

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**ESTUDO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E TIJOLOS
CERÂMICOS FURADOS PRODUZIDOS NO
ESTADO DA PARAÍBA**

REGINALDO SEVERO DE MACEDO

Campina Grande - Paraíba
Abril de 1997

REGINALDO SEVERO DE MACEDO

**ESTUDO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E TIJOLOS
CERÂMICOS FURADOS PRODUZIDOS NO ESTADO DA
PARAÍBA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de mestre.

Área de Concentração: **Tecnologia de Materiais Não - Metálicos**

ORIENTADOR: Dr. HEBER CARLOS FERREIRA
Professor do DEMa/CCT

CO-ORIENTADORA: M. Sc. CRISLENE R. DA SILVA MORAIS
Professora do DEMa/CCT

Campina Grande - Paraíba
Abril de 1997



M141e Macedo, Reginaldo Severo de
Estudo das materias-primas e tijolos ceramicos furados produzidos no estado da Paraiba / Reginaldo Severo de Macedo. - Campina Grande, 1997.
107 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Quimica) - Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e Tecnologia.

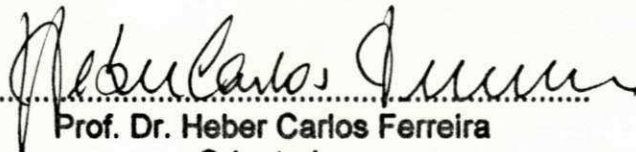
1. Tijolos Ceramica Ferrados - Construcao 2. Materias-Primas - Tijolos 3. Producao de Tijolos - Paraiba 4. Dissertacao I. Ferreira, Heber Carlos, Dr. II. Moraes. Crislene R. da Silva, Dra. III. Título

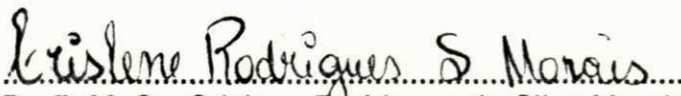
CDU 666.72(813.3)(043)

ESTUDO DAS MATÉRIAS-PRIMAS E TIJOLOS CERÂMICOS

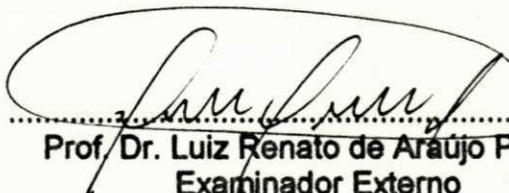
FURADOS PRODUZIDOS NO ESTADO DA PARAÍBA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM, 18/04/1997


.....
Prof. Dr. Heber Carlos Ferreira
Orientador


.....
Prof.ª M. Sc. Crislene Rodrigues da Silva Moraes
Co-orientadora


.....
Prof. Dr. Hélio de Lucena Lira
Examinador


.....
Prof. Dr. Luiz Renato de Araújo Pontes
Examinador Externo

Camapina Grande - Paraíba
Abril de 1997

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Augusto (in memoriam) e Iracema.

À minha esposa Zélia Lúcia e
aos meus filhos Luiz Augusto, Lisandra e Daniele.

*“A arte cerâmica pode deixar de ser para o
homem uma obsessão de beleza. Tampouco deixar
de ser fonte de renda e atestado de civilização”.*
Aristides Pileggi

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento ao maior e mais humilde de todos os mestres, Jesus, Senhor e consumidor da minha fé, por guiar meus passos a cada dia de minha vida, permitindo-me a realização deste empreendimento acadêmico.

Ao professor Dr. Heber Carlos Ferreira o meu reconhecimento e gratidão pelas valiosas discussões teóricas que me possibilitaram reflexão e amadurecimento no desenvolvimento desta pesquisa.

À professora M. Sc. Crislene Rodrigues da Silva Moraes, pela co-orientação desta pesquisa.

A minha irmã, professora Dra. Maria Augusta, pelo apoio, incentivo e revisão do texto.

À Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Química, em particular, ao professor Dr. Kepler Borges França, pelas condições oferecidas para que esta dissertação fosse concluída.

À Coordenação do Laboratório de Solos I do Departamento de Engenharia Civil do CCT/UFPB, por ceder espaço para a realização da maioria dos ensaios necessários à conclusão deste pesquisa.

À Chefia do DEMa/CCT/UFPB, pela colaboração, colocando à disposição o Laboratório de Engenharia de Materias para a realização dos ensaios de tensão de ruptura à flexão.

Aos Engenheiros Gelmires Neves e Rosemery Ramos, pela orientação técnica na realização dos ensaios.

Aos técnicos Joselito e Lelé, pelo apoio na realização de alguns ensaios.

Ao aluno bolsista de iniciação científica; André Gustavo de Souza Galdino e àqueles alunos de Engenharia de Materias que, na qualidade de voluntários, deram sua parcela de contribuição na realização de alguns ensaios.

À ATECEL, pelo apoio financeiro.

A todos aqueles que direta e indiretamente colaboraram para a conclusão desta pesquisa.

RESUMO

Este trabalho contribui para o estudo das matérias-primas e dos produtos de cerâmica vermelha para uso na construção civil, em especial, tijolos cerâmicos furados produzidos no Estado da Paraíba. Fez-se um estudo de caracterização das matérias-primas, que são utilizadas em pequenas indústrias (olarias) e dos produtos acabados - tijolos - que são normalmente fornecidos ao mercado consumidor, frente às normas da ABNT.

As argilas quaternárias recentes têm sido, ao longo dos anos, amplamente utilizadas na fabricação de produtos de cerâmica vermelha, especialmente tijolos e telhas. Estes produtos cerâmicos têm papel preponderante na indústria da construção civil, e são os de maior produção no Estado da Paraíba. A maioria das olarias não faz nenhum controle de qualidade na sua produção, bem como são poucos os estudos sistemáticos com este tipo de matéria-prima, dificultando sua melhoria, e conseqüentemente a implantação de novas indústrias dentro de padrões adequados.

Para o desenvolvimento desta pesquisa foi escolhido um corpo de prova de perfil retangular de $6,0 \times 2,0 \times 0,5 \text{ cm}^3$, moldado sob pressão de 200 kgf/cm^2 em massa semi-seca. Com esse modelo foi possível medir as propriedades físico-mecânicas ou propriedades cerâmicas após secagem na temperatura de 110°C e, após queima, nas temperaturas de 900°C , 1000°C e 1100°C . As propriedades cerâmicas, no estado cru e após queima, foram comparadas com os valores-limites preconizados por Souza Santos bem como, por Barzaghi e Salge.

Os resultados obtidos para as argilas indicaram que, de acordo com as especificações de Souza Santos, apenas 16% das amostras estudadas aplicam-se à *cerâmica vermelha*, e segundo as especificações de Barzaghi e Salge, 72% das amostras de argilas estudadas, podem ser utilizadas para fabricação de *tijolos maciços*, 44% para *tijolos furados* e enquanto que 32% das mesmas podem ser utilizadas na fabricação de *telhas*, considerando a temperatura de 900°C , que é a que mais se aproxima da temperatura de queima dos produtos de cerâmica vermelha para uso na construção civil.

Quanto aos tijolos, conclui-se que das 25 amostras estudadas nenhuma atende às especificações da ABNT. Os resultados obtidos revelaram não existir controle efetivo do processo de fabricação. A variação dos valores de resistência à compressão e de absorção de água em cada amostra, indicam a deficiência na fabricação, notadamente, na homogeneização da matéria-prima, já que não há um controle da granulometria, disposição dos blocos crus no forno e temperatura de queima. A grande maioria dos blocos ensaiados apresentou característica de tijolos mal queimados. O não atendimento às especificações técnicas, dificulta a racionalização do processo construtivo, bem como sua execução do que resulta em prejuízos significativos para o mercado consumidor.

ABSTRACT

The present work is a contribution to the study of raw materials and red heavy clay products to be used in buildings, specially as ceramic bricks produced in the state of Paraíba. A study was conducted to characterize the raw materials employed by potteries and small brick factories as well as the end products - bricks - usually supplied to the market, according to ABNT rules.

For many years, recent quaternary clays have been largely used to produce red ceramic products, such as bricks and roofing tiles. These products are not only extremely important for the building industry but also they are the most largely produced in the state of Paraíba. Most pottery and brick factories do not have a quality control program to guarantee their products and there are hardly any systematic studies with this kind of raw material which renders it difficult to improve these products and, consequently, to introduce new industries and factories with appropriate standards.

The present research was conducted on rectangular profile specimens ($6,0 \times 2,0 \times 0,5\text{cm}^3$) which were compression moulded (20 MPa) from semi-dried mass. This model allowed us to measure the specimens physical-mechanical or ceramic properties after drying at 110°C and after curing at 900°C , 1000°C and 1100°C . The ceramic properties in the green state and after curing were compared with the limiting-values recommended by Souza Santos as well by Barzaghi and Salge.

The results obtained for the clays analysed indicated that, according to Souza Santos' specifications, only 16% of the samples investigated can be used as *red ceramics* and, according to Barzaghi and Salge's specifications, 72% of the clays investigated can be used in the production of *solid bricks*, 44% for *cored bricks* and 32% can be used to produce *roofing tiles* if a curing temperature of 900°C is considered. This temperature was chosen as the closest curing temperature actually employed in red ceramic products for the building industry.

With respect to the bricks, we concluded that none of the 25 samples investigated comply with ABNT specifications. The results obtained clearly show

that there is no effective control on the production step of these bricks. The large variation obtained on compression strength and water absorption of each sample indicate production problems, mostly with respect to raw material homogeneity since there is no control on clay particle size, disposition of the blocks in the oven and curing temperature. Most of the blocks tested showed a characteristic behaviour associated with badly-cured bricks. They non-compliance to technical specifications makes it difficult to rationalize the building process as well as to execute it which leads to significant losses to the market place.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1.0	INTRODUÇÃO.....	1
-----	-----------------	---

CAPÍTULO II

2.0	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1	Histórico dos Produtos de Cerâmica Vermelha.....	3
2.1.1	Pré-História.....	4
2.1.2	Idade Média.....	6
2.2	A Cerâmica Vermelha no Brasil.....	7
2.2.1	Período Pré-Cabraliano.....	7
2.2.2	Períodos Colonial e Imperial.....	7
2.2.3	Cerâmica Contemporânea.....	8
2.3	Argilas.....	13
2.3.1	Caracterização de Argilas para Uso em Cerâmica Vermelha...	15
2.3.1.1	Amostragem para os Ensaios de Caracterização.....	15
2.3.1.2	Identificação Mineralógica.....	19
2.3.1.3	Ensaios Tecnológicos.....	22
2.3.2	Argilas para Fabricação de Tijolos.....	23
2.3.3	Argilas para Fabricação de Telhas.....	24
2.3.4	Argilas para Fabricação de Ladrilhos de Piso.....	25
2.3.5	Argilas para Fabricação de Manilhas Vidradas.....	24
2.3.6	Argilas para Fabricação de Agregados Leves.....	24
2.4	Tijolos.....	26
2.4.1	A Indústria e o Processo Produtivo.....	27
2.4.2	Características do Mercado Consumidor.....	28
2.4.3	Normalização.....	29
2.4.4	Propriedades e Características de Tijolos Furados.....	30
2.5	Argila para Cerâmica Vermelha no Estado da Paraíba.....	32
2.5.1	Estudos Realizados.....	32
2.5.2	Indústria e Investimentos.....	33
2.5.3	Matérias-Primas no Estado da Paraíba.....	34

2.5.4	Produção de Tijolos e Telhas Cerâmicas no Estado da Paraíba.....	35
2.5.5	Tecnologia Disponível no Parque Produtivo no Estado da Paraíba.....	35
2.5.6	Transporte e Comércio no Estado da Paraíba.....	36

CAPÍTULO III

3.0	MATERIAIS E MÉTODOS.....	37
3.1	Materiais.....	37
3.1.1	Argilas.....	37
3.1.2	Tijolos.....	38
3.1.3	Água.....	43
3.2	Métodos.....	43
3.2.1	Preparação das Amostras para os Ensaios de Caracterização	44
3.2.2	Caracterização das Amostras.....	44
3.2.2.1	Índices de Atterberg.....	44
3.2.2.2	Análise Granulométrica em Peneiras.....	46
3.2.3	Ensaio Tecnológico das Amostras.....	47
3.4	Ensaio no Produto Acabado - Tijolos.....	54
3.4.1	Características Visuais.....	54
3.4.2	Características Geométricas.....	54
3.4.3	Características Físicas e Mecânicas.....	61

CAPÍTULO IV

4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	61
4.1	Ensaio de Caracterização.....	61
4.1.1	Índices de Atterberg.....	61
4.1.2	Análise Granulométrica em Peneiras.....	63
4.2	Ensaio Tecnológico.....	64
4.3	Resultados dos Ensaio no Produto Acabado	73
4.3.1	Características Visuais.....	73
4.3.2	Características Geométricas.....	73
4.3.3	Características Físicas e Mecânicas.....	76

CAPÍTULO V

5.0	CONCLUSÕES POR AMOSTRAS.....	81
5.1	CONCLUSÕES GERAIS.....	96

CAPÍTULO VI

6.0	SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS.....	100
-----	---------------------------------------	-----

CAPÍTULO VII

7.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
-----	---------------------------------	-----

TABELAS

Tabela 2-1	Dimensões nominais dos blocos de vedação.....	33
Tabela 3-1	Valores limites para tensão de ruptura e absorção de água padronizados por Barzaghi e Salge.....	50
Tabela 4-1	Valores dos índices de Atterberg.....	62
Tabela 4-2	Valores da análise granulométrica em peneiras.....	63
Tabela 4-3	Cores das amostras das argilas após tratamentos térmicos a 110°C, 900°C, 1000°C e 1100°C.....	64
Tabela 4-4	Características cerâmicas de argilas para cerâmica vermelha a 110°C.....	65
Tabela 4-5	Características cerâmicas de argilas para cerâmica vermelha a 900°C.....	67
Tabela 4-6	Características cerâmicas de argilas para cerâmica vermelha a 1000°C.....	69
Tabela 4-7	Características cerâmicas de argilas para cerâmica vermelha a 1100°C.....	72
Tabela 4-8	Valores das características geométricas dos tijolos.....	75
Tabela 4-9	Valores das características físicas e mecânicas dos tijolos	77
Tabela 4-10	Avaliação das características dos tijolos.....	78

FIGURAS

Figura 3-1 - Aparelhos usados na determinação dos índices de Atterberg.....	46
Figura 3-2 Fluxograma dos ensaios das argilas.....	49
Figura 3-3 Bloco cerâmico com furos horizontais.....	55
Figura 3-4 Determinação das dimensões dos blocos.....	56
Figura 3-5 Determinação do desvio em relação ao esquadro.....	57
Figura 3-6 Determinação das planezas das faces.....	58
Figura 3-7 Corpos de prova capeados com cimento.....	60
Figura 3-8 Ensaio de resistência à compressão simples.....	60

GRÁFICOS

Gráfico 5-1 Resultados, segundo o método de Souza Santos.....	97
Gráfico 5-2 Resultados, segundo o método de Barzaghi e Salge.....	98

CAPÍTULO I

1.0 - INTRODUÇÃO

Os tijolos cerâmicos foram empregados nas construções pelos assírios, caldeus, babilônios e egípcios. No Egito, as muralhas de Pithom, construídas por Ramssés II, foram feitas de tijolos, com mão de obra hebraica. Os gregos utilizaram tijolos, ao passo que os romanos difundiram os tijolos de construção por todo o mundo. Os árabes difundiram ainda mais esse produto, empregando-o não só nas construções, mas também como adorno, proporcionando maior visibilidade em combinações geométricas. Estas técnicas foram utilizadas em todos os países onde se estenderam a cultura e o domínio árabe, desde a Pérsia, Índia até a Espanha, onde se encontraram belíssimas construções (Pracidele, s/d).

No Brasil, existem grandes jazimentos de argilas, com importância fundamental para indústria cerâmica, principalmente para fabricação de cerâmica vermelha, de amplo uso na construção civil (Macedo, et al, 1994).

A produção de cerâmica vermelha, em nosso país, iniciou-se nos Estados de Pernambuco, da Bahia e de Santa Catarina. Desde 1500, aproximadamente, esses centros forneceram produtos (utensílios domésticos) às diversas regiões do país. Essas peças eram manufaturadas pelas mulheres, que as queimavam de maneira rudimentar com lenha e aquecimento lento.

As indústrias de produtos de cerâmica vermelha utilizados na construção civil apresentam, geralmente, uma estrutura de funcionamento peculiar. A maioria das olarias e cerâmicas do país usa argilas com escassos conhecimentos das suas características cerâmicas, e não dispõe de condições para efetuar um processamento adequado das matérias-primas empregadas na manufatura de tijolos, blocos cerâmicos, telhas, componentes de lajes, entre outros. As conseqüências refletem-se em produtos acabados com fissuras, trincas ou textura alterada.

Na Paraíba, há um grande número de pequenas empresas (olarias), cuja produção de tijolos cerâmicos furados ocupa uma fatia expressiva em relação aos demais produtos de cerâmica vermelha, e sobre tais empresas não existem

dados técnico-científicos. Baseado nesta constatação, e dando continuidade ao estudo das argilas brasileiras para utilização na indústria de cerâmica vermelha, o presente estudo tem por objetivo caracterizar as matérias-primas usadas na fabricação de tijolos cerâmicos furados e analisar a qualidade dos tijolos cerâmicos de oito furos produzidos no Estado da Paraíba, de acordo com as normas técnicas da ABNT.

Tendo em vista o relato da pesquisa realizada, a presente dissertação está constituída dos seguintes capítulos:

No Capítulo 2, está descrita a *revisão bibliográfica* do tema em estudo, contendo uma visão panorâmica da evolução histórica da cerâmica vermelha, e um conjunto de modelos teórico-metodológicos adotados no tratamento das propriedades cerâmicas.

O Capítulo 3 apresenta uma descrição dos *materiais* escolhidos e dos *métodos* de ensaios utilizados para viabilização desta pesquisa.

No Capítulo 4, são apresentados e *discutidos os resultados* obtidos através dos ensaios de caracterização e tecnológicos das argilas, bem como dos ensaios das características visuais, geométricas e físico-mecânicas dos tijolos de oito furos.

O Capítulo 5 sumariza as principais conclusões da dissertação, no tocante à caracterização das argilas estudadas, à correlação temperatura de queima/produto e à qualidade dos tijolos frente às normas da ABNT.

O Capítulo 6 apresenta sugestões para pesquisas futuras, na área de cerâmica vermelha para uso em construção civil.

O Capítulo 7 apresenta as referências bibliográficas utilizadas para realização desta pesquisa.

CAPÍTULO II

2.0 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Histórico dos Produtos de Cerâmica Vermelha

Perde-se na poeira dos séculos a memória das primeiras cerâmicas. Palavra que vem do grego "keramiké", derivada de "keramos"; a cerâmica veio da terra, não é de ninguém, pertence a todos. Simples mistura de elementos da terra, a cerâmica legou à humanidade, além de corantes e esmaltes, verdadeiros monumentos artísticos de beleza imortal que, desafiando séculos, chegaram até nossos dias com o mesmo vigor e imponência (Pileggi, 1958).

Os materiais de cerâmica vermelha encontram-se entre aqueles mais tradicionais empregados na construção civil. Sua origem reporta-se à antigüidade, especialmente, às contribuições do começo da Era Cristã, (tijolo 4500 a. C. no Oriente Médio), em Roma e na China. Registra-se também seu grande desenvolvimento na Europa, no século XVII, no fim do século XIX e começo do século XX, quando a ciência e a engenharia foram aplicadas a essa arte antiga (Norton, 1973).

Segundo Verçoza (1975), a indústria da cerâmica é uma das mais antigas do mundo, em virtude da facilidade de fabricação e abundância de matéria-prima - o barro. Já no período neolítico, o homem pré-histórico calafetava as cestas de vime com o barro. Mais tarde, verificou que podia dispensar o vime, e fez potes apenas de barro. Posteriormente, constatou-se que o calor endurecia esse barro, e surgiu a cerâmica propriamente dita, que foi largamente empregada para os mais diversos fins.

A fabricação de peças e tijolos destinados à construção civil, é a indústria mais antiga da humanidade e a menos evoluída em relação às demais indústrias.

2.1.1 - Pré-História

Não se pode determinar a época em que a cerâmica apareceu. Manifestação da inteligência e habilidade criadoras do homem, este produto surgiu quando se revelaram os primeiros sonhos de espírito humano, na conquista de perspectivas capazes de exaltar sua capacidade de empreender o trato com a natureza. Os arqueólogos admitem que a cerâmica nasceu quando o primeiro ser humano despertou sobre a terra. A própria Bíblia confirma, o homem foi feito de barro.

Segundo registros encontrados na Bíblia Sagrada, no livro de Gênesis capítulo 11, os descendentes de Noé fizeram tijolos queimados para construção da Torre de Babel e, mais tarde, no livro de Êxodo, capítulo 5, relata-se que os israelitas, quando eram escravos dos egípcios, juntavam palhas que sobravam das colheitas para queimar tijolos.

A fabricação de potes é uma das indústrias humanas mais antigas. Encontram-se louças de barro desde períodos que datam cerca de 15.000 a. C., e a sua fabricação estava bastante desenvolvida no Egito, dez séculos depois.

Segundo Pileggi (1958), em seus estudos sobre a cerâmica no Brasil e no mundo, acredita-se que as cerâmicas, encontradas em escavações no Vale do Nilo, remontam 13 mil anos. Além dos tijolos, as peças cerâmicas mais antigas, até hoje descobertas, são as encontradas nessa região. Vasos de terracota com desenhos foram encontrados nas tumbas do período Menfita (4500 a 3000 anos a. C.). Outros objetos de terracota de cor vermelha e preta, polidos e modelados a mão, foram igualmente descobertos.

Na Mesopotâmia, em 5000 a. C., já eram endurecidos tijolos ao sol e, a partir do ano 3000 a. C., surgiram os primeiros fornos para a queima.

Não é difícil imaginar que o fogo empregado pelo homem antigo tenha casualmente queimado tijolos ou porções constituídas de material argiloso. Constatou-se que esse material queimado era efetivamente muito mais resistente às intempéries. A adoção do processo de queima, a partir de então, proporcionaria grande impulso na qualidade e durabilidade desses materiais. Por outro lado, os assírios e babilônios usavam o betume normalmente a

quente, como material cimentante de tijolos queimados ou placas de alabastro, que conferiam às suas obras maior resistência à deterioração pelas águas.

Deve-se, portanto, à olaria o início da cerâmica como indústria de construção. Na Assíria e na Babilônia, berço da civilização mesopotâmica, essa arte alcançou a perfeição, muitos séculos antes de Cristo.

Não se pode também confirmar quando começou a ser empregado o método de queima para o endurecimento da louça de barro. Presume-se, porém, que isso se tenha verificado acidentalmente.

A cerâmica cretense alcançou seu maior esplendor entre os anos de 1700 e 1500 a. C. Durante os Jogos Olímpicos, na Grécia, eram ofertadas belíssimas peças cerâmicas aos atletas campeões, o que comprova o valor e a importância a elas atribuídos pelos gregos. Alguns historiadores atribuem a Talos, escultor ateniense, que viveu 1200 anos a. C., a invenção do torno para a confecção de peças cerâmicas.

A história da fundação de Roma começa no ano 754 a. C., quando romanos se sobressaíram na manufatura de tijolos e telhas, como também nas construções de prédios de alvenaria. Suas legiões levaram às diversas regiões conquistadas a arte da fabricação de tijolos. Os primeiros tijolos queimados e usados pelos romanos destinavam-se à cobertura de telhados. Sabe-se, por meio do testemunho do famoso arquiteto Vitruvius, que esse povo só começou a usar tijolos para o levantamento de paredes, após experiências bem sucedidas quanto à resistência do material às condições atmosféricas adversas, com o uso de tijolos na cobertura dos telhados. Pileggi(op. cit) conclui a sua síntese sobre a pré-história da cerâmica, afirmando que a cerâmica alcançou um alto grau de perfeição na antiga Roma, desaparecendo com a decadência do Império Romano, para surgir novamente em meados do século XIX.

2.1.2 - Idade Média

Pileggi (1958) fez um estudo resumido da cerâmica mundial, procurando destacar, embora ligeiramente, a semelhança flagrante entre as diversas regiões do globo onde essa manufatura se desenvolveu.

Segundo esse autor, no século XII, apareceram as primeiras louças, muito resistentes, fabricadas com argilas refratárias plásticas encontradas no baixo Reno, no Westerwald e na Francônia, mas a produção de peças de maior apuro técnico teve início no século XVI, na Alemanha.

Na França, a partir século XII, teve início a fabricação de louça e tijolos esmaltados, ladrilhos vasos e taças produzidas nas fábricas de Troyes, Dijon, Paris e Beauvais. Nos museus de Sèvres, Louvre e Limoges, pode-se acompanhar o admirável desenvolvimento da cerâmica francesa.

Na Espanha, por volta do ano 1492, construíram-se obras imperecíveis como a Alhambra e a Mesquita de Córdoba, verdadeiros monumentos que haveriam de assegurar o prestígio da cerâmica desse país, e que seriam o ponto de partida dessa arte, inteiramente original.

O incêndio de Londres, em 1666, que destruiu grande número de casas de madeira, alertou os ingleses para a reconstrução da cidade usando tijolos. Os mais proeminentes oleiros eram os irmãos Toft.

A Itália é considerada um dos maiores centros da arte cerâmica na Europa. Durante toda a Idade Média, como ocorreu nos demais países europeus, a cerâmica italiana limitou-se à produção de objetos de utilidade prática. A partir de princípios do século XV, começaram a surgir as primeiras peças de valor artístico.

Em Portugal, as primeiras cerâmicas que produziram faiança de boa qualidade, firmaram-se a partir do fim do século XVII, como das mais adiantadas da Europa.

2.2 - A Cerâmica Vermelha no Brasil

Pileggi (1958) classifica a história da produção de cerâmica no Brasil em três períodos, a saber:

2.2.1 - Período Pré-Cabraliano

Apesar das investigações feitas por muitos ceramógrafos, não é possível precisar com segurança a região exata em que se fabricaram peças de cerâmica pela primeira vez no Brasil. Há registros de uma tribo de Índios Aruaques que, por volta de 1541, teriam se introduzido no norte do território brasileiro, no alto e médio Amazonas, região onde há referências a uma olaria da tribo. Não se deve esquecer que os oleiros de Marajó, provavelmente beneficiários da cultura aruaque, dominavam com perfeição a arte cerâmica.

2.2.2 - Períodos Colonial e Imperial

A história da manufatura da cerâmica nos períodos colonial e imperial é pobre, isenta de qualquer fator de maior importância, salvo aquele da fabricação da louça de barro para uso doméstico, ou da olaria para a construção, pois a argila encontrada em nosso solo era de boa qualidade.

Em fins do século XVIII, precisamente no ano de 1793, o químico e mineralogista, professor de humanidades no Rio de Janeiro e na Bahia, João Manso Pereira, fabricou vasos com argilas do país.

2.2.3 - Cerâmica Contemporânea

Na Europa, quase todos os países possuem sua indústria própria, bastante desenvolvida, revelando alguns, características peculiares à tradição ou à época atual.

Nas Américas, depois dos Estados Unidos e do Brasil, os países onde a cerâmica tem-se desenvolvido mais são o Canadá, o México, a Argentina, o Chile, o Peru, a Colômbia, a Venezuela e o Panamá.

No Brasil, depois da segunda guerra mundial, a indústria cerâmica alcançou surpreendente desenvolvimento, graças à riqueza de nosso solo, de onde extraímos todas as matérias-primas essenciais a esse ramo, e graças ao aperfeiçoamento técnico já alcançado.

A cerâmica para construção tem experimentado grandes progressos no Brasil, centralizando no Estado de São Paulo sua maior produção. Na indústria cerâmica de construção, deve-se distinguir dois ramos distintos: o de olaria, que compreende a fabricação de tijolos e telhas comuns, e o da grande cerâmica, ou cerâmica para construções, que fabrica tijolos prensados, tijolos furados, ladrilhos, telhas prensadas, refratários, lajes, manilhas, tubos, etc.

A primeira grande fábrica de telhas no Brasil foi fundada em São Paulo, em 1893, por quatro irmãos franceses, naturais de Marselha, sob a razão comercial de Sacoman Frères, posteriormente alterado para Cerâmica Sacoman S/A., cujas atividades foram encerradas em 1956. O nome das telhas conhecidas por "marselhas" ou "francesas" prende-se à origem de seus fundadores. Para Ferreira (1972a), esse tipo de telha apresenta elementos de fixação adequados e um bom entrelaçamento entre as unidades, e um menor número de unidades por m² de área coberta.

A indústria cerâmica de construção tem colaborado decisivamente para o progresso da arquitetura brasileira, hoje considerada uma das mais evoluídas do mundo.

O progresso da cerâmica no Brasil tem possibilitado grande economia de divisas para a nação. A cerâmica nacional encontra-se em situação vantajosa, pois goza de posição privilegiada entre as demais nações produtoras, supre o mercado interno, substituindo, satisfatoriamente, os artigos importados no passado.

A cerâmica brasileira, em nossos dias, tem sua importância, pois além de suas diversas aplicações, está naturalmente ligada à estética, ornamentação da construção. O seu estudo vem sendo difundido nas escolas técnicas federais de nível médio e nas escolas federais de nível superior bem como nas instituições particulares, despertando, assim, interesse crescente. Desse modo, pode-se afirmar que a cerâmica moderna atingiu elevado nível técnico. A indústria atual deixou o artesanato, aliou-se à arte, satisfazendo, assim, às exigências de uma época em que se fundem a graça e o ornamento ao bem estar, conforto e segurança, fatores determinantes de um padrão de vida mais elevado.

Visando à redução do peso próprio e à melhoria das qualidades de isolamento térmico, desenvolveu-se o uso do tijolo furado.

Souza (s/d) realizou estudos tecnológicos em argilas do Recôncavo da Bahia, utilizando ensaios de laboratórios, visando ao conhecimento de suas aplicações industriais cerâmicas e não cerâmicas. Para isso, estabeleceu uma sistemática de ensaios preliminares de aceitação ou rejeição e específicos para diversos usos tecnológicos, cerâmicos e não cerâmicos de argilas. O resultado foi que a maioria das previsões dos usos cerâmicos das argilas do grupo da cerâmica vermelha, estabelecidos pelo método preliminar, foi confirmada pelos ensaios específicos.

Ferreira (1972a) fez um estudo para cada uso industrial das argilas e das propriedades que os determinam, além das especificações quanto aos ensaios tecnológicos de laboratórios para a medição de propriedades tecnológicas das argilas. Assim, com base nesses estudos de Ferreira, é possível, de forma objetiva, sugerir quais os ensaios de laboratórios para determinar os usos industriais prováveis de uma argila desconhecida.

Araújo (1973) desenvolveu um estudo tecnológico de argilas da bacia do Capibaribe no Estado de Pernambuco, com o objetivo de realizar um plano de pesquisa para a caracterização e possível industrialização de matérias-primas não-metálicas finalizando-o com o projeto da unidade estrutural.

O geólogo Giardullo (1975) realizou um estudo sobre as matérias-primas para a indústria cerâmica no Estado da Bahia, precisamente na Bacia do Recôncavo baiano, onde descreveu de forma breve os tipos de material e de cerâmica. Quanto à cerâmica vermelha, existem extensos afloramentos de

folhelhos vermelhos, pertencentes em partes à formação Marizal, localizado nas proximidades das cidades de Alagoinha e São Sebastião, que queimam e sinterizam bem, em temperatura variando de 850°C a 1100°C. São materiais geralmente plásticos e com pouca areia, e sua cor natural vai do creme ao marrom, passando por todas as tonalidades do vermelho. Tais materiais são empregados na indústria de tijolos, telhas e agregados leves.

Os produtos cerâmicos para a construção civil, apesar da concorrência movida por outros materiais de construção, continuam em uso e em evidência, mercê de suas qualidades de resistência mecânica, durabilidade, estética, conforto e preço relativamente barato (Petrucci, 1976).

Mendonça (1978) realizou um estudo que teve por objetivo suprir deficiências geradas pela inadequação ou mal aproveitamento de matérias-primas. Foram classificadas preliminarmente, por meio de ensaios tecnológicos, 410 amostras de 36 municípios do Estado de Sergipe. Os resultados foram surpreendentes, atingindo, em termos de percentual, 61,7% do total das amostras que poderiam então ser utilizadas na fabricação de tijolos, telhas e ladrilhos de piso.

No Brasil, a indústria cerâmica tem tido um desenvolvimento relevante no decorrer dos últimos anos, especialmente no Estado de São Paulo, fato este explicável, não só por se tratar do maior parque industrial da nação, como pela existência de boas jazidas de matérias primas, notadamente nos arredores da capital (Angeleri, 1982a).

Angeleri e Barros (1982) desenvolveram um trabalho de acompanhamento das propriedades mais interessantes das argilas que vêm sendo exploradas há mais de 50 anos no trecho do Rio Tietê, SP. Essas argilas marginais vêm sendo utilizadas na fabricação de materiais cerâmicos com seu maior aproveitamento na fabricação de materiais de construção, especialmente tijolos moldados a mão.

Em estudos realizados por Barzaghi e Salge (1982) sobre a classificação tecnológica das argilas para materiais de construção, no Estado de São Paulo, foi organizada uma especificação para alguns dos característicos determinados em matérias-primas desconhecidas tais como: módulo de ruptura e retração linear.

Em uma tentativa de classificação dos materiais cerâmicos através dos métodos de moldagem e dos processos de endurecimento usado após a moldagem, Barzaghi (1982) dividiu os produtos das indústrias dos silicatos em três grupos principais: *materiais cerâmicos* propriamente ditos, onde o componente principal é a argila; o *vidro*, onde a rigidez é obtida através do resfriamento e o *cimento e o gesso*, os quais são produtos que adquirem pelo aquecimento uma propriedade aglomerante latente que se torna ativa pela adição de água.

Ensaando argilas para materiais de construção, Salge e Barzaghi (1982) estudaram a influência de corpos de prova, principalmente na determinação de certos característicos como, resistência mecânica, cuja medida é efetuada pela determinação do módulo de ruptura, no estado seco e após queima, e concluíram que as melhores condições para realização do ensaio parecem ser as seguintes: moldagem dos corpos de prova por extrusão; dimensões dos corpos de prova de 20 x 2 x 1 cm³; secagem dos corpos de prova a 110°C e distância entre os apoios do aparelho de 15 cm.

Gross (1982) estudou 60 amostras de argilas cerâmicas existentes nos arredores de Porto Alegre, RS, visando a sua utilização na fabricação de tijolos e telhas, através das propriedades mais características (granulometria, propriedades físicas e mecânicas, composição química, teor de sais solúveis e de carbono). Os resultados permitem estabelecer certos valores-limites aproximados que, de certa forma, orientam a seleção de amostras em estudo. Todas as amostras estudadas satisfizeram aos requisitos mínimos das normas nacionais para a produção de tijolos e telhas.

Conforme Brennand (1982), em Pernambuco, os irmãos Brennand se juntaram, em 1917, para explorar uma pequena olaria que produzia apenas para consumo da área onde estavam situada, não imaginavam que décadas depois viriam a ser considerados um dos mais sólidos grupos empresariais que atuam no Brasil. A Cerâmica São João foi a primeira fábrica do Nordeste a fabricar tijolos refratários e telhas francesas.

Os blocos cerâmicos têm sido amplamente utilizados em obras de construção civil como paredes de vedação. Além da ação do vento, estes blocos estão submetidos ao seu peso próprio. Neste sentido, uma importância

muito grande é dada para sua resistência mecânica, segundo estudos realizados por Baldo (1990).

Trabalhos mais recentes desenvolvidos por Cosin e colaboradores (1993 e 1994) apresentaram uma caracterização sistemática de argilas de Judiaí, SP, visando a determinar sua possível utilização na fabricação de pisos cerâmicos esmaltados, através de corpos de prova preparados por extrusão em maromba de laboratório e suas propriedades cerâmicas.

Para Ferreira et al (1995), a cerâmica clássica também chamada tradicional, não deve ser tida como obsoleta, nem de pior qualidade e muito menos atrasada em sofisticação quanto aos equipamentos usados no processamento industrial. Muito pelo contrário, em países como o Brasil, onde existem grandes jazimentos de argilas que poderiam ser melhor aproveitados, e cujo déficit habitacional é da ordem de 12 milhões de unidades, deveria haver não só um incentivo à exploração desses jazimentos em escala industrial, mas também aos estudos que procuram desenvolver e aprimorar materiais convencionais e alternativos de baixo custo com padrão de qualidade adequado para habitações populares, visando assim a favorecer camadas menos privilegiadas.

Segundo Zandonadi (1996), o sub-setor de cerâmica vermelha ou cerâmica estrutural, que fabrica tijolos, blocos, telhas, tubos, lajes, lajotas, agregado leve de argila expandida e numerosos artigos utilitários ou decorativos, é considerado o "primo pobre" da cerâmica. Cerca de 90% das empresas deste sub-setor ou são microempresas familiares, com atividades essencialmente manuais, constituindo as chamadas "olarias", ou são empresas de pequeno a médio portes utilizando, em sua grande maioria, tecnologia desenvolvida há mais de cinquenta anos. Informações obtidas em várias fontes indicam a existência de 8.500 a 11.000 empresas produtoras de cerâmica vermelha em todo o Brasil, 650 das quais no Estado de São Paulo, que é responsável por cerca de 20% da produção brasileira. Segundo esse autor, a produção nacional mensal é da ordem de 2 bilhões de peças com consumo de argila superior a 5 milhões de toneladas/mês. O número de empregados diretos gira em torno de 400 mil pessoas, o que dá idéia da importância deste sub-setor para a sociedade e o governo brasileiros. Dado o volume de matéria-prima processada, o peso e o volume dos produtos, as

indústrias deste sub-setor têm se estabelecido junto ou próximo aos depósitos de argila e dos centros consumidores.

A realidade da indústria da construção civil está restrita às construções automotivadas, localizadas nas periferias, e à construção de prédios de apartamentos para as classes mais abastadas. Não existe um programa habitacional, e o sub-setor de cerâmica de materiais de construção se ressentiu terrivelmente deste fato.

Na Paraíba, um dos Estados mais pobres da federação, os prefeitos das cidades do Cariri têm procurado a Universidade Federal da Paraíba, em busca de informações técnicas sobre o possível aproveitamento das jazidas para utilização da cerâmica, de forma comunitária, visando à fabricação de produtos de cerâmica vermelha mais especificamente de tijolos e telhas.

2.3 - Argilas

De modo geral, as argilas são um produto secundário, na crosta terrestre, produzidas pela alteração de rochas de tipo pegmatítico (Norton, 1973).

Segundo Souza Santos (1992), argilas são rochas naturais finamente divididas, com elevada porcentagem de partículas cristalinas de argilominerais; essas partículas passam totalmente na peneira ABNT número 325 (abertura de 44 μm) e têm, naturalmente, forma lamelar ou fibrosa, decorrente da estrutura cristalina peculiar do argilomineral.

As argilas são constituídas predominantemente de silicatos de alumínio hidratados. Os mais comuns são os do grupo de caulinita $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e os do grupo da esmectita $(\text{Mg} \cdot \text{Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. E existem dois tipos de argila que são: a residual e a secundária. A primeira ocorre nos lugares onde se desenvolve por intemperismo e segunda foi transportada do seu lugar original pela água ou outro meio, e depositada em área remota (Anônimo, 1984).

As argilas cerâmicas são argilas utilizadas como matérias primas na fabricação de materiais cerâmicos. Elas podem ser usadas isoladamente, em misturas entre si, ou em misturas com matérias-primas não argilosas, tais

como, feldspatos, quartzo e chamota, etc. As argilas cerâmicas são divididas em três grandes grupos: argilas para cerâmica vermelha, argilas para cerâmica branca e argilas para materiais refratários. Devido as suas propriedades específicas, são tratadas isoladamente em sub-grupos. Todas as argilas cerâmicas apresentam, durante o processamento industrial para obtenção do produto acabado, três etapas comuns, que são: conformação, secagem e queima, que por si só justificam o seu estudo unificado no grupo de "Argilas Cerâmicas" (Ferreira, 1972a).

A influência da finura do grão de uma argila não está limitada somente à sua relação com a plasticidade, mas estende-se a outras propriedades, como: comportamento na secagem, retração de secagem, empeno, resistência à flexão e força ligante.

A matéria orgânica tem grande influência nas propriedades de plasticidade e de secagem das argilas. A capacidade de troca de cátions da matéria orgânica pode atingir até 300 meq/100g (Norton, 1973).

Segundo estudos realizados por Angeleri (1982b), do ponto de vista tecnológico, a plasticidade costuma ser encarada também em termos do comportamento da argila na secagem e na queima. E o meio mais eficaz e seguro do conhecimento e medida da plasticidade continua a ser, como há milhares de anos, o tacto do homem experimentado.

As argilas podem ser usadas na fabricação de materiais de construção civil, tais como, tijolos maciços e furados, telhas, ladrilhos de piso, agregados leves, objetos de adorno (elementos vazados e outros), lajes cerâmicas e outros. A indústria oleira brasileira utiliza processos de moldagem manuais, por extrusão e por prensagem, e, conforme a natureza da argila, do produto cerâmico e do forno utilizado, bem como as condições econômicas locais, há uma variação nas temperaturas de queima que oscila entre 950°C e 1250°C. Como já foi definido acima, as argilas podem ser utilizadas para vários fins em cerâmica vermelha, como será visto a seguir, segundo Souza Santos (1992).

2.3.1 - Caracterização de Argilas para Uso em Cerâmica Vermelha

Para Souza Santos (1992), o termo caracterização descreve aqueles aspectos da composição e da estrutura (incluindo defeitos) de um material, os quais são significativos para uma preparação específica ou estudo de propriedades e que são necessários e suficientes para a reprodução do material em qualquer escala de produção.

Cerâmica vermelha é a designação geral empregada para produtos cerâmicos que apresentam um corpo cerâmico de cor vermelha, usualmente empregados como material cerâmico em construção civil (Ferreira, 1972a).

Segundo estudos realizados por Souza Santos (1992), antes de se fazer uma caracterização das argilas, é necessário que se faça uma amostragem das argilas em estudo.

2.3.1.1 - Amostragem para os Ensaios de Caracterização

Existem três métodos de amostragem de argilas para estudos tecnológicos: a) amostragem de jazidas ou depósitos de argilas; b) amostragem da argila "bruta" (caso em que a argila já foi sendo extraída ou está sendo entregue para o consumo) e c) amostragem de argila moída e acondicionada em embalagens.

a) A amostragem de jazidas ou depósitos de argilas pode ser feita com dois objetivos diferentes que correspondem aos casos denominados como *amostragem preliminar* e como *amostragem extensiva*.

A *amostragem preliminar* é aquela que é feita quando se deseja obter uma informação prévia, superficial, sobre as características da argila, sem importar o tamanho da jazida, nem o valor econômico da mesma. Essa amostragem não deve ser utilizada quando existe um interesse na aquisição da jazida, por não ser representativa; para esse fim utiliza-se a amostragem extensiva.

Há alguns métodos de se realizar a amostragem preliminar. Entre eles, podemos citar as amostragens preliminares de barrancos ou cortes de estrada, extensivas e afloramentos.

Amostragem de barrancos ou cortes de estrada, no caso de barrancos, limpa-se a superfície externa do mesmo, de modo a expor a camada superficial de solo arável ou terra e abaixo desta, as camadas de argila ou outra rocha, de modo a se poder diferenciar as várias camadas por quaisquer das características a seguir: cor, textura (arenosa, plástica ou macia ao tato) e presença de fragmentos de rocha, detritos ou quaisquer outros indícios que permitam uma diferenciação inequívoca das diversas camadas.

Feito isso, desenha-se um esquema do barranco com as diversas camadas, anotando-se suas formas (horizontal ou inclinada) e fazendo-se uma média aproximada da espessura das várias camadas expostas, juntando essas informações com a amostra e enviando ao laboratório a fim de solicitar os ensaios tecnológicos sobre as argilas. De cada camada de argila retira-se um bloco de $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$, de cada 4 m, ao lado do comprimento do barranco e de cada 4 m de altura na direção perpendicular ao plano da camada de argila, em toda sua extensão. Juntam-se todos os blocos correspondendo à mesma camada de argila, em um único monte que é deixado secar ao ar e ao sol, até ser possível desagregar os torrões em fragmentos de 3 a 5 cm de diâmetro. Não se deve secar a argila em fornos ou estufas porque as propriedades das argilas são alteradas.

Feito isso, homogeneizam-se as amostras de cada camada, separando-se, em seguida, 50 kg da argila seca ao ar, a fim de submetê-las a ensaios através de quarteação. As amostras devem ser acondicionadas em sacos resistentes e de malha fina, etiquetados externamente com o nome do interessado e a localidade de onde veio a argila, e com o nome da argila. Dentro do saco, deve vir uma outra etiqueta igual à externa para o caso de perda ou troca das etiquetas externas.

Afloramentos, no local do afloramento de argila, limpa-se uma área de 1 m^2 , retirando-se vegetação, pedras e todo o solo arável dessa área até aparecer argila; retira-se a argila da escavação fazendo um monte até que mude de cor ou textura e comece nova camada ou termine a camada de argila, fazendo-se montes diferentes para cada camada. Cada monte é então tratado

como no ítem anterior para o preparo da amostra a ser enviada ao laboratório. Caso haja problema de tempo ou de pessoal, o orifício de sondagem pode ser menor e executado com um trado. Contudo, a amostra enviada para ensaios não pode ser inferior a 50 kg.

Amostragem extensiva, a amostragem extensiva é feita geralmente em áreas grandes onde se pretende fazer um levantamento geral da viabilidade de propriedades tecnológicas e cubagem da jazida. O terreno onde se supõe haver um barreiro é pesquisado exploratoriamente com perfurações feitas com trado para marcar os limites ou contorno da jazida e se obter sua forma geométrica aproximada. Faz-se um esquema em planta da jazida e determina-se, no caso de se iniciar a extração da argila, qual seria a frente mais conveniente para exploração, em função de fatores econômicos, como facilidade para o acesso aos meios de transporte da argila extraída, movimento de água, remoção de rochas e solo e outros.

No terreno, traça-se uma linha reta referente à frente de exploração e traçam-se retas perpendiculares a essa frente de exploração distando de 20 m entre si (caso de áreas pequenas) e 50 m (caso de grandes áreas), onde a direção dessas retas é a direção em que seria feita a exploração da jazida; numeram-se essas linhas da esquerda para a direita, com os números 1, 2, 3, 4 e assim por diante, de modo que a jazida toda dentro desse quadriculado. A área da jazida está então dividida em quadrados de 20 x 20 m², ou de 50 x 50 m² conforme o caso, e cada vértice do quadrado recebe um número que vai de 1 em diante, para que cada vértice de cada quadrado no terreno seja caracterizado por dois números: o primeiro indica o número de ordem na direção perpendicular à da frente de exploração e o segundo indica o número de ordem na direção paralela à direção da frente de exploração. Cada vértice é marcado com um piquete de madeira fincado ao solo, onde são marcados os números de identificação do vértice do quadrado e o local onde o furo de sondagem foi feito. Cada vértice é tratado como se fosse o caso de um afloramento; é anotada para cada furo a altura das camadas de argilas, cores respectivas ou outras características indicativas. As amostras de cada camada de argila são recolhidas e transportadas para um depósito, procurando-se uma homogeneização da camada, o que pode ser feito pelo empilhamento horizontal e vertical das amostras que provêm de uma mesma linha de vértices de

quadrados, ou seja, daqueles furos que têm o mesmo prefixo. Após ser feita a homogeneização dos torrões por secagem ao ar, faz-se uma amostragem por escavação ao longo de toda a altura do depósito, cobrindo de metro em metro toda a área; essa amostra é, então, separada por quarteação e são enviados 50 kg para ensaio no laboratório, com os mesmos cuidados já citados.

Esse tipo de amostragem é caro e trabalhoso, porém fornece a melhor amostra média, representativa de cada camada de argila existente na jazida e permite avaliar o volume total de argila que pode ser explorada, apresentando a vantagem adicional de produzir uma amostra média de várias toneladas, o que permite a remessa de amostras grandes, todas iguais entre si, para possíveis compradores ou para ensaios em escala piloto ou semi-industrial.

b) Amostragem de argila bruta. A argila bruta deve ser amostrada na ocasião da carga ou descarga dos veículos de transporte, sendo os locais mais convenientes para a coleta das amostras saídas do processo de beneficiamento ou do processo físico (sem separações de frações) ou os pontos de carga ou descarga de quaisquer tipos de transportadores, automáticos ou não.

A coleta da amostra pode ser feita com pá ou por qualquer outro processo mecânico que permita a retirada de frações iguais. A coleta dessas frações deve ser feita de modo regular e sistemático, a fim de que a amostra seja retirada com a mesma frequência com que o material é embarcado e de modo que uma unidade da amostra bruta corresponda a uma unidade do embarque e desembarque. Das diversas partes do vagão ou caminhão retiram-se frações de aproximadamente 5 kg cada uma, de modo que pelo menos a metade das frações seja retirada dos terço inferior do vagão ou caminhão e que a outra metade das frações seja retirada dos terços restantes. A amostra não deve ser inferior a 1% do total do embarque; em seguida, homogeneiza-se esta amostra de argila bruta, separando-se 50 kg por quarteação, enviando-os para ensaios de laboratório com os mesmos cuidados descritos anteriormente.

c) Amostragem de argila moída, se esta é embarcada solta, deve ser feita durante a carga ou descarga; se está acondicionada, todos os componentes de cada embarque devem ser marcados nos respectivos acondicionamentos ou através de etiquetas que permitam distingui-los de outros componentes de embarques diferentes. Se a amostra está acondicionada em barris, tambores ou

sacos, uma abertura deve ser feita de 1% dos mesmos, tomados ao acaso, e uma fração do conteúdo deve ser retirada com o auxílio de um amostrador e reunidas para formar a amostra. Da amostra homogeneizada são separados 50 kg por quarteação, a fim de ser enviados para ensaios tecnológicos. Tratando-se de produto comercial, pode ser feito um acordo entre o fornecedor e o comprador e ser aceita como amostra representativa do embarque um único saco, tambor ou barril da argila moída. Esse saco, tambor ou barril poderá ser retirado por um dos interessados e enviado para ensaios no laboratório. Em qualquer dos casos, o conteúdo não deve ser inferior a 50 kg e deve ser identificado com os cuidados citados anteriormente.

2.3.1.2 - Identificação Mineralógica

Para a realização dos ensaios de identificação mineralógica se faz necessário a execução dos ensaios de análise térmica diferencial; índices de Atterberg (limite de plasticidade, limite de liquidez e índice de plasticidade) e análise granulométrica.

Análise Térmica Diferencial - Em linhas gerais, o método da análise térmica diferencial consiste no aquecimento, em velocidade constante, do material argiloso juntamente com um material termicamente inerte, geralmente óxido de alumínio alfa (corindon) e no registro das diferenças de temperatura entre a amostra e o material inerte em função da temperatura. Os termogramas obtidos são representados graficamente colocando-se em abcissas as temperaturas, em ordenadas positivas as transformações exotérmicas, e em ordenadas, abaixo da linha de base, as transformações endotérmicas. Pela posição, forma e intensidade dos picos endo e exotérmicos dos termogramas é possível identificar com bastante precisão argilominerais puros. Contudo a análise térmica diferencial é de uso restrito no caso de misturas de argilominerías, devido ao fato de a posição e a intensidade dos picos de transformações endo e exotérmicas serem alteradas pelas misturas. As técnicas de análise térmica diferencial permitem medir as mudanças de uma propriedade física ou química de uma substância ou material em função da temperatura (Souza Santos, 1992).

Índices de Atterberg - Segundo Caputo (1994), para os solos em cuja textura haja uma certa porcentagem de fração fina, não basta a granulometria para caracterizá-los, pois suas propriedades plásticas dependem do teor de umidade, além da forma das partículas e da sua composição química e mineralógica. A *plasticidade* é uma propriedade fundamental das argilas e aparece pela adição de uma quantidade de água adequada, formando uma massa pastosa, que tem a característica de manter a forma, após retirada de esforço deformante. A quantidade de água para o início do fenômeno denomina-se de *limite de plasticidade*, e para o fim do fenômeno, de *limite de liquidez*. Esses dois pontos são conhecidos como índices de Atterberg (Ferreira, 1972a). E a diferença entre os limites de liquidez e de plasticidade denomina-se *índice de plasticidade*, o qual define a zona em que o solo se acha no estado plástico e, por ser máximo para as argilas e nulos para as areias, fornece um critério para se ajuizar o caráter argiloso de um solo; assim, quanto maior o índice de plasticidade, mais plástico será o solo (Caputo, 1994).

Análise Granulométrica - A composição granulométrica em peneiras destina-se a determinar, por via úmida ou seca, a distribuição percentual dos tamanhos de partículas de materiais pulverulentos, até dimensões da ordem de 44 μm que correspondem à peneira ABNT nº. 325 (0,044 mm) e para avaliação de grandezas dificilmente quantificáveis como mobilidade e desagregabilidade. Determinações em peneiras com aberturas inferiores a 44 μm são possíveis, porém pouco freqüentes (Ferreira, 1972a).

É de se esperar que algumas propriedades dos solos sejam alteradas com a manipulação mecânica durante o ensaio, como por exemplo os índices de Atterberg. Isto se deve principalmente à quebra das estruturas granulares com conseqüente aumento dos finos e da superfície específica que aumenta a absorção de água e levaria a um aumento do índice de plasticidade (Lima, 1983).

Para Souza Santos (1992), um termo utilizado em análise granulométrica é a "fração argila", a qual é a fração de uma argila que contém as partículas de menores diâmetros, geralmente inferior a 2 μm . A maior dimensão das partículas da "fração argila" é definida de maneira diferente em diferentes ramos da ciência. Em estudos de solos, a tendência usual é de usar 2 μm como o limite superior de dimensões da "fração argila".

2.3.1.3 - Ensaio Tecnológicos

Para a realização dos ensaios tecnológicos se faz necessária a execução dos ensaios preliminares (cor e característicos cerâmicos), ensaios completos e ensaios específicos.

Ensaio Preliminares - Os ensaios preliminares de argilas para uso em cerâmica vermelha realizados em laboratório são feitos através de corpos de prova de perfil retangular de $6,0 \times 2,0 \times 0,5 \text{ cm}^3$, moldados sob pressão de 200 kgf/cm^2 em massa semi-seca. Com esses corpos de prova é possível se verificar a cor e medir os seguintes característicos cerâmicos, após secagem a 110°C e queima: retração linear; tensão de ruptura à flexão; absorção de água; porosidade aparente; massa específica aparente; e perda ao fogo. Os corpos de prova são queimados em atmosfera oxidante, em temperaturas de 900°C , 1000°C e 1100°C , as quais cobrem a faixa de temperaturas dos fornos industriais comuns para queima de materiais cerâmicos de construção civil. Determinadas as características cerâmicas das argilas no estados natural e após queima da massa cerâmica prensada, comparam-se os valores medidos com os valores limites recomendados por Souza Santos (1992), para que uma massa cerâmica possa ser utilizada na fabricação de produtos de cerâmica vermelha.

Ensaio Completos - Segundo descreve Souza Santos (1992), este método de ensaio recomendado pela American Ceramic Society, consiste em moldar corpos de prova em forma de barras prismáticas de dimensões de $20 \times 2 \times 1 \text{ cm}^3$ e $6 \times 2 \times 0,5 \text{ cm}^3$, manualmente e por extrusão em massa plásticas, que correspondem aos tipos de massas cerâmicas de uso corrente para a moldagem de tijolos maciços, tijolos furados e telhas. Os corpos de prova são secos ao ar, depois em estufa a 110°C e queimados em atmosfera oxidante na temperatura de 950°C , que é a temperatura utilizada correntemente na queima de materiais de construção civil e são frequentemente utilizadas, as temperaturas 1050°C , 1150°C e 1250°C , quando for necessário, nas mesmas condições usadas para os corpos de prova moldados por prensagem. Uma vez determinadas as características cerâmicas, comparam-se os valores medidos

com os valores-limites recomendados, determinados em laboratório (Barzaghi e Salge, 1982), para que uma massa cerâmica possa ser usada para a fabricação de tijolos e telhas.

Ensaio Específicos - São os ensaios realizados no tijolo de dimensões reais, os quais constam da produção em escala de laboratório do produto acabado ou de formulações que permitam avaliar o comportamento da matéria prima em estudo, segundo os métodos especificados nas normas da ABNT, onde são discriminados os seguintes ensaios. Características visuais e geométricas (forma e dimensões), segundo a NBR 7171(1992) - especificação. Características físicas (absorção de água), conforme o que consta na NBR 8947(1985) - método de ensaio. E características mecânicas (resistência à compressão simples), de acordo com o que determina a NBR 6461(1983) - método de ensaio. Além dos métodos de ensaios especificados pela ABNT, existem capitais brasileiras que têm seus próprios métodos de ensaios específicos, a exemplo da Prefeitura Municipal de São Paulo.

2.3.2 - Argilas para Fabricação de Tijolos

Estudos realizados por Durães (1983b), demonstra que as argilas, para terem emprego na fabricação de tijolos, devem ter valor médio ou elevado para a tensão ou módulo de ruptura à flexão, antes e após a queima. Costumam apresentar cor vermelha, após a queima em baixas temperaturas (geralmente 950°C, que é a temperatura usual de queima para esse tipo de produto), com um mínimo de trincas e empenamentos. Elevados teores de ferro divalente, elementos alcalinos e alcalinos-terrosos são prejudiciais pelo fato de causarem uma excessiva retração, reduzir a faixa de vitrificação e causar colorações indesejáveis. As argilas aqui utilizadas devem ter as seguintes características:

- **Plásticas**, argilas que, adicionadas de quantidade adequada de água, passam ao estado pastoso, e se deixam moldar facilmente por extrusão, conservando a forma moldada até a secagem, quando se tornam mecanicamente duras e bastante resistentes. A pasta moldável não deve apresentar-se arenosa ao tato;

- **Ferruginosas**, argilas que contêm uma porcentagem de até 5% de óxidos ou hidróxidos de ferro. Os óxidos de ferro, até o limite máximo de 5%, são benéficos, dando aos tijolos a coloração avermelhada desejada, além de facilitar a ceramização durante a queima;
- **Fundentes**, argilas que contêm impurezas de metais alcalinos, que lhes fornecem propriedades de sinterização à baixa temperatura. A presença dessas impurezas na argila permite que os tijolos sejam queimados a temperaturas mais baixas com economia de combustíveis e tempo de queima;
- **Silicosas ou magras**, argilas que contêm alto teor de anidrido silícico. São utilizadas para reduzir a plasticidade excessiva das argilas plásticas fortes ou gordas. Entretanto, o excesso de argila silicosa enfraquece o tijolo, aumentando sua porosidade após a queima.

2.3.3 - Argilas para Fabricação de Telhas

As argilas, para serem utilizadas na fabricação de telhas, devem possuir as seguintes características: plasticidade adequada para a moldagem; tensão ou módulo de ruptura à flexão elevado, quando secas, para permitir o manuseio durante a fabricação e após a secagem; porosidade aparente e absorção de água baixas para não permitir a permeação de água; ausência de trincas e empenamentos, após secagem e queima. Este tipo de argila ainda costuma apresentar cor vermelha após queima a cerca de 950°C, uma tensão de ruptura elevada ($\geq 6,5$ MPa, após queima, segundo Barzaghi e Salge (1982)) uma larga faixa de vitrificação e retração uniforme para proporcionar um bom controle das dimensões finais do produto acabado.

A cor vermelha da argila, após queima, é um dos fatores principais para a aceitação de uma argila para fabricação de telhas, devido ao fato do mercado brasileiro exigir, em geral, telhas de cores vivas, variando de alaranjado ao vermelho. Entretanto, existem argilas pobres em ferro que podem produzir telhas de cores claras com características cerâmicas satisfatórias para a

fabricação de telhas. Argilas quaternárias recentes e antigas são utilizadas para essa finalidade (Souza Santos, 1992).

2.3.4 - Argilas para Fabricação de Ladrilhos de Piso

São argilas plásticas e folhelhos argilosos, de fácil moldagem, com elevados teores de ferro e de metais alcalinos, que vitrificam a temperaturas relativamente baixas, sem tendência a empenar. A cor vermelho-viva, sem manchas escuras (após queima entre 1000°C e 1100°C, que é faixa de temperaturas de queima usual), é uma característica desejável, além dos valores baixos da absorção de água e porosidade aparente, geralmente abaixo de 5%, devido ao elevado grau de vitrificação atingido, o qual dá origem a uma elevada resistência à abrasão. A faixa de vitrificação deve ser a maior possível (acima de 50°C) para assegurar uniformidade de cor e de dimensões aos ladrilhos de piso (Souza Santos, 1992).

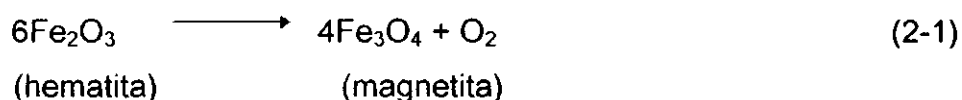
2.3.5 - Argilas para Fabricação de Manilhas Vidradas

São argilas de fácil extrusão, de elevada resistência mecânica à compressão no estado úmido para não se deformar sob o peso próprio. Devem ter uma composição química conveniente para absorver sal ou um vidrado fundido para produzir uma camada de vidro (esmalte cerâmico) uniforme e sem trincas. Geralmente são utilizadas argilas do mesmo tipo das usadas para fabricação de telhas e folhelhos argilosos não muito ricos em fundentes, de boa extrudabilidade (Owen e Worrall, 1960 - apud Souza Santos, 1992, op. cit).

2.3.6 - Argilas para Fabricação de Agregados Leves

Apesar da complexidade dos requisitos necessários a uma argila adequada para a fabricação de agregados leves, algumas generalizações

existem na literatura (Bauer, 1948; 1949 - apud Souza Santos, 1992, op. cit), que permitem orientar o presente estudo. Segundo a literatura, procura-se estabelecer uma composição química de argilas e folhelhos argilosos com a propriedade de inchar ou não entre as temperaturas de 1100°C e 1350°C. O material argiloso deve possuir um mineral que libere gás nessas temperaturas para produzir o inchamento. A reação mais importante para a produção de gás no inchamento pirolástico de argilas é a reação expressa pela equação:



O óxido férrico é produzido pela limonita ou hematita presente na argila natural, ou pela decomposição, com ou sem oxidação, de composto ferrosos ou férricos, incluindo biotita, anfibólios, basaltos, diabásicos e argilominerais cloríticos, ilíticos, montmoriloníticos e vermiculíticos, isolados ou em camadas mistas, existentes nas argilas. Esses requisitos representam uma contribuição da pesquisa no sentido de fornecer uma previsão do uso provável da argila na fabricação de agregados leves (Souza Santos, 1992). Portanto, as argilas e folhelhos argilosos mais promissores para fabricação de agregados leves são aqueles ricos em illita-montmorilonita, vermiculita, clorita, paligorsquita e sepiolita. Esses argilominerais se aproximam dos limites estabelecidos por Riley (1951 - apud Souza Santos, 1992, op. cit), e contêm teores elevados de ferro no reticulado cristalino, ou como óxido e hidróxidos de ferro para liberar oxigênio nas temperaturas e condições adequadas.

Estudos realizados por Souza Santos (1966) concluem que o critério preliminar para o ensaio de argilas para agregados leves baseia-se no aumento de volume apresentado pelas amostras, após aquecimento a 1350°C entre 3 e 10 min, resultando em massa específica aparente abaixo de 1,0 g/cm³.

2.4 - Tijolos

A NBR 7171(1992) define tijolos como sendo blocos para confecção de alvenaria que possuem furos prismáticos e/ou cilíndrico perpendiculares às faces que os contém. Tais blocos são fabricados basicamente com argila, conformados por extrusão e queimados a uma temperatura que permite ao produto final atender às condições normalizadas. Podem ser classificados em blocos de vedação ou estruturais. Os blocos de vedação, são aqueles que não têm a função de suportar outras cargas verticais além do seu peso próprio e pequenas cargas de ocupação. Enquanto os estruturais são blocos projetados para suportarem cargas verticais além do seu peso próprio, compondo o arcabouço estrutural da edificação.

Os blocos de cerâmica vermelha são o resultado do processamento de argilas geralmente ricas em óxidos de ferro contendo ilitas e/ou montmorilonitas apresentando assim alta plasticidade. Estas argilas, devido a quantidade de álcalis (2% a 5%) e ao pequeno tamanho de partículas, são sinterizáveis a baixas temperaturas (800°C a 1000°C), tendo no entanto uma faixa de vitrificação relativamente curta ($\cong 50^\circ\text{C}$). A plasticidade favorece o processo de extrusão e a resistência mecânica resultante é decorrente da:

- qualidade de extrusão (homogeneização, umidade da massa e nível de vácuo);
- temperatura e tempo de queima, segundo estudos experimentais realizados por Baldo (1990).

Segundo Abiko (1984), há um aumento considerável da resistência à compressão simples do tijolo quando os furos são redondos e passam para furos quadrados. O mesmo foi comprovado por Queirós (1995), em seus ensaios físico-mecânicos realizados com tijolos comercializados na cidade de Natal, RN.

2.4.1 - A Indústria e o Processo Produtivo

Antes de qualquer tentativa para descrever o processo de fabricação de tijolos, é necessário examinar rapidamente a origem e a natureza da argila. A tecnologia da fabricação do tijolo está intimamente ligada às propriedades inerentes da argila, e é, portanto, importante ter uma compreensão básica da matéria-prima (Bruni, 1982).

A indústria de tijolos é um dos constituintes do grupo industrial "cerâmica vermelha", que abrange a fabricação de todos os produtos de barro ou argila destinados à construção civil, bem como, as telhas, as manilhas, os pisos rústicos, etc, (Durães, 1983a).

A grande maioria das olarias no Brasil compreende pequenas ou artesanais indústrias de tijolos maciços feitos à mão, mal cozidos e de qualidade inferior, comercializados com sérios inconvenientes para a construção civil, em razão da escassez existente no mercado de produtos de qualidade (Durães, 1983a). Caminha (1975), objetivando o estudo de alguns aspectos dos mercados regionais, mostrou que as indústrias bem dimensionadas que operavam nesse setor com produtos de boa qualidade, de durabilidade média estimada entre 40 e 60 anos, produziam um mínimo de 200.000 a 300.000 peças por mês e raras eram as empresas que chegavam a fabricar 2.000.000 de telhas/tijolos mensais. A proporção entre telhas e tijolos variava de indústria para indústria e em média, eram produzidos cinco tijolos furados (ou equivalente) para uma telha francesa (ou equivalente).

A indústria não exige mão-de-obra especializada. Como na maioria dos casos, trata-se de pequenos estabelecimentos, dispersos por uma área enorme e com um volume de produção individual bastante limitado. Tais olarias não podem nem pensar em admitir um engenheiro ou químico em sua organização, nem cogitar de equipar um modesto laboratório para que haja um controle analítico e técnico das matérias primas e dos produtos acabados, como ocorre nas indústrias de maior porte (Gross, 1957). Sendo assim, é recomendável a contratação de um gerente ou encarregado da produção que já tenha alguma experiência em instalações desse tipo (Durães, 1983a).

Segundo Durães (1983c), o controle de qualidade dos produtos de cerâmica vermelha se resume quase que exclusivamente a inspeções visuais, durante o processo de fabricação, e que, se iniciam na seção de corte dos tijolos, na extrusão do bloco de argila e na saída da boquilha da maromba.

Estudos recentes realizado por Lates (1994), cita os pontos críticos da indústria de cerâmica estrutural, que são perfeitamente identificáveis, como:

- 1 - redução de perdas industriais ao longo do processo produtivo;
- 2 - redução do consumo energético nas fases da secagem e queima;
- 3 - redução das perdas na carga, descarga e entrega de materiais.

2.4.2 - Características do Mercado Consumidor

Os consumidores desse setor são as firmas construtoras de edifícios públicos e particulares e de pequenas obras individuais. Esses produtos utilizados por essas firmas são encontrados nas próprias olarias, além das revendedoras de materiais de construção civil, sendo efetuada essas vendas de forma direta para as mesmas (Souza Santos, 1992).

A produção de cada olaria, deverá ser comercializada num raio de 30 a 100 km da olaria, pois, para distâncias maiores, tornam-se anti-econômicas. Para distâncias maiores, o transporte fluvial, se possível, pode tornar competitivo a comercialização desses materiais do âmbito nacional. Os tijolos raramente são exportados devido ao custo de transporte muito elevado, bem como raramente são importados por razões idênticas (Souza Santos, 1992).

Em países onde o tijolo de alvenaria é de uso comum, as olarias existentes são as de competição mais importantes. As fábricas modernas poderão competir com as pequenas olarias artesanais, se houver um mercado intensivo concentrado em uma pequena área urbana. Em mercados fora do raio de entrega usual, os pequenos produtores operam com margem reduzida de lucro. Dentro do raio competitivo, os blocos de concreto e sílica-cal, além de materiais novos, podem competir de forma a influir no mercado de materiais de construção. Em algumas áreas, o tijolo de alvenaria pode substituir a madeira se esta se tornar escassa. há É difícil generalizar o mercado adequado para as

olarias devido à variedade de materiais de construção civil e à diversidade de países (Souza Santos, 1992).

Cerca de 30% da produção da indústria de cerâmica estrutural é destinada às construtoras, e outros 70% são consumidos pelos revendedores de materiais para construção civil (Anônimo, 1994).

2.4.3 - Normalização

Para as matérias-primas não existem normas regulamentadoras oficiais em vigor no país, com relação a seus ensaios de caracterização e tecnológicos. Para os ensaios de caracterização de argilas realizados neste trabalho, foram utilizados os ensaios descritos por Souza Santos (1992). Para os ensaios referentes às características dos tijolos foram utilizadas as normas brasileiras NBR 6461(1983), NBR 8947(1985) e NBR 7171(1992).

A norma 7171 define outras propriedades importantes no estudo dos blocos cerâmicos como:

- tolerância dimensional: ± 3 mm,
- desvio de esquadro: 3 mm,
- empenamento: 3 mm,
- absorção de água E: $8 \leq E \leq 25\%$.

Segundo Neves (1994), objetivando conhecer a qualidade dos blocos cerâmicos comercializados e empregados nas obras em Salvador, BA, constatou que todos os blocos apresentavam dimensões diferentes do padrão e não atenderam aos critérios de verificação da forma. No trabalho realizado por Dias (1994), constatou-se também que 100% dos blocos cerâmicos vendidos em Uberlândia, MG, não atenderam às especificações da ABNT. O mesmo aconteceu com os ensaios técnicos realizado por Queirós (1995), objetivando conhecer a qualidade dos blocos cerâmicos comercializados na cidade de Natal, RN, quando todas as amostras analisadas apresentaram dimensões fora do padrão estabelecido pela ABNT.

Um dos meios encontrados pelo setor de construção civil para valorizar seus produtos, tornando-os cada vez mais eficientes, foi a adoção de normas

técnicas em seus processos de produção. Atualmente, cerca de 80% das indústrias produtoras de tijolos e telhas localizadas em São Paulo (de um total de 600) já estão bem adiantadas no processo de aquisição de certificados de qualidade. Para isso, tiveram de realizar algumas mudanças em seus processos produtivos. Entre as transformações, destacam-se o aperfeiçoamento dos fornos para obter-se uma queima mais homogênea, uso de matéria-prima de melhor qualidade e melhoria dos seus processos de queima para favorecer a sinterização do material. Tais alterações influenciam diretamente a composição e apresentação do produto, que hoje já apresenta resistência, espessura de parede, medidas e formato de acordo com as especificações da ABNT. Os empresários do setor estão indicando no produto o nome do fabricante, a localização da empresa responsável (cidade) e as dimensões do produto. Essa iniciativa vem gerando maior credibilidade em relação aos tijolos e telhas produzidos na região, pois fornece ao usuário um conjunto de informações importantes e decisivas no momento da compra, e atesta o nível de qualidade daquilo que está sendo comercializado. A redução do desperdício é outra vantagem obtida com o atendimento às normas técnicas e com a melhoria de qualidade da cerâmica vermelha. O produto normalizado favorece uma diminuição do preço de alvenaria final por metro quadrado, pois o volume de perdas é drasticamente reduzido e contribui para economia no revestimento. O apoio dos fabricantes de máquinas e equipamentos vem auxiliando muito o setor nesta caminhada em busca da qualidade. Em virtude da dificuldade de se adquirir fornos novos, realizam-se aprimoramentos técnicos que tornam o equipamento mais eficiente. Além disso, procedem-se periodicamente as manutenções preventivas para assegurar o bom nível de funcionamento do maquinário (Anônimo, 1994).

2.4.4 - Propriedades e Características de Tijolos Furados

As características dos tijolos furados produzidos no Brasil são: características visuais, geométricas e físico-mecânicas, segundo as

especificações constantes na NBR 7171(1992). Nas características visuais, os tijolos não devem apresentar defeitos sistemáticos, como trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e não uniformidade na cor. Nas características geométricas (forma e dimensões), os tijolos furados devem possuir a forma de um paralelepípedo retângulo, com suas dimensões sendo relacionadas na Tabela 2-1, abaixo. E nas características físico-mecânicas (absorção de água e resistência à compressão), os tijolos devem ter uma faixa de valores de 8 a 25% de absorção de água e não devem apresentar valores de resistência à compressão simples inferior a 1,0 MPa ($\cong 10 \text{ kgf/cm}^2$).

Tabela 2-1

Dimensões nominais dos blocos de vedação e estruturais comuns,
NBR 7171(1992)

Tipo ^(A) L x H x C (cm)	Dimensões Nominais (mm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
10 x 20 x 20	90	190	190
10 x 20 x 25	90	190	240
10 x 20 x 30	90	190	290
10 x 20 x 40	90	190	390
12,5 x 20 x 20	115	190	190
12,5 x 20 x 25	115	190	240
12,5 x 20 x 30	115	190	290
12,5 x 20 x 40	115	190	390
15 x 20 x 20	140	190	190
15 x 20 x 25	140	190	240
15 x 20 x 30	140	190	290
15 x 20 x 40	140	190	390
20 x 20 x 20	190	190	190
20 x 20 x 25	190	190	240
20 x 20 x 30	190	190	290
20 x 20 x 40	190	190	390

(A) - Medidas Conhecidas Comercialmente

2.5 - Argilas para Cerâmica Vermelha no Estado da Paraíba

2.5.1 - Estudos Realizados

É bem reduzido o número de estudos publicados sobre as propriedades físicas, químicas e tecnológicas de argilas para cerâmica vermelha do Estado da Paraíba, (principalmente sobre as propriedades tecnológicas), visando à utilização industrial, realizados pelas instituições tecnológicas da região. Barros e Santos (1967) realizaram um pequeno estudo de uma argila de Campina Grande para uso industrial, no Instituto Tecnológico da Universidade Federal da Paraíba. Ferreira (1972b) publicou estudos realizados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo sobre argilas, caulins e feldspatos da província pegmatítica da Borborema, abrangendo os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte. Recentemente, Macêdo et al (1994 e 1996) publicaram trabalhos realizados no DEMa/CCT/UFPB, com argilas de diferentes bacias hidrográficas do Estado, visando a sua aplicação na fabricação de produtos de cerâmica vermelha. Há também pequenos estudos realizados pelos alunos bolsistas de Engenharia de Materiais do CCT/UFPB, onde estudam argilas do Estado através de ensaios de laboratórios que têm por finalidade obter uma caracterização tecnológica de argilas para uso em cerâmica vermelha, conforme Costa et al (1996a e 1996b) e Costa, Santana e Figueiredo (1996). Tais estudos consistem de ensaios de caracterização tecnológica pela determinação da composição mineralógica, incluindo análise química, análise térmica, difração raios-X, composição granulométrica por peneiras, índices de Atterberg e de ensaios preliminares.

Na Paraíba, as argilas utilizadas para fabricação de tijolos maciços, tijolos furados e extrudados, telhas de vários tipos, lajes para cobertura, lajotas, manilhas e objetos como vasos de ornamentação e talhas para água, são normalmente argilas quaternárias, de deposição recente em várzea e margens de rios. Trata-se geralmente de indústria local artesanal, localizada em torno dos núcleos urbanos.

O consumo de argila para usos cerâmicos tornou-se difícil de ser quantificado, dada a existência de grande número de cerâmicas e de inúmeras pequenas olarias informais instaladas em praticamente todos os centros urbanos do Estado.

Os depósitos de argila do Estado da Paraíba ainda não foram suficientemente estudados para se ter uma visão mais precisa de sua extensão. O Anuário Mineral Brasileiro de 1979 registra que, em 1978, foram medidas reservas da ordem de 7.346.000 t.

Estimativas realizadas com base na Pesquisa de Mercado de Bens Minerais e dados fornecidos pela CINEP - Companhia de Industrialização do Estado da Paraíba - revelaram, em 1977, um consumo da ordem de 588 mil toneladas de argila pelas indústrias localizadas na periferia dos dois maiores mercados consumidores, João Pessoa e Campina Grande.

Para uso na indústria de construção civil, os produtos cerâmicos encontram a concorrência dos premoldados e agregados de cimento. Observa-se que o crescimento da indústria cerâmica vermelha está diretamente vinculado à expansão da indústria de construção civil; alterações nesse setor, muitas vezes estimuladas por programas do SFH - Sistema Financeiro de Habitação -, correspondem à melhoria da demanda de produtos cerâmicos (Anônimo, 1979).

2.5.2 - Indústria e Investimentos

Geralmente a indústria de cerâmica vermelha, no Estado da Paraíba, é de pequeno porte, funcionando com estrutura quase que artesanal. Contrastando com a maioria, há empresas que fizeram grandes investimentos em infra-estrutura produtiva, mas não se dedicaram à qualificação da mão-de-obra, fazendo com que o rendimento continue sendo muito similar ao de empresas mais artesanais.

Devido às exigências do mercado e ao aparecimento de materiais alternativos, as empresas do setor, salvo algumas exceções, passam por uma fase em que sua evolução é decisiva para a própria sobrevivência. Para que essas indústrias experimentem evolução, é necessária a solução de problemas

que vão desde a extração da matéria-prima até a comercialização do produto final.

Entre as dificuldades que emperram o desenvolvimento das indústrias de cerâmica vermelha do Estado da Paraíba destacam-se irregularidade na atividade extrativa da lenha e argila; anormalidades trabalhistas; falta de planejamento; dificuldades no gerenciamento; desperdício de matéria-prima, energia e combustível; inexistência de linhas de crédito específicas; desconhecimento da normalização dos produtos finais; falta de controle de qualidade e processos tecnológicos antiquados.

Operando sem rentabilidade, na conjuntura atual, muitas empresas deste segmento caminham para o sucateamento, a não ser aquelas consideradas "empresas marginais", isto é, aquelas que têm poucas preocupações com a qualidade, com o fisco e com os empregados, e por essa razão, estão tendo as maiores chances de sobrevivência.

Faltam recursos para se investir em máquinas mais eficientes, em fornos mais econômicos e em novos processos - os atuais são muito empíricos - que facilitam o controle de qualidade. As linhas de créditos atualmente existentes para a compra de equipamentos, nas quais a FINAME entra com 50% do valor, não contemplam as necessidades da maioria das indústrias do setor, impossibilitadas de bancar o restante com recursos.

Outro aspecto em que o setor ainda tem de aperfeiçoar bastante é o do uso rigoroso de normas e padrões. Neste ponto, os próprios usuários carecem de conscientização. No segmento de revenda, a preocupação com o baixo preço predomina em detrimento da qualidade e da observância de normas, sem que se analise se essa solução possa ser mais onerosa a médio e longo prazo. Esse fato ocorre comumente nas regiões de periferias, mas há uma necessidade de disseminar informações quanto a padrões dos produtos de cerâmica vermelha mesmo nos órgãos governamentais e universidades.

2.5.3 - Matérias-Primas no Estado da Paraíba

As boas características do produto final dependem fundamentalmente da qualidade da matéria-prima utilizada (Anônimo, 1980).

As argilas, que são as matérias-primas básicas da indústria cerâmica, estão amplamente distribuídas no Estado da Paraíba, chegando a formar reservas com qualidade e volume apreciável, que sustenta o parque cerâmico paraibano - na produção de tijolos, telhas, ladrilhos de piso, filtros, talhas, louças domésticas, e outros produtos. Em grande quantidade ocorrem também argilas que apresentam diferentes teores de impurezas, como disseminações de quartzo, micas, matéria orgânica, fragmentos de rochas, hidróxidos de ferro e outros. Essas argilas são amplamente utilizadas por empresas atuantes na área da cerâmica vermelha.

As fábricas dos produtos de cerâmica vermelha estão, de um modo geral, próximas às fontes de matérias-primas e ao mercado consumidor.

Acreditamos que o desenvolvimento do comércio dessas matérias-primas somente seja viável com a melhoria da qualidade desses produtos visando a sua maior valorização.

2.5.4 - Produção de Tijolos e Telhas Cerâmicas no Estado da Paraíba

A produção estimada das indústrias de cerâmica vermelha no Estado da Paraíba é de aproximadamente 15 milhões de unidade/mês de tijolos e de 4 milhões de unidades/mês de telhas, segundo Andrade (1996).

Com a implantação do gasoduto abastecendo o distrito industrial de João Pessoa, vem crescendo o planejamento e instalação de indústrias de pisos cerâmicos de cerâmica vermelha.

2.5.5 - Tecnologia Disponível no Parque Produtivo do Estado da Paraíba

O nível tecnológico nas empresas de modo geral é baixo, havendo ocorrência de algumas com técnicas produtivas de 100 anos atrás. Houve um

avanço na etapa de conformação mecânica, sendo que as indústrias que produzem com esses equipamentos têm um bom nível de atualização. Já, outras etapas do processo principalmente a queima, necessitam de inovações. A tecnologia muitas vezes está à disposição no mercado, mas o ceramista não consegue obtê-la pela falta de recursos financeiros e de informações.

A falta de formação gerencial, de normalização do produto, e a utilização inadequada de equipamentos e técnicas, conduzem normalmente a um baixo desenvolvimento tecnológico. Ocorrem assim, portanto, perdas no processo produtivo e um elevado percentual de rejeitos.

Além da falta do automatismo, a indústria cerâmica paraibana padece com a demora da chegada do gás natural, no interior do Estado. Os problemas encontrados com o óleo combustível, nas poucas empresas que o usam, são sempre os mesmos, derivados de seu baixo nível de qualidade; ele é sujo, polui, apresenta viscosidade excessiva, entope o equipamento e interfere no processo de combustão. Além disso, necessita de consumo antecipado, para o aquecimento dos tanques e tubulações. "Se tivéssemos o gás natural, além de dizer adeus a todas estas dores de cabeça, haveria uma economia de 70%", ressalta um oleiro.

2.5.6 - Transporte e Comércio no Estado da Paraíba

Os produtos de cerâmica vermelha são integralmente distribuídos por via rodoviária utilizando empresas transportadoras e ferroviária em menor volume. O destino e o comércio foram divididos em dois grandes grupos de produtos: tijolos e telhas - sem a preocupação com os diversos tipos apresentados ao mercado consumidor.

CAPÍTULO III

3.0 - MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são apresentados os materiais estudados e os métodos de ensaios utilizados para viabilização da pesquisa. Os materiais serão, a seguir, relacionados, com a identificação de sua procedência. Todo o procedimento experimental foi realizado nos laboratórios dos Departamentos de Engenharia Civil e de Engenharia de Materiais, no Campus II da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

Para a escolha dos materiais, fez-se um levantamento das indústrias cerâmicas do Estado da Paraíba, através do catálogo da FIEP - Federação das Indústrias do Estado da Paraíba -, dos catálogos telefônicos da TELPA - Telecomunicações da Paraíba S/A - e de informações de terceiros.

3.1 - MATERIAIS

3.1.1 - Argilas

As amostras, que foram coletadas durante o segundo semestre de 1994 e o primeiro semestre de 1995, representavam na época, 80,6% das indústrias relacionadas, em vinte e cinco indústrias cerâmicas do Estado da Paraíba, com unidades de produção de tijolos em funcionamento.

Cada amostra coletada consistia de cerca de 50 kg de argila, matéria-prima usada na fabricação de tijolos, tendo sido utilizados para os ensaios cerca de 2 kg. Em conformidade com a sistemática proposta por Souza Santos (1992), a nossa amostragem é considerada representativa.

3.1.2 -Tijolos

As amostras dos blocos cerâmicos (tijolos de 8 furos), adquiridas para ensaio, em número de vinte cinco, são todas procedentes do Estado da Paraíba. Cada amostra coletada, composta de 50 tijolos, foi identificada com as seguintes informações: local da amostragem e procedência - nome e local da indústria cerâmica produtora.

A seguir, são listadas todas as indústrias cerâmicas que forneceram material (argila e tijolo), sua localização geográfica e respectiva bacia hidrográfica.

01 - CECIDA - Cerâmica Santa Cecília Ltda.

Proprietário: Lucas Alexandre Porpino

Localização: Distrito Cachoeira dos Guedes, s/nº

Telefone: (083) 271-2047

58.200-000 - Guarabira - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

02 - Cerâmica CEMARISA

Proprietário: Gerônimo Salustiano Costa

Localização: Cachoeira dos Guedes, s/nº

Telefone: (083) 271-2549

58.200-000 - Guarabira - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

03 - Cerâmica CACEL

Proprietário: José da Silva Souza

Localização: Distrito Cachoeira dos Guedes, s/nº

58.200-000 - Guarabira - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

04 - Cerâmica Espírito Santo Ltda.

Proprietário: Newton Luiz Gonçalves da Silva Jr.

Localização: Rodovia Pb 04

Telefone: (083) 241-3744

58.337-000 - Cruz do Espírito Santo - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

05 - CINCERA - Cia. Indústria de Cerâmica

Proprietária: Maria do Carmo Santiago

Localização: Av. Juarez Távora, 729 - Centro

Telefone: (083) 229-1017

58.000-000 - Santa Rita - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

06 - Cerâmica CAIONGO

Proprietário: Piragibe Paiva Barbosa

Localização: Rodovia BR 101 - km 78

Telefone: (083) 229-1333

58.000-000 - Santa Rita - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

07 - Cerâmica CEMAL

Proprietário: Genésio Martins da Silva

Localização: Fazenda Engenho Novo ou

Rua Senador Cunha de Vasconcelos, 354

58.290.000 - Mamanguape - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

08 - Cerâmica SALEMA

Proprietário: Francisco Xavier Andrade

Localização: Fazenda Salema

Telefone: (083) 292-2344

58.297-000 - Rio Tinto - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

09 - Cerâmica Irmãos Borges

Proprietários: Manoel de Andrade Borges e Cláudio Borges de Andrade

Localização: Fazenda Veloso

Telefone: (083) 291-2444

58.297-000 - Rio Tinto - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

10 - Cerâmica PINDOBAL - FEBEMA A

Administrador: Carlos Gomes

Localização: Centro Educacional do Menor - Pindobal

58.290-000 - Mamanguape - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

11 - Cerâmica Ney de Arruda

Proprietário: Ney de Arruda Câmara

Localização: Rua Vera Cruz, s/nº - Centro

58.388-000 - Alagoa Grande - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

12 - Cerâmica Jardim

Proprietário: Valdevino José Cosme

Localização: Sítio Jardim

Telefone: (083) 288-1028

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

13 - Cerâmica Santa Bárbara

Proprietária: Germana Gomes Santiago

Localização: Fazenda Várzea de Baixo

Telefone: (083) 288-1051

58.354-000 - Mulungu - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

14 - Ind. e Com. de Modulados Remígio Ltda.

Proprietário: Armando José de Lima
Localização: Fazenda Lagoa do Mato
Telefone: (083) 364-1248
58.000.000 - Remígio - Paraíba
Bacia Hidrográfica: Rio Mamanguape

15 - Cerâmica Soledade

Proprietário: Raimundo
Localização: Por Trás do Cemitério
58.155-000 - Soledade - Paraíba
Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

16 - Cerâmica São José

Proprietário: Expedito Francisco dos Santos
Localização: Rodovia BR 230 - km 55
58.155-000 - Soledade - Paraíba
Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

17 - Cerâmica Arlindo

Proprietário: Arlindo Franco Borborema
Localização: Parte Sul da Cidade
58.155-000 - Soledade - Paraíba
Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

18 - Cerâmica Zé Pascoal

Proprietário: José Robério Ramos Pascoal
Localização: Rua Quintino Bocaiúva, s/nº- Centro
58.660-000 - Juazeirinho - Paraíba
Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

19 - Cerâmica Boa Vista

Proprietário: Ademar Alves da Silva

Localização: Rua da Sudene, 4

58.660-000 - Juazeirinho - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

20 - Cerâmica Torres

Proprietário: Antonio Torres

Localização: Rua da Sudene, s/nº

58.660-000 - Juazeirinho - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

21 - Cerâmica Seridó

Proprietário: Vandik Cordeiro

Localização: Nas margens do Rio Seridó

58.000-000 - São Vicente do Seridó - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Seridó

22 - Cerâmica Tanques

Proprietário: Manoel Júlio

Localização: Fone: 349-1085

58.000-000 - Pedra Lavrada - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Seridó

23 - Cerâmica Palmeirense

Proprietário: Aluizio Gomes de Medeiros

Localização: Rua Almeida Rosa, 62

Telefones: (083) 349-1117 e 349-1118

58.184-000 - Nova Palmeira - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Seridó

24 - Cerâmica Casa de Pedra

Proprietário: José Antonio

58.187-000 - Picuí - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Seridó

25 - Cerâmica Barbadim

Proprietário: Paulo César Araújo Ribeiro

Localização: Distrito Industrial

Telefones: (083) 331-4250 e 331-4251

58.100-000 - Campina Grande - Paraíba

Bacia Hidrográfica: Rio Paraíba

3.1.3 - Água

Para a realização dos ensaios, foi utilizada água potável, fornecida pela CAGEPA - Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba -, empresa do sistema de abastecimento público da cidade de Campina Grande.

3.2 - MÉTODOS

As amostras de argilas foram coletadas diretamente nas fábricas de tijolos furados, na forma de agregados, segundo o método descrito no item 2.3.1 1 - técnica de amostragem de argila bruta.

3.2.1 - Preparação das Amostras para os Ensaios de Caracterização

Método - As amostras de argila foram submetidas às seguintes etapas de preparação.

Secagem - Na sua forma bruta, as amostras foram secas à temperatura ambiente e, em seguida, em estufa, à temperatura de 110°C, até massa constante (Souza Santos, 1992).

Moagem - Por uma questão de uniformidade na comparação das propriedades, as amostras foram submetidas a uma moagem realizada, por via seca, em um moinho do tipo Galga, (Bristot, 1996) e, em seguida, passadas por via seca em peneira ABNT nº 40 (0,42 mm). O tempo de moagem não foi fixo em razão dos diferentes graus de resistência ao esmagamento das amostras submetidas a esse processo, variando, assim, de 15 min a 30 min.

3.2.2 - CARACTERIZAÇÃO DAS AMOSTRAS

3.2.2.1 - Índices de Atterberg

Todas as amostras de argila em estudo, previamente preparadas, como descrito em 3.2.1, foram submetidas aos ensaios de determinação do limite de liquidez, do limite de plasticidade e dos índices de plasticidade. De cada amostra foi retirada uma alíquota de 100 g.

Método de ensaio - As amostras de argilas foram ensaiadas segundo o método da NBR 6459(1984) e NBR 7180(1984), destinados a solos e correntemente utilizado no Laboratório de Tecnologia Cerâmica do CCT/UFPB. Neste método, o limite de liquidez é determinado no aparelho de Casagrande, que consiste em um prato de latão, em forma de concha, sobre um suporte de Ebonite; por meio de um excêntrico imprimem-se ao prato, repetidamente, quedas de altura de 1 cm e intensidade constante (ver Figura 3-1). Com os

quedas de altura de 1 cm e intensidade constante (ver Figura 3-1). Com os valores obtidos, traça-se a linha de escoamento do material, a qual, no intervalo compreendido entre 10 e 50 golpes, pode ser considerada como uma reta. O limite de liquidez do solo é o teor de umidade para o qual o sulco se fecha com 25 golpes. O limite de plasticidade é determinado pelo cálculo da porcentagem de umidade, para a qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldar, com ele, um cilindro de 3 mm de diâmetro e cerca de 10 cm de comprimento. E o índice de plasticidade é a diferença entre os limites de liquidez e de plasticidade, conforme a equação seguinte:

$$IP = LL - LP \quad (3-1)$$

onde:

IP = Índice de Plasticidade

LL = Limite de Liquidez

LP = Limite de Plasticidade

Sabe-se que as argilas são tanto mais compressíveis quanto maior for o IP. Segundo Caputo (1994), os solos argilosos poderão ser classificados em:

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

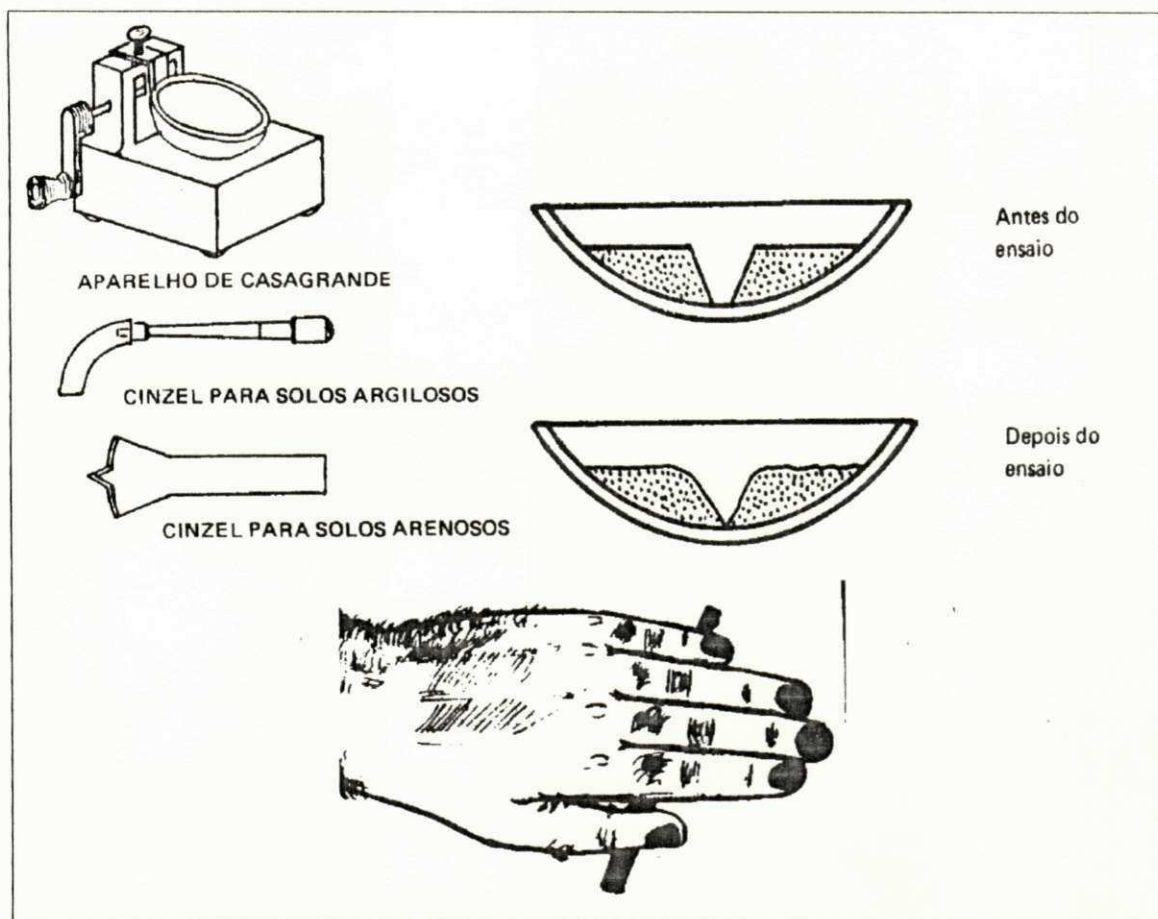


Figura 3-1 - Aparelhos usados na determinação dos Índices de Atterberg

3.2.2.2 - Análise Granulométrica em Peneiras

A composição granulométrica em peneiras destina-se a determinar, por via úmida ou seca, a distribuição percentual dos tamanhos de partículas de materiais pulverulentos, até dimensões da ordem de 44 μm , e para avaliação de grandezas dificilmente quantificáveis como mobilidade e desagregabilidade.

Amostras - Todas as amostras de argila em estudo foram submetidas aos ensaios de determinação da composição granulométrica, por vias úmida e seca, uma vez que estes métodos se mostraram mais adequados ao tipo de solo (Lima, 1983).

Preparação das Amostras - As amostras de argila foram preparadas como descrito no item 3.2.1 desta Dissertação. Foi usado um defloculante,

Na_2CO_3 , com intuito de desaglomerar as partículas mais leves. Em seguida, as amostras foram deixadas em repouso por 24 horas.

Método - As amostras de argila foram ensaiadas segundo o método descrito pela NBR 7181(1984). Neste caso específico, foram usadas as peneiras ABNT nº. 50 (0,297 mm), nº. 100 (0,149 mm), nº. 200 (0,074 mm) e nº. 325 (0,044mm), as quais cobrem adequadamente os vários tamanhos das partículas contidas nos solos ensaiados, não sendo necessário o uso de toda a série normal de peneiras. Uma vez que foram deixadas em repouso, as amostras foram passadas posteriormente pelo agitador durante 5 minutos, a fim de se obter uma maior homogeneização, antes de sua lavagem em peneira ABNT nº. 325(0,044 mm), quando se obteve a remoção das partículas de tamanho argila. Em seguida, os resíduos foram acondicionados em recipientes e secos a $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ em estufa. Depois de secas, as amostras foram colocadas sobre a peneira mais grossa e agitadas. Terminado o ensaio, as quantidades retiradas das diversas peneiras foram determinadas por pesagem, e as diversas frações retiradas foram calculadas, dividindo-se as diversas massas retiradas pela massa total da amostra.

3.2.3 - ENSAIOS TECNOLÓGICOS

Amostras - Foram submetidas ao ensaio preliminar de argilas para cerâmica vermelha, visando à sua utilização em cerâmica vermelha, todas as amostras de argilas em estudo nesta pesquisa, segundo método proposto por Souza Santos (1992).

Preparação dos corpos de prova - A amostra de argila previamente preparada, como descrito no item 3.2.1, anteriormente descrito, foi passada em peneira ABNT nº. 80 (0,177 mm). Esta peneira corresponde à granulometria usual de prensagem industrial de massas cerâmicas vermelhas semi-secas (Souza e Souza Santos, 1964). A massa foi umedecida por tentativa, e a umidade aproximou-se da natural; em seguida foram moldados 24 corpos de prova, de cada amostra, em forma de lâminas prismáticas com dimensões de $6,0 \times 2,0 \times 0,5 \text{ cm}^3$, em molde de aço sobre a pressão estática de 20 MPa, em

uma prensa Losenhausen com capacidade de 40 t e a uma velocidade constante de 0,25 mm/min. Na etapa seguinte, todos os corpos de prova foram secos a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, por 24 horas, quando foram medidas as características cerâmicas próprias desta temperatura, em seis corpos. Foram usados seis corpos de prova para cada temperatura de queima respectivamente 900°C , 1000°C e 1100°C , em atmosfera oxidante, com velocidade constante de elevação de temperatura, tendo permanecido na temperatura máxima por três horas, completando um ciclo de queima de dez horas. O resfriamento se deu naturalmente durante a noite até a temperatura ambiente (ver fluxograma na Figura 3-2).



Figura 3-2

Fluxograma dos ensaios de argilas para aplicação em produtos cerâmicos

Ensaio - Os corpos de prova, em número de seis, foram secos a 110°C; e submetidos aos ensaios de cor, umidade de prensagem, retração linear e tensão de ruptura, conforme Souza e Souza Santos (1964). Os dezoito corpos de prova restantes, após queima nas temperaturas de 900°C, 1000°C e 1100°C, foram submetidos aos seguintes ensaios: cor, absorção de água, massa específica aparente, porosidade aparente, retração linear, perda ao fogo e tensão de ruptura à flexão. Os valores apresentados são referentes à média aritmética de seis determinações, e foram comparados com os valores das argilas brasileiras (Souza Santos, 1992) tomadas como referência e com valores limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982), conforme Tabela 3-1.

Tabela 3-1 - Valores limites para tensão de ruptura e absorção de água, padronizados por Barzaghi e Salge (1982)

MASSA CERÂMICA	TIJOLOS MACIÇOS	TIJOLOS FURADOS	TELHAS	LADRILHOS DE PISO VERMELHO
Tensão de ruptura (MPa) da massa seca a 110°C (mínima)	1,5	2,5	3,0	-
Tensão de ruptura (MPa) da massa após queima (mínima)	2,0	5,5	6,5	-
Absorção de água (%) da massa após queima (máxima)	-	25	20	< 1
Cor após queima	vermelha	vermelha	vermelha	vermelha sem manchas pretas

Umidade de Prensagem - Trata-se da porcentagem de água necessária para desenvolver a plasticidade ótima da argila. Após os corpos de prova serem prensados e secos por 24 h em estufa a 110°C ± 5°C, foram medidos e pesados. Em seguida, foi calculada a umidade de prensagem, através da equação seguinte:

$$UP = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100 \quad (3.2)$$

onde:

UP = Umidade de prensagem(%)

Pu = Peso do corpo de prova úmido após prensagem(g)

Ps = Peso corpo de prova seco a 110°C, (g)

Retração Linear de Secagem - É a variação das dimensões lineares em porcentagem após secagem a 110°C. Essa variação é positiva quando houver retração e negativa quando houver expansão. A retração de secagem foi calculada através da seguinte equação:

$$RS = \frac{L_0 - L_1}{L_1} \times 100 \quad (3.3)$$

onde:

RS = Retração linear(%) após seco a 110°C

L₀ = Comprimento(cm) inicial do corpo de prova

L₁ = Comprimento(cm) do corpo de prova após seco a 110°C

Tensão de Ruptura à Flexão - Também conhecida como módulo de ruptura à flexão, refere-se à resistência do material à ruptura por flexão simples.

Os ensaios de resistência à flexão foram realizados em máquina universal de ensaios Testometric Micro 350, modelo Goodbrand, operando a uma velocidade de 0,4 mm/min, segundo o método proposto pela ASTM D - 790/1986.

$$TR = \frac{3PL}{20bh^2} \quad (3.4)$$

onde:

TR = Tensão de ruptura à flexão(MPa)

P = Carga de rompimento(kgf)

L = Distância entre os apoios(5cm)

b = Largura do corpo de prova(cm)

h = Altura do corpo de prova(cm)

Absorção de Água - É a relação percentual entre a massa de água absorvida pelos poros abertos de um material e sua massa seca. Usualmente por variação da massa utiliza-se a absorção para quantificar a porosidade aparente. A absorção de água foi calculada pela equação seguinte:

$$AA = \frac{P_{sa} - P_s}{P_s} \times 100 \quad (3.5)$$

onde:

AA = Absorção de Água(%)

P_{sa} = Peso do corpo de prova saturado de água(g)

P_s = Peso corpo de prova seco a 110°C, (g)

Massa Específica Aparente - É a relação entre a massa seca de um material e o seu volume aparente. Para a determinação da massa específica parente, foi usada a equação seguinte:

$$MEA = \frac{P_s}{P_{sa} - P_i} \quad (3.6)$$

onde:

MEA = Massa Específica Aparente(g/cm³)

P_s = Peso corpo de prova seco a 110°C, (g)

P_{sa} = Peso do corpo de prova saturado de água(g)

P_i = Peso do corpo de prova imerso em água(g)

Porosidade Aparente - É a relação, normalmente expressa como percentagem do volume de vazios em um corpo de prova, para o volume aparente do corpo de prova incluindo os próprios vazios. Para o cálculo da porosidade aparente usou-se a equação seguinte:

$$PA = \frac{P_{sa} - P_s}{P_{sa} - P_i} \times 100 \quad (3.7)$$

onde:

PA = Porosidade Aparente(%)

P_{sa} = Peso do corpo de prova saturado de água(g)

P_s = Peso do corpo de prova seco a 110°C, (g)

P_i = Peso do corpo de prova imerso em água(g)

Retração Linear de Queima - É a variação das dimensões lineares em porcentagem após queima. Essa variação é positiva quando houver retração e negativa quando houver expansão. A retração de queima foi calculada através da seguinte equação:

$$RQ = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \times 100 \quad (3.8)$$

onde:

RQ = Retração linear de queima(%)

L_1 = Comprimento(cm) do corpo de prova após seco a 110°C

L_2 = Comprimento(cm) do corpo de prova após queima

Perda ao Fogo - Ocorre, principalmente, devido às águas intercaladas, de coordenação e zeolíticas, à água de hidroxilas dos argilominerais e também à existência de hidróxidos, tais como $Al(OH)_3$ e $Fe(OH)_3$. Estão também incluídos nesta determinação, quando presentes, os componentes voláteis de matéria orgânica, sulfetos, sulfatos e carbonatos. Para os cálculos da perda ao fogo dos corpos de prova em estudo, foi utilizada a equação seguinte:

$$PF = \frac{P_s - P_q}{P_q} \times 100 \quad (3.9)$$

onde:

PF = Perda ao fogo(%)

P_s = Peso corpo de prova seco a 110°C, (g)

P_q = Peso corpo de prova queimado, (g)

Cor - A cor, após queima como critério de classificação preliminar, está baseada não somente nas condições de uso prático, mas também no fato de a cor, após queima em várias temperaturas de uma argila, ser consequência

principalmente da sua composição mineralógica (Souza Santos, 1992). Modificações pronunciadas na cor comumente ocorrem durante o período de vitrificação na queima de produtos estruturais de argila. Em quase todo o estágio, isso pode ser atribuído a compostos de ferro na argila. Devido ao fato de que o ferro pode ocorrer sob várias formas, dependendo da quantidade de oxigênio presente na temperatura de queima, várias cores podem ser conseguidas (Bruni, 1982).

3.4 - ENSAIOS NO PRODUTO ACABADO - TIJOLOS

Amostras - As amostras de tijolos coletadas, como descrito anteriormente, no item 3.1.2, foram submetidas aos ensaios de *características visuais, geométricas, físicas e mecânicas*, em conformidade com as normas da ABNT (NBR 7171/1992, 6461/1983 e 8947/1985).

3.4.1 - Características Visuais

Método - Os blocos foram ensaiados de acordo com o método proposto na norma técnica NBR 7171(1992), segundo a qual os blocos cerâmicos não devem apresentar defeitos sistemáticos, como: trincas, quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam seu emprego na função especificada.

3.4.2 - Características Geométricas

Formas e Dimensões - Os blocos de vedação comuns foram ensaiados segundo métodos contidos nas NBRs (7171/1992 e 8042/1983), segundo as quais, os blocos devem possuir a forma de um paralelepípedo retângulo, sendo suas dimensões relacionadas, conforme a Figura 3-3.

Dimensões Nominais - Recomendam-se para os blocos de vedação comuns, conforme Figura 3-3, as dimensões nominais indicadas na Tabela 2-1.

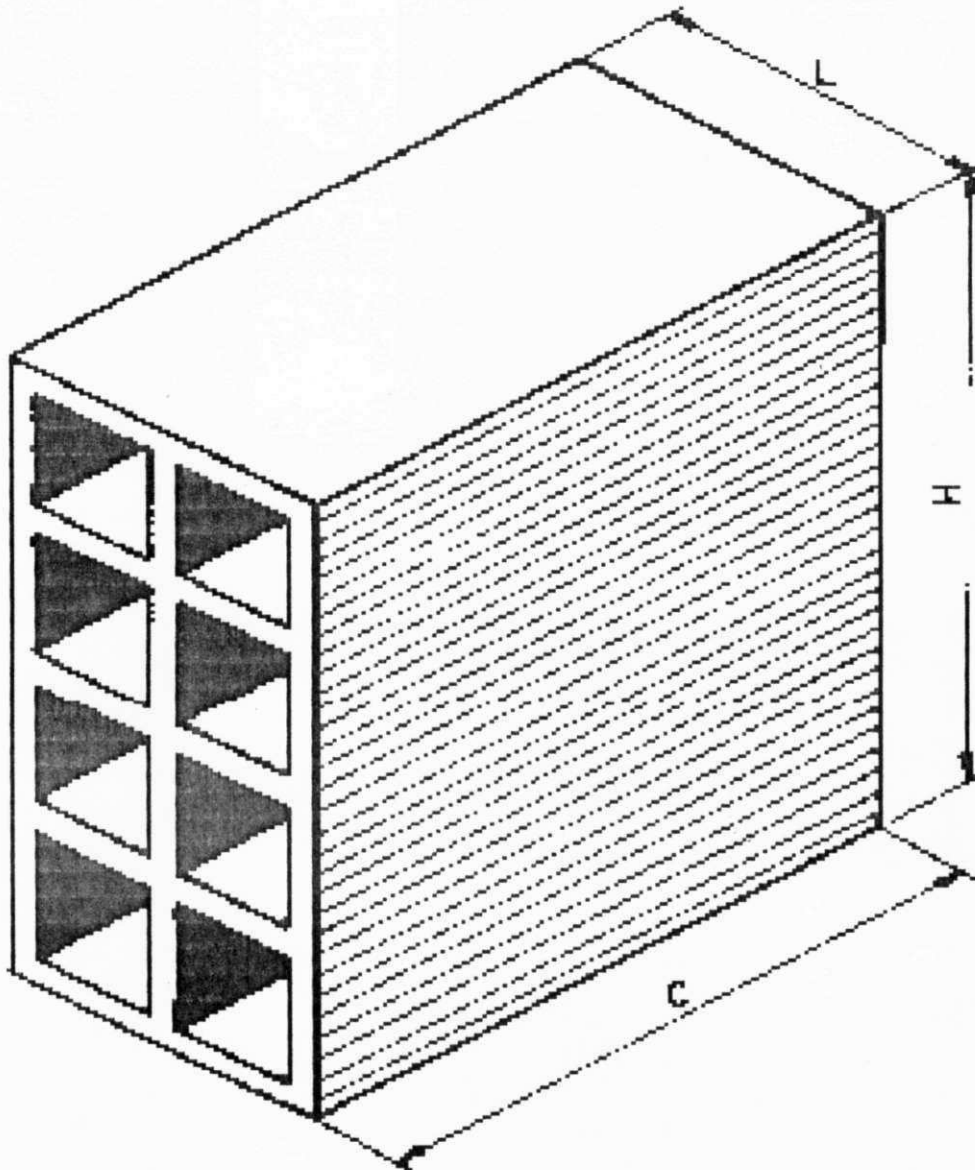


Figura 3-3 - Bloco cerâmico com furos horizontais

Método - Foram colocados 24 blocos lado a lado, conforme os arranjos da Figura 3-4, através de uma trena metálica, com uma aproximação de 2 mm, conforme NBR 7171(1992).

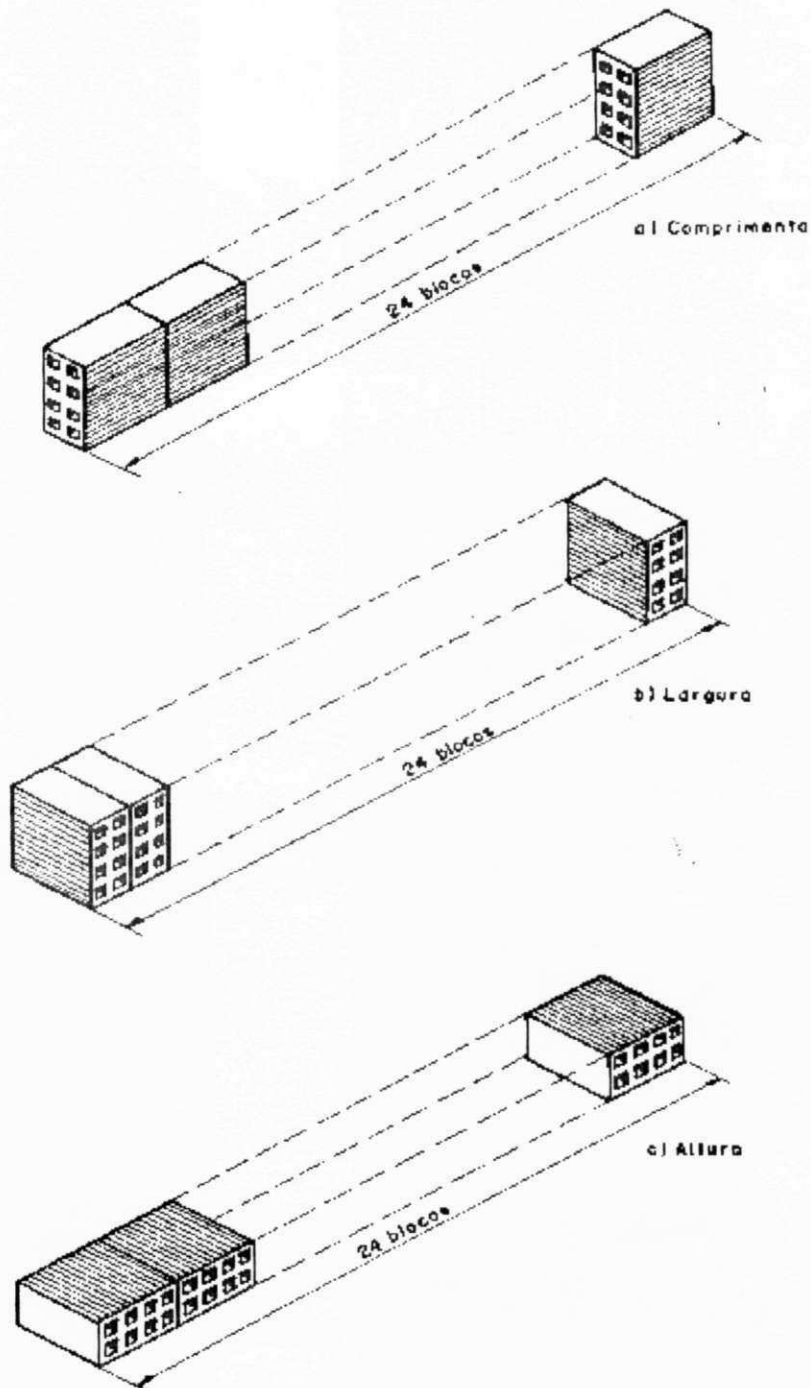


Figura 3-4 - Determinação das dimensões do bloco de vedação comum

Desvio em Relação ao Esquadro - Os blocos de vedação comuns foram ensaiados, segundo método contido na NBR 7171(1992).

Método - Foram medidos os desvios em relação ao esquadro entre as faces destinadas ao assentamento e ao revestimento do bloco cerâmico. Conforme Figura 3-5, foram empregados um esquadro metálico de 90° e uma régua metálica com graduação em 1 mm.

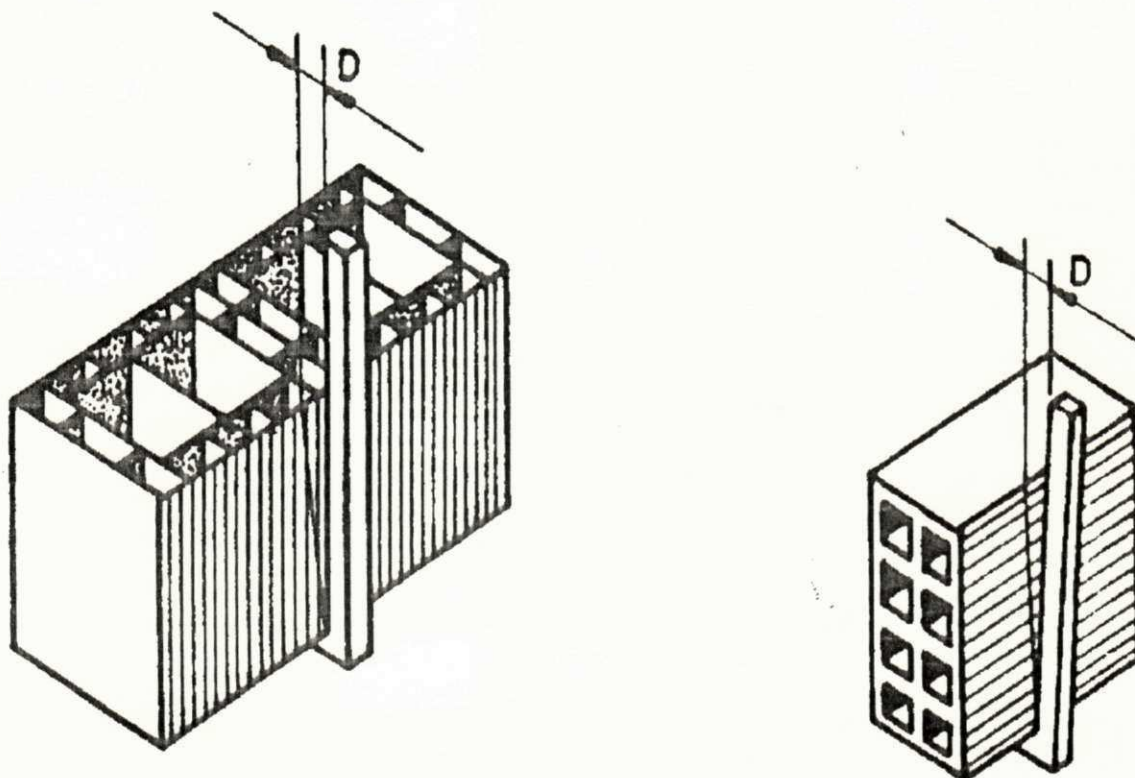


Figura 3-5 - Desvio em relação ao esquadro

Planeza das Faces - Os blocos de vedação comuns foram ensaiados, segundo método contido na NBR 7171(1992).

Método - Foram determinadas as planezas das faces destinadas ao revestimento, através da flecha na região central de sua diagonal. Conforme a Figura 3-6, empregou-se uma régua metálica com graduação em 1 mm.

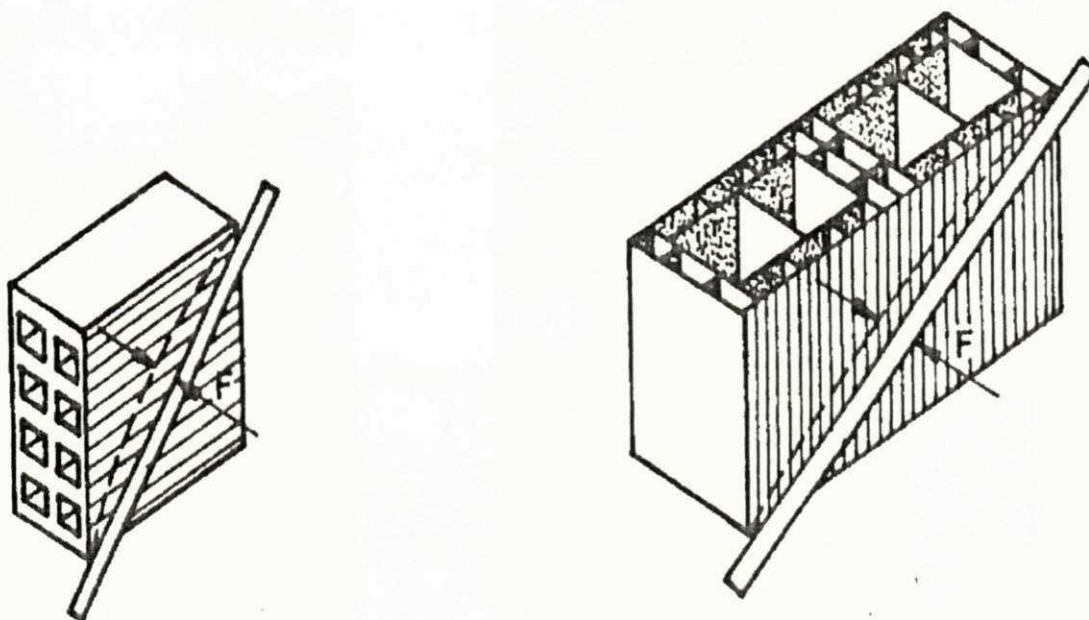


Figura 3-6 - Planeza das faces

3.4.3 - Características Físicas e Mecânicas

Absorção de Água - Os blocos de vedação comuns foram ensaiados, segundo método contido na NBR 8947(1985).

Método - Os corpos de prova, em número de 13, por amostra, após limpos e secos, foram pesados e imersos em água em um tanque, durante 24 h. Após o que foi retirado, por meio de um pano úmido, o excesso de água da superfície do corpo de prova. Em seguida, os corpos de prova foram pesados em estado saturado de água. Para o cálculo da absorção de água, usou-se a equação seguinte:

$$AA(\%) = \frac{Mh - Ms}{Ms} \times 100 \quad (3.10)$$

onde:

AA = Absorção de Água (%)

Mh = Massa do tijolo em estado saturado de água (g)

Ms = Massa do tijolo (g)

Resistência à Compressão Simples - Os blocos cerâmicos de 8 furos, corpos de prova, foram ensaiados de acordo com a NBR 6461(1983).

Método - Foram selecionados 13 tijolos, por amostra, que foram cobertos com uma pasta de cimento e uma folha de papel, e recobertos com uma placa de metal, conforme Figura 3-7. Após 48 h, foram rompidos em uma prensa universal modelo Losenhausen, com capacidade de 40 t, a uma velocidade constante de 0,25 mm/min, ver Figura 3-8. O limite de resistência para cada corpo de prova, expresso em MPa, foi obtido, dividindo-se a carga máxima, em N, observada durante o ensaio, pela média das áreas brutas das duas faces de trabalho em mm², através da equação seguinte:

$$RC = \frac{F}{Abm} \quad (3-11)$$

onde:

RCS = Resistência à Compressão Simples (MPa)

F = Carga (N)

Abm = Área bruta média (mm²)

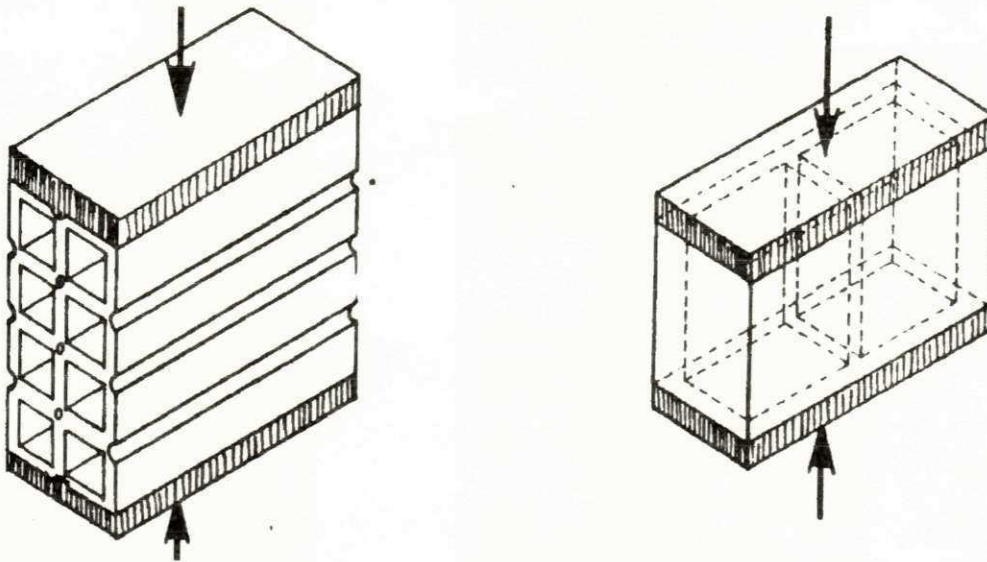


Figura 3-7 - Corpos de prova capeados com cimento

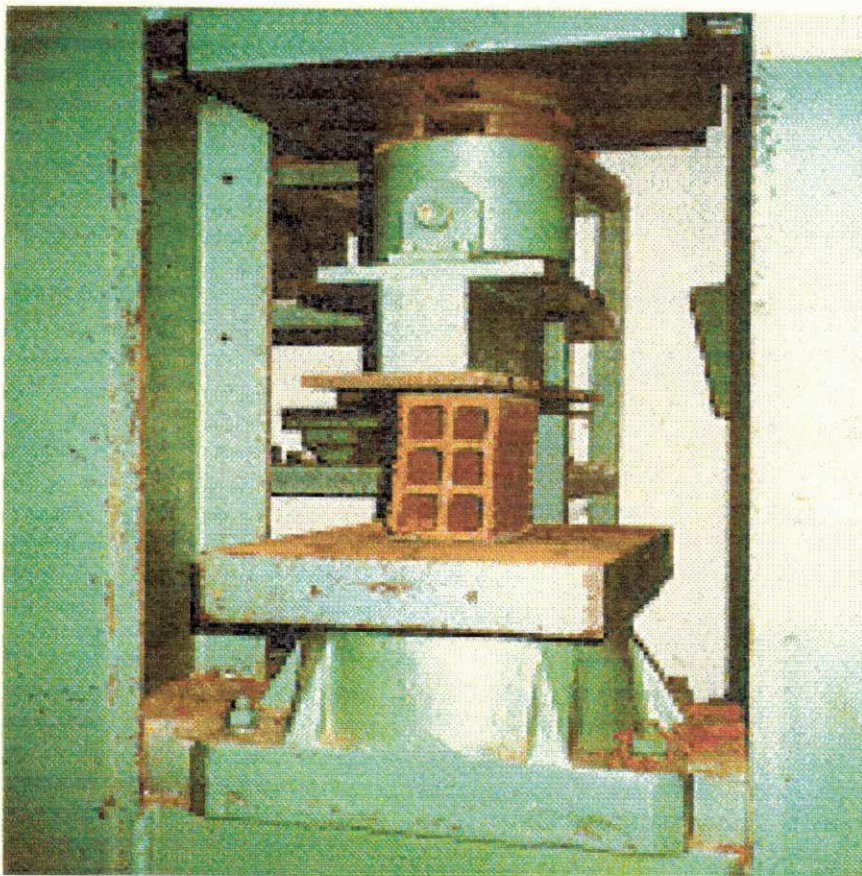


Figura 3-8 - Ensaio de resistência à compressão simples, conforme NBR 6461(1983)

CAPÍTULO IV

4.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados obtidos dos ensaios de caracterização tecnológica e preliminares das argilas, ensaios das características visuais, geométricas e físico-mecânicas dos tijolos cerâmicos de oito furos do Estado da Paraíba, constantes nas Tabelas de 4-1 a 4-10.

4.1 - ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Os resultados dos ensaios de caracterização foram comparados com os resultados existentes em Ferreira (1972a), Caputo (1994) e as especificações contidas da NBR 7181(1984).

4.1.1 - Índices de Atterberg

Os resultados obtidos para os índices de Atterberg, com as amostras ensaiadas estão contidos na Tabela 4-1, transcrita na página seguinte:

Limite de Liquidez - Os resultados para o limite de liquidez apresentaram variação de 20,00%(A - 08) a 70,50%(A - 13). Não há valores limites de referência na literatura consultada.

Limite de Plasticidade - As amostras A - 01, A - 03, A - 04, A - 05, A - 06, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 12, A - 13, A - 14, A - 15, A - 16, A - 18, A - 19, A - 23 e A - 25 apresentaram valores de limites de plasticidade, variando na faixa de 18,29% a 31,20% correspondendo a 72% das amostras de argilas estudadas que estão na faixa aceitável, conforme os limites de plasticidade encontrados na literatura (Ferreira, 1972b), onde argilas plásticas para cerâmica vermelha do Estado da Paraíba apresentaram limites de plasticidade variando na faixa de 17,90% a 32,60%. E as amostras A - 08, A - 17, A - 21, A - 22 e A - 24, não apresentaram valores de limite de plasticidade, portanto, são consideradas não plásticas, segundo Caputo (1994).

Índice de Plasticidade - As amostras de argilas plásticas apresentaram a seguinte variação de valores de 5,21% (A - 23) a 44,81% (A - 14). Após análise do conjunto de dados, observou-se que as amostras de argilas estudadas apresentaram os seguintes dados estatísticos: 20% (A - 08, A - 17, A - 21, A - 22 e A - 24) *não plásticas*, 4% (A - 23) *fracamente plástica* ($1\% < IP < 7\%$), 16% (A - 06, A - 12, A - 15 e A - 16) *medianamente plásticas* ($7\% < IP < 15\%$), e as demais 60%, são consideradas *altamente plásticas* ($IP > 15\%$), os quais são valores básicos usados em mecânica dos solos (Caputo, 1994).

Tabela 4-1

Valores dos limites de liquidez, plasticidade e índice de plasticidade.

AMOSTRAS	ÍNDICES DE ATTERBERG		
	LIMITE DE LIQUIDEZ (%)	LIMITE DE PLASTICIDADE (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDADE (%)
A - 01	40,50	23,53	17,20
A - 02	39,50	17,03	22,47
A - 03	43,00	19,12	23,88
A - 04	34,50	19,28	15,22
A - 05	47,00	26,41	20,59
A - 06	38,00	25,14	12,86
A - 07	43,80	22,92	20,88
A - 08	20,00	NP	NP
A - 09	40,00	18,57	21,43
A - 10	51,00	24,95	26,05
A - 11	39,50	19,82	19,68
A - 12	30,00	18,29	11,29
A - 13	70,50	31,20	39,30
A - 14	67,00	22,19	44,81
A - 15	33,80	18,94	14,86
A - 16	37,00	25,78	11,22
A - 17	31,00	NP	NP
A - 18	40,00	22,59	17,41
A - 19	58,30	17,49	40,81
A - 20	31,00	11,28	19,72
A - 21	27,00	NP	NP
A - 22	25,60	NP	NP
A - 23	31,30	26,08	5,21
A - 24	34,00	NP	NP
A - 25	34,00	21,00	13,00

NP - não plástico

4.1.2 - Análise Granulométrica em Peneiras

Os resultados obtidos através da análise granulométrica, por vias úmida e seca com argilas do Estado da Paraíba, encontram-se na Tabela 4-2, transcrita a seguir, onde se pode observar, mediante os percentuais retidos nas peneiras ABNT de números 50 (0,30 mm), 100(0,15 mm), 200 (0,074 mm), e 325 (0,044 mm), que as amostras A - 02, A - 04, A - 05, A - 06, A - 07, A - 10, A - 13, A - 14 e A - 19, correspondendo a 36% das amostras em estudo, que apresentaram um alto percentual da fração argila + silte, que, segundo a norma técnica NBR 7181(1984), corresponde às faixas de tamanhos da fração argila (< 5 μ m) e silte (5 a 50 μ m).

Tabela 4-2

Resultados da análise granulométrica por peneiramento de argilas por vias úmida e seca

PENEIRAS AMOSTRAS	% ACUMULADO RETIDO				% QUE PASSA DA AMOSTRA TOTAL			
	50	100	200	325	50	100	200	325
A - 01	1,20	10,30	15,90	26,60	98,80	89,70	84,10	73,40
A - 02	1,40	9,00	15,20	22,50	98,60	91,00	84,80	77,50
A - 03	1,70	15,90	21,40	26,80	98,30	84,10	78,60	73,20
A - 04	0,20	1,80	7,30	22,90	99,80	98,20	92,70	77,10
A - 05	0,30	2,80	4,40	7,00	99,70	92,20	95,60	93,00
A - 06	6,10	14,50	17,90	22,20	93,90	85,50	82,10	77,80
A - 07	0,20	3,20	9,70	13,50	99,80	96,80	90,30	86,50
A - 08	8,70	55,20	60,90	64,70	91,30	44,80	39,10	35,30
A - 09	3,50	21,50	28,70	37,60	96,50	78,50	71,30	62,40
A - 10	0,30	1,80	2,30	3,10	99,70	98,20	97,70	96,90
A - 11	5,90	27,90	29,40	30,90	94,10	72,10	70,60	69,10
A - 12	3,10	30,30	38,50	43,80	96,90	69,70	61,50	56,20
A - 13	0,20	1,30	2,70	4,10	99,80	98,70	97,30	95,90
A - 14	4,30	20,10	22,70	25,00	95,70	79,90	77,30	75,00
A - 15	3,90	24,60	29,70	33,50	96,10	75,40	70,30	66,50
A - 16	3,30	29,10	32,60	35,20	96,70	70,90	67,40	64,80
A - 17	1,40	11,20	24,40	50,20	98,60	88,80	75,60	49,80
A - 18	3,20	29,30	34,00	37,70	96,80	70,70	66,00	62,30
A - 19	0,20	1,30	1,80	2,80	99,80	98,70	98,20	97,20
A - 20	5,20	39,50	44,80	48,10	94,80	60,50	55,20	51,90
A - 21	3,40	43,50	58,40	73,70	96,60	56,60	41,60	26,30
A - 22	4,50	50,80	67,00	78,40	95,50	49,20	33,00	21,60
A - 23	3,10	44,30	50,40	55,40	96,90	55,70	49,60	44,60
A - 24	1,40	44,00	52,90	59,00	98,60	56,00	47,10	41,00
A - 25	6,00	32,70	39,70	43,40	94,00	67,30	60,30	56,60

4.2 - ENSAIOS TECNOLÓGICOS

A Tabela 4-3 apresenta os resultados dos ensaios realizados nos corpos de prova secos a 110°C e queimados a 900°C, 1000°C e 1100°C que, após comparação com os padrões de cores das argilas brasileiras (Souza Santos, 1992), tomados como referência, permitem concluir-se que todas as amostras estudadas têm uso provável em cerâmica vermelha.

Tabela 4-3

Cores das amostras de argilas para cerâmica vermelha após tratamentos térmicos a 110°C, 900°C, 1000°C e 1100°C.

AMOSTRAS	CORES APÓS TRATAMENTOS TÉRMICOS			
	110°C	900°C	1000°C	1100°C
A - 01	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 02	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 03	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 04	Cinza	Vermelho	Vermelho escuro	Marrom claro
A - 05	Cinza	Vermelho claro	Vermelho escuro	Marrom claro
A - 06	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 07	Cinza	Vermelho claro	Vermelho claro	Vermelho
A - 08	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 09	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho
A - 10	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 11	Cinza	Vermelho claro	Vermelho claro	Vermelho
A - 12	Cinza	Vermelho escuro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 13	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 14	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 15	Cinza	Marrom claro	Vermelho escuro	Vermelho escuro
A - 16	Cinza	Vermelho claro	Vermelho escuro	Vermelho escuro
A - 17	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 18	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 19	Cinza	Vermelho claro	Vermelho escuro	Vermelho escuro
A - 20	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 21	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 22	Cinza	Vermelho claro	Vermelho escuro	Vermelho escuro
A - 23	Cinza	Vermelho claro	Vermelho	Vermelho escuro
A - 24	Cinza	Vermelho claro	Vermelho escuro	Vermelho escuro
A - 25	Marrom	Vermelho claro	Vermelho escuro	Vermelho escuro

Tabela 4-4

Características cerâmicas de argilas para cerâmica vermelha secas a 110°C.

AMOSTRAS	UMIDADE DE PRENSAGEM (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
A - 01	5,10	-0,95	1,43
A - 02	11,80	-0,21	3,95
A - 03	8,65	0,33	2,81
A - 04	5,70	-0,90	1,33
A - 05	13,44	0,08	2,82
A - 06	8,84	-1,32	2,83
A - 07	16,29	0,02	4,29
A - 08	6,72	-1,03	0,95
A - 09	9,21	-0,56	3,61
A - 10	10,89	0,22	3,62
A - 11	15,19	0,56	3,45
A - 12	8,81	0,42	2,49
A - 13	12,79	1,14	4,95
A - 14	13,65	2,43	2,43
A - 15	13,64	1,58	3,12
A - 16	10,99	-1,00	4,41
A - 17	6,54	-0,41	1,74
A - 18	7,83	0,58	0,33
A - 19	15,92	-0,05	6,08
A - 20	9,49	-0,36	4,38
A - 21	9,59	-0,36	0,67
A - 22	8,24	-0,44	2,29
A - 23	9,84	-0,80	7,39
A - 24	10,12	-0,58	2,01
A - 25	9,48	-1,02	1,42
ESPECIFICAÇÕES	5 a 30	≤ 6,00	≥ 0,45

1 MPa \cong 10 kgf/cm²

A Tabela 4-4, acima, apresenta os resultados dos ensaios realizados nos corpos de prova secos à temperatura de 110°C, que são os seguintes:

Umidade de prensagem - para umidade de prensagem, os valores variaram de 5,10% (amostra A - 01) a 16,29% (amostra A - 07), e satisfizeram à especificação proposta por Souza Santos, (1992), que compreende a faixa de 5% a 30%.

Retração linear de secagem - para retração linear de secagem, os valores variaram de -1,32% (amostra A - 06) a 2,43% (amostra A - 14). Segundo Santos et al (1995), é desejável que estes valores não ultrapassem 6%.

Tensão de ruptura à flexão - para tensão de ruptura à flexão, a variação se deu entre 0,33 MPa (amostra A - 18) e 7,39 MPa (amostra A - 23). Apenas a amostra A-18 não atendeu à especificação tomada como referência, que é no mínimo 0,45 MPa (Souza Santos, 1992).

Analisando os resultados das amostras secas a 110°C, contidos na Tabela 4-4, transcrita na página anterior, só a amostra A - 18, não satisfaz à especificação proposta por Souza Santos (1992), uma vez que apresentou valor de tensão de ruptura inferior ao valor mínimo especificado, de 0,45 MPa, *logo a amostra A - 18 não será mais considerada no presente estudo.*

Analisando agora a Tabela 4-4, notamos que as amostras A - 01, A - 04, A - 08, A - 18, A - 21 e A - 25, não satisfizeram ao valor mínimo especificado para tensão de ruptura, que é de 1,50 MPa, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982), *logo estas amostras não serão mais analisadas no presente estudo.*

a) para **tijolos maciços**, as amostras A - 02, A - 03, A - 05, A - 06, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 12, A - 13, A - 14, A - 15, A - 16, A - 17, A - 19, A - 20, A - 22, A - 23 e A - 24, atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 1,50 MPa.

b) para **tijolos furados**, as amostras A - 02, A - 03, A - 05, A - 06, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 13, A - 16, A - 19, A - 20 e A - 23, atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 2,50 MPa.

c) para **telhas**, as amostras A - 02, A - 09, A - 10, A - 11, A - 13, A - 15, A - 16, A - 19, A - 20 e A - 23, atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 3,00 MPa.

A Tabela 4-5, transcrita na página seguinte, apresenta os resultados dos ensaios cerâmicos realizados nos corpos de prova queimados à temperatura de 900°C.

Absorção de água - para absorção de água, os valores variaram de 10,80% (amostra A - 14) a 23,88% (amostra A - 25).

Massa específica aparente - para massa específica aparente, houve uma variação de valores de 1,26 g/cm³ (amostra A - 07) a 1,99 g/cm³ (amostra A - 21).

Porosidade aparente - para porosidade aparente, os valores variaram de 16,17% (amostra A - 14) a 37,92% (amostra A - 25).

Retração linear de queima - para retração linear de queima, os valores variaram de -1,94% (amostra A - 13) a 2,35% (amostra A - 14).

Perda ao fogo - para a perda ao fogo, a variação foi de 5,52% (amostra A - 04) a 14,66% (amostra A - 25).

Tensão de ruptura à flexão - para a tensão de ruptura à flexão, a variação esteve entre 0,68 MPa (A-08) e 45,05 MPa (A-16).

Tabela 4-5

Características cerâmicas de argilas para cerâmica vermelha queimadas a 900°C.

AMOSTRAS	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm ³)	POROSIDADE APARENTE (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	PERDA AO FOGO (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
A - 01	17,33	1,46	25,23	0,24	10,77	1,40
A - 02	14,66	1,65	24,26	0,95	8,72	5,18
A - 03	15,38	1,54	23,69	0,50	8,90	7,03
A - 04	15,31	1,74	26,31	-0,04	5,52	1,92
A - 05	15,11	1,47	22,14	-0,92	7,14	8,55
A - 06	16,69	1,60	26,22	0,44	7,93	4,38
A - 07	18,08	1,26	22,88	1,50	9,27	16,62
A - 08	14,14	1,69	23,92	-0,12	5,82	0,68
A - 09	14,85	1,57	23,35	0,37	8,83	6,86
A - 10	23,04	1,48	34,19	0,76	13,38	5,59
A - 11	16,21	1,48	24,09	1,51	10,17	14,18
A - 12	14,83	1,54	22,81	0,71	11,45	4,37
A - 13	15,80	1,90	30,10	-1,94	12,48	8,92
A - 14	10,80	1,48	16,17	2,35	9,34	6,09
A - 15	13,53	1,76	23,52	0,91	8,43	4,20
A - 16	17,26	1,84	31,93	-0,86	8,97	45,05
A - 17	17,88	1,50	26,76	-0,12	8,61	1,28
A - 18	14,29	1,91	26,09	-0,04	7,25	1,74
A - 19	22,64	1,67	37,75	-0,63	12,93	14,54
A - 20	14,61	1,92	28,10	-0,11	7,48	4,72
A - 21	13,91	1,99	28,04	-0,16	8,05	6,08
A - 22	14,51	1,66	24,23	0,19	6,48	5,08
A - 23	13,77	1,96	26,99	0,25	6,08	8,07
A - 24	18,26	1,83	33,52	0,25	9,20	3,09
A - 25	23,88	1,58	37,92	-1,40	14,66	3,76
ESPECIFICAÇÕES	≤ 25,00	≥ 1,70	≤ 35,00	NE	NE	≥ 6,00

1 MPa \cong 10 kgf/cm² e NE = não especificado

Comparando-se os resultados das características cerâmicas queimadas a 900°C, contidos na Tabela 4-5, página anterior, com as especificações brasileiras, segundo Souza Santos (1992), para uso em ensaios cerâmicos preliminares após queima a 950°C, *por ser a temperatura que mais se aproxima da especificação citada*, conclui-se que:

- a) com relação à **absorção de água**, todas as amostras satisfizeram à especificação, que exige valor máximo de 25%;
- b) com relação à **massa específica aparente**, observa-se que apenas as amostras A - 04, A - 13, A - 15, A - 16, A - 20, A - 21, A - 23 e A - 24 atenderam à especificação, que é de no mínimo 1,7 g/cm³;
- c) com relação à **porosidade aparente**, apenas as amostras A - 19 e A - 25 não satisfizeram à especificação, que é de no máximo 35%;
- d) com relação à **tensão de ruptura à flexão**, as amostras A - 03, A - 05, A - 07, A - 09, A - 11, A - 13, A - 14, A - 16, A - 19, A - 21, e A - 23, apresentaram valores de tensão de ruptura superiores a 6,00 MPa, que é o mínimo especificado.

Comparando-se agora os resultados obtidos na Tabelas 4-5 com valores limites determinados em laboratório por Barzaghi e Salge (1982) constata-se que:

- a) para **tijolos maciços**, as amostras A - 02, A - 03, A - 05, A - 06, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 12, A - 13, A - 14, A - 15, A - 16, A - 19, A - 20, A - 22, A - 23 e A - 24, atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 2,00 MPa. *E as amostras A - 01, A - 04, A - 18, A - 21 e A - 25, não atenderam quando secas a 110°C.*
- b) para **tijolos furados**, as amostras A - 03, A - 05, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 13, A - 14, A - 16, A - 19 e A - 23, atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 5,50 MPa e todas as amostras estudadas atenderam à especificação quanto à *absorção de água*, que é no máximo 25%.
- c) para **telhas**, as amostras A - 03, A - 05, A - 07, A - 09, A - 11, A - 13, A - 16, e A - 23, atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 6,50 MPa e as amostras A - 10, A - 19 e A - 25 não satisfizeram à especificação, quanto à *absorção de água*, que é no máximo 20%.

Tabela 4-6

Características cerâmicas de argilas para cerâmica vermelha queimadas a 1000°C.

AMOSTRAS	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm ³)	POROSIDADE APARENTE (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	PERDA AO FOGO (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
A - 01	16,64	1,61	26,82	0,93	11,60	1,56
A - 02	14,58	1,73	25,28	1,37	9,29	5,87
A - 03	13,02	1,82	23,70	2,16	11,05	7,79
A - 04	15,01	1,87	28,13	0,25	6,94	2,54
A - 05	12,61	1,95	24,65	1,39	9,23	11,09
A - 06	14,68	1,84	27,07	1,11	7,91	5,68
A - 07	15,99	1,80	28,80	3,21	11,98	19,36
A - 08	14,35	1,84	26,36	-0,08	5,82	1,03
A - 09	11,31	1,75	19,83	2,33	10,45	7,60
A - 10	20,26	1,61	32,72	1,78	13,42	7,17
A - 11	12,47	2,00	24,95	3,08	11,23	15,33
A - 12	13,14	1,98	26,05	1,50	12,67	4,04
A - 13	11,93	2,03	24,31	-3,27	11,27	7,62
A - 14	8,20	1,99	16,33	4,81	11,90	7,15
A - 15	13,33	1,96	26,15	1,42	10,36	6,76
A - 16	14,97	1,94	29,06	2,31	11,33	12,32
A - 17	18,25	1,70	30,99	0,04	11,06	1,98
A - 18	12,63	1,92	24,25	0,21	6,87	2,58
A - 19	12,95	1,92	31,83	3,94	11,77	19,57
A - 20	13,36	1,95	26,07	-0,69	7,44	5,03
A - 21	12,62	1,93	23,94	0,45	7,49	6,35
A - 22	13,94	1,95	27,25	0,37	7,56	6,52
A - 23	10,86	2,05	22,23	0,91	7,64	8,28
A - 24	16,10	1,85	29,79	0,02	6,02	4,44
A - 25	22,46	1,65	37,26	-1,92	13,90	4,09
ESPECIFICAÇÕES	≤ 25,00	≥ 1,70	≤ 35,00	NE	NE	≥ 6,00

1MPa \cong 10 kgf/cm² e NE = não especificado

A Tabela 4-6, acima, apresenta os resultados dos ensaios cerâmicos realizados nos corpos de prova queimados à temperatura de 1000°C, que são os seguintes:

Absorção de água - para absorção de água, os valores variaram de 8,20% (amostra A - 14) a 22,46% (amostra A - 25).

Massa específica aparente - para massa específica aparente, os valores variaram de 1,61g/cm³ (amostras A - 01 e A - 10) a 2,05g/cm³ (amostra A - 23).

Porosidade aparente - para porosidade aparente, os valores variaram de 16,33% (amostra A - 14) a 37,26% (amostra A - 25).

Retração linear de queima - para retração linear de queima, os valores variaram de -3,27% (amostra A - 13) a 4,81% (amostra A - 14).

Perda ao fogo - para perda ao fogo, os valores variaram de 5,82% (amostra A - 08) a 13,90% (amostra A - 25).

Tensão de ruptura à flexão - para tensão de ruptura à flexão, os valores variaram de 1,03 MPa (amostra A - 08) e 19,57 MPa (amostra A - 19).

Comparando-se os resultados dos ensaios cerâmicos realizados nos corpos de prova queimados à temperatura de 1000°C, contidos na Tabela 4-6, transcrita na página anterior, com as especificações brasileiras, segundo Souza Santos (1992), para uso em ensaios cerâmicos preliminares após queima a 950°C, *por ser a temperatura que mais se aproxima da especificação citada*, constata-se que:

- a) com relação à **absorção de água**, todas as amostras satisfizeram à especificação, que exige valor máximo de 25%;
- b) com relação à **massa específica aparente**, observa-se que apenas as amostras A - 01, A - 10 e A - 25 não atenderam à especificação, que é no mínimo 1,7 g/cm³;
- c) com relação à **porosidade aparente**, apenas a amostra A - 25 não satisfaz à especificação, que é no máximo 35%;
- d) com relação à **tensão de ruptura à flexão**, as amostras A - 03, A - 05, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 13, A - 14, A - 15, A - 16, A - 19, A - 21, A - 22 e A - 23 apresentaram valores de tensão superiores a 6,00 MPa, que é o mínimo especificado.

Serão analisados agora os resultados das características cerâmicas queimadas a 1000°C, contidos na Tabela 4-6, transcrita na página anterior, com valores limites determinados em laboratório por Barzaghi e Salge (1982), tem-se que:

- a) para **tijolos maciços**, a amostra A - 17 e as desclassificadas anteriormente, *ver página 68*, não atenderam à especificação para tensão de ruptura, que é de mínimo 2,00 MPa.
- b) para **tijolos furados**, as amostras A - 02, A - 03, A - 05, A - 06, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 13, A - 14, A - 15, A - 16, A - 19, A - 22 e A - 23,

atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 5,50 MPa. Quanto à *absorção de água*, todas as amostras estudadas satisfizeram à especificação, que é no máximo 25%.

c) para **telhas**, as amostras A - 03, A - 05, A - 07, A - 09, A - 11, A - 13, A - 14, A - 15, A - 16, A - 19, A - 22 e A - 23, atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 6,50 MPa. Quanto à *absorção de água*, apenas as amostras A - 10, A - 25 não satisfizeram à especificação, que é no máximo 20%.

A Tabela 4-7, transcrita na página seguinte, apresenta os resultados dos ensaios cerâmicos realizados nos corpos de prova queimados à temperatura de 1100°C, que são os seguintes:

Absorção de água - para absorção de água constata-se que os valores variaram de 1,25% (amostra A - 16) a 17,46% (amostra A - 25).

Massa específica aparente - para massa específica aparente tem-se que os valores variaram de 1,54g/cm³ (amostras A - 25) a 2,35g/cm³ (amostra A - 05).

Porosidade aparente - para porosidade aparente, verifica-se que os valores variaram de 3,16% (amostra A - 16) a 33,32% (amostra A - 25).

Retração linear de queima - para retração linear de queima, observa-se que os valores variaram de -6,43% (amostra A - 13) a 11,25% (amostra A - 19).

Perda ao fogo - para a perda ao fogo, a variação foi de 6,21% (amostra A - 24) e 14,34% (amostra A - 25).

Tensão de ruptura à flexão - para tensão de ruptura à flexão, a variação esteve entre 3,05 MPa (amostra A - 18) a 52,38 MPa (amostra A - 19).

Analisando os resultados das características cerâmicas das amostras de argilas para cerâmica vermelha queimadas a 1100°C, contidos na Tabela 4-7, transcrita na página seguinte, onde são comparadas apenas com valores-limites determinados em laboratório por Barzaghi e Salge (1982), *uma vez que há uma diferença de temperatura de 150°C com os valores padrões propostos por Souza Santos (1992)*, chegou-se às seguintes constatações:

a) para **tijolos maciços**, todas as amostras atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo de 2,00 MPa. *Não foram consideradas as amostras desclassificadas constantes na página 68, desta dissertação.*

b) para *tijolos furados*, as amostras A - 02, A - 03, A - 05, A - 06, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 12, A - 13, A - 14, A - 15, A - 16, A - 19, A - 20, A - 22, A - 23 e A - 24, atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 5,50 MPa. Quanto à *absorção de água*, todas as amostras atenderam à especificação de valor máximo 25%.

c) para *telhas*, as amostras A - 02, A - 03, A - 05, A - 06, A - 07, A - 09, A - 10, A - 11, A - 12, A - 13, A - 14, A - 15, A - 16, A - 19, A - 20, A - 22, A - 23 e A - 24 atenderam à especificação para tensão de ruptura à flexão, que é no mínimo 6,50 MPa e quanto à *absorção de água*, todas as amostras atenderam à especificação de valor máximo 20%.

Tabela 4-7
Características cerâmicas de argilas para cerâmica vermelha queimadas a 1100°C.

AMOSTRAS	ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm ³)	POROSIDADE APARENTE (%)	RETRAÇÃO LINEAR (%)	PERDA AO FOGO (%)	TENSÃO DE RUPTURA À FLEXÃO (MPa)
A - 01	9,57	1,83	17,54	5,67	11,25	9,97
A - 02	9,83	1,83	18,04	3,78	10,74	13,13
A - 03	10,61	1,89	20,02	3,56	11,53	12,44
A - 04	11,28	1,97	22,18	3,03	7,22	10,02
A - 05	3,09	2,35	7,27	8,05	9,91	21,49
A - 06	10,94	1,88	20,56	4,27	9,59	12,50
A - 07	2,96	2,27	6,63	9,51	11,95	34,72
A - 08	10,71	1,87	23,54	0,98	12,27	3,29
A - 09	8,84	1,82	16,15	3,87	11,32	10,28
A - 10	9,65	2,09	20,21	7,08	13,60	17,88
A - 11	8,84	2,00	17,55	7,32	13,92	15,80
A - 12	9,16	2,13	18,07	3,54	12,97	7,89
A - 13	6,31	2,20	13,87	-6,43	11,44	15,98
A - 14	3,15	2,34	7,35	7,98	12,89	11,67
A - 15	5,41	2,29	12,32	5,91	11,62	13,00
A - 16	1,25	2,51	3,16	9,19	10,81	35,94
A - 17	13,73	1,84	25,10	2,15	10,83	5,07
A - 18	10,82	1,99	21,51	1,37	6,50	3,05
A - 19	2,31	2,46	5,64	11,25	13,37	52,38
A - 20	10,59	2,05	21,78	-2,38	7,46	6,77
A - 21	9,82	2,06	20,26	2,58	8,40	7,70
A - 22	9,58	2,10	20,10	2,08	7,51	8,85
A - 23	7,15	2,18	15,59	3,56	7,01	10,92
A - 24	11,86	2,02	23,97	-1,68	6,21	7,98
A - 25	17,46	1,54	33,32	-4,16	14,34	6,87

1MPa \cong 10 kgf/cm

4.3 - RESULTADOS DOS ENSAIOS NO PRODUTO ACABADO

4.3.1 - Características Visuais

Os blocos cerâmicos produzidos e comercializados no Estado da Paraíba, na sua totalidade, apresentaram defeitos visuais como: trincas, quebras, superfícies irregulares, empenamentos, cores heterogêneas - manchas pretas "coração negro"-, dimensões irregulares e outras imperfeições facilmente identificáveis, resultando que 100% das amostras analisadas contrariam às especificações da ABNT. O que indica a baixa qualidade do produto fornecido ao consumidor

4.3.2 - Características Geométricas

Os blocos de vedação comuns ensaiados na presente pesquisa apresentaram os resultados contidos na Tabela 4-8, transcrita na página 78. Tais resultados referem-se a dimensões, espessura das paredes, desvio em relação ao esquadro, planeza das faces e especificações constantes na NBR 7171(1992) dos tijolos de oito furos.

Comparando-se os valores obtidos na Tabela 4-8 com as valores especificados na norma citada, constata-se que:

Quanto às **dimensões dos tijolos furados**, a faixa de largura média foi de 85 mm (T - 16) a 102 mm (T - 01), onde o valor médio especificado é de 90 ± 3 mm, para altura média a faixa de variação foi de 170 mm (T - 22) a 197 mm (T - 01 e T - 03) onde o valor médio especificado é de 190 ± 3 mm, e para o comprimento médio, a faixa de variação foi de 172 mm (T - 08) a 201 mm (T - 11) para um valor médio especificado de 190 ± 3 mm, onde se pode observar que apenas a amostra T - 12 atendeu às especificações, correspondendo a 4% das amostras analisadas.

Quanto à **espessura das paredes externas**, a faixa de valores encontrados variou de 5,7 mm (T - 08) a 15,8 mm (T - 15), para uma espessura

especificada mínima de 7 mm, onde se observa que apenas as amostras T - 01, T - 07, T - 08 e T - 09 não atenderam às especificações mínimas exigidas, correspondendo a 16% das amostras analisadas.

Quanto à **verificação da forma**, foram realizados os ensaios do desvio em relação ao esquadro e de planeza das faces. Para o *desvio em relação ao esquadro*, a faixa de valores encontrada variou de 0,0 (T - 07, T - 09, T - 10, T - 14 e T - 19) a 14,1 mm (T - 25) para uma tolerância máxima especificada de 3 mm, onde se observa que nenhuma amostra atendeu às especificações. E para a *planeza das faces*, a faixa de valores encontrada variou de 0,0 (T - 01, T - 07, T - 08, T - 09, T - 14 e T - 20) a 6,5 mm (T - 06 e T - 25) para uma tolerância máxima especificada de 3 mm, onde observamos que as amostras T - 04, T - 05, T - 06, T - 10, T - 13, T - 16, T - 17, T - 18, T - 22, T - 23, T - 24 e T - 25 não atenderam às especificações, correspondendo a 48% das amostras analisadas.

Tabela 4-8

Resultados obtidos das características geométricas dos tijolos de oito furos e especificações constantes na NBR 7171(1992)

AMOS- TRAS	DIMENSÕES			ESPESSURA DAS PAREDES		VERIFICAÇÃO DA FORMA			
						DESVIO EM RELAÇÃO AO ESQUADRO		PLANEZA DAS FACES	
	LARGURA MÉDIA (mm)	ALTURA MÉDIA (mm)	COMPRIMENTO MÉDIO (mm)	VALOR MÍNIMO (mm)	VALOR MÁXIMO (mm)	VALOR MÍNIMO (mm)	VALOR MÁXIMO (mm)	VALOR MÍNIMO (mm)	VALOR MÁXIMO (mm)
T - 01	102	197	198	6,9	9,9	1,3	14,0	0,0	2,2
T - 02	87	172	177	7,0	9,3	1,6	10,0	0,3	3,0
T - 03	97	197	195	8,8	13,3	1,5	8,0	1,0	2,9
T - 04	94	177	182	8,5	13,4	1,0	4,8	1,6	4,6
T - 05	92	185	184	8,4	10,5	2,2	8,3	1,0	4,4
T - 06	94	175	186	9,4	12,4	2,0	7,7	1,5	6,5
T - 07	96	184	187	6,8	8,4	0,0	6,5	0,0	1,5
T - 08	93	177	172	5,7	8,4	1,0	4,7	0,0	2,0
T - 09	96	184	182	6,3	8,3	0,0	4,8	0,0	3,0
T - 10	100	190	196	8,2	13,3	0,0	4,1	0,5	3,6
T - 11	90	190	201	7,5	10,0	1,4	6,6	0,5	2,7
T - 12	93	187	192	7,0	10,3	1,0	5,4	0,5	2,4
T - 13	92	178	181	7,2	9,4	1,4	6,0	2,5	5,0
T - 14	87	162	185	8,3	13,2	0,0	7,0	0,0	1,7
T - 15	87	175	180	7,0	15,8	1,6	7,5	0,5	2,4
T - 16	85	168	186	8,0	11,8	1,5	7,6	1,0	4,0
T - 17	87	170	187	9,0	13,0	1,8	5,4	1,8	4,0
T - 18	87	173	186	9,0	12,0	2,4	10,0	0,5	3,5
T - 19	94	171	190	7,5	10,0	0,0	5,0	1,0	3,0
T - 20	88	174	189	8,0	10,5	1,5	10,3	0,0	2,0
T - 21	87	173	191	7,0	10,0	1,5	7,7	0,3	2,0
T - 22	89	170	193	8,2	15,6	2,4	10,0	1,0	3,7
T - 23	83	173	177	7,0	9,6	2,7	10,4	0,5	4,4
T - 24	94	187	191	7,7	10,6	1,2	10,0	0,5	4,4
T - 25	85	186	183	9,0	12,4	3,0	14,1	2,0	6,5
ESPECIFI CAÇÕES	90	190	190	7	-	-	-	-	-
TOLE- RÂNCIA	± 3	± 3	± 3	-	-	-	3	-	3

De modo geral, pode-se concluir que, para as características geométricas, nenhuma amostra atendeu às especificações da NBR 7171(1992). Esse resultado não implica necessariamente que nenhuma amostra da matéria-prima não possa ser utilizada. No caso da matéria-prima ser aprovada de acordo com a sistemática de Barzaghi e Salge (1982) e/ou a de Souza Santos

(1992). No caso da aceitação da matéria-prima, se os valores das características geométricas não atenderem às especificações, basta apenas um ajuste da matriz e/ou no sistema de corte da massa extrudada.

4.3.3 - Características Físicas e Mecânicas

A Tabela 4-9, na página seguinte, apresenta os resultados e as especificações da NBR 8947(1985) e da NBR 6461(1983), para os ensaios físico-mecânicos realizados nos tijolos de oito furos.

Comparando-se os valores obtidos na Tabela 4-9, transcrita na página seguinte, com os valores especificados nas normas da ABNT (NBRs 8947/1985 e 6461/1983), verifica-se que:

Absorção de água - Para a absorção de água, os valores apresentaram a seguinte faixa de variação de 4,07% (T - 23) a 19,80% (T - 17) para uma faixa especificada de valores de 8% a 25%. Observa-se que apenas as amostras T - 04, T - 13, T - 14 e T - 23 não atenderam aos valores especificados, correspondendo a 16% das amostras analisadas. Estes resultados foram obtidos da média aritmética de 13 tijolos furados para cada amostra, segundo às especificações constantes na NBR 8947(1985).

Resistência mecânica à compressão simples - Para resistência mecânica à compressão simples, os valores apresentaram a seguinte faixa de variação de 0,46 MPa (T - 02) a 5,16 MPa (T - 04) para um valor mínimo especificado de 1,0 MPa (10 kgf/cm²). Observa-se que apenas as amostras T - 03, T - 04, T - 05, T - 11, T - 12, T - 16, T - 18 e T - 20, atenderam às especificações, correspondendo a 32% das amostras analisadas. Estes resultados foram obtidos da média aritmética de 13 tijolos furados para cada amostra, segundo as especificações constantes na NBR 7171(1992).

Tabela 4-9

Valores obtidos de absorção de água e resistência à compressão e especificações da ABNT (NBR 8947/1985 e 6461/1983), dos tijolos de oito furos coletados.

AMOSTRAS	ABSORÇÃO DE ÁGUA *		RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES **		
	VALOR MÍNIMO (%)	VALOR MÁXIMO (%)	VALOR MÍNIMO (MPa)	VALOR MÁXIMO (MPa)	VALOR MÉDIO (MPa)
T - 01	8,67	11,82	0,62	2,73	1,95
T - 02	10,89	12,71	0,46	1,26	0,86
T - 03	8,30	11,16	1,72	3,35	2,47
T - 04	6,95	13,02	2,76	5,16	3,50
T - 05	8,77	10,22	1,29	3,03	2,11
T - 06	9,02	11,24	0,98	2,04	1,41
T - 07	11,27	13,35	0,92	3,74	2,49
T - 08	14,07	15,75	0,28	0,68	0,44
T - 09	11,13	12,79	0,90	1,67	1,24
T - 10	11,46	16,48	0,70	2,44	1,50
T - 11	8,99	14,39	1,77	2,73	2,30
T - 12	9,43	15,35	1,14	1,82	1,49
T - 13	7,96	12,31	0,80	3,08	1,95
T - 14	7,20	14,27	0,79	2,81	1,52
T - 15	12,90	15,61	0,89	3,01	1,47
T - 16	10,21	18,09	1,44	2,54	1,97
T - 17	8,49	19,80	0,66	3,14	1,44
T - 18	10,66	13,43	2,12	3,92	2,97
T - 19	10,26	14,26	0,77	2,11	1,21
T - 20	10,11	12,53	1,00	2,27	1,64
T - 21	10,51	13,95	0,71	2,31	1,37
T - 22	9,76	12,06	0,64	2,60	1,93
T - 23	4,07	8,88	0,80	3,55	2,20
T - 24	11,37	15,78	0,69	2,04	1,42
T - 25	16,43	18,92	0,56	1,20	0,83
ESPECIFICAÇÕES	8	25	1,0	NE	NE

* NBR 8947, ** NBR 6461 e NE - não especificado

Tabela 4-10

Avaliação das características dos blocos cerâmicos								
AMOS TRAS	DIMENSÕES			ESPESSU RA DAS PAREDES (Lote)	DESVIO AO ESQUADRO (Lote)	PLANEZAS DAS FACES (Lote)	ABSORÇÃO DE ÁGUA (Lote)	RESISTÊNCIA À COMPRES- SÃO SIMPLES (Classe)
	LARGURA	ALTURA	COMPRIM.					
T - 01	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Atende	NSE
T - 02	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Atende	NSE
T - 03	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Atende	15
T - 04	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	25
T - 05	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	10
T - 06	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	NSE
T - 07	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Atende	NSE
T - 08	Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Atende	NSE
T - 09	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Atende	NSE
T - 10	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	NSE
T - 11	Atende	Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Atende	15
T - 12	Atende	Atende	Atende	Atende	Não Atende	Atende	Atende	10
T - 13	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	NSE
T - 14	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	NSE
T - 15	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Atende	NSE
T - 16	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	10
T - 17	Atende	Não Atende	Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	NSE
T - 18	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	15
T - 19	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Atende	NSE
T - 20	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Atende	10
T - 21	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Atende	Atende	NSE
T - 22	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	NSE
T - 23	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Não Atende	NSE
T - 24	Não Atende	Atende	Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	NSE
T - 25	Não Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	Não Atende	Não Atende	Atende	NSE

NSE = não se enquadra

Analisando a Tabela 4-10, transcrita na página anterior, apresenta uma avaliação dos resultados em relação aos valores especificados segundo a NBR 7171(1992), pode-se verificar que os blocos cerâmicos analisados não satisfizeram aos critérios exigidos nas *características visuais e geométricas*, onde 96% dos blocos têm dimensões reais diferentes dos padrões e não atendem aos critérios de verificação da forma. E quanto às *características físicas e mecânicas*, 84% dos blocos atenderam a NBR 8947(1985), para a absorção de água e apenas 32% dos blocos analisados satisfizeram ao valor mínimo especificado de 1,0 MPa, para a resistência mecânica simples, assim distribuídos por classe com relação à resistência à compressão na área bruta; *classe 10* (1,00 a 1,49 MPa) 16% (T - 05, T - 12, T - 16 e T - 20); *classe 15* (1,50 a 2,49 MPa) 12% (T - 03, T - 11 e T - 18) e *classe 25* (2,50 a 4,49 MPa) 4% (T - 04), conforme classificação constante na NBR 7171(1992).

Portanto, observa-se que os resultados obtidos revelaram não existir controle efetivo do processo de fabricação. A variação dos valores de resistência à compressão e de absorção de água em cada amostra indicam a deficiência na fabricação, notadamente na homogeneização da matéria-prima, já que não há um controle da granulometria, disposição dos blocos crus no forno e temperatura de queima. A grande maioria dos blocos ensaiados apresentou característica de tijolos mal queimados. A altura média dos blocos de 179 mm - 18 mm menor que a altura estabelecida - indica que a boquilha da extrusora, que confere a largura e altura dos blocos crus, não é dimensionada adequadamente.

Finalmente, o não atendimento às dimensões padronizadas e a forma imperfeita, além de dificultarem a racionalização da construção no projeto e execução, promovem prejuízo significativos para o consumidor. Dezoito milímetros a menos podem parecer insignificantes, mas representam ônus significativos quando se considera toda a construção. Um milheiro de blocos nas dimensões padronizadas de 90 mm x 190 mm x 190 mm produzem 40 m² de alvenaria, mas, empregando-se com dimensões médias 91 mm x 179 mm x 186 mm, a produção de alvenaria é de 37 m², ou seja, \cong 8% menor. Com os blocos menores, no levante da alvenaria, há um aumento considerável do consumo da argamassa. Como os blocos não atendem às exigências da forma de paralelepípedo retângulo - desvio com relação ao esquadro e planeza das

faces -, há ainda o aumento no consumo da argamassa de revestimento, estimado em 33% para uma espessura adicional de 5 mm.

De modo geral, observa-se que os pequenos ceramistas e produtores de materiais cerâmicos para construção estão se convencendo da urgente necessidade de se tornarem administradores/gerentes de produção/comercializadores eficientes e competitivos, como condição de sobrevivência deles próprios e de suas empresas. Como se observa nos cadernos de economia dos principais jornais e periódicos nacionais, o período de grandes transformações por que passam a sociedade e a economia brasileiras exige que quem quiser se manter no mercado tem que mostrar competência e competitividade.

CAPÍTULO V

5.0 - CONCLUSÕES POR AMOSTRA

Neste capítulo cada uma das amostras de argila e de tijolo será considerada isoladamente, sendo fornecidas as seguintes informações: a) identificação da cerâmica, do proprietário que forneceu o material para estudo e da localização; b) resumo dos ensaios de caracterização, sendo fornecidos os resultados das mais importantes propriedades caracterizantes; c) resumo dos ensaios tecnológicos sendo fornecidas as informações das propriedades mais importantes estudadas. Deve ser observado que os ensaios tecnológicos constituem-se numa continuação dos ensaios de caracterização, do que resulta a indicação de um provável uso em materiais de cerâmica vermelha para uso em construção civil.

Amostra A - 01 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Santa Cecília Ltda. (CECIDA) de propriedade do Sr. Lucas Alexandre Porpino, Guarabira, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 40,50%, limite de plasticidade - 23,53% e índice de plasticidade - 17,20%; b) análise granulométrica por via úmida, passado nas peneiras ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 98,8%, nº. 100 (0,15 mm) - 89,7%, nº. 200 (0,074 mm) - 84,1% e nº. 325 (0,044 mm) - 73,4%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias após queima a 900°C e 1000°C, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas, essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada, segundo os critérios adotados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificado na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma

técnica NBR 8947(1985) e não atendeu aos itens especificados, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 02 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica CEMARISA, de propriedade do Sr. Gerônimo Salustiano Costa, Guarabira, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 39,50%, limite de plasticidade - 17,3% e índice de plasticidade - 22,47%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 98,6%, nº. 100 (0,15 mm) - 91,0%, nº. 200 (0,074 mm) - 84,1% e nº. 325 (0,044 mm) - 77,5%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C e 1000°C, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços a 900°C, tijolos furados a 1000°C e para telhas essa amostra só apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1100°C, segundo Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra apresentou características visuais fora dos padrões especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu aos itens especificados, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 03 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica CACEL, de propriedade do Sr. José da Silva Souza, Guarabira, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 43,00%, limite de plasticidade - 19,12% e índice de plasticidade - 23,88%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 98,3%, nº. 100 (0,15 mm) - 84,1%, nº. 200 (0,074 mm) - 78,6% e nº. 325 (0,044 mm) - 73,2%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou

condições satisfatórias quando queimada a 900°C, segundo critérios preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, de acordo com as normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 04 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Espírito Santo Ltda, de propriedade do Sr. Newton Luiz Gonçalves da Silva Jr., Cruz do Espírito Santo, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 34,50%, limite de plasticidade - 19,28% e índice de plasticidade - 15,22%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº.50 (0,30 mm) - 99,8%, nº.100(0,15 mm) - 98,2%, nº. 200 (0,074 mm) - 92,7% e nº. 325 (0,044 mm) - 77,1%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C e 1000°C, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas, essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada, segundo os critérios adotados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra apresentou uma grande quantidade de manchas pretas "coração negro", logo as características visuais foram inaceitáveis, conforme especificado na norma técnica NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra não satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 05 - Argila coletada nos depósitos da Cia. Indústria de Cerâmica (CINCERA) de propriedade da Sra. Maria do Carmo Santiago, Santa Rita, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 47,00%, limite de plasticidade - 26,41% e índice de plasticidade - 20,59%; b) análise

granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 99,7%, nº.100 (0,15 mm) - 92,2%, nº. 200 (0,074 mm) - 95,6% e nº. 325 (0,044 mm) - 93,0%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); a) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, segundo critérios pré-determinados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, de acordo com as normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 06 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica CAIONGO, de propriedade do Sr. Piragibe Paiva Barbosa, Santa Rita, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 38,00%, limite de plasticidade - 25,14% e índice de plasticidade - 12,86%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 93,9%, nº.100 (0,15 mm) - 85,5%, nº. 200 (0,074 mm) - 82,1% e nº. 325 (0,044 mm) - 77,8%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias só quando queimada a 1000°C, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, essa amostra apresentou condições satisfatórias a 900°C; tijolos furados 1000°C e telhas, essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1100°C, segundo critérios preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificado na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica

NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 07 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica CEMAL, de propriedade do Sr. Genésio Martins da Silva, Mamanguape, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 43,80%, limite de plasticidade - 22,92% e índice de plasticidade - 20,88%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 99,8%, nº.100 (0,15 mm) - 96,8%, nº. 200 (0,074 mm) - 90,3% e nº. 325 (0,044 mm) - 86,5%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, para uso nesses materiais, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na norma ABNT (NBR 7171/1992); b) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 08 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica SALEMA, de propriedade do Sr. Francisco Xavier Andrade, Rio Tinto, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 20,0%, limite de plasticidade - NP e índice de plasticidade - NP, (NP = não plástica); b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 91,3%, nº.100 (0,15 mm) - 44,8%, nº. 200 (0,074 mm) - 39,1% e nº. 325 (0,044 mm) - 35,3%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada, segundo os critério

adotados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 09 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Irmãos Borges, de propriedade dos Srs. Manoel de Andrade Borges e Cláudio Borges de Andrade, Rio Tinto, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 40,00%, limite de plasticidade - 18,57% e índice de plasticidade - 21,43%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 96,5%, nº. 100 (0,15 mm) - 78,5%, nº. 200 (0,074 mm) - 71,3% e nº. 325 (0,044 mm) - 62,4%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, segundo os valores-limites preconizados em laboratórios por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 10 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica PINDOBAL - de propriedade da FEBEMA A, Mamanguape, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 51,00%, limite de plasticidade - 24,95% e índice de plasticidade - 26,05%; b) análise granulométrica por via úmida,

passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 99,7%, nº.100 (0,15 mm) - 98,2%, nº. 200 (0,074 mm) - 97,7% e nº. 325 (0,044 mm) - 96,9%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C e 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados a 900°C e telhas essa amostra apresentou condições satisfatórias só quando queimada a 1100°C, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 11 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Ney de Arruda, de propriedade do Sr. Ney de Arruda, Alagoa Grande, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 39,50%, limite de plasticidade - 19,82% e índice de plasticidade - 19,68%; b) análise granulométrica por via úmida, passado nas peneiras ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 94,1%, nº.100 (0,15 mm) - 72,1%, nº. 200 (0,074 mm) - 70,6% e nº. 325 (0,044 mm) - 69,1%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, de acordo com às normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 12 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Jardim, de propriedade do Sr. Valdivino José Cosme, Mulungu, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 30,00%, limite de plasticidade - 18,29% e índice de plasticidade - 11,29%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº.50 (0,30 mm) - 96,9%, nº.100(0,15 mm) - 69,7%, nº. 200 (0,074 mm) - 61,5% e nº. 325 (0,044 mm) - 56,2%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C e 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços a 900°C, tijolos furados e para telhas essa amostra só apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1100°C, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra apresentou características visuais dentro dos padrões especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, de acordo com às normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 13 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Santa Bárbara, de propriedade da Sra. Germana Gomes Santiago, Mulungu, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 70,50%, limite de plasticidade - 31,20% e índice de plasticidade - 39,30%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 99,8%, nº.100 (0,15 mm) - 98,7%, nº. 200 (0,074 mm) - 97,3% e nº. 325 (0,044 mm) - 95,9%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, segundo critérios preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra apresentou uma grande quantidade de manchas pretas "coração negro", logo as características visuais foram inaceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características

geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra não satisfaz aos itens especificados, de acordo com às normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 14 - Argila coletada nos depósitos da Ind. e Com. de Modulados Ltda, de propriedade do Sr. Armando José de Lima, Remígio, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 67,00%, limite de plasticidade - 22,19% e índice de plasticidade - 44,81%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 95,7%, nº.100 (0,15 mm) - 79,9%, nº. 200 (0,074 mm) - 77,3% e nº. 325 (0,044 mm) - 75,0%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços e furados a 900°C e telhas, essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra apresentou uma grande quantidade de manchas pretas "coração negro", logo as características visuais foram inaceitáveis, conforme especificado na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra não satisfaz aos itens especificados para as *propriedades físicas*, de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985), assim como não atendeu às *propriedades mecânicas* de acordo com a especificação mínima da norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 15 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Soledade de propriedade do Sr. Raimundo, Soledade, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 33,80%, limite de plasticidade - 18,94% e índice de plasticidade - 14,86%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 96,1%, nº.100 (0,15 mm) - 75,4%, nº. 200 (0,074 mm) - 70,3% e nº. 325 (0,044 mm) - 66,5%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa

amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); a) tijolos maciços a 900°C, tijolos furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C, segundo critérios pré-determinados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 16 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica São José, de propriedade do Sr. Expedito Francisco dos Santos, Soledade, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 37,00%, limite de plasticidade - 25,78% e índice de plasticidade - 11,22%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 96,7%, nº. 100 (0,15 mm) - 70,9%, nº. 200 (0,074 mm) - 67,4% e nº. 325 (0,044 mm) - 64,8%. *Ensaio Tecnológicos*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, segundo critérios preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra apresentou uma grande quantidade de manchas pretas "coração negro", logo as características visuais foram inaceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, de acordo com as normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 17 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Arlindo, de propriedade do Sr. Arlindo Franco Borborema, Soledade, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 31,00%, limite de plasticidade - NP e índice de plasticidade - NP; (NP = não plástico); b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 98,6%, nº. 100 (0,15 mm) - 88,8%, nº. 200 (0,074 mm) - 75,6% e nº. 325 (0,044 mm) - 49,8%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C e a 1000°C, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, essa amostra só apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1100°C, portanto, não presta para fabricação de tijolos furados e telhas, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra apresentou uma grande quantidade de manchas pretas "coração negro", logo as características visuais foram inaceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 18 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Zé Pascoal de propriedade do Sr. José Robério Ramos Pascoal, Juazeirinho, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 40,00%, limite de plasticidade - 25,59% e índice de plasticidade - 17,41%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 96,8%, nº. 100 (0,15 mm) - 70,7%, nº. 200 (0,074 mm) - 66,0% e nº. 325 (0,044 mm) - 62,3%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C e 1000°C, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços furados e telhas, essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada, segundo os critérios adotados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a)

características visuais: essa amostra apresentou uma grande quantidade de manchas pretas "coração negro", logo as características visuais foram inaceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, de acordo com às normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 19 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Boa Vista, de propriedade do Sr. Ademar Alves da Silva, Juazeirinho, Paraíba. *Ensaios de Caracterização*: a) limite de liquidez - 58,30%, limite de plasticidade - 17,49% e índice de plasticidade - 40,81%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 99,8%, nº.100(0,15 mm) - 98,7%, nº. 200 (0,074 mm) - 98,2% e nº. 325 (0,044 mm) - 97,2%. *Ensaios Tecnológicos*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, segundo os valores-limites preconizados em laboratórios por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaios com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 20 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Torres, de propriedade do Sr. Antonio Torres, Juazeirinho, Paraíba. *Ensaios de Caracterização*: a) limite de liquidez - 31,00%, limite de plasticidade - 11,28% e índice de plasticidade - 19,72%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 94,8%, nº.100 (0,15 mm) - 60,5%, nº. 200 (0,074 mm) - 55,2% e nº. 325 (0,044 mm) - 51,9%. *Ensaios*

Tecnológicos: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C e 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); a) tijolos maciços a 900°C, tijolos furados e telhas, essa amostra só apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1100°C, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado:* a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, de acordo com às normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 21 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Seridó, de propriedade do Sr. Vandick Cordeiro, São Vicente do Seridó, Paraíba. *Ensaio de Caracterização:* a) limite de liquidez - 27,00%, limite de plasticidade - NP e índice de plasticidade - NP, (NP = não plástica); b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 96,6%, nº. 100 (0,15 mm) - 56,6%, nº. 200 (0,074 mm) - 41,6% e nº. 325 (0,044 mm) - 26,3%. *Ensaio Tecnológico:* 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); a) tijolos maciços, tijolos furados e telhas, essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada, segundo critérios pré-determinados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado:* a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na norma NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 22 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Tanques, de propriedade do Sr. Manoel Júlio, Pedra Lavrada, Paraíba. *Ensaio de*

Caracterização: a) limite de liquidez - 25,60%, limite de plasticidade - NP e índice de plasticidade - NP, (NP = não plástica); b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 95,5%, nº.100 (0,15 mm) - 49,2%, nº. 200 (0,074 mm) - 33,0% e nº. 325 (0,044 mm) - 21,6%. **Ensaios Tecnológicos:** 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços a 900°C, tijolos furados e telhas, essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 1000°C, segundo critérios preconizados por Barzaghi e Salge (1982). **Ensaios com o produto acabado:** a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 23 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Palmeirense, de propriedade do Sr. Aluizio Gomes de Medeiros, Nova Palmeira, Paraíba. **Ensaios de Caracterização:** a) limite de liquidez - 31,30%, limite de plasticidade - 26,08% e índice de plasticidade - 5,21; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 96,9%, nº.100 (0,15 mm) - 55,7%, nº. 200 (0,074 mm) - 49,6% e nº. 325 (0,044 mm) - 44,6%. **Ensaios Tecnológicos:** 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); a) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C, para uso nesses materiais, segundo valores-limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982). **Ensaios com o produto acabado:** a) características visuais: essa amostra apresentou cor preta "grafite", mostrando claramente sinais de super-queima, logo as características visuais foram inaceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa

amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra não satisfaz aos itens especificados, de acordo com às normas técnicas NBR (8947/1985 e 6461/1983).

Amostra A - 24 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Casa de Pedra, de propriedade do Sr. José Antonio, Picuí, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 34,00%, limite de plasticidade - NP e índice de plasticidade - NP (NP = não plástica); b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 98,6%, nº.100 (0,15 mm) - 56,0%, nº. 200 (0,074 mm) - 47,1% e nº. 325 (0,044 mm) - 41,0%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada a 900°C e 1000°C, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos (1992); b) tijolos maciços a 900°C, tijolos furados e telhas essa amostra apresentou condições satisfatórias só quando queimada a 1100°C, segundo os critérios adotados por Barzaghi e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados, quanto às *propriedades físicas* de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu a especificação mínima, quanto às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

Amostra A - 25 - Argila coletada nos depósitos da Cerâmica Barbadim, de propriedade do Sr. Paulo César Araújo Ribeiro, Campina Grande, Paraíba. *Ensaio de Caracterização*: a) limite de liquidez - 34,00%, limite de plasticidade - 21,00% e índice de plasticidade - 13,00%; b) análise granulométrica por via úmida, passado em peneira ABNT nº. 50 (0,30 mm) - 94,0%, nº.100 (0,15 mm) - 67,3%, nº. 200 (0,074 mm) - 60,3% e nº. 325 (0,044 mm) - 56,6%. *Ensaio Tecnológico*: 1) usos cerâmicos prováveis: cerâmica vermelha - a) essa amostra não apresentou condições satisfatórias quando queimada, para uso em cerâmica vermelha, segundo os critérios padronizados por Souza Santos

(1992); b) tijolos maciços, furados e telhas - essa amostra não apresentou condições satisfatórias para fabricação destes produtos, quando queimada, segundo os valores-limites preconizados em laboratórios por Barzagli e Salge (1982). *Ensaio com o produto acabado*: a) características visuais: essa amostra não apresentou características visuais aceitáveis, conforme especificados na NBR 7171(1992); b) características geométricas: essa amostra não atendeu às especificações da NBR 7171(1992); c) características físicas e mecânicas: essa amostra satisfaz aos itens especificados para as *propriedades físicas*, de acordo com a norma técnica NBR 8947(1985) e não atendeu às *propriedades mecânicas* de acordo com a norma técnica NBR 6461(1983).

5.1 - CONCLUSÕES GERAIS

Foram estudadas vinte e cinco amostras de argilas do Estado da Paraíba, visando a sua caracterização tecnológica, através de ensaios de caracterização e tecnológicos, bem como à possibilidade de seu uso em cerâmica vermelha. Foram estudadas também vinte e cinco amostras de tijolos cerâmicos furados, fabricados a partir de tais argilas, focalizando-se a qualidade de sua fabricação. As conclusões a que o estudo chegou são as seguintes.

A - Quanto às Matérias-Primas Analisadas.

Com base nas especificações de Souza Santos (1992), foram obtidas as seguintes conclusões com relação às matérias-primas analisadas:

a) 96% das amostras de argilas estudadas podem ser utilizadas na fabricação de produtos de cerâmica vermelha, quando secos a 110°C; b) 16% das mesmas à temperatura de 900°C e c) 52% podem ser utilizadas na fabricação de produtos de cerâmica vermelha, à temperatura de 1000°C. Esses resultados podem ser visualizados no gráfico 5-1, a seguir:

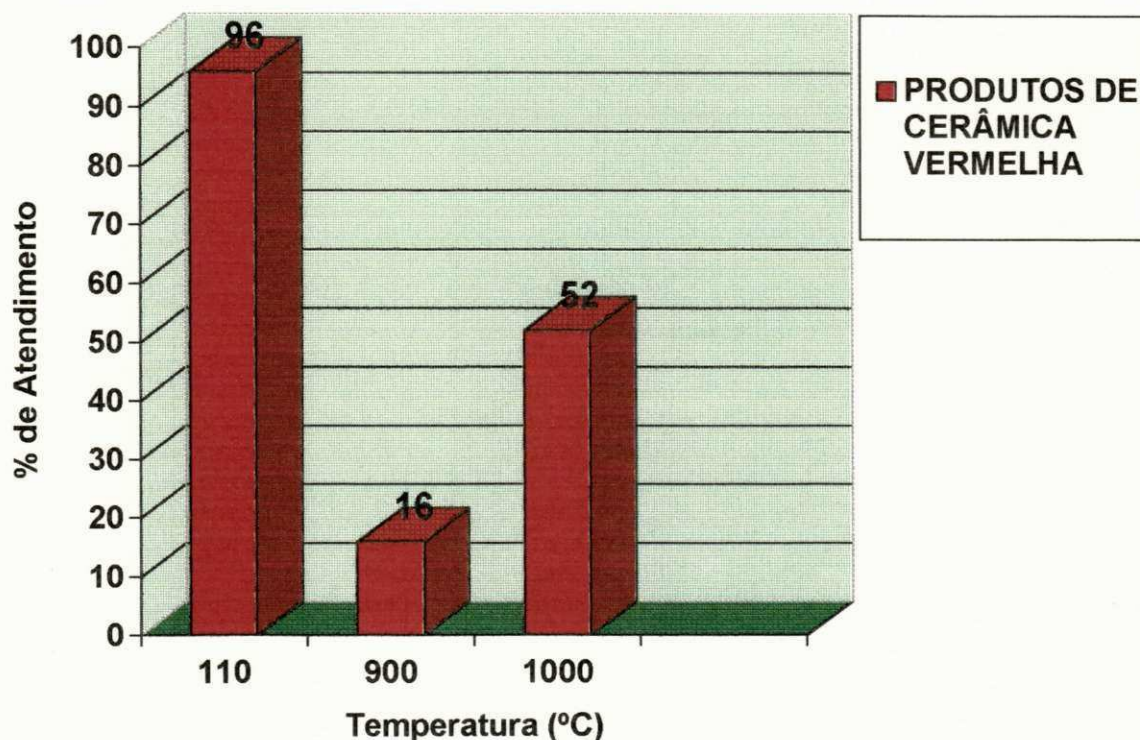


Gráfico 5-1 - Resultados dos ensaios cerâmicos secos a 110°C e queimados a 900°C e a 1000°C, segundo o método de Souza Santos (1992)

Com base nos valores limites preconizados por Barzaghi e Salge (1982), foram obtidas as seguintes conclusões no tocante à correlação temperatura/produto: a) 72% das amostras de argilas estudadas, quando secas a 110°C, podem ser utilizadas para fabricação de *tijolos maciços*, 52% para *tijolos furados* e enquanto que 40% das mesmas podem ser utilizadas na fabricação de *telhas*; b) 72% das amostras de argilas estudadas, à temperatura de 900°C, podem ser utilizadas para fabricação de *tijolos maciços*, 44% para

tijolos furados e enquanto que 32% das mesmas podem ser utilizadas na fabricação de *telhas*; a c) 72% das referidas amostras, à temperatura de 1000°C, podem ser utilizadas para fabricação de *tijolos maciços*, 60% para *tijolos furados* e enquanto que 48% das mesmas podem ser utilizadas na fabricação de *telhas* e d) 72% das amostras, à temperatura de 1100°C, podem ser utilizadas para fabricação de *tijolos maciços*, *tijolos furados* e *telhas*. Essas conclusões estão descritas no gráfico 5-2, a seguir:

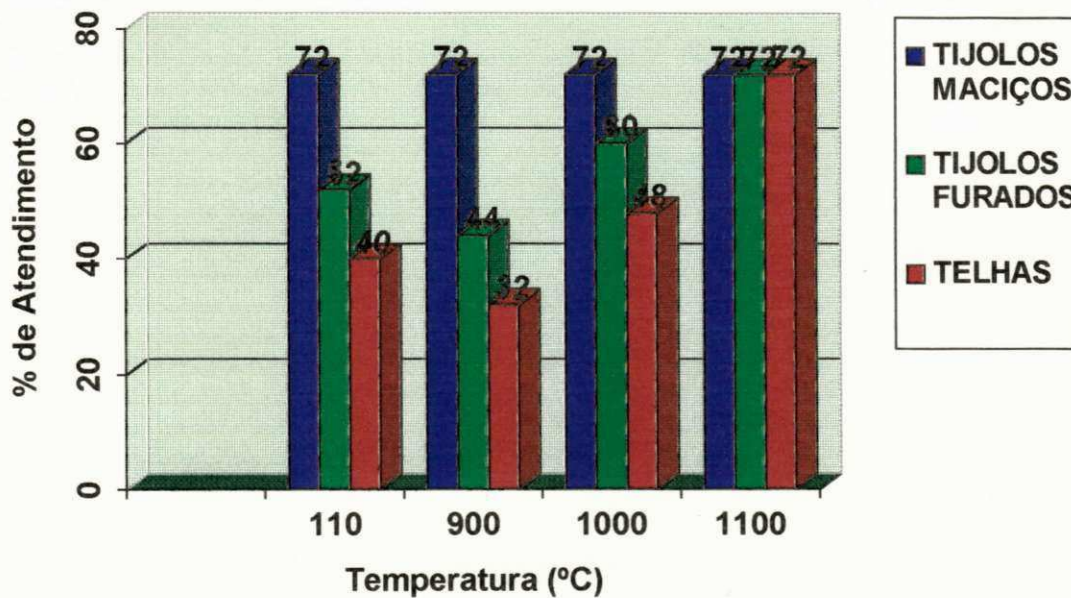


Gráfico 5-2 - Resultado dos ensaios cerâmicos secos a 110°C e queimados a 900°C ,1000°C e a 1100°C, segundo o método de Barzaghi e Salge (1982)

Há, portanto, uma comprovação de que a sistemática de Barzaghi e Salge (1982) é realmente mais ampla que a de Souza Santos (1992), já que, pela sistemática daqueles, a porcentagem de aprovação da matéria-prima foi sempre mais alta que a porcentagem pela sistemática de Souza Santos (1992), principalmente à temperatura de 900°C, que é a que mais se aproxima da temperatura utilizada pelas olarias.

B - Quanto ao Produto Acabado - Tijolos.

Com base nas normas da ABNT, chegou-se às seguintes conclusões quanto à qualidade dos tijolos cerâmicos de oito furos analisados:

a) nenhuma amostra atende às especificações no tocante às características visuais e geométricas. O estudo indica que para corrigir os valores das características geométricas dos tijolos, aproximando-os dos valores-limites especificados pela ABNT, é necessário um ajuste da matriz, por onde sai o produto extrudado, e do sistema de corte da massa extrudada.

b) 84% das amostras atenderam aos valores especificados para o ensaio físico (absorção de água) e 32% para o ensaio mecânico (resistência à compressão simples). A análise realizada indica que a obtenção de um produto de boa qualidade depende de uma temperatura ideal que, para as amostras estudadas, nesta pesquisa, foi em torno de 1000°C, embora possam ser obtidos bons produtos em temperaturas próximas a 900°C, desde que haja um controle rígido (que varia de acordo com o forno e o processo de fabricação utilizado) no ciclo de queima. Levando-se em conta que a queima dos produtos é um dos itens mais dispendiosos no processo de fabricação de tijolos cerâmicos furados, o ideal é proceder-se a uma melhor seleção da matéria-prima a ser utilizada na fabricação desse tipo de tijolos.

c) apenas uma amostra analisada apresentou o nome do fabricante. Faltaram as demais características de identificação do produto, conforme constam nas especificações da NBR 7171(1992), de que o bloco cerâmico deve trazer além do nome do fabricante, o município onde está localizada a cerâmica e as dimensões do bloco, em centímetro.

CAPÍTULO VI

6.0 - SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

O presente trabalho pretendeu reunir os resultados dos ensaios de caracterização e tecnológicos em vinte e cinco amostras de argilas para cerâmica vermelha usada em construção civil, e os ensaios das características visuais, geométricas e físico-mecânicas em vinte e cinco diferentes amostras de tijolos fabricados no Estado da Paraíba.

Com base nas conclusões obtidas, verifica-se a necessidade de outros estudos que possam ajudar a encontrar novas soluções. Para isso são apontadas as seguintes sugestões:

- 1 - Estudo mineralógico das argilas baseado principalmente em ATD, (análise térmica diferencial).
- 2 - Estudo de misturas de matérias-primas de uma mesma região hidrográfica.
- 3 - Estudo de outros métodos de conformação (moldagem manual e por extrusão).
- 4- Estudos de aditivos para melhorar componentes específicos das matérias-primas estudadas.
- 5 - Estudo do aprimoramento do processo produtivo em cada uma das olarias estudadas visando à obtenção de produto que satisfaça às normas da ABNT.
- 6 - Estudos específicos visando outras utilizações industriais, como manilhas, agregados leves, ladrilhos de pisos e lajotas para lajes premoldadas.

CAPÍTULO VII

7.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIKO, A. K., **Influência do formato dos blocos cerâmicos em sua resistência mecânica**, *Cerâmica* 30(170), 61(1984).

ANDRADE, F. X., Presidente do Sindicato da Indústria da Cerâmica para Construção do Estado da Paraíba, *Consulta verbal*, João Pessoa, 1996.

Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, Rio de Janeiro, **Bloco cerâmico para alvenaria - verificação da resistência à compressão**, método de ensaio, NBR 6461(1983).

_____. **Bloco cerâmico para alvenaria - especificações**, NBR 7171(1992).

_____. **Referências bibliográficas - procedimentos**, NBR 6023(1989).

_____. **Solo, análise granulométrica**, método de ensaio, NBR 7181/1984.

_____. **Solo, determinação do limite de plasticidade**, método de ensaio, NBR 7180(1984).

_____. **Solo, determinação do limite de liquidez**, método de ensaio, NBR 6459(1984).

_____. **Telha cerâmica - Determinação da massa e da absorção de água**, método de ensaio, NBR 8947(1985).

ANGELERI, F. B., **Considerações sobre a indústria dos materiais refratários ao calor no Brasil**, *Cerâmica* 28(151), 245(1982b).

_____. **Considerações sobre plasticidade das argilas na fabricação de manilhas**, *Cerâmica* 28(151), 264(1982a).

_____. e BARROS, J. R., **Argilas de trechos marginais do Rio Tietê, na cidade de São Paulo**, *Cerâmica* 28(151), 262(1982).

ANÔNIMO, **Avaliação regional do setor mineral da Paraíba**, DNPM/MME, *Boletim Nº 51*, Brasília, 1979.

ANÔNIMO, **Matérias-primas usadas em cerâmica - Argilas**, *Anuário Brasileiro de Cerâmica*, Associação Brasileira de Cerâmica, São Paulo, 1984. p. 136.

ANÔNIMO, **Cerâmica estrutural**, *Anuário Brasileiro de Cerâmica*, Associação Brasileira de Cerâmica, São Paulo, 1990. p. 45

ANÔNIMO, **Cerâmica estrutural, atendimento às normas técnicas**, *Anuário Brasileiro de Cerâmica*, Associação Brasileira de Cerâmica, São Paulo, 1994. p. 35.

ANÔNIMO, **Matérias-primas naturais**, *Anuário Brasileiro de Cerâmica*, Associação Brasileira de Cerâmica, São Paulo, 1980. p.45

ARAÚJO, A. P. R., **Estudo tecnológico de algumas argilas do Estado de Pernambuco, Bacia do Rio Capibaribe**, *Cerâmica* 20(77), 18(1974).

ASTM D - 790/86, **Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials**, *Annual Book of ASTM Standards*, Section 8, Plastics, v. 08.01, 1988.

BALDO, J. B., LIBARDI, W. e MARTINS, C. A., **Parâmetros relevantes na normalização de blocos cerâmicos para alvenaria**, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 34, 1990, Blumenau. *Anais...*São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1990. p.370-376.

BARROS, H. D. e SANTOS, V. C., **Estudo de qualificação de uma argila de Campina Grande para fins cerâmicos**, IT/UFPB, Campina Grande, 1967.

BARZAGHI L. e ABRAHÃO B., **Análise granulométrica de caulins**, *Cerâmica* 28(151), 282(1982).

_____ e SALGE, A., **Argilas para materiais de construção**, *Cerâmica* 28(151), 289(1982).

_____. **Propriedade dos materiais cerâmicos nacionais, uma tentativa de classificação desses materiais**, *Cerâmica* 28(151), 300(1982).

BRENNAND, L. F. A., **Os Brennand na cerâmica: de uma olaria ao grande grupo de hoje**, entrevista, *Cerâmica* 28(150), 29-A(1982).

BRISTOT, V. M., **Máquinas e equipamentos para cerâmica**, Luana, Criciúma, 1996.

BRUNI, L., **Uma introdução à fabricação de tijolos**, *Cerâmica* 28(150), 50-A(1982).

CAMINHA, L. S., **Estudo sobre a indústria de cerâmica vermelha**, *Cerâmica* 21(82), 117(1975).

CAPUTO, H. P., **Mecânica dos solos e suas aplicações, fundamentos**, Livros técnicos, v. 1, Rio de Janeiro, 5ª. ed. 1994.

COSIN, S. e SOUZA SANTOS, P. **Caracterização e propriedades de taguás da região de Jarinú, Jundiaí, SP - Parte II - algumas propriedades cerâmicas dos taguás "brutos" e extrudados.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 38, 1994, Blumenau. *Anais...*São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1994. p. 288-291.

_____. e SOUZA SANTOS, H. **Caracterização e propriedades de taguás da região de Jarinú, Jundiaí, SP - Parte I - propriedades cerâmicas e análise térmica diferencial,** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 37, 1993, Curitiba. *Anais...*São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1993. p.207-215.

COSTA, A. C. F. M., SANTANA, L. N. L. e NEVES, G. A. **Caracterização de argilas,** PATME/SEBRAE/FINEP, Relatório final, ARMIL/PAQTE. 1996a.

_____. **Caracterização física dos tijolos cerâmicos,** PATME/SEBRAE/FINEP, Relatório final, PAQTE. 1996b.

COSTA, A. C. F. M., SANTANA, L. N. L. e FIGUEIREDO, F. E. O. **Caracterização de argilas,** BITECS/IEL/SEBRAE/CNPq, Relatório final, PAQTE. 1996.

DIAS, J. F. **Estudo dos tijolos e blocos cerâmicos comercializados em Uberlândia.** In:CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 11, 1994, Águas de São Pedro. *Anais...*São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1994. p.1397-1400.

DURÃES, R. F., **Como iniciar uma indústria de tijolos - Parte I,** *Cerâmica* 29(164); 17-A (1983a).

_____. **Como iniciar uma indústria de tijolos - Parte II,** *Cerâmica* 29(165); 22-A (1983b).

_____. **Como iniciar uma indústria de tijolos - Parte III**, *Cerâmica* 29(166); 15-A (1983c).

FERREIRA, H. C., **Ensaio de laboratório e especificações para argilas brasileiras visando usos industriais**. São Paulo-SP. pp. 153. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), *POLI/USP*, 1972a.

_____. **Caracterização e aplicações industriais de argilas, caulins e feldspatos do nordeste brasileiro (Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte)**. São Paulo - SP. pp 352. Tese (Doutorado em Engenharia Química), *POLI/USP*, 1972b.

FERREIRA, H. S., AMORIM, L. V. NEVES, G. A. et al. **Caracterização e propriedades de argilas do cariri paraibano, Sumé, PB**, Relatório de Extensão, *DEMa/CCT/UFPB*, Campina Grande, 1994.

FRANÇA, J. L., VASCONCELLOS, A. C., BORGES, S. M. et. al. **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. Belo Horizonte-MG: *UFMG*, 1990. pp. 168.

GIARDULLO, P., **Matérias primas para indústrias cerâmicas na região de Alagoinhas Estado da Bahia**, *Cerâmica* 21(84), 253(1975).

GROSS, F. J., **Problemas de pesquisa na indústria de produtos estruturais de argila**, *Cerâmica* 06(10), 63(1957).

_____. **Contribuição para o estudo das argilas cerâmicas dos arredores da cidade de Porto Alegre, RS**, *Cerâmica* 28(151), 310(1982).

LATES, G., **Em busca da produtividade**, *Mundo Cerâmico* 2(12-A), 99(1994).

LIMA, R. C., **Granulometria de solos lateríticos: metodologia, efeito das energias térmica e mecânica e relação com a composição química e mineralógica.** Campina Grande-PB. pp 109. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), CCT/UFPB, 1983.

MACEDO, R. S., FERREIRA, H. S., AMORIM, L. V. et al. **Caracterização e propriedades de argilas do Cariri paraibano, Sumé, PB - Parte I - Amostragem Preliminar.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 38, 1994, Blumenau. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1994. p. 282-287.

_____. GALDINO, A. G. S., MORAIS, C. R. S. et al. **Estudo preliminar de argilas do Estado da Paraíba para utilização como matéria-prima em cerâmica vermelha - Parte I,** *Cerâmica* 42(275), 259(1996).

MAGALHÃES, M. A. A. A., **Tijolos cerâmicos e blocos de concreto,** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, 11, 1994, Águas de São Pedro. *Anais...* São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 1994. p.1357-1360.

MENDONÇA, M. T. B., **Argilas de Sergipe: Levantamento preliminar - convênio SEDENE / CONDESSE - CRN,** *Cerâmica* 24(105), 322(1978).

NEVES, C., **Que bloco é esse?,** *Téchne* 2(8), 18(1994).

NORTON, F. H., **Introdução à tecnologia cerâmica,** tradução de Jefferson Vieira de Souza. São Paulo: *Edgard Blücher*, 1973.

PETRUCCI, E. G. R., **Materiais de construção,** 6ª ed, Porto Alegre: *Globo*, 1994.

PILEGGI, P., **Cerâmica no Brasil e no mundo.** São Paulo: *Martins*, 1958.

PRACIDELE, S., **Cerâmica estrutural/vermelha**, Apostila, Escola do SENAI Mário Amato, São Paulo, sem data.

QUEIRÓS, J. E., **Qualidade dos blocos cerâmicos vendidos em Natal**, Ensaio Técnico. Natal: *ETFRN*, 1995.

SALGE, A. e BARZAGHI L. **Resistência à flexão e moldagem de argilas**, *Cerâmica* 28(151), 286(1982).

SANTOS, I. S. S., SILVA, N. W., WILDNER, H. J. et al. **Ensaio tecnológicos de argilas da região do vale do Rio Caí, RS, para aplicação em cerâmica vermelha**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 39, 1995, Águas de Lindóia. *Anais*... São Paulo: Associação Brasileira de Cerâmica, 1995. p.407-412.

SOUZA SANTOS, P., **Argilas para fabricação de agregados leves**, *Cerâmica* 12 (47/48), (1966).

_____. **Ciência e tecnologia de argilas**, 1 e 2 v. 2ª ed. rev. e at. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

SOUZA, J. V. e SOUZA SANTOS, P., **Ensaio preliminares de argilas visando à utilização cerâmica**, *Cerâmica* 10(38), 2(1964).

SOUZA, J. V., **Estudo tecnológico de algumas argilas e caulins do recôncavo do Estado da Bahia**, Guanabara: *DNPM/MME*, sem data.

VERÇOZA, E. J., **Materiais de construção**, 1 v. 2ª ed. Porto Alegre: Sagra, 1975.

VIDOR, E., **Bloco cerâmico**, *Mundo Cerâmico* 2(12-A); 79(1994).

ZANDONADI, A. R., **Cerâmica estrutural**, *Anuário Brasileiro de Cerâmica*, Associação Brasileira de Cerâmica, São Paulo, 1996. p. 16.