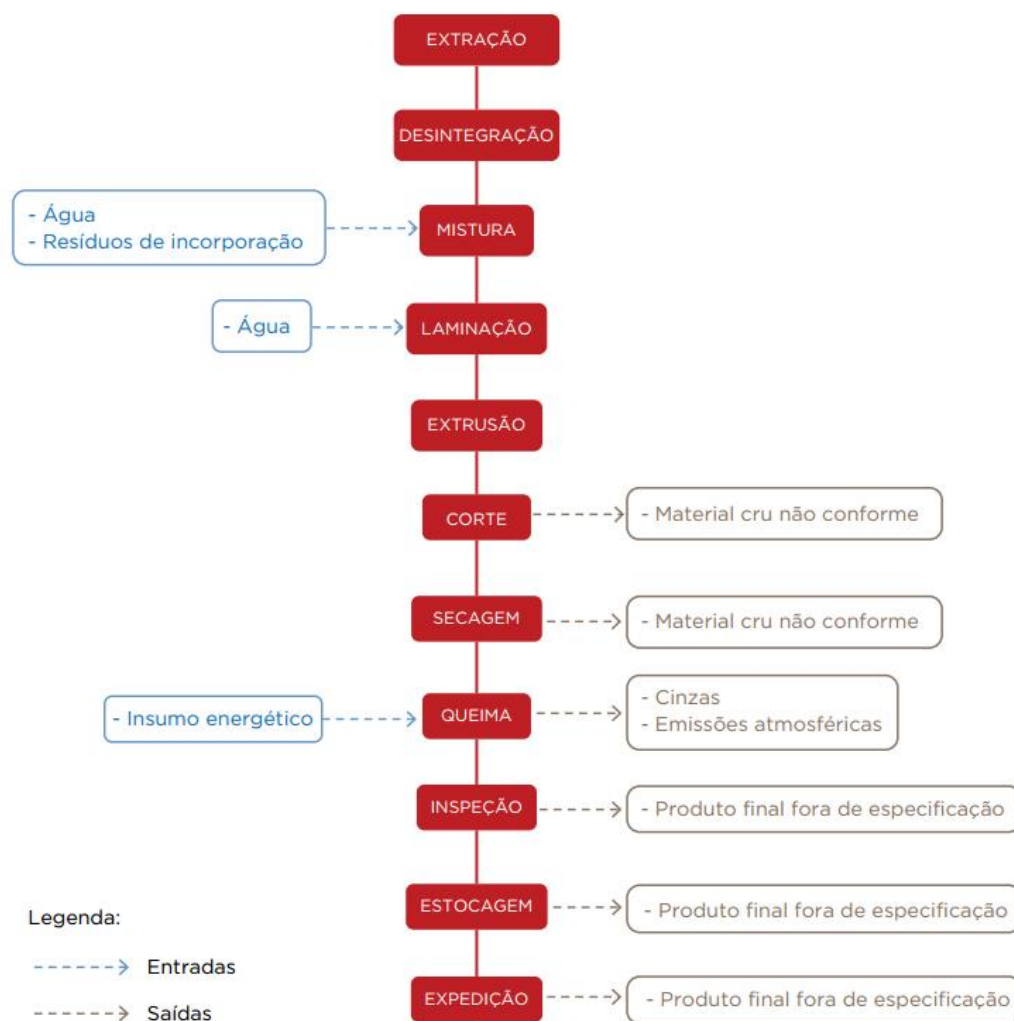
Analisando a distribuição dessa atividade no território brasileiro, a Federação das Indústrias de Minas Gerais - FIEMG (2013) afirma que os principais polos voltados para a produção da cerâmica vermelha estão localizados nas regiões sul e sudeste. No entanto, em especial a região nordeste tem apresentado uma evolução significativa em decorrência da oferta de matéria prima e ampliação do mercado consumidor.

A ABRAMAT (2012), afirma que os empresários da indústria ceramista estão investindo em tecnologias para a ampliação da produção e capacitação da mão-de-obra. Ressalta-se ainda que como resposta ao crescimento da construção civil e ao acesso aos programas governamentais direcionados a aquisição de imóveis, a produção da cerâmica estrutural está sendo fortemente aquecida. Diante de tal realidade, a Associação Nacional da Indústria de Cerâmica – ANICER (2011), afirma que a cerâmica vermelha corresponde a 4,8% da indústria da construção civil.

3.2 PROCESSOS DE PRODUÇÃO DA CERÂMICA VERMELHA

A produção da cerâmica vermelha se caracteriza como sendo um processo relativamente simples, no entanto, é constituído por uma série de etapas essenciais para o sucesso e qualidade final dos produtos. Nesse sentido, a Figura 01 mostra o fluxograma do processo produtivo, englobando os elementos de entrada e saída em algumas etapas.

Figura 1 – Fluxograma do processo produtivo, entradas e saídas dos insumos



Fonte: FIEMG, 2013.

3.2.1 Extração de argila

A argila é retirada do solo a céu aberto, de preferência em meses de menor precipitação podendo ser realizada manualmente ou mecanizada, com auxílio de escavadeiras, pás carregadeiras, trator de esteira com lâmina, entre outros equipamentos.

Sendo que a sua retirada ocorre de forma conjunta com a areia. Isso porque para realizar a extração de areia é necessário retirar a camada superior do terreno constituída de argila.

Figura 2 – Extração da argila



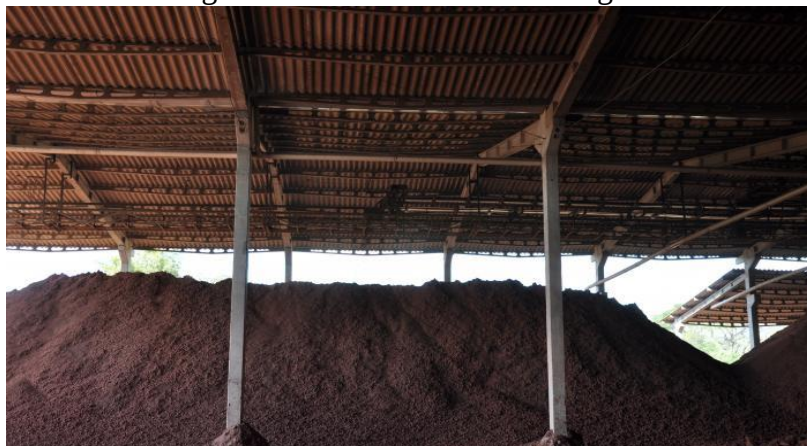
Fonte: FIEMG, 2013.

3.2.2 Recebimento da matéria-prima

De acordo com (Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha, 2013) o receber a argila, o responsável deve coletar pequenas amostras para ensaio de resíduo, sendo recomendada esta operação na primeira e na última carga, para verificar se houve alguma mudança significativa na extração. A realização desses ensaios se justifica pelo fato de que é mais fácil identificar um problema em campo do que após a secagem ou queima. No recebimento a argila deve ser armazenada em pequenos lotes cobertos com uma lona plástica para acelerar o processo de decomposição da matéria orgânica e sais solúveis.

A matéria-prima deve ser armazenada em camadas para facilitar a mistura no momento de sua retirada das pilhas de estocagem. É importante que a argila passe por um período de descanso para melhorar os resultados na conformação do produto acabado.

Figura 3 – Armazenamento da argila



Fonte: FIEMG, 2013.

3.2.3 Preparação da massa cerâmica

Segundo (Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha, 2013). A preparação da massa consiste na mistura da argila com a água. Mas, para produção de uma boa massa cerâmica é essencial a obtenção de um produto de alta qualidade, redução de perdas e consequentemente melhoria do desempenho ambiental do processo, para isso é necessário:

- Boa homogeneização da argila com a água. A adição de água na mistura deve ser centralizada e nunca nas laterais, de modo a facilitar a mistura. A utilização de água quente na mistura acelera o processo de absorção de água pelo centro do grão argiloso, podendo ser reutilizada da bomba de vácuo, ou outros processos viáveis disponíveis na empresa.
- Redução dos grãos;
- Descanso da massa cerâmica por um período de 24 a 48 horas.

Figura 4 – Preparação da massa cerâmica



Fonte: Autor, 2016.

3.2.4 Laminação

O laminador é o equipamento responsável por esta etapa, que consiste no direcionamento de partículas das argilas, sendo fundamental sua regulagem periódica. É recomendado um distanciamento de 2 a 3 mm para o último laminador. Lembrando que quanto mais fechado estiver o laminador melhor será o direcionamento das partículas. A qualidade da laminação determina a qualidade do acabamento dos produtos, evita perdas e pode levar a uma redução no consumo de energia na queima, visto que a granulometria do material diminui. (Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha, 2013).

Figura 5 – Esquema de um laminador



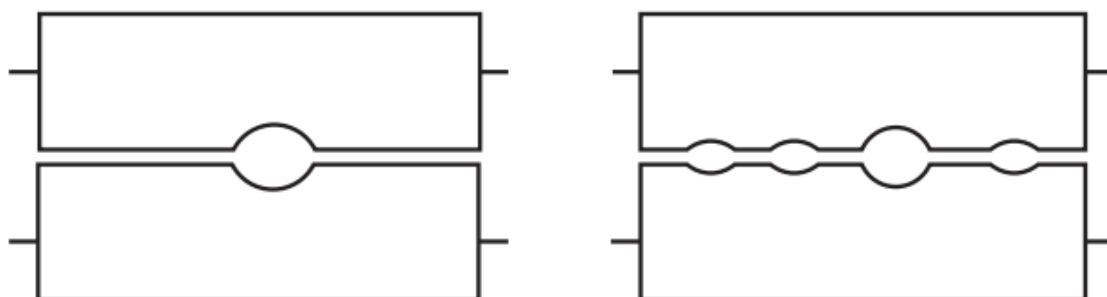
Fonte: Autor, 2016.

3.2.5 Extrusão e Corte

Consiste em forçar, por pressão, a massa a passar através de um bocal apropriado ao tipo de peça a ser produzida. A extrusora, também conhecida como maromba, recebe a massa preparada para ser compactada e forçada por meio de um pistão ou eixo helicoidal através de bocal. Como resultado obtém-se uma coluna extrusada para confecção de blocos ou em tarugos para fabricação de telhas. (Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha, 2013).

Já o corte, pode ser realizado com cortadores manuais ou automáticos, sendo usado para dar a dimensão desejada ao produto. As peças cortadas podem ser retiradas manualmente ou automaticamente. Depois de cortadas, por inspeção visual, as peças são selecionadas e encaminhadas para o setor de secagem. Já as peças defeituosas são reintroduzidas na etapa de preparação de massa.

Figura 6 – Esquema de uma forma de tijolos



Fonte: FIEMG, 2013.

Figura 7 – Extrusão e corte do material cerâmico



Fonte: Autor, 2016.

3.2.6 Secagem

Existem dois tipos de secagens adotadas ao longo do processo produtivo da cerâmica vermelha:

- Natural – É o processo mais comum nas indústrias de tijolos, blocos e telhas cerâmicas, porém é demorado e exige grandes áreas protegidas do sol e com ventilação natural controlada. (Nunes, 2012).
- Artificial – É executada em câmaras de alvenaria comum. Nesse processo as peças são colocadas sobre prateleiras ou empilhadas, de modo a oferecer uma face sempre em contato com o ar. (Nunes, 2012).

Figura 8 – Secagem natural



Fonte: Autor, 2016.

Figura 9 - Secagem artificial



Fonte: FIEMG, 2013.

3.2.7 Queima

Aqui as peças adquirem suas propriedades finais. Esse tratamento térmico é responsável por uma série de transformações físico-químicas das peças como: perda de massa, desenvolvimento de novas fases cristalinas, formação de fase vítrea (é a transição reversível entre materiais moles para materiais duros) e a soldagem (também conhecida por sinterização, que é a operação de aquecimento da peça) dos grãos. (CARVALHO, 2008).

Os produtos são submetidos a temperaturas elevadas, em fornos contínuos ou intermitentes que operam em três fases: aquecimento da temperatura ambiente até a temperatura desejada, com cerca de 1200° C, patamar durante certo tempo na máxima temperatura da curva de queima e resfriamento até temperaturas inferiores a 200° C.

Figura 10 – Forno utilizado para a queima do material cerâmico



Fonte: Autor, 2016.

Figura 11 – Queima de peças cerâmicas



Fonte: FIEMG, 2013.

3.2.8 Inspeção

Análise das peças produzidas, descartando as peças fraturadas ou com trincas para a etapa de recebimento da matéria prima.

3.2.9 Estocagem

As peças são estocadas em regiões da empresa para espera da expedição. Ressalta-se ainda que alguns cuidados básicos devem ser considerados ao longo dessa etapa, visto que os lotes novos não devem ser misturados com os lotes velhos, evitando com isso inúmeros problemas, principalmente com telhas de encaixe. Todo lote deve receber identificação.

3.2.10 Expedição

O produto queimado ao sair do forno deve ser transportado com cuidado, evitando batidas desnecessárias. O controle de qualidade deve ser realizado em lotes pequenos de aproximadamente 100 peças, separadas aleatoriamente. Os testes a serem realizados compreendem: absorção de água; torção; desvio padrão em relação ao esquadro; bitolas (dimensões); permeabilidade (telhas); sonoridade (blocos e telhas) e empenamento (telhas). (Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmica Vermelha, 2013).

3.3 MERCADO DA CERÂMICA VERMELHA

No âmbito comercial, a cerâmica vermelha possui uma relevância considerável. Em 2013, de acordo com a ABRAMAT, a produção ceramista representava 60% do mercado nacional de coberturas e alvenarias. Já no ponto de vista econômico, a atividade é responsável por 1% do PIB nacional e apresenta consideráveis contribuições para a promoção de empregos, visto que um dos fatores característicos é o intenso uso de mão-de-obra.

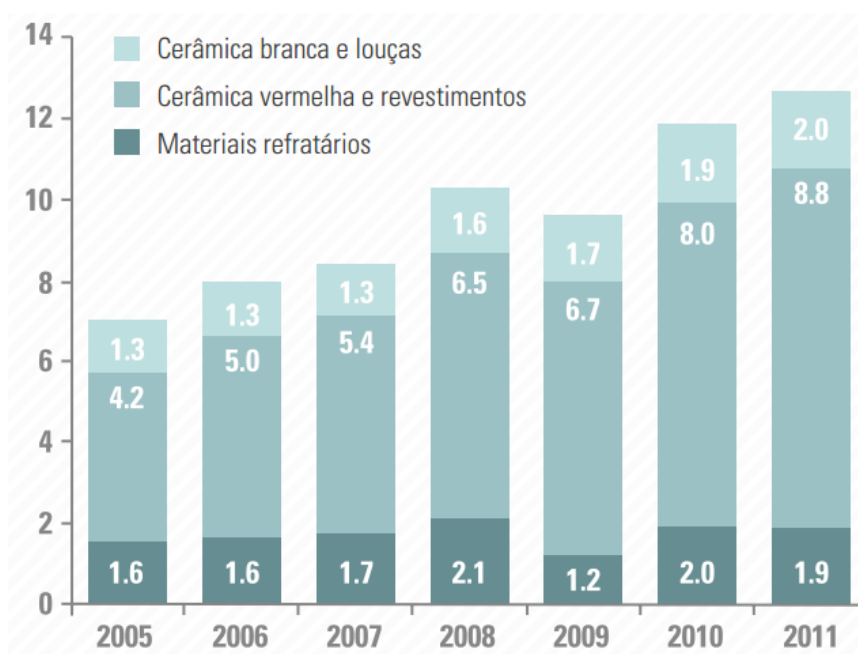
No entanto, é de fundamental importância altos investimentos neste segmento. Pois a atividade ceramista é caracterizada como um setor industrial de caráter familiar, desenvolvida por empresas de pequeno e médio porte, no qual são adotados métodos de produção rústicos e desprovidos de tecnologia. Consequentemente, o sistema produtivo é pouco desenvolvido e a produção se torna restrita em decorrência de todas as limitações.

Já em 2015, com base na ANICER, verifica-se que o setor era responsável por uma representatividade de 4,8% na construção civil. Além disso, ressalta-se ainda a

geração de empregos, tendo em vista que são gerados aproximadamente 300 mil empregos diretos e 1,5 milhões de empregos indiretos. Outros aspectos que mostram a evolução do setor é a produção, uma vez que a produção mensal de telhas e tijolos chegam a 1,3 milhões e 4 milhões, respectivamente.

Quando se analisa a quantidade de empresas dentro deste segmento, de acordo com a ANICER (2007) apontava que havia cerca de 5,5 mil empresas produtoras de cerâmica vermelha no Brasil, consumindo cerca de 10.300.000 toneladas de argila por mês. Já em 2015, de acordo com ANICER, o total de empresas instaladas chegou a 9071, sendo que o consumo mensal de argila chegou a 16.987.510 toneladas. A Figura 11 mostra a evolução da produção da cerâmica vermelha entre 2005 e 2011.

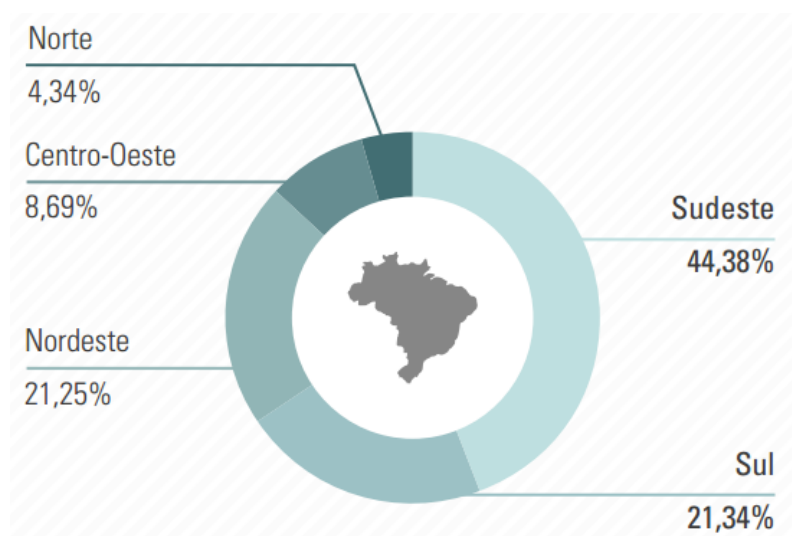
Figura 12 – Evolução da produção cerâmica no Brasil



Fonte: ANICER, 2015. Adaptado.

No gráfico, é possível visualizar o aumento do desempenho e da representatividade da cerâmica vermelha e revestimentos na produção nacional. Isso se deu, principalmente, devido ao crescimento da construção civil no país. Trazendo a discussão para o âmbito regional, a Figura 12, aponta a produção da cerâmica vermelha por região brasileira.

Figura 13 – Representatividade regional frente à produção nacional da cerâmica vermelha.



Fonte: ANICER, 2015. Adaptado.

Com base no gráfico e nas discussões anteriores, verifica-se que as regiões do sul e do sudeste são regiões que mais se destacaram e se desenvolveram no país. No entanto, no tocante à região nordeste percebe-se que a atividade de olarias está ganhando espaço no meio industrial, uma vez que uma série de fatores propiciam a expansão, entre eles, a disponibilidade de mão-de-obra e de matéria-prima.

Dentre os estados nordestinos, o Rio Grande do Norte é um destaque nesse segmento. O setor industrial do estado representa 23,7% do PIB. Ressalta-se também que de acordo com o SINDICER-RN (2014) e com o SEBRAE (2012), o estado possui oito polos econômicos e 186 cerâmicas distribuídas no território, sendo que a Região do Açu e a Região do Seridó são os maiores produtores no âmbito da produção da cerâmica vermelha.

3.4 ARGILA

Com o passar dos anos e com o avanço da tecnologia foi utilizado além do barro como matéria-prima para as artes cerâmicas outros materiais extraídos através de minerais existentes na terra, como metais, argila, areia e etc.

No decorrer desses anos, necessitou-se de cerâmicas de altas tecnologias, que suportam temperaturas elevadas e que possuem grande resistência, então resolveram utilizar a argila após perceber que a mesma continha uma maior plasticidade, coesão e

um bom cozimento quando adicionadas a outros elementos, como por exemplo, a água. (Isaia, 2007, p.563),

De acordo com (Isaia, 2007, p.564), “a argila é um material natural, terroso, de baixa granulometria, mas com elevado teor de argilas com diâmetro inferior a 2 μ m, que apresenta plasticidade quando misturado com quantidades adequadas de água.”. Mas, de acordo com a 6502/95 denomina-se argila as frações do solo com tamanhos dos grãos abaixo de 0,002 mm, apresentando coesão e plasticidade. Além de definir o conceito tecnicamente o conceito de argila, essa NBR define ainda os tipos de argilas e argilominerais.

Com base na NBR 6502/95, argilominerais são silicatos hidráulicos de alumínio, podendo conter quantidades variáveis de ferro, magnésio, potássio, sódio, lítio, etc. São geralmente formados por lamelas constituídas por estratos ou lâminas de tetraedros de SiO_4 e octaedros de $\text{Al}(\text{OH})_6$, possuindo cristalinidade variável. Os argilominerais se formam por alteração de minerais primários das rochas ígneas e metamórficas, como feldspatos, piroxênios e anfibólios, ou são constituintes de rochas sedimentares. Possuem a propriedade de absorver às superfícies de suas partículas quantidades variáveis de água e íons. Os principais grupos de argilominerais são: caulinita, micas hidratadas e esmectitas.

3.4.1 Tipos de Argila

3.4.1.1 Argila Dispersiva

Fundamentado na NBR 6502/95, define-se argila dispersiva, a argila com preponderância de cátions monovalentes de sódio dissolvidos na água intersticial, enquanto que a argila não dispersiva tem preponderância de cátions divalentes de cálcio e magnésio. É uma argila facilmente erodível pela água, em um processo de dispersão ou defloculação, quando as forças elétricas repulsivas atuantes entre as partículas argilosas são maiores que as forças de atração (Van Der Waals). Esta argila não pode ser identificada pelos ensaios de caracterização comuns, mas por ensaios químicos ou por ensaios geotécnicos, assim como o ensaio de dispersão rápido, o ensaio sedimentométrico comparativo SCS e o ensaio de furo de agulha.

3.4.1.2 Argila Sensível

A NBR 6502/95 define esse tipo de argila como sendo a argila cuja resistência no estado natural é maior que no estado amolgado.

3.4.1.3 Bentonita

Argila com alto teor de mineral montmorilonita, caracterizada por sua alta expansibilidade, quando umedecida. Frente a isso, Meira (2001) afirma que trata-se de uma argila residual proveniente de alterações de cinzas vulcânicas ácidas. Possui uma granulometria muito fina, podendo aumentar substancialmente o volume em meio aquoso e apresentar cores variadas.

3.4.1.4 Caulin

Ainda com base em Meira (2001), o caulino é uma argila constituída essencialmente por caulinite. Trata-se de um material muito refratário, que se forma a partir de transformações de rochas ricas em feldspatos e micas.

3.4.1.5 Argila Refratária

São argilas sedimentares de refratariedade superior a 1500° C e que queimam com cor castanho claro. O termo refere-se não só à resistência pirosópica ou refratariedade, mas também ao modo de jazida. Estas argilas ocorrem sob ou intercaladas entre camadas de carvão sendo, por vezes, denominadas de *underclay*. São constituídas essencialmente por caulinite associada a quantidades variáveis de quartzo, mica, diquite, ilite, montmorilonite, interestratificados ilite-montmorilonite e matéria orgânica. Meira (2001)

3.4.1.6 Argilas de Bolas

São argilas muito plásticas, com granulometria muito fina (onde dominam as partículas com diâmetro esférico equivalente inferior a 1µm), com apreciável poder ligante, com refratariedade inferior à do caulino e que evidenciam cor marfim ou

creme claro após cozedura.

São compostas basicamente por caulinite, associada a hidromica e quartzo finamente divididos, clorite, montmorilonite, interestratificados ilite-montmorilonite e matéria orgânica. São sempre argilas sedimentares com características específicas para cada depósito e dentro dos quais são vulgares as variações de qualidade. Meira (2001)

3.4.1.7 Argilas fibrosas

As argilas fibrosas são constituídas, basicamente, por minerais argilosos fibrosos do grupo da paligorskite e sepiolite, ricas em paligorskite, sepiolite.

Estas argilas são caracterizadas por desenvolver alta viscosidade nas suspensões ou dispersões aquosas em que participam. Devido ao hábito muito alongado das partículas dos minerais fibrosos, elas não floculam facilmente. Meira (2001)

3.4.2 Tipos de Argilominerais

3.4.2.1 Caulinita

De acordo com Machado (2012), a caulinite é constituída por Silicato de alumínio hidratado, com 39,5% Al_2O_3 - 46,5% SiO_2 - 14,0% H_2O . É matéria primária da indústria cerâmica, para a fabricação da porcelana, louça sanitária etc., em mistura com outros produtos minerais; é também empregada na preparação de pigmentos à base de anilina, veículo inerte para inseticidas, abrasivos suaves, endurecedor na indústria têxtil, carga na fabricação de papel, carga e revestimento de linóleos e oleados, em sabões e pós dentifrícios, carga para gesso para parede, constituinte do cimento Portland branco, em tintas, e outros.

3.4.2.2 Micas hidratadas

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2009), são minerais constituído por silicatos hidratados de alumínio, potássio, sódio, ferro, magnésio e, por vezes, lítio, cristalizado no sistema monoclinico, com diferentes composições químicas e propriedades físicas. Dentre outras, podem ser citadas: clivagem fácil, que permite a

separação em lâminas muito finas; flexibilidade; baixa condutividade térmica e elétrica; resistência a mudanças abruptas de temperaturas. Tais características conferem a esse mineral múltiplas aplicações industriais, como a produção cimento, tintas e dispositivos eletrônicos.

3.4.2.3 Esmectites

Sampaio (2006) afirma que esse grupo de argilominerais se caracteriza como uma variação da caulinita, pertencente à classe dos filossilicatos e pertencente ao grupo da montmorilonita. Possui uma coloração esverdeada e tem um alto índice de absorção de água, o que faz com que a mesma possua uma alta capacidade de trocar cátions com o meio. Suas principais aplicações estão associadas a criação de nanocompósitos.

3.5 PRINCIPAIS ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS PARA CARACTERIZAÇÃO DA ARGILA

3.5.1 Granulometria por método de peneiramento

A análise das dimensões das partículas é importante pois que permite deduzir indicações preciosas, entre outras, sobre a proveniência, sobre o transporte, e sobre os ambientes deposicionais. Nesse sentido, Dias (2004) afirma que a análise granulométrica consiste na determinação das dimensões das partículas que constituem as amostras e no tratamento estatístico dessa informação.

Assim, faz-se necessário determinar as dimensões das partículas individuais e estudar a sua distribuição, pelo peso de cada classe dimensional considerada, pelo seu volume, ou ainda, pelo número de partículas integradas em cada classe. Na realidade, estas três formas têm sido utilizadas. Desse modo, para efetuar a descrição adequada de um sedimento, torna-se necessário proceder a uma análise pormenorizada, utilizando classes granulométricas com pequena amplitude.

Quanto menor for a amplitude das classes, melhor é a descrição da variabilidade dimensional das partículas que constituem o sedimento. Classicamente, a granulometria dos sedimentos muito grosseiros é efetuada medindo individualmente cada um dos elementos e contando-os. Contudo, para sedimentos menos grosseiros, tal forma de

mensuração não é prática, sendo nas areias muito difícil e extremamente morosa, e praticamente impossível nos siltes e argilas.

Para estes sedimentos, a análise clássica recorre à separação mecânica em classes dimensionais e à determinação do seu peso. No que se refere aos siltes e argilas, a forma de determinar a distribuição granulométrica de forma compatível com as das outras classes texturais é ainda mais difícil e problemática.

3.5.2 Microscopia Eletrônica de varredura (MEV)

De acordo com Dedavid, Gomes e Machado (2007), a microscopia eletrônica de varredura (MEV) consiste em utilizar um feixe de elétrons de pequeno diâmetro para explorar a superfície da amostra, ponto a ponto, por linhas sucessivas e transmitir o sinal do detector a uma tela catódica cuja varredura está perfeitamente sincronizada com aquela do feixe incidente. Por um sistema de bobinas de deflexão, o feixe pode ser guiado de modo a varrer a superfície da amostra segundo uma malha retangular. O sinal de imagem resulta da interação do feixe incidente com a superfície da amostra. O sinal recolhido pelo detector é utilizado para modular o brilho do monitor, permitindo a observação.

Para serem detectadas, as partículas e/ou os raios eletromagnéticos resultantes da interação do feixe eletrônico com a amostra devem retornar à superfície da amostra e daí atingirem o detector. A profundidade máxima de detecção, portanto, a resolução espacial, depende da energia com que estas partículas ou raios atingem o detector, ou são capturadas pelo mesmo. A imagem formada a partir do sinal captado na varredura eletrônica de uma superfície pode apresentar diferentes características, uma vez que a imagem resulta da amplificação de um sinal obtido de uma interação entre o feixe eletrônico e o material da amostra.

3.5.3 Ensaios de Limites de Plasticidade e Liquidez

A mecânica dos solos se apresenta como uma área indissociável da engenharia civil, uma vez que é muito importante para definir o comportamento do solo e dos materiais produzidos a partir das matérias primas advindas desse meio. Frente a tais aspectos, ensaios são comumente utilizados, dentre eles, os pode-se citar os limites de

plasticidade e liquidez, que são definidos pelas normas NBR 7180 e NBR 6459, respectivamente.

O limite de plasticidade, de acordo com Gonçalves, Marinho e Futai (2014), é tido como o teor de umidade em que o solo deixa de ser plástico, tornando-se quebradiço; é a umidade de transição entre os estados plástico e semissólido do solo. O limite de plasticidade é obtido determinando-se o teor de umidade no qual um cilindro de um solo com 3 mm de diâmetro e cerca de 10 cm de comprimento apresenta-se fissuras.

Já em relação ao limite de liquidez, Gonçalves, Marinho e Futai (2014) como a umidade abaixo da qual o solo se comporta como material plástico; é a umidade de transição entre os estados líquido e plástico do solo. Experimentalmente corresponde ao teor de umidade com que o solo fecha certa ranhura sob o impacto de 25 golpes do aparelho de Casagrande. Onde são feitas várias tentativas, com diferentes níveis de umidade, sendo que a ranhura se fecha com diferentes números de golpes.

3.5.4 Fluorescência de Raio X (FRX)

A fluorescência de raio X é definida por Carvalho e Dias (2014) como um método analítico para determinação da composição química em todos os tipos de materiais. Os materiais podem ser analisados no estado sólido, líquido, em pó ou outras formas. Esta técnica também pode, por vezes, ser usada para determinar a espessura e composição de camadas e revestimentos.

Trata-se de um método rápido, exato e não destrutivo e geralmente apenas requer o mínimo de preparação de amostras. Muitas amostras podem ser analisadas com pouco ou nenhum pré-tratamento. As aplicações são vastas e incluem-se em vários campos da ciência, pesquisa e controle de qualidade. Entre eles, podem destacar-se os metais, cimentos, óleos, polímeros, indústria alimentícia, exploração mineira, dentre outros.

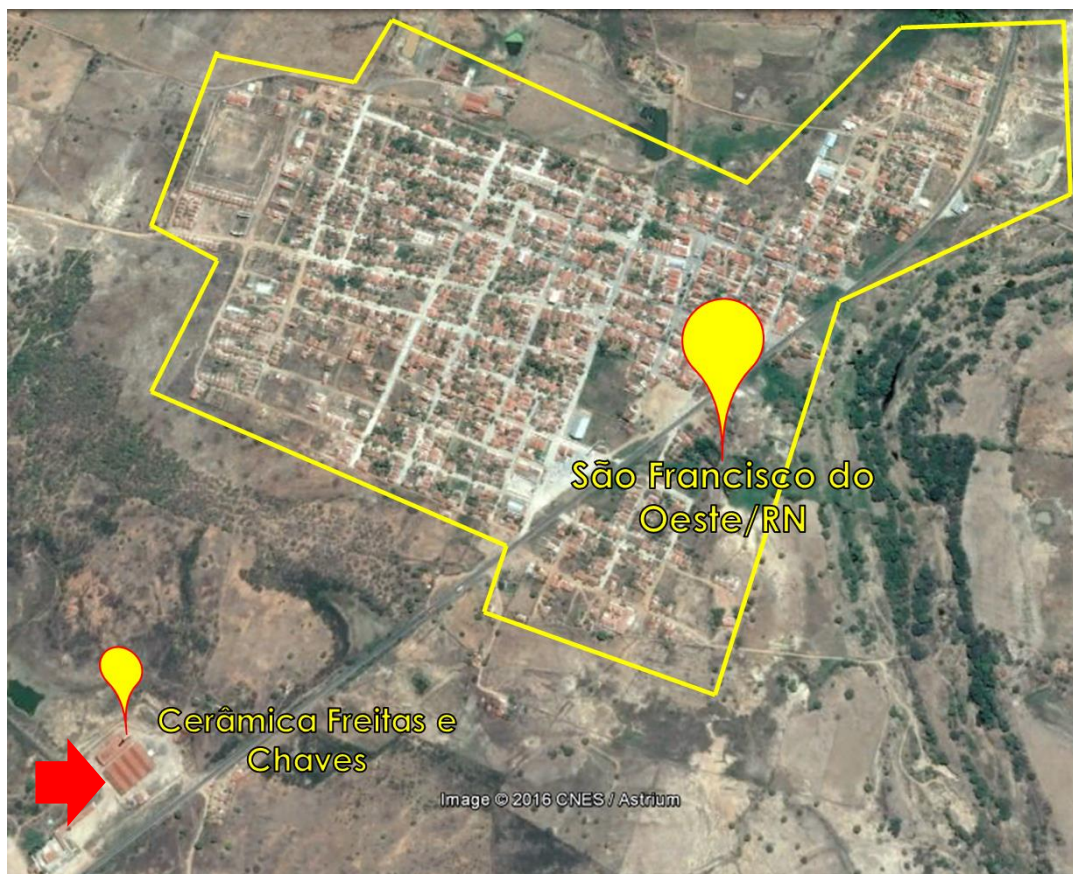
METODOLOGIA

Esta pesquisa se apresenta como uma um estudo quantitativo, no qual analisou-se as características físico-químicas da argila utilizada para produção da cerâmica vermelha na Cidade de São Francisco do Oeste/RN localizada a 13km do município de Pau dos Ferros/RN. Para tanto, fez-se necessário realizar um estudo exploratório, afim de compreender o processo produtivo local. Posteriormente, foram coletadas amostras da argila utilizada, para a realização dos testes laboratoriais.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

A presente pesquisa foi conduzida na Cidade de São Francisco do Oeste/RN, situada na Microrregião de Pau dos Ferros, no Oeste Potiguar. De acordo com o IBGE (2010), a cidade possui uma área de aproximadamente 76 km² e apresenta uma população de 3874 habitantes. Ao analisar os aspectos sociais locais, percebe-se que a prestação de serviços se apresenta como a principal fonte de renda local, no entanto, outras atividades também contribuem para o desenvolvimento econômico, onde pode-se citar a agropecuária e a indústria. Nesse sentido, a cidade possui dentre seus segmentos a produção cerâmica, que mesmo em pequenas proporções, contribui para a geração de emprego e renda. A Figura 14 mostra as localizações da zona urbana da cidade, bem como a localização da cerâmica.

Figura 14 – Localização da Zona Urbana de São Francisco do Oeste e da Cerâmica



Fonte: Google Earth, 2016. Adaptada

A empresa está situada a 655 metros da zona urbana da cidade. Ao analisar as atividades desenvolvidas na Cerâmica Freitas e Chaves, verifica-se que a empresa possuía uma produção diária de aproximadamente 18 mil blocos, entretanto, houve uma redução, uma vez que a quantidade produzida baixou para 12 mil tijolos. Ressalta-se também que a empresa tem 06 funcionários com carga horária diária de 08 horas, o que a caracteriza como microempresa.

Quanto às matérias primas, estima-se que o consumo médio de argila mensalmente é de 720 m³, sendo que essa quantidade varia de acordo com as características da argila. Já em relação à madeira destinada à queima da cerâmica, não há estimativas do quantitativo utilizado e sabe-se que é extraída no município de Rodolfo Fernandes/RN.

Em relação ao sistema produtivo, o tempo de secagem varia entre dois e três dias e a matéria prima é depositada a céu aberto e processada manualmente, sendo que em período mais chuvoso as peças chegam a ficar cerca de 6 a 8 dias no seu tempo de secagem, devido a umidade está baixa nessa época. Constatou-se que não há controle de

qualidade e que aproximadamente 4% da produção é perdida, caracterizando-se como resíduo sólido-industrial. Além disso, os detritos oriundos das atividades da empresa não recebem são destinados aos aterramentos de vias e ao lixão local.

REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS

Os ensaios descritos neste tópico são de fundamental importância para a caracterização físico-química da argila utilizada na produção cerâmica, da Cidade de São Francisco de Oeste/RN. Desse modo, realizou-se os ensaios de granulometria, Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Limite de Liquidez e Plasticidade e Fluorescência de Raios X.

Contudo os ensaios de MEV foi realizado no laboratório de microscopia eletrônica da UFERSA campus Mossoró, na pessoa de Bruno Caio Chaves Fernandes.

Os ensaios de granulometria por peneiramento, foi realizado no laboratório de engenharia civil da UFERSA campus de Pau dos Ferros.

Os ensaios de Limite de Liquidez e Plasticidade foram realizados no laboratório de engenharia civil da UFERSA campus Mossoró.

E por fim, o ensaio de FRX ele foi realizado no laboratório de caracterização Estrutural de Materiais, no Departamento de Engenharia de Materiais – DEMat, na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

4.2.1 Granulometria

Para a realização do teste, foi utilizada cinco peneiras:

- Peneira 5: 30 # (mesh) - 600 μm ;
Peneira 4: 40 # (mesh) - 425 μm ;
Peneira 3: 50 # (mesh) - 300 μm ;
Peneira 2: 75 # (mesh) - 200 μm ;
- Peneira 1: 100 # (mesh) - 150 μm ;

E por fim, o fundo, que é um recipiente que fica retido os grãos mais finos.

Utilizou-se um agitador de peneira, também conhecido por mesa vibratória, ligado da marca Lucadema, a uma frequência de 60 Hz segundo a NBR 6502.

Figura 15 – Agitador de Peneiras.



Fonte: Autor, 2016.

Foi colocado 500g de material seco na peneira 5, sendo feita a peneiração desse material. Após esse processo, realizou-se a pesagem do material peneirado e do material que não conseguiu passar pela tela em cada peneira. Com base na pesagem, é definida a quantidade de material retido e passado, permitindo fazer os cálculos necessários para caracterização do material trabalhado e plotar um gráfico com os dados obtidos.

Na figura 16 esta representado a forma dos grãos que ficaram retidos na peneira.

Figura 16 – Resultado após peneiramento.



Fonte: Autor, 2016.

4.2.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

O procedimento utilizado para o preparo de amostras para análise morfológica da fração argila em MEV seguiu da seguinte maneira: uma determinada quantidade de argila foi seca em estufa, a uma temperatura de aproximadamente 1600°C para secagem da amostra. Após essa etapa, a amostra foi colocada em dessecador para resfriar de modo a não absorver umidade, sendo posteriormente triturada em almofariz de porcelana até a granulometria correspondente à peneira de malha 0,057mm e peneirada diretamente sobre o porta-amostra recoberto com fita de carbono, de modo que as partículas se depositassem aleatoriamente.

O microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), utilizado para a análise morfológica das amostras, foi um modelo DMS 962 Zeiss, operado a 25KV, com utilização de elétrons secundários.

4.2.3 Limites de Liquidez (LL)

Primeiramente foi escolhido o material a ser estudado, nesse caso, argila com procedência da cerâmica Freitas e Chaves. Essa argila teve que passar pela peneira de #46 mm. Em seguida foi pesada, na balança analítica, aproximadamente 200g do material seco e, na mesma balança, as cápsulas vazias, onde todos os dados foram anotados.

A argila foi colocada em um almofariz de porcelana e aos poucos, foi adicionado água destilada (de 3mL em 3 mL), misturando-se vigorosamente a fim de se obter a homogeneidade da umidade da argila.

Após se ter a umidade considerada correta, o material foi transferido para a concha do aparelho de Casagrande, até ser preenchido 2/3 de sua superfície e com uma espessura de aproximadamente 10mm na parte central da concha. Em seguida, foi feita uma ranhura na argila com o cinzel no sentido longitudinal do aparelho, dividindo a massa em duas partes.

A concha foi golpeada em queda livre contra a base, girando a manivela com velocidade constante de duas voltas por segundo, contando o número de golpes até o fechamento da ranhura numa extensão de 10 mm.

Como nas primeiras tentativas a ranhura não se fechou após 45 golpes, retornou-se a argila para o almofariz e foi adicionado mais água, sempre de 3mL em 3 mL, a fim de não ultrapassar a umidade ideal.

Após o fechamento da ranhura, foi coletada uma quantidade do material próximo onde ocorreu o fechamento. Essa quantidade foi colocada em uma cápsula com massa conhecida para não se perder umidade e pesada em uma balança. Os dados das massas dos cinco conjuntos (cápsula + argila + água) foram anotados e levados ao recipiente aberto a uma estufa com temperatura de aproximadamente 110°C durante 12 horas.

Conseguir o limite de liquidez com a precisão de 25 golpes experimentalmente é quase impossível, portanto, o experimento foi realizado cinco vezes a fim de se obter o limite com precisão com o auxílio de um gráfico. Foi obtida uma umidade com o fechamento da ranhura próximo a 25 golpes, duas com número acima e duas abaixo. Os valores da umidade foram obtidos pela relação percentual entre a água presente no material e a quantidade de material existente. Logo, esse teor de umidade é calculado através da equação (1).

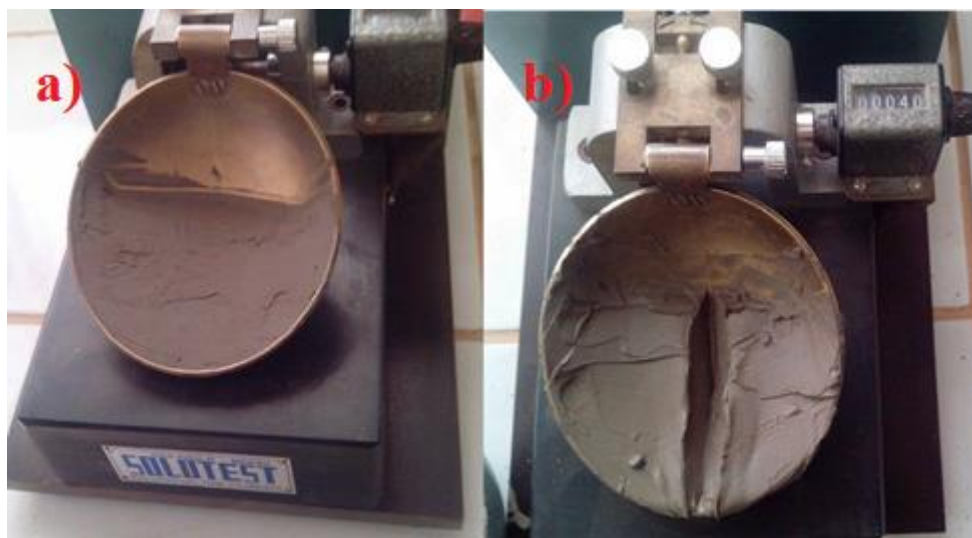
$$u = \frac{m_u - m_s}{m_u} * 100\% \quad (1)$$

Onde: m_u = massa úmida (g)

m_s = massa seca (g)

A Figura 14 traz os registros realizados ao longo do experimento, com a argila homogeneizada, em que a imagem a) demonstra o material antes do corte, já a imagem b) representa o material após o corte e a sua junção.

Figura 17 – Registros do ensaio de limite de liquidez



Fonte: Autor, 2016.

4.2.4 Limites de Plasticidade (LL)

Foi aproveitado cerca de 15g da argila restante do ensaio do limite de liquidez, contudo, como ela estava muito úmida, foi adicionado um pouco do material seco, até ser obtida a umidade ideal para o experimento.

A amostra foi moldada na mão até uma forma elipsoidal ser obtida; em seguida, rolou-se essa argila sobre uma superfície de vidro esmerilhado com a palma da mão, até um cilindro ser obtido, com comprimento de 10 cm e diâmetro de 3 mm (mesmas dimensões do cilindro de comparação).

Após serem obtidos os cilindros de argila, eles foram transferidos para outra superfície de vidro esmerilhado. Novamente, eles foram friccionados contra a superfície até se romperem em pedaços de aproximadamente 1 cm e diâmetro de 3 mm, quando isso ocorrer, a argila estará no limite de plasticidade. Se a argila fissurar antes, a umidade estará abaixo do limite de plasticidade, portanto, é necessário moldá-la novamente, adicionando mais água. Se a argila não fissure com as dimensões citadas, a umidade estará acima desse limite; nesse caso, o solo é novamente moldado em forma de bola e o procedimento é repetido.

Quando o cilindro for fragmentado, seus pedaços são transferidos para uma cápsula com tampa. Após esse conjunto ser pesado em uma balança e o valor dessa massa ser anotado, a cápsula aberta foi levada a uma estufa com temperatura de

aproximadamente 110°C durante 12 horas. A umidade é determinada pela equação (1). Mas o Limite de Plasticidade é adquirido

Esse procedimento foi realizado 5 vezes a fim de garantir que se tenham três valores que não se afastem da média em 5%. A Figura 15 mostra os registros do ensaio.

Figura 18 – Registros do ensaio de limite de plasticidade



Fonte: Autor, 2016.

4.2.5 Fluorescência de Raios-X (FRX)

As amostras de argila foram secas em estufa a uma temperatura de 110°C por um período de 24 horas, de modo que pudessem ser destorroadas e homogeneizadas facilmente. Após esta etapa, determinadas porções das amostras foram trituradas até a granulometria equivalente a peneira 76 mm, com o objetivo de uniformização do tamanho das partículas.

Com as amostras na forma de pó, sete gramas foram separados para serem moldadas em um moldador cilíndrico de aço 51 entre paletes de aço espelhado, que foram comprimidos sob uma pressão de aproximadamente 1200 kgf/cm² por um período de um minuto. As amostras obtidas em forma de tabletes ficaram com as seguintes dimensões; cerca de 3 cm de diâmetro e espessura de 0,45 cm, com superfícies bem espelhadas. Após o peneiramento as amostras foram novamente secas em estufa e armazenadas em dessecador até a realização dos ensaios.

O equipamento utilizado foi um espectrômetro de raios X do tipo fluorescência, modelo VRA 35, que identifica os elementos presentes através da análise dos comprimentos de onda dos raios-X produzidos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 GRANULOMETRIA

Com os dados obtidos, foi possível obter os seguintes resultados, demonstrados na tabela 1:

Tabela 1 – Análise granulométrica de matérias-primas cerâmicas

Peneiras		Massa (kg)						%		
#	µm	Peneira	Peneira + Pó	Retida (Mi)	Acumulada (ΣMi)	Passante (Mpi)	Retido (%R)	ki	ki * %R	Passante (%P)
30	600	0,321	0,343	0,002	0,002	0,478	4,4%	5	22%	95,6%
40	425	0,327	0,349	0,045	0,067	0,433	9%	4	36%	86,6%
50	300	0,314	0,367	0,053	0,12	0,380	10,6%	3	31,8	76%
75	200	0,290	0,364	0,074	0,194	0,306	14,8%	2	29,6%	61,2%
100	150	0,365	0,455	0,082	0,276	0,224	16,4%	1	16,4%	44,8%
Fundo	0	0,373	0,464	0,091	0,367	0,133	18,2%	0	0,0%	26,6%

Fonte: Autor, 2016.

A tabela 1, vem demonstrando o tamanho de cada peneira utilizada assim como a espessura da sua malha. Nela observa-se valores obtidos como, massa retida, acumulada e passante, em que estes resultado foram obtidos através do peso de cada peneira e cada quantidade de massa (g) que nela ficou, sendo possível efetuar alguns cálculos, que serão demonstrados logo abaixo.

Começando pela massa total da amostra seca M_s , pesada em uma balança semi-analítica antes do experimento ser iniciado.

K_i é o número da peneira, em ordem decrescente.

M_i é igual à massa do material retido acumulado em cada peneira, que foi calculada pela seguinte fórmula:

$$M_i = Peneira - (Peneira + Pó) \quad (2)$$

M_{pi} corresponde à massa do material passante em cada peneira, calculada pela seguinte equação:

$$M_{pi} = M_s - \sum M_i \quad (3)$$

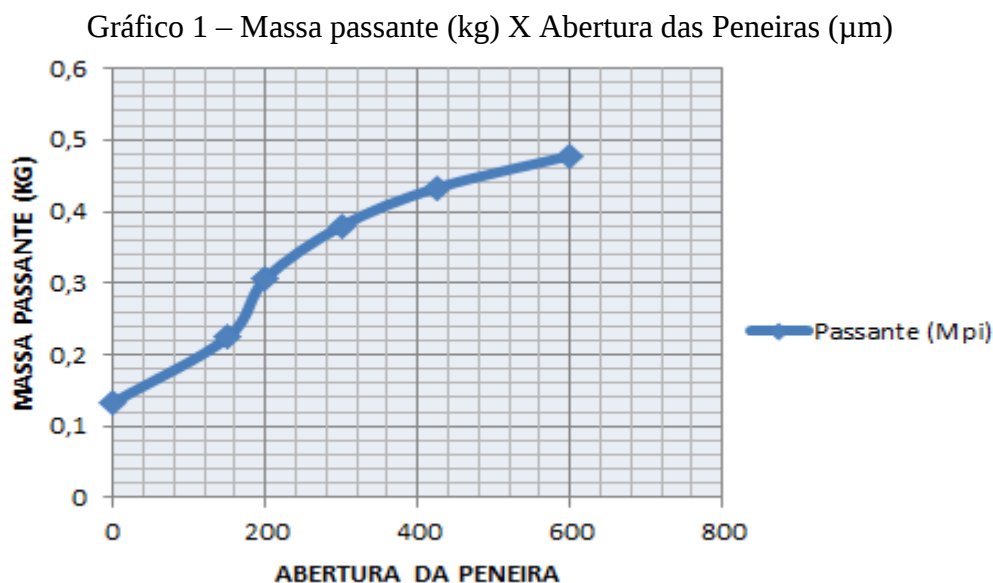
$\%R$ é a porcentagem de material retido em cada peneira, sendo calculado dessa forma:

$$\%R = M_i / M_s * 100\% \quad (4)$$

$\%P$ corresponde a porcentagem de material que passa em cada peneira, dada pela seguinte equação:

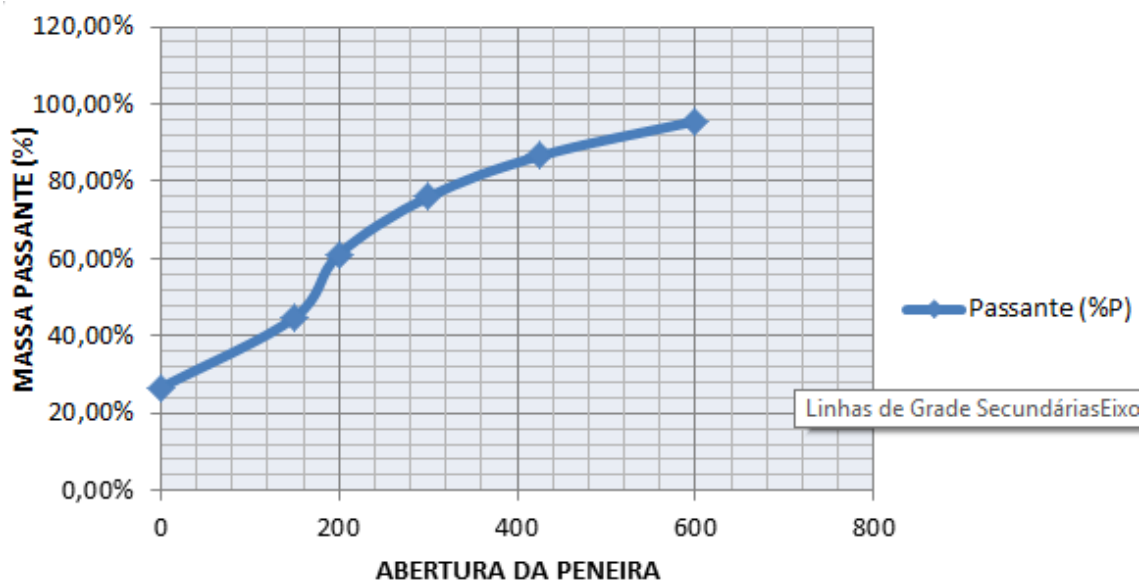
$$\%P = M_{pi} / M_s * 100\% \quad (5)$$

Logo, foi possível plotar o Gráfico 1 a seguir. No qual demonstra a quantidade de massa passante em quilogramas, ou seja a massa que passou pela peneira, por isso, a relação de massa passante por abertura de peneiras.



O gráfico 2 , mostrado a seguir, diferencia-se do gráfico 1 pelo fato dele ser plotado em porcentagem, mas a relação é a mesma.

Gráfico 2 - % Massa Passante (%P) X Abertura das Peneiras (μm)

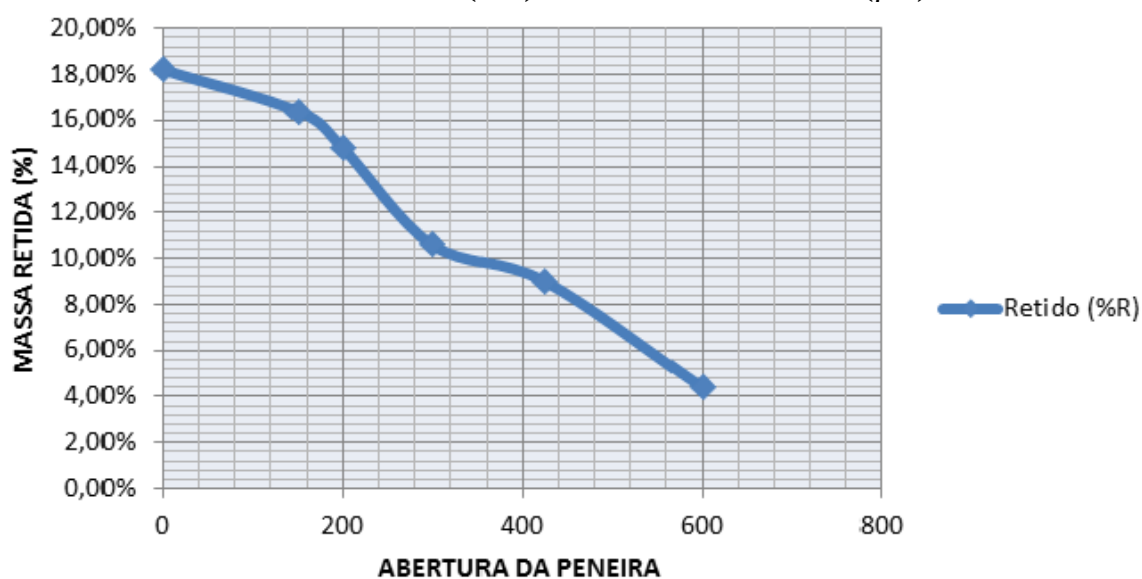


Fonte: Autor, 2016.

Contudo, o gráfico 2 é o mais importante, pois ele é quem demonstra o formato da curva granulométrica, determinando assim, o diâmetro efetivo, que significa o diâmetro a qual corresponde o ponto da curva granulométrica de 10% passante das partículas do solo.

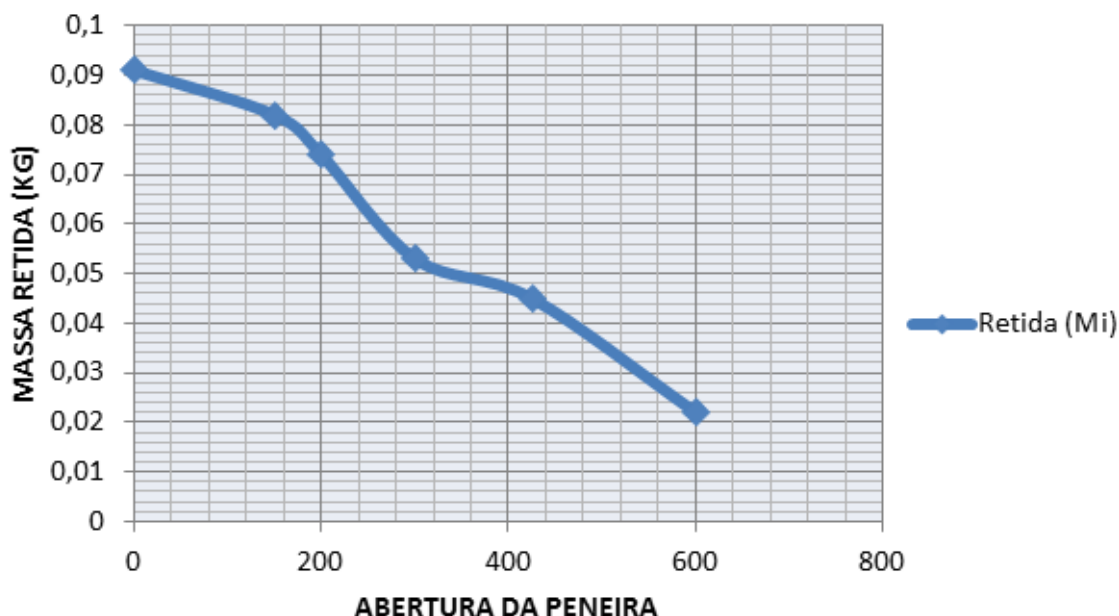
O gráfico 3 e 4 representados a baixo demonstram uma relação da massa retida com a abertura das peneiras, sendo que o gráfico 3 é representado em porcentagem e o gráfico 4 é representado em kilogramas.

Gráfico 3 - % Massa retida (%R) X Abertura das Peneiras (μm)



Fonte: Autor, 2016.

Gráfico 4 - Massa retida (kg) X Abertura das Peneiras (μm)



Fonte: Autor, 2016.

Os gráficos 3 e 4 demonstram uma curva granulométrica de forma inversa, pois como pode ser vista é apenas da massa que ficou na peneira.

No entanto, de acordo com o gráfico 2 e com o solo estudado, experimentos realizados e cálculo-se feitos, observou-se que o material chegou acima dos 10% passante, comprovando que o mesmo é muito fino, para tanto iremos utilizar um valor aproximado de diâmetro efetivo de $D=2,5 \mu\text{m}$.

Comparando este valor com NBR 6502, onde, condiz que a argila tem um diâmetro de aproximadamente $5\mu\text{m}$ e $2\mu\text{m}$, temos que este material é de boa coesão e plasticidade, devido seu solo ser muito fino.

Com este valor do diâmetro encontrado, isso nos possibilitou calcular também o coeficiente de uniformidade (C_u), que nos dá uma ideia da distribuição das partículas no solo. Encontrando assim o valor do diâmetro equivalente para 60% do material passante, pelo gráfico 2 e utilizando a equação (6) denotada abaixo e provinda da NBR 15115, tem-se:

(6)

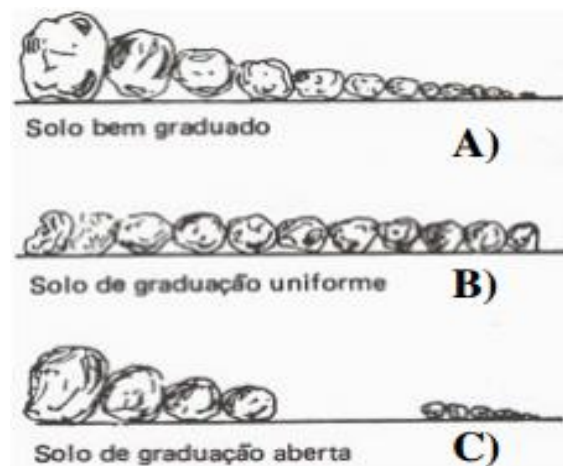
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

$$C_u = \frac{170}{2,5} \cong 68$$

Como $C_u=68$, as partículas granulométricas do material são medianamente desuniforme com granulometria descontínua, ou seja, um solo mal graduado, pois a norma condiz que:

- $C_u < 5$ o solo é uniforme;
- $5 < C_u \leq 15$ o solo é medianamente uniforme;
- $C_u > 15$ o solo é desuniforme;

Figura 19 – Distribuição das partículas no solo.

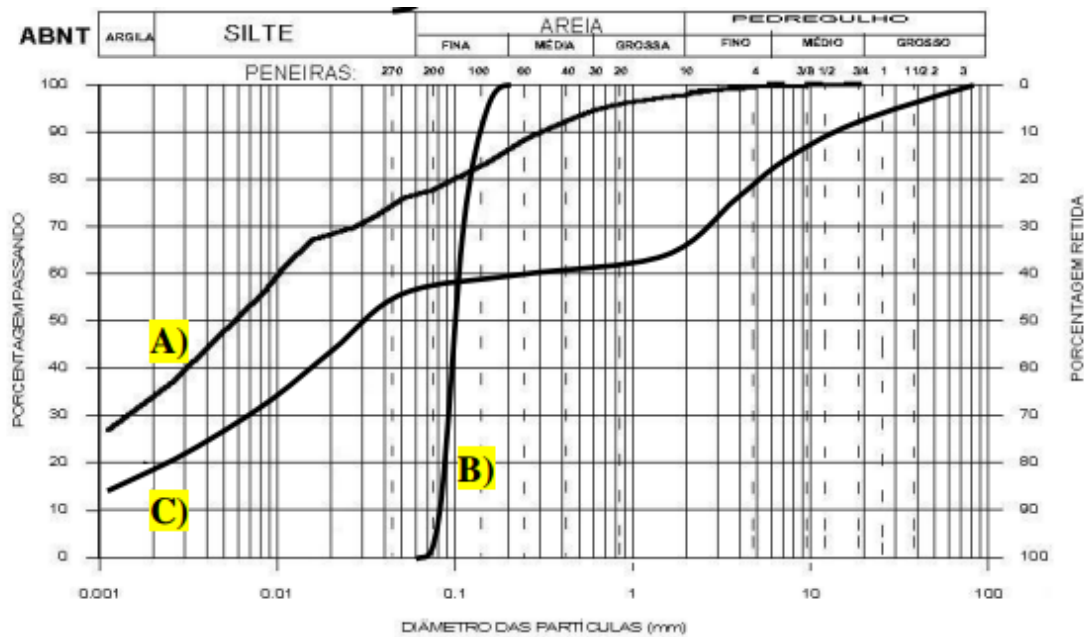


Fonte: UFRJ, 20.

Logo, pode-se observar que o solo utilizado tem uma distribuição de graduação aberto, como representado na figura 19.

A figura 20 representa os gráficos para cada tipo de solo e observa-se que o gráfico c) representa o solo estudado.

Figura 20 – Curvas granulométricas.



Fonte: ABNT - NBR NM248.

Calculando agora o coeficiente de curvatura (C_c), que da uma medida da forma e da simetria da curva granulométrica, foi calculado pela equação (7); os diâmetros efetivos presentes nessa equação foram encontrados pelo gráfico 3:

(7)

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} * D_{10}}$$

$$C_c = \frac{(35)^2}{175 * 2,5} \cong 2,8$$

Como C_c está no intervalo [1,3], pode-se afirma que o material tem uma boa granulação.

O módulo de finura (M_f) que nos permite correlacionar o aumento de tamanho das partículas de acordo com o material retido na peneira, logo, foi calculado pela equação (8) e baseado nos dados da tabela 3:

(8)

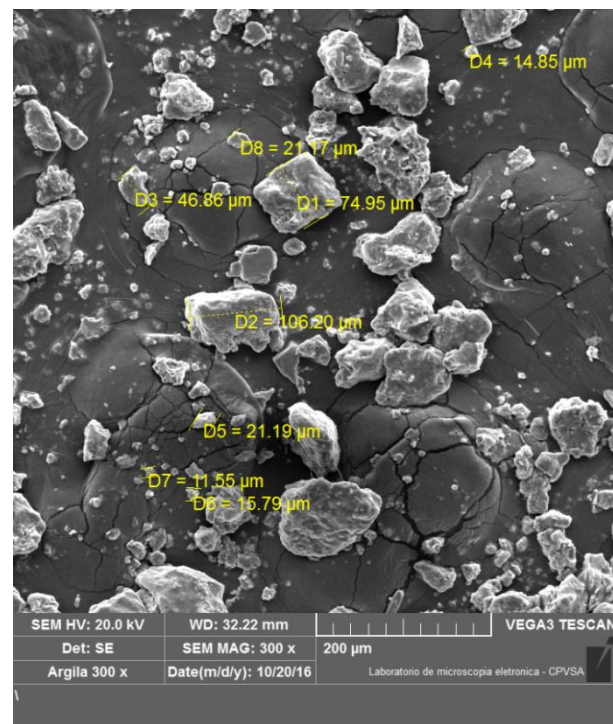
$$M_f = \frac{\sum (K_i * \%R)}{\sum \%R}$$

$$M_f = \frac{135,8}{58,4} \cong 2,32$$

5.2 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

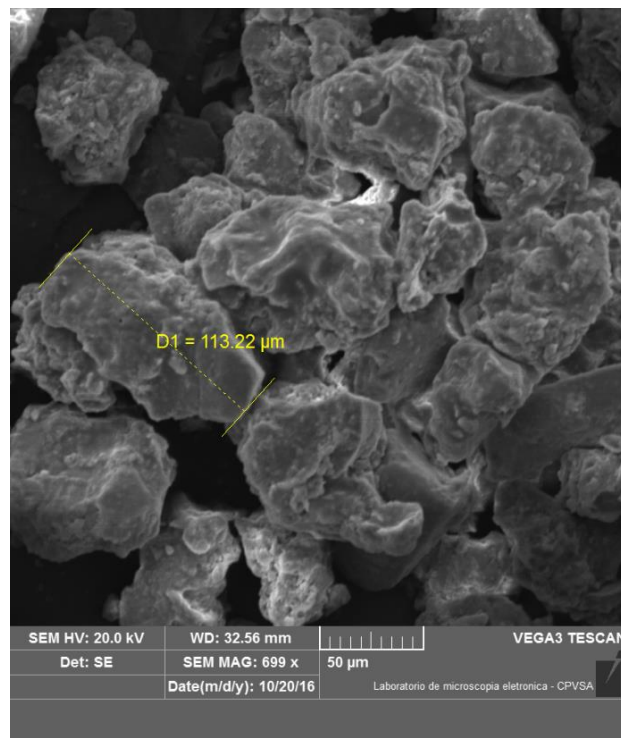
A partir dos ensaios de Microscopia Eletrônica de Varredura, efetuou-se uma análise mais técnica acerca da granulometria da argila estudada. A partir dessa abordagem, torna-se possível avaliar se o material apresenta características micro estruturais adequadas para a produção da cerâmica vermelha. As Figuras 21 e 22 apresentam os registros obtidos pelo MEV.

Figura 21 – Microscopia Eletrônica de Varredura



Fonte: Autor, 2016.

Figura 22 – Microscopia Eletrônica de Varredura



Fonte: Autor, 2016.

De acordo com as figuras 21 e 22, percebe-se que os diâmetros dos argilominerais que compõe a amostra utilizada apresentavam diâmetros de grãos muito pequenos. Dessa forma, ao analisar o diâmetro do material verifica-se que também há materiais de diâmetro em uma variação entre 14,85 μm e 113,22 μm , observando assim uma pequena quantidade de materiais com diâmetros grandes, mas uma maior quantidade de partículas com diâmetro pequeno.

O diâmetro das micropartículas que constituem a argila é uma característica muito importante, tendo em vista que interfere positiva ou negativamente no desempenho do material ao longo de todas as etapas dos processos de produção das peças, o que pode implicar em reduções ou perdas de desempenho dos produtos finalizados, assim como em reduções ou acréscimos de rendimento ao longo do processo produtivo. Além desses pontos, essa característica afeta ainda a trabalhabilidade do material.

Ao comparar os diâmetros da amostra com os valores estabelecidos pela NBR 6502/95, percebe-se que a granulometria do material em análise é consideravelmente próxima ao valor estabelecido na norma, podendo concluir que ocorrem poucas perdas referentes a coesão e plasticidade. No entanto, tal fator não implica não impossibilidade de utilizar o material, visto que é possível efetuar o processamento mecânico, reduzindo dessa forma os diâmetros dos poucos grãos que passarão do valor estabelecido pela norma.

5.3 LIMITE DE LIQUIDEZ (LL)

Os dados obtidos a partir do Limite de Liquidez estão dispostos nas Tabelas 03 e 04. A partir desses dados, foi possível definir a taxa de umidade, e daí, calcular o limite de liquidez, utilizando as seguintes equações.

Para definir o valor de água utilizado, tem-se:

$$\text{Água} = (\text{Sólido} + \text{cápsula} + \text{água}) - (\text{Sólido} + \text{cápsula}) \quad (10)$$

No entanto, para obter o valor da umidade, utiliza-se:

$$u = \frac{mu - ms}{mu} * 100\% \quad (11)$$

Logo, mu é equivalente a massa úmida e ms é equivalente a massa seca, que são calculados da seguinte forma:

$$\text{Massa seca} = (\text{Sólido} + \text{cápsula}) - \text{cápsula} \quad (12)$$

$$\text{Massa úmida} = (\text{Sólido} + \text{cápsula} + \text{água}) - \text{cápsula} \quad (13)$$

Com isso, a tabela 3 representa os valores os obtidos após a utilização dessas equações acima, a equação 10, 11, 12, 13.

Tabela 03 – Dados para a determinação do limite de liquidez

Teste de número	1	2	3	4	5
Sólido + cápsula + água (g)	10,55	10,86	11,13	12,51	12,88
Sólido + cápsula (g)	9,47	9,57	9,42	10,95	10,99
Cápsula (g)	6,07	5,68	5,06	6,47	5,76
Água (g)	1,08	1,29	1,92	1,56	1,89
Massa seca(g)	3,4	3,89	4,36	4,48	5,23
Massa úmida (g)	4,48	5,18	6,07	6,04	7,12
Umidade (%)	24,107%	24,90%	28,17%	25,83%	26,54%
Número de golpes	41	33	27	19	10

Fonte: Autor, 2016.

A tabela 3, vem demonstrando que através da pesagem (Sólido + cápsula + água) , o peso somente da capsula, e após 12 horas na estufa ter sido obtido o (peso da capsula+ estufa), foi possível obter os valores da umidade, que através dele pode-se plotar um gráfico e relacioná-lo com o número de golpes do aparelho de cagrande.

Para tanto, modificamos os valores dos números de golpes, para formas logarítmicas, como demonstrado na tabela 04.

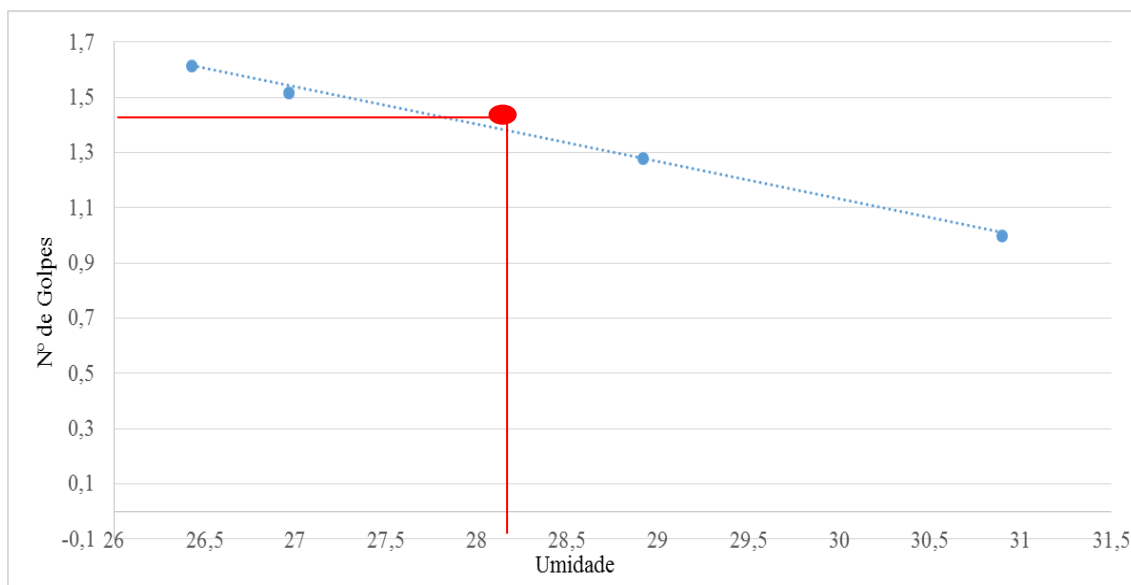
Tabela 04 – Tabela para obter o gráfico Umidade (%) X Log. número de golpes

Log. número de golpes	Umidade (%)
1,613	24,107%
1,518	24,903%
1,431	28,17%
1,278	25,83%
1	26,545%

Fonte: Autor, 2016.

A partir dessas informações, gerou-se o Gráfico 04.

Gráfico 04- Umidade (%) X Logaritmo do número de golpes



Fonte: Autor, 2016.

Com base no gráfico, foi possível encontrar o limite de liquidez da argila trabalhada na cerâmica Freitas e Chaves. Depois de encontrados os cinco pontos e traçada a reta média, determinou-se o ponto na ordenada onde na abcissa o valor é de 1,43, ou seja, o log 27. O limite de liquidez é encontrado dessa forma, porque ele corresponde ao teor de umidade no qual a argila fecha a ranhura com o impacto de 25 golpes, ou muito próximo a 25 golpes. Nesse experimento, o limite de liquidez tem o valor igual a 27, pois a ranhura fechou-se com 27 golpes, o mais próximo possível de 25 golpes para esse material, demonstrando assim que o mesmo varia variando, sendo que quanto maior a umidade menor o numero de golpes.

5.4 LIMITE DE PLASTICIDADE (LP)

Os dados obtidos a partir do Limite de Plasticidade estão dispostos nas Tabela 05. A partir desses dados, foi possível definir o teor de umidade do solo em que o solo deixa de ser plástico.

Dessa forma, foi utilizada as equações (10), (11), (12) e (13) para encontrar os resultados demonstrados na tabela 05.

Tabela 05 – Dados para a determinação do limite de plasticidade

Determinação de número	1	2	3	4	5
Sólido + cápsula + água (g)	10,42	11,94	12,57	12,33	11,42
Sólido + cápsula (g)	10,09	11,53	12,09	12,04	11,15
Cápsula (g)	9,34	10,56	11,03	11,17	10,39
Água (g)	0,33	0,41	0,48	0,29	0,27
Massa úmida (g)	1,08	1,38	1,54	1,16	1,03
Massa seca (g)	0,75	0,97	1,06	0,87	0,76
Umidade (%)	30,55%	29,71%	31,17%	25%	26,21%

Fonte: Autor, 2016.

O limite de plasticidade é definido como a média dos teores de umidade, demonstrados na equação (14), aproximando-se para o número inteiro mais próximo.

Logo,

$$\sum u = u(1) + u(2) + u(3) + u(4) + u(5) \quad (14)$$

Assim, tem-se:

$$LP = 30,55 + 29,71 + 31,17 + 25 + 26,21 = 142,84\%$$

5.5 ÍNDICE DE PLASTICIDADE

O índice de plasticidade (*IP*) faz uma relação com o limite de plasticidade e com o limite de liquidez de um material, onde pode ser calculado pela equação (15) denotada logo abaixo, veja:

(15)

$$IP = LL - LP$$

Então, substituindo os valores encontrados para limite de plasticidade e liquidez, tem-se:

$$IP = 27 - 1,4284 = 25,57$$

Logo, de acordo Jenkins (CAPUTO, 2015), existe uma classificação para estes materiais plásticos que estão especificados na tabela 06.

Tabela 06 – Classificação dos solos quanto ao seu IP

Tipo de solo	Quanto a plasticidade	Índice de plasticidade (IP)
Arenoso	Fracamente plásticas	$1 < IP < 7$
Siltoso	Mediamente plásticas	$7 < IP < 15$
Argiloso	Altamente plásticas	$IP > 15$

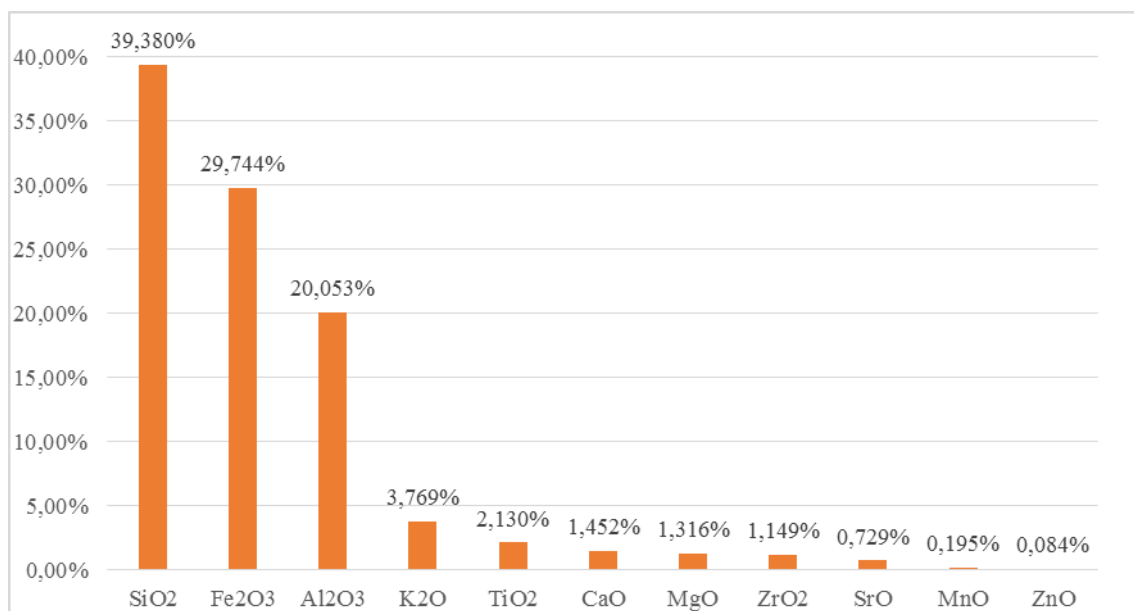
Fonte: Caputo, 2015.

De acordo, com o demonstrado na equação (15) o $IP=25,57$, logo, a plasticidade da argila estudada, segundo a tabela, é considerada alta.

5.6 FLUORESCÊNCIA DE RAIOS-X

O resultado da análise química por fluorescência de raios X da argila encontra-se disposta no Gráfico 05.

Gráfico 6 – FRX dos aditivos



Fonte: Autor, 2016.

Conforme o Gráfico 05, as substâncias presentes em maior abundância na argila estudada são:

Dióxido de Silício (SiO_2), trata-se do elemento com mais abundância na superfície terrestre, conhecido como o quartzo ou areia, é um material cristalino com estrutura irregular, é caracterizado pela sua dureza, com uma dureza 7 denotado na Escala de Mohr.

Óxido férrico (Fe_2O_3), dá uma coloração avermelhada na peça cerâmica, após a queima.

Óxido de Alumínio ou Alumina (Al_2O_3) é um excelente isolador térmico e elétrico, e tem uma condutividade térmica relativamente alta, tendo assim uma boa dureza e uma alta resistência

Além desses óxidos, ainda estão presentes o K_2O , o TiO_2 e uma série de contaminantes. Analisando os compostos principais (que correspondem aos percentuais de SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3), percebe-se que estes correspondem a 89,177% da amostra analisada, enquanto que os materiais contaminantes equivalem a 10,824%.

De acordo com Prado et al (2012), Os óxidos de silício e alumínio são provenientes do quartzo. No caso do Fe_2O_3 , estão associados a presença de goethita. No mais, evidencia-se a presença de muitos óxidos alcalinos.

6. CONCLUSÃO

A análise da matéria prima, o controle de produção e o controle de qualidade, no contexto local comumente não são empregados, tendo em vista a baixo grau de desenvolvimento das empresas responsáveis pela produção. Diante dessa situação, a ausência desses estudos impacta diretamente a empresa, devido às perdas de eficiência ao longo do processo produtivo e à comercialização de produtos de baixa qualidade.

Mediante os ensaios realizados, verificou-se que a argila utilizada na cerâmica de São Francisco do Oeste/RN possui uma grande distribuição granulométrica, o que interfere diretamente na plasticidade, conformação e consequentemente no desempenho da matéria-prima.

Além desses aspectos, verifica-se que a argila apresenta uma plasticidade elevada, a partir da análise de índice de plasticidade, o que diminui a necessidade de correção da massa.

Após a análise da fluorescência, observou-se elevado percentual de óxido de silício, ferro e alumina, resultando na dureza, coloração e resistência do produto final, característicos pra essa aplicação.

Com a análise do MEV pode-se observar a morfologia e o tamanho dos grãos, confirmando a presença de grãos pequenos, característico do material argiloso.

Apesar de ter sido relatado perdas de 4% com resíduos, foi verificado que as etapas do processo de produção podem ser melhoradas através da análise físico-química da argila, pois a partir dos resultados obtidos torna-se possível modificar o processamento do material, além de possibilitar a adição de aditivos como água outro material que melhore a coesão e/ou a resistência das partículas quando necessários, melhorando assim a sua homogeneização, diminuir o tamanho das partículas e do processo de dosagem, afim de definir o melhor traço, evitando assim perdas econômicas e produtivas a empresa.

7 REFERÊNCIAS

ANDREUCCI, R. A **radiologia industrial**. 2006. Disponível em: <<http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/Radiologia-Jul-2014.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e Solos. Rio de Janeiro: Copyright, 1995. 18 p. Disponível em: <<https://intranet.ifs.ifsuldeminas.edu.br/~eder.clementino/GESTÃO AMBIENTAL/LEGISLAÇÃO AMBIENTAL/NORMAS BRASILEIRAS REGULAMENTADORAS/NBR/NBR 06502 - 1995 - Rochas e Solos.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180**: SOLO - DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE. Rio de Janeiro: Copyright, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459**: SOLO - DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ. Rio de Janeiro: Copyright, 1984.

Associação Brasileira Da Indústria de Materiais De Construção. **Projeção dos Impactos dos Investimentos do PAC 2 e do Programa Minha Casa Minha Vida**. Disponível em . Acesso em: 28 out. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **A MINERAÇÃO BRASILEIRA**. 2009. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P28_RT51_Perfil_da_Mica.pdf/1a2f869d-56ec-4c2d-95ca-f8635a5fa75e>. Acesso em: 28 out. 2016.

CARVALHO, A.; DIAS, J. P.. **Fluorescência de Raios X**. 2014. Disponível em: <<https://www.ipn.pt/laboratorio/LEDMAT/ensaio/19>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

CHRISTOFOLETTI, S.r. et al. Os Principais Contaminantes Minerais das Rochas Sedimentares da Formação Corumbataí e sua Influência na Matéria-Prima Cerâmica. **Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 8, n. 1, p.35-41, fev. 2003. Disponível

em: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/pdf/v08n02/v8n2_5.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

DIAS, J. A. **A ANÁLISE SEDIMENTAR E O CONHECIMENTOS DOS SISTEMAS MARINHOS**. 2004. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~jdias/JAD/ebooks/Sedim/SedimB_AG.pdf>. Acesso em: 28 out. 2016.

DEDAVID, B. A. **Microscopia eletrônica de varredura: aplicações e preparação de amostras : materiais poliméricos, metálicos e semicondutores**. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 60 p. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/microscopia.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.

FERREIRA, R. L. S. **Identificação e Disposição Final dos Resíduos Sólidos Gerados na Fabricação de Cerâmica Vermelha no Vale do Assú/RN**. 2012. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas (DCETH), Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos/RN, 2012.

FIEMG, Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais. **Guia Técnico Ambiental da Indústria da Cerâmica Vermelha**. Belo Horizonte/MG, 2013.

FLORÊNCIO, R.V.S.; SELMO, S.M.S. **Estudo comparativo de granulometria a laser para fins da reciclagem de resíduos de construção e demolição**. 17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. Disponível em: <<http://www.metallum.com.br/17cbecimat/resumos/17cbecimat-112-050.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.

GIL, A. C. **METODOLOGIA DO TRABALHO CIENTÍFICO**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2016.

GONÇALVES, H. H. S.; MARINHO, F. A. M.; FUTAI, M. M. **MECÂNICA DOS SOLOS E FUNDAÇÕES**. 2014. Disponível em: <<http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/pef0522/Apostila.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

HAACK, Micheli S. **ANÁLISE DE MATERIAIS POR ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO DENTRO DO SISTEMA DE GESTÃO DE QUALIDADE CONFORME ABNT NBR ISO/IEC 17025**. 2010. 50 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Química, Ufrs, Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28602/000771298.pdf?sequence=1>> . Acesso em: 28 out. 2016.

CAPUTO, H. P; CAPUTO, A. N. **Mecânica dos solos e suas aplicações – Fundamentos**. Vol. 1. 7. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos – LTC, 2015. 256p. Disponível em: < <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/05/mecanica-solos-fundamentos-vol1-6ed-caputo.pdf>> . Acesso em: 28 out. 2016.

MACHADO, F. B.. **Caulinita**. 2012. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/silicatos/filossilicatos/caulinita.html>>. Acesso em: 28 out. 2016.

MEIRA, J. M. L. **Argilas: o que são, suas propriedades e classificações**. 2001. Disponível em: <http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com09.pdf>. Acesso em: 28 out. 2016.

OLIVEIRA, F. E. M. **Acompanhamento da Produção Industrial em Cerâmica da Microrregião do Vale do Assu: Estudo De Caso**. 2011. 66 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia, Departamento de Ciências Exatas, Tecnológicas e Humanas (DCETH), Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, 2011.

PRADO, C. M. de O. et al. **CARACTERIZAÇÃO DAS ARGILAS UTILIZADAS NA PRODUÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA NO ESTADO DE SERGIPE**. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 50. 2012, Curitiba. **Anais**. Curitiba: Ufrs, 2012. p. 745 - 755. Disponível em: <http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/46/062/46062669.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2016.

SANTANA, R. C. **ANÁLISE INSTRUMENTAL APLICADA À POLÍMEROS**. Disponível em: <https://chasqueweb.ufrgs.br/~ruth.santana/analise_instrumental/Contato.html>. Acesso em: 28 out. 2016.

SAMPAIO, E. **MINERALOGIA DO SOLO**. 2006. Disponível em: <<http://home.dgeo.uevora.pt/~ems/files/Anexo B-03.pdf>>. Acesso em: 28 out. 2016.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (Brasil). **Construção Civil**. 2015. Disponível em: <http://portal.anicer.com.br/wp-content/uploads/2016/01/Cerâmica-Vermelha-Panorama-do-mercado-no-Brasil_DEZ2015.pdf>. Acesso em: 28 out. 2016.

Serviço Social da Indústria -SESI. **Manual de Segurança e Saúde no trabalho: Indústria de Cerâmica Estrutural e Revestimento**. São Paulo: SESI, 2011. 236 p.

NUNES, Mônica Belo. **Impactos ambientais na indústria da cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: REDETEC, 2012. Disponível em: <<http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NTcwNQ>>. Acesso em: 28 out. 2016.