



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE

NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

CLÁUDIA GEORGIA DE SOUZA LIMA

CONFECÇÃO DE ADOBE ADAPTADO AO AGRESTE
PERNAMBUCANO COM ÁGUA DA BABA DA PALMA

Caruaru, 2015.

CLÁUDIA GEORGIA DE SOUZA LIMA

CONFECÇÃO DE ADOBE ADAPTADO AO AGRESTE PERNAMBUCANO COM ÁGUA DA BABA DA PALMA

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

Orientadora: Prof. Dra. Ana Cecília Vieira da Nóbrega.

Co-orientadora: Prof. Dra. Érika Pinto Marinho.

Caruaru, 2015.

L732c Lima, Cláudia Georgia de Souza.
Confecção de adobe adaptado ao Agreste pernambucano com água da baba de palma. / Cláudia Georgia de Souza Lima. - Caruaru: O Autor, 2015.
73f. ; 30 cm.

Orientadora: Ana Cecília Vieira da Nóbrega
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2015.
Inclui referências bibliográficas

1. Palma forrageira. 2. Tijolos. 3. Construção civil. I. Nóbrega, Ana Cecília Vieira da. (Orientadora). II. Título

620 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2015-232)

CLÁUDIA GEORGIA DE SOUZA LIMA

Confecção de adobe adaptado ao Agreste Pernambucano com água da baba da palma.

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, em cumprimento às exigências para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de concentração: Construção Civil

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera a candidata CLÁUDIA GEORGIA DE SOUZA LIMA APROVADA COM NOTA_____.

Banca examinadora:

Prof^a. Dra. Érika Pinto Marinho_____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Co-Orientadora)

Prof^o. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador 1)

Prof^a. Dra. Michele Mara de Araújo Espíndola Lima

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador 2)

Prof^a. Dra. Sylvana Melo dos
Santos_____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina)

Dedico aos meus pais, Maria José de S. Silva e Cláudio Jorge de Lima, pelo incentivo, apoio e dedicação de sempre.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus, pelo dom da vida, e ao meu anjo da guarda por me proteger durante essa longa caminhada, e por me ajudarem em todos os momentos de desespero e agonia.

Aos meus pais, ao meu noivo (Felipe Albuquerque), e ao meu irmão (José Henrique), que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui, sempre estiveram do meu lado, me apoiando, lutando comigo para que este sonho torna-se realidade.

À toda a minha família pelo apoio, ajuda, compreensão e divertimento de sempre.

Aos meus amigos, especialmente aos que fiz ao longo do curso, por todos os momentos que pudemos compartilhar, as alegrias, frustrações, enfim por tudo que pude aprender com eles.

A toda a equipe do grupo Adobe, pela ajuda, troca de informações e conhecimentos acerca da experiência vivenciada, na conclusão desse trabalho.

Aos professores que tive ao longo do curso, por todos os ensinamentos repassados, que irão me ajudar bastante na vida profissional.

A orientadora Prof. Dr^a Ana Cecilia Vieira da Nóbrega pela inteira dedicação e atenção, e incentivo durante todo o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente para a conclusão do presente trabalho e durante toda a minha jornada ao longo do curso.

RESUMO

CONFECÇÃO DE ADOBE ADAPTADO AO AGRESTE PERNAMBUCANO COM ÁGUA DA BABA DA PALMA

O déficit habitacional é um dos principais problemas sociais enfrentados no Brasil, inclusive atingindo Agreste de Pernambuco. Por causa desse déficit existente, se faz necessário a implantação de técnicas construtivas que possam viabilizar a construção de habitações, principalmente para aqueles que se encontram abaixo da linha da pobreza. Uma dessas técnicas que pode viabilizar tais construções é o adobe que não necessita de mão-de-obra especializada, uma vez que é moldado manualmente a partir da mistura de terra, fibra vegetal e água. No entanto, a constituição do solo local bem como a possibilidade de utilização de outras matérias-primas locais ratifica a adaptação do adobe ao Agreste Pernambucano. A esse adobe foi adicionada baba extraída da palma, visto que é uma planta abundante e desenvolvida mesmo em períodos de seca, que, quando incorporada à mistura, diminui a quantidade de água utilizada na confecção do adobe, trazendo benefícios a construção de edificações em localidades carentes que apresentem longas temporadas de seca. Foram avaliados 1 traço como referência (sem adição da baba da palma) e 1 traço com a baba da palma incorporada à água de amassamento. Os blocos de adobe foram caracterizados em termos de massa específica, retração linear, absorção de água superficial pelo método do cachimbo, capilaridade, e resistência à compressão. De uma forma geral, dentro dos erros experimentais, a adição da baba da palma foi positiva. Pois, foi mantida a resistência à compressão, aumentando a capacidade do adobe absorver energia de ruptura; além disso, tornou o bloco mais leve, melhorou a absorção de água (de uma forma geral) e manteve as alturas iniciais, retraindo na largura e no comprimento diferente do traço de referência que retraiu na altura. Tem-se, ao final, um material apropriado do ponto de vista construtivo em terra.

Palavras-chave: Blocos de Terra Crua. Palma. Tijolos de Adobe.

ABSTRACT

MAKING ADOBE ADAPTED TO AGRESTE PERNAMBUCANO BABA WITH WATER PALMA

The housing deficit is one of the main social problems faced in Brazil, including hitting the Agreste of Pernambuco. Because of this existing deficit the implementation of construction techniques is necessary to make possible the housing construction, especially for those who are below the poverty line. One of those techniques that can facilitate such constructions is adobe that doesn't require no skilled labor, since it is hand molded from the mixture of soil, plant fiber and water. However, the constitution of the local soil as well as the possibility of using other local raw materials ratifies the adobe's adaptation in Pernambuco's Agreste. In this adobe, extracted palm mucus was added, since it is an abundant and developed crop even in drought times, that, when incorporated into the mixture, decreases the amount of water used in adobe making, benefiting building's construction in needy areas that have long dry seasons. 1 dash (without the addition of palm's mucus) and another one with palm's mucus incorporated into the mixing water were used as references. The adobe blocks were characterized in terms of specific mass, linear shrinkage, surface water absorption by the pipe method, wicking and resistance to compression. In general, within the experimental errors, the palm's mucus addition was positive. Compressive strength was maintained, increasing the adobe's capacity of absorbing rupture energy; furthermore, the block became lighter, water absorption was improved (in general) and the initial height was maintained, retracting in the width and length differently from the mark that retracted in the height. There is, in the end, a suitable material from the construction point of view on the ground.

Keywords: Raw land blocks. Palm. Adobe bricks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Construção com terra, casa de Taipa no Nordeste Brasileiro	20
Figura 2 - Igreja Nossa Senhora do Rosário e São Benedito (Cuiabá)	20
Figura 3 - Tijolo adobe(a) e construção com tijolo adobe(b).	22
Figura 4 - Construções com tijolos de solo-cimento	23
Figura 5 - Construções com Super-adobe.	24
Figura 6 - Casa de COB	25
Figura 7 - Escola de taipa de mão na Ilha Grande do Paulino	26
Figura 8 - Casa do Bandeirante, Butantã, São Paulo. Construída no século XVII	26
Figura 9- Localização de onde foi retirado o solo para esse trabalho	34
Figura 10 - Retro escavadeira, utilizada para a extração do solo.....	35
Figura 11- Resultado do teste do pote de vidro.....	36
Figura 12 - Armazenamento Interno.....	37
Figura 13 - Palma tipo forrageira.....	37
Figura 14 - Forma de madeira.....	38
Figura 15 - Local de produção da mistura dos tijolos.	39
Figura 16 - Solo Natural	41
Figura 17 - Feno imerso em água	41
Figura 18 - Incorporação da Palma à água	42
Figura 19 - Retirada dos pedacinhos de Palma	42
Figura 20 - Água pronta para uso.....	42
Figura 21 - Homogeneização do solo.....	43
Figura 22 - Homogeneização da mistura.	44
Figura 23 - Acréscimo do feno.	45
Figura 24 - Amassamento final do traço.....	45
Figura 25 - Lançamento do barro, com as mãos protegidas.	46
Figura 26 - Desmoldagem do tijolo Adobe.	46
Figura 27 - Identificação dos tijolos.	47
Figura 28 - Secagem dos tijolos do lado externo, na calçada do laboratório.	48
Figura 29 - Esquema para a medição dos blocos.	49
Figura 30 - Método do Cachimbo	51

Figura 31 - Ensaio de Capilaridade	52
Figura 32 - Ensaio de Absorção Total	52
Figura 33 - Capeamento dos tijolos.....	53
Figura 34 - Esquema para a realização das medições.	54
Figura 35 - Máquina de ensaio mecânica (prensa), antes da aplicação da carga.....	54
Figura 36 – Curva Granulométrica do Solo.	56
Figura 37- Peso Específico (kg/m^3) com intervalo de confiança de 90%.	58
Figura 38- Altura da coluna d'água permeada nos blocos (cm)	60
Figura 39- Água permeada pelo Método do Cachimbo (mm).	61
Figura 40- Comparação entre tijolo referência X tijolo com adição de baba.	62
Figura 41- Altura dos Blocos (cm)	63
Figura 42- Retração da Altura dos Blocos (cm).....	64
Figura 43- Largura dos Blocos (cm).	65
Figura 44- Retração da Largura dos Blocos (cm).....	65
Figura 45-Comprimento dos Blocos (cm)	66
Figura 46- Retração do Comprimento dos Blocos (cm)	67
Figura 47- Resistência à compressão com intervalo de confiança de 90%.	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Traço de referência	40
Tabela 2 - Traço c/ Baba de Palma.....	43
Tabela 3 - Dados de distribuição granulométrica, percentual em peso.....	55
Tabela 4 – Limites de Consistência.....	57
Tabela 5- Peso específico (kg/ m^3) com intervalo de confiança de 90%.....	58
Tabela 6- Altura da coluna de água por capilaridade (cm).....	59
Tabela 7- Absorção de Água – Método do Cachimbo.....	61
Tabela 8-Resultado das resistências à compressão (MPa)	68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	16
1.2 Motivação	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo Geral	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Construção com Terra	18
2.2 Tipos de Construção com Terra	20
2.2.1 Tijolos de Adobe	20
2.2.2 Solo-cimento	22
2.2.3 Super-Adobe	23
2.2.4 COB	24
2.2.5 Taipa de Mão	25
2.2.6 Taipa de Pilão	26
2.3 Tijolos de Adobe	27
2.3.1 Materiais Constituintes e Caracterização do Material	27
2.3.2 Vantagens e desvantagens	27
2.3.3 Dimensões	28
2.3.4 Curiosidades	28
2.4 Normalização	29
2.5 Adição em Tijolos de Adobe / Construção de Terra	30
2.6 Palma Forrageira	31
2.6.1 Adição da Palma ao Tijolo Adobe	33
3. METODOLOGIA DO TRABALHO	33
3.1 Coleta e Caracterização do Solo	33
3.1.1 Seleção dos locais para coleta de amostras de solo	34
3.1.2 Extração do solo utilizado na produção dos tijolos	34
3.1.3 Ensaios de caracterização do solo utilizado	35
3.1.4 Ensaios de caracterização da palma utilizada	37
3.2 Produção de adobes	38
3.2.1 Projeto e Produção das Fôrmas	38

3.2.2	<i>Planejamento e Preparo do “canteiro”</i>	39
3.2.3	<i>Determinação do teor de umidade do barro</i>	39
3.2.4	<i>Definição dos traços</i>	40
3.2.5	<i>Homogeneização e preparo do feno</i>	43
3.2.6	<i>Amassamento do Barro</i>	44
3.2.7	<i>Moldagem dos tijolos</i>	45
3.2.8	<i>Secagem e Armazenamento dos tijolos</i>	47
3.3	Caracterização Física e Mecânica dos tijolos	48
3.3.1	<i>Caracterização Visual dos tijolos</i>	49
3.3.2	<i>Determinação da massa específica aparente dos tijolos</i>	49
3.3.3	<i>Determinação da retração linear do tijolo adobe</i>	50
3.3.4	<i>Absorção pelo método do Cachimbo</i>	50
3.3.5	<i>Ensaio de Absorção por Capilaridade</i>	51
3.3.7	<i>Preparação dos corpos-de-prova para ensaio de determinação da resistência à compressão</i>	53
3.3.8	<i>Ensaio de determinação de resistência à compressão</i>	54
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	55
4.1.	Caracterização das Matérias-primas	55
4.1.1	<i>Análise Granulométrica</i>	55
4.1.2	<i>Ensaio do Pote de Vidro</i>	56
4.1.3	<i>Índices Físicos do Solo</i>	57
4.2.	Peso Específico	57
4.3.	Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade	59
4.4.	Ensaio de Permeabilidade pelo Método do Cachimbo	60
4.5	Absorção Total	62
4.6	Retração	63
4.6.1.	<i>Retração da Altura</i>	63
4.6.2	<i>Retração da Largura</i>	64
4.6.3.	<i>Retração do Comprimento</i>	66
4.7	Resistências à Compressão	68
5	CONCLUSÕES	70
	REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

Dentre as tecnologias de construção com terra crua para edificações, tem-se o adobe. Uma técnica antiga que pode ser encontrada em diversas partes do mundo, sendo uma das primeiras soluções para construção de abrigo encontrada pelo homem.

Isaia et al. (2007) destacam que ainda hoje essa técnica é bastante utilizada em países sul-americanos como Peru e Equador, em centro-américa e no continente africano. No Brasil, o adobe foi bastante utilizado antes do surgimento das Olarias. Hoje, ainda existem muitas regiões, principalmente no Norte e Nordeste, que utilizam o adobe para construção de habitação em função de ser um método construtivo barato e de fácil acesso à matéria-prima.

O adobe é um material bastante tradicional, usado desde a antiguidade em diferentes partes do mundo. Além disso, os materiais constituintes para a sua produção (terra, fibra vegetal e água), podem ser encontrados facilmente e em abundância; não necessita de mão-de-obra especializada; não gera produção de entulho; são fáceis de serem reincorporados na natureza; não é tóxico; envolvem menos energia; tem baixo impacto ao meio ambiente. A pesquisa e o desenvolvimento de tal técnica podem ser apresentados como uma alternativa para a redução dos custos da produção, beneficiando a todas as classes sociais e tendo o seu uso resgatado. Como a matéria-prima do adobe, terra é facilmente encontradas na região de interesse, o Agreste Pernambucano, contribui ainda mais para a implantação desse sistema.

Os solos são materiais provenientes da decomposição das rochas ou sedimentação não consolidada dos seus grãos, contendo ou não matéria orgânica. Podem ser identificados pela textura, granulometria, plasticidade, consistência, forma dos grãos, presença de outros materiais. Eles são extremamente heterogêneos, por causa disso, nesse trabalho utilizou-se como principal ferramenta de análise para estudá-los e conhecê-los as estatísticas. Deve-se ter sempre o

cuidado de obter amostras representativas para obter resultados mais precisos, quanto à sua caracterização.

Nem toda terra é adequada para a fabricação de adobes, ressalta Isaia et al. (2007). Não há composição correta nem tão pouco um consenso de qual seria o solo ideal. Na verdade, varia de região pra região, pois para cada tal existe um solo específico, com a caracterização da região. Estudos feitos com adobe dizem que: A composição granulométrica ideal da mistura de solo para o adobe, segundo Velloso et al. (1985), indicam quantidades de argila e silte entre 9 e 3% em peso e água entre 7 e 8% em solos arenosos e 16 e 18% nos argilosos. Martinez (1979) define 20% de argila e 40 a 55% de areia, variando a água entre 12 e 16% do peso. Alves (1985) considera argila menor que 20% e areia superior à 45%. Já Hernandez et al. (1983) definem a porcentagem ideal de areia para os adobes próxima de 50%, silte, 30% e argila, 20%.

Dentre os fatores que contribuem para a caracterização do solo estão a incidência solar, o clima, a rocha que o originou, a matéria orgânica e a cobertura vegetal.

Os principais ensaios, que devem ser realizados para caracterizar tijolos de adobe, descritos por Faria (2001), são os seguintes: a) ensaios de determinação do teor de umidade natural do solo e da massa específica aparente do solo em estado solto; b) determinação da concentração de nutrientes e metais no solo; c) determinação da distribuição granulométrica; d) determinação do limite de liquidez e limite de plasticidade ou, ensaios de consistência; e) determinação do limite de contração; e, f) ensaio de absorção do azul de metileno.

Isaia et al. (2007) destacam, ainda, que o uso de fibras vegetais, como de sisal e de coco, promovem um comportamento dúctil nos adobes, em detrimento de seu comportamento frágil. As fibras passam a receber tensões dificultando a separação das partículas de terra, alertam os autores, que, ainda destacam que se em vez de fibras forem utilizadas palhas, estas devem ter comprimentos máximos de 5 cm. O uso de materiais de construção civil reforçados com fibras está se ampliando rapidamente, em razão do bom comportamento mecânico que esses materiais possuem.

Além do uso da fibra vegetal no adobe, teve o uso da baba proveniente da Palma Forrageira, que foi incorporada a água de amassamento do sistema. A palma é uma forrageira bem adaptada às condições do semi-árido, suportando grande

período de estiagem devido às propriedades fisiológicas, caracterizadas por um processo fotossintético que resulta em grande economia de água, e que segundo pesquisas desenvolvidas, supre grande parte das necessidades de água dos animais na época de escassez. Pensando nisso, resolveu-se utilizar a palma visando a redução de água na confecção de adobe adaptado ao Agreste Pernambucano.

Nesse cenário, com a intenção de proporcionar aos blocos de adobe melhor resistência física, tem-se estudado diversos modos de estabilização do solo, os estabilizantes de estudo são fibras e adição de água viscosa decorrente da baba da palma. Espera-se que a água da baba da palma proporcione maior trabalhabilidade e, conseqüentemente, facilidade na moldagem dos blocos.

1.1 Justificativa

A busca por melhoria das propriedades físicas das construções com solo torna-se relevante. Tendo-se conhecimento das patologias que tais técnicas podem apresentar, o aperfeiçoamento destas pode proporcionar melhores condições de moradia às comunidades que a utilizam.

Nesse cenário, espera-se que o uso da água da baba de palma incremente a trabalhabilidade e facilidade de moldagem, bem como a atuação concomitante com as fibras melhore a ductilidade do sistema.

1.2 Motivação

Devido ao elevado déficit habitacional brasileiro, tem-se buscado resgatar tecnologias tradicionais de construção com solo e produção de elementos construtivos, tendo o solo como matéria-prima principal.

Assim, propõe-se contribuir para resgatar um antigo material da construção, que é o adobe, e analisar o comportamento do mesmo com a adição de água de amassamento proveniente da baba de palma. Ao obter a mistura ideal, tentar ampliar a sua produção na localidade, tendo em vista que os seus insumos são facilmente encontrados na região do Agreste Pernambucano, contribuindo para construção de casas populares, buscando atender uma grande demanda, principalmente a população de baixa renda do agreste pernambucano. Essa construção será executada com tijolo adobe, com adição de água viscosa

proveniente da dissolução da baba da palma, a terra. Pois, independente da técnica utilizada todos os cidadãos devem ter acesso à moradia digna e que proporcione uma melhor qualidade de vida.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar o comportamento nos estados fresco e endurecido de tijolos de adobe com a adição concomitante de água de amassamento, com e sem a baba de palma e feno.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Formular e moldar adequadamente adobes regionais com adição de água viscosa, proveniente da baba de palma;
- Avaliar as propriedades no estado fresco de adobes moldados com água potável bruta e com água viscosa;
- Caracterizar mecanicamente (resistência à compressão) os blocos de adobes moldados com a água potável bruta e com a água viscosa;
- Caracterizar fisicamente o sistema, principalmente nas propriedades que dizem respeito à redução de peso, e permeabilidade versus porosidade do sistema.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Construção com Terra

A prática da construção existe desde a época que o homem sentiu a necessidade de construir seu abrigo ao invés de usar apenas aqueles oferecidos pela natureza. Blocos de pedras, montados e alinhados, constituíram uma das formas mais primitivas para a execução de muros e paredes. Em locais onde era difícil obter pedras, os muros foram erguidos com emprego dos materiais disponíveis e, principalmente, a terra na forma de blocos de terra crua, preparados com uma mistura de terra e água, secadas ao sol: o adobe.

No Antigo Testamento, muitos séculos antes de Cristo, encontram-se referências sobre a fabricação de adobes, com os quais os egípcios levantaram provavelmente muito dos seus edifícios e monumentos. A técnica de construção com terra tem mostrado sua versatilidade através dos séculos. Em todos os recantos do mundo, a construção com terra sempre esteve presente, passando pelas devidas adaptações técnicas e culturais para atender as necessidades do homem e de seu ambiente construído. Os antigos souberam como explorar as boas propriedades da terra e utilizá-la em belíssimas construções. O conhecimento e habilidade necessários para construir com terra foram transmitidos gradativamente para outras regiões.

Atualmente o uso da terra na construção pode ser distinguido em dois níveis: por um lado, a sobrevivência dos sistemas construtivos mais primitivos gerados pela carência em que vivem algumas populações; por outro lado, pelas investigações e incentivos de instituições de pesquisas para o uso de técnicas inovadoras coerentes, caracterizadas pela simplicidade, eficiência e baixo custo.

As contribuições para o avanço de tecnologia de construção com terra são inúmeras, vem de todas as regiões do mundo, de profissionais de diversas áreas, estimulados, criativos e extremamente dedicados. Nos países ibero-americanos, principalmente no continente americano, existe um intenso e árduo trabalho desses especialistas na busca de aperfeiçoar e incentivar o uso da terra como material de construção (Neves, 1995).

Como nem toda terra é adequada para seu uso como material de construção, o Homem aprendeu a melhorar suas características, através da estabilização, e a empregar técnicas construtivas em função do tipo de terra disponível na região.

A melhoria das características da terra pode ser efetivada por modificação da sua granulometria, com a mistura de outro tipo de terra, ou com a adição de materiais ditos estabilizadores, tais com a palha, o asfalto, a cal e o cimento, entre outros, sendo que cada estabilizador tem uma função específica. A estabilização da terra não é um procedimento recente: a adição de asfalto natural ou palha na produção de adobes, para diminuir a permeabilidade ou reduzir a retração, são práticas milenares e atualmente pode ser classificadas como estabilização granulométrica, por cimentação, por armação, por impermeabilização e por tratamento químico (Neves et al, 2005).

No Brasil, onde as construções com terra constituem a grande maioria da nossa arquitetura colonial, o processo construtivo foi legado pelos portugueses e africanos, uma vez que não se tem notícia de que o índio tivesse empregado a terra como material de construção.

Com o desenvolvimento das facilidades de transporte, o surgimento da produção industrial de outros materiais e a abolição da mão-de-obra escrava, o uso da terra crua como material de construção foi sendo marginalizada das grandes obras públicas e privada, onde começaram a concorrer o gosto estético ditado pelos novos materiais. No entanto, entre as populações menos favorecidas, o uso da terra crua sobreviveu justamente devido aos custos elevados da construção com esses materiais. Além disso, alguns desses materiais industrializados consomem muita energia e requerem processos de produção centralizados. Soma-se a isso a enorme quantidade de rejeitos gerada e a emissão de gás carbônico e de outros poluentes lançados na atmosfera.

No nordeste brasileiro, a fabricação de tijolos cerâmicos utiliza quase sempre a vegetação nativa como combustível, contribuindo para aumentar o grave e preocupante problema da desertificação, que já se verifica na região. Portanto, o desenvolvimento e a aplicação de materiais de baixo custo, de reduzido consumo de energia, e que danifiquem cada vez menos o meio ambiente, na Construção Civil e em outros setores econômicos, podem contribuir para a sobrevivência da própria humanidade.

A construção com terra é um exemplo de tecnologia perdida, no Nordeste brasileiro. Antigamente, construções dos senhores de engenho eram feitas de terra e apresentavam excelente aspecto e desempenho. Hoje, o material foi relegado à

condição de “material de pobre”, porque não é usado corretamente, resultando em edificações de má qualidade e péssimo aspecto estético. (Figura 1)

Figura 1 - Construção com terra, casa de Taipa no Nordeste Brasileiro



Fonte: Autor Desconhecido

No entanto, as construções de terra crua compõem ambientes agradáveis, pois controlam a entrada e saída de calor e a umidade. Além disso, têm um impacto ambiental baixíssimo e proporcionam a possibilidade de construções belíssimas, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Igreja Nossa Senhora do Rosário e São Benedito (Cuiabá)



Fonte: Autor Desconhecido

2.2 Tipos de Construção com Terra

2.2.1 Tijolos de Adobe

Existem evidências do uso do adobe na construção desde o final do Período Neolítico (NOLASCO, 1998). Essa técnica foi trazida pelos portugueses ao Brasil.

O adobe é um material vernacular usado na construção civil. É considerado um dos antecedentes históricos do tijolo de barro e seu processo construtivo é uma forma rudimentar de alvenaria. Adobes são tijolos de terra crua, água e palha e algumas vezes outras fibras naturais, moldados em fôrmas por processo artesanal ou semi-industrial.

A construção feita com este tijolo torna-se muito resistente, e o interior das casas muito fresco, suportando muito bem as altas temperaturas. Em regiões de clima quente e seco é comum o calor intenso durante o dia e sensíveis quedas de temperatura à noite, a inércia térmica garantida pelo adobe minimiza esta variação térmica no interior da construção.

As construções de adobe devem ser executadas sobre fundações de pedra comum, xisto normalmente, cerca de 60 cm acima do solo, para evitar o contato com a umidade ascendente (infiltração), que degradaria o adobe. Da mesma forma é importante a construção de coberturas com beirais a fim de proteger as paredes das águas de chuva. As paredes devem ser revestidas para maior durabilidade.

A preparação do adobe é feita em solo argiloso. Faz-se um buraco perto do local da obra onde há solo apropriado, colocando-se água. Depois, amassa-se com os pés até sentir que tem boa liga.

Feita a mistura, o material é colocado em formas simples de madeira ou ferro, para dar o formato de bloco ou tijolo, sendo imediatamente desenformada e posta para secar, inicialmente à sombra e depois ao sol.

É recomendada a construção de adobe no período de seca, pois o tijolo não deve ser exposto à chuva durante o processo de cura, uma vez que o barro dissolve-se facilmente. No entanto, depois da construção coberta, ele resiste sem problema algum, com grande durabilidade.

É um material de fácil produção, que permite a execução de grande variedade de formas arquitetônicas e com rapidez.

O tijolo adobe depois de desmoldado pode ser visto na Figura 3.a, bem como uma construção com tijolo adobe na Figura 3.b.

Figura 3 - Tijolo adobe(a) e construção com tijolo adobe(b).



Fonte: <http://cilpes.blogspot.com.br>



Fonte: <http://acidadevotuporanga.com.br>

2.2.2 Solo-cimento

Devido às vantagens técnicas e econômicas oferecidas pelo material, o uso do solo-cimento foi consideravelmente ampliado. O solo-cimento nada mais é que um tijolo prensado, proveniente da mistura de solo, cimento Portland e água, que adquire resistência e durabilidade através das reações de hidratação do cimento.

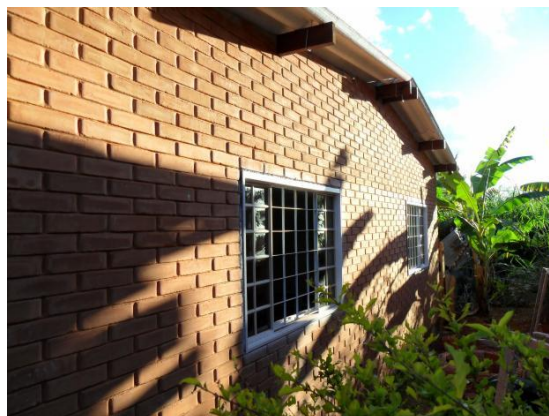
Assim, os tijolos de solo-cimento não são queimados como os tijolos comuns, portanto não consomem combustíveis durante a sua fabricação, gerando menos impacto sobre o meio ambiente (PROMPT, 2008).

As ferramentas utilizadas para a sua produção são, basicamente, prensa manual; peneira com malha de 4,8mm; regador e enxada. Com o solo-cimento poupamos também o custo ambiental e econômico do transporte, já que podemos fabricá-lo no canteiro de obras e usamos principalmente matéria-prima local. Além do mais, não há desperdício de material em obra, já que os tijolos quebrados podem ser moídos e reaproveitados. Exemplo de construções com tijolos de solo-cimento pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Construções com tijolos de solo-cimento



Fonte: <http://brasilia.olx.com.br>



Fonte: <http://solocimento.blogspot.com.br>

2.2.3 Super-Adobe

O super-adobe é uma técnica de bioconstrução (Figura 5), que foi criada pelo arquiteto iraniano Nader Khalili, que utiliza sacos com terra comprimida para fazer paredes e coberturas. Assim como os tipos de construção com terra anteriormente citados, é uma técnica que preserva o meio ambiente (PROMPT, 2008).

Os materiais constituintes são: o saco de ráfia (podendo ser em rolo ou sacos individuais reaproveitados), arame farpado e terra local. E as ferramentas utilizadas para a sua execução são: tubo de 25 cm de diâmetro ou balde sem fundo, pilões, pilões para as laterais, martelo de borracha, enxada e pá.

Prompt *et al* (2008) destaca que a primeira coisa que devemos pensar para construir com o super-adobe, como em qualquer técnica, é em fazer uma boa fundação. Esta pode ser de pedra, se temos disponível no lugar, de concreto, ou até mesmo de terra compactada. A fundação deve ser um pouco mais larga que a parede a ser construída, assim ela não absorverá umidade, mantendo a parede seca e segura. Depois de pronta a fundação da casa, podemos começar a construir as paredes de super-adobe. Primeiramente desenrolamos um tanto de saco da bobina. Deve se tomar cuidado para o saco ficar bem cheio, mesmo que fique bem gordinho. Não pode deixar espaço com ar dentro do saco. À medida que a parede vai ficando mais comprida, enquanto uns se ocupam de encher o saco, outros podem começar a comprimir a fieira com um pilão de madeira. É necessário pillar até sentir que a fieira esteja bem dura. E assim seguimos erguendo as paredes. A cada duas ou três fieiras, podemos colocar duas linhas de arame farpado, principalmente nas esquinas. A cada cinco fieiras, mais ou menos, vamos pilando as laterais da parede,

procurando deixá-las o mais regular possível. Para terminar de compactar as laterais usamos um martelo de borracha. Quanto mais regular a parede, mais fácil será fazer o reboco. Na Figura 5, pode ser observada a alvenaria de super-adobe em execução.

Figura 5 - Construções com Super-adobe.



Fonte: <http://uniaoglobaldeatitudes.blogspot.com.br>

2.2.4 COB

É uma técnica de construção com terra que permite usar muita criatividade e liberdade, pois consiste em ir moldando a casa como se fosse uma grande escultura. COB é uma palavra inglesa cuja tradução literal é maçaroca. É muito antiga e amplamente utilizada em diferentes lugares do mundo. Os materiais utilizados para fabricação são: Argila, areia e palha (PROMPT, 2008).

Segundo Prompt et al (2008), construir com COB é muito simples, primeiro mistura-se argila, areia, palha e água, até se obter uma mistura homogênea e plástica, essa mistura é feita com os pés. O próximo passo é ir formando bolas com a argila e então é só começar a moldar a casa, é uma técnica criativa. A medida que construímos a casa pode-se ir moldando estantes, bancos. Na Figura 6, é observado uma casa cuja construção realizada foi a COB.

Figura 6 - Casa de COB



Fonte: Foto de Gerry Thomasen

2.2.5 *Taipa de Mão*

A taipa de mão (exposta na Figura 7), também conhecida como taipa, taipa de sopapo, taipa de sebe, barro armado ou pau-a-pique, consiste, segundo definição de Marco (1984), em uma ossatura de madeira ou bambu, formada por ripas horizontais e verticais amarradas com tiras de couro, cipó, barbante, prego ou arame, preenchida com uma mistura de terra, água e fibras.

Este conjunto, juntamente com peças portantes verticais de madeira, forma a parede da edificação. A mistura, denominada barro, é lançada com as mãos nos dois lados ao mesmo tempo, e apertada sobre a trama da parede. Após a secagem do barro, é aplicado o reboco e, posteriormente, a pintura.

Figura 7 - Escola de taipa de mão na Ilha Grande do Paulino



Fonte: Autor Desconhecido

2.2.6 Taipa de Pilão

Técnica de construção com terra, muito antiga e bastante utilizada na construção de igrejas no período colonial do Brasil. É assim chamada por consistir em terra socada com um pilão dentro de uma forma de madeira que chamamos taipa. As paredes, em geral, têm de 30 a 120 cm de espessura. Os materiais utilizados para execução são: terra, madeira e pregos (PROMPT, 2008).

Existem diferentes tipos de pilões (também chamados soquetes) que podem ser usados para comprimir a terra. Na Figura 8, pode ser visto uma casa cuja construção realizada foi de Taipa de pilão.

Figura 8 - Casa do Bandeirante, Butantã, São Paulo. Construída no século XVII



Fonte: Foto de Marcelo Parize Petazoni (www.panoramio.com)

2.3 Tijolos de Adobe

2.3.1 *Materiais Constituintes e Caracterização do Material*

Adobes são tijolos de barro cru, secos ao sol ou à sombra, em locais arejados, que não tem necessidade de queima. Os materiais constituintes são: areia, argila, palha, madeira e pregos para a forma. Podem apresentar dimensões e formas variadas e podem ser executados com tecnologia rústica ou mais elaborado, com o auxílio de materiais mecânicos ou até mesmo em escala industrial.

A composição granulométrica ideal para a constituição do adobe varia de acordo com alguns autores. A composição ideal do material é de 54% a 75% de areia e de 25% a 43% de ligantes, sendo 10% a 25% de silte ou 15% a 18% de argila (MCHENRY, 1984). Devido à essa variação e para se realizar possíveis correções em sua composição, é fundamental que o solo a ser utilizado seja analisado por meio de testes de campo e de laboratório. Vale lembrar que é permitido o uso de aditivos como fibras, grãos e folhas secas. Elementos que deixam a massa mais estável e densa.

2.3.2 *Vantagens e desvantagens*

Os tijolos de terra crua são ambientalmente mais corretos, uma vez que não precisam ser cozidos, diferente do que acontece na indústria da fabricação de tijolos e telhas cerâmicas, que muitas vezes usa lenha como combustível.

Ainda destacam-se como benefícios dos tijolos de terra crua: disponibilidade de matéria-prima, propriedades térmicas superiores, absorção e liberação de umidade mantendo o ambiente saudável, material resistente ao fogo, geração mínima de poluição e baixo consumo energético no seu manuseio, fácil re-incorporação na natureza, facilidade de gerar tecnologias apropriadas – fácil de se transmitir e de ser absorvida por população com pouca instrução (GHAVAMI e BARBOSA, 2007).

Para construir, espera-se que o solo atinja determinada resistência mecânica, seja estável perante aplicação de cargas, desgaste e erosão.

Por outro lado, o solo pode apresentar algumas desvantagens, como sensibilidade à presença de água, que pode provocar desintegração do material e falhas estruturais; apresentar altas taxas de contração/expansão, o que leva ao

aparecimento de fissuras quando o material permanece exposto a condições climáticas variáveis; possui baixa resistência à abrasão e requer frequentes reparos e manutenção, quando usados em edificação.

Essas desvantagens podem ser contornadas com o uso de aditivos, e a estabilização pode ser feita pela utilização de agentes químicos como asfaltos e betumes, cal e cimento Portland (GHAVAMI e BARBOSA, 2007).

2.3.3 Dimensões

Os Tijolos Adobe podem apresentar dimensões e formas variadas e podem ser executado com tecnologia rústica ou mais elaborado. A dimensão do bloco utilizada nesse projeto foi 10 x 15 x 25 cm e sua mistura ideal é de aproximadamente 20% de argila e 45% de areia. Estes materiais são misturados com água, e a “lama” produzida é derramada em moldes para dar forma aos blocos. Após a desmoldagem, o adobe deverá permanecer coberto no galpão coberto por aproximadamente 1 semana (NOLASCO, 1998). Nesse trabalho, em aproximadamente 3 dias o bloco é girado para o outro lado e dentro de mais 4 dias, aproximadamente, estará pronto para ser movido ou empilhado. Segundo Nolasco et al (1998), esta medida evita que haja uma perda rápida da água da mistura, poderia provocar rachaduras e perda de resistência do material. Depois disso, o adobe é seco ao sol, alcançando a cura ou pega química após 30 dias, o mesmo tempo que o concreto.

2.3.4 Curiosidades

Desempenhos Térmicos:

- Regulador da umidade relativa dentro da casa a um nível permanente de aproximadamente 50 %;
- Devido a grande massa térmica das construções, o material funciona como acumulador térmico no inverno.

Desempenho Acústico:

- Dependendo da espessura da parede utilizada, é um ótimo isolante acústico;

Patologias:

A maioria das Patologias apresentadas pelo adobe é em função da sua má execução ou conservação e em associação com a água, podendo-se ressaltar:

- A “lavagem” e desintegração do adobe pela ação da chuva;
- A umidade ascendente proveniente do solo como fator patológico;
- O uso de revestimento inadequado com argamassa de cimento, por exemplo, pode causar ressecamento no adobe e a consequente desintegração do material;
- A proporção de água deve ser bem medida, afim de que não haja retração do tijolo em função de sua evaporação.

2.4 Normalização

“Calcula-se que ainda hoje construções de terra crua abrigam quase um terço da humanidade” (BARBOSA et al, 2003). Em países asiáticos, africanos e do oriente médio existem ainda cidades construídas quase que inteiramente com esse material, sendo a cidade de Yazd, no Iran, um exemplo vivo da versatilidade desse material (GONÇALVES, 2005).

Para a terra crua ser aceita como material de construção nos órgãos governamentais é necessário que se tenha conhecimentos sobre ele. Embora em algumas poucas universidades do mundo a terra esteja sendo pesquisada, sente-se a necessidade de um maior número de ensaios experimentais para melhor embasar as normas sobre alvenaria de tijolos de terra crua, já existente em pouquíssimos países e a ser elaborada no Brasil.

Enquanto materiais industrializados, como concreto, tijolos cerâmicos, aço, entre outros, vêm sendo estudados nas Universidades de todo o mundo desde o século XIX, um material de uso milenar, como a terra, tem apenas uns poucos centros onde é pesquisado (GONÇALVES, 2005).

Gonçalves et al (2005) ressalta que, com o renascimento da terra como material de construção, sente-se a necessidade de se desenvolverem métodos de cálculo baseados nas teorias com as quais são projetadas as alvenarias com tijolos cozidos ou blocos de concreto. Ocorre que as hipóteses feitas para estes últimos não se aplicam diretamente às alvenarias de terra, pois o módulo de elasticidade dos tijolos crus é bem inferior ao dos outros aqui citados. Na falta de resultados

experimentais, normalmente o que se faz é trabalhar com níveis de segurança mais elevados que o necessário, levando desta forma a construções menos econômicas. Desta forma, nada resta senão proceder à experimentação e tentar adaptar alguns parâmetros usados no projeto da alvenaria estrutural comum para aquela de terra crua.

A terra pode desenvolver um papel fundamental na melhoria das condições de vida da parcela da população praticamente sem renda que ainda existe no país. Inúmeras famílias no interior do Nordeste abrigam-se muito mal, por terem perdido as técnicas construtivas antigas e não terem condições de adquirir materiais industrializados. Assim constroem-se choupanas sem a menor tecnologia, cujas paredes servem de abrigo a insetos e roedores (GONÇALVES, 2005).

Gonçalves et al (2005) destaca que uma das maneiras mais baratas de construir com terra é fazer uso dos tijolos de adobe. Técnica milenar, usada pelos babilônicos, egípcios, persas e introduzida no Brasil pelos portugueses, foi abandonada pelas classes dominantes com o surgimento dos materiais industrializados. Ficando relegada à pobreza, foi-se perdendo a tecnologia construtiva. No entanto, ela pode renascer e contribuir para melhoramento das condições de vida tanto na zona rural como na periferia das cidades hoje inchadas de favelas.

Porém, para se difundir o uso dos tijolos de terra crua, a normalização passa a ser importante, e para tanto é preciso que existam normas técnicas sobre o assunto. Ensaio laboratoriais são necessários para dar confiança no material e se poderem propor algumas regras de construção. Segundo Gonçalves (2005), alguns países estão avançando nesta área e o Brasil tem que criar suas próprias normas, visto ter ainda a enorme vantagem de se tratar de zona não sísmica, diferentemente dos andinos, como o Peru, que já criou sua norma de construção com adobe, apesar das ameaças dos terremotos (GONÇALVES, 2005).

2.5 Adição em Tijolos de Adobe / Construção de Terra

Os aditivos mais comuns utilizados em construções com terra são as fibras vegetais, cimento, cal e betume. Também é possível acrescentar aditivos com a finalidade de impermeabilizar o produto final. Não há limitações para os materiais

que podem ser adicionados às construções com terra, dependendo apenas da disponibilidade local. Alguns exemplos estão descritos abaixo.

- Estabilização por aditivos: adição de cimento Portland (formando o solo-cimento) ou a cal virgem ou hidratada ou uma mistura de cal e cimento ou, ainda, uma mistura de cal com cinzas.
- Estabilização por armação: consiste em agregar ao barro um material de coesão (fibra ou grãos), que permite assegurar, pelo atrito com as partículas de argila, uma maior firmeza ao material. Segundo Bardou & Arzouma (1979), a resistência do material é reduzida, entretanto, se ganha em estabilidade e durabilidade.
- Estabilização por impermeabilização: consiste no envolvimento das partículas de argila em uma camada impermeabilizante. O asfalto (betume) é o material mais conhecido utilizado para este fim, além de outros materiais, tais como o óleo de coco, látex e azeite de oliva.
- Estabilização por tratamento químico: variam de acordo com a própria composição da argila. A cal pode funcionar como estabilizante químico, agindo com os silicatos e aluminatos da terra. A soda cáustica e a urina de gado, elementos de baixo custo, também podem ser utilizados.

Nos tijolos em adobe já há estudos incorporando diversos materiais na sua composição, como por exemplo: biomassa de micrófitas aquáticas, fibra de bananeira, e fibras de coco verde.

2.6 Palma Forrageira

A palma forrageira foi introduzida no semi-árido nordestino no final do século XIX, com o intuito da produção de corante carmim. Porém por pouco tempo foi explorada para tal ensejo. Foi após a grande seca ocorrida em 1932 que a palma foi descoberta como uma excelente alternativa forrageira. Neste período o governo federal implantou o primeiro programa com a espécie, induzindo desta forma sua disseminação (FABRICANTE e FEITOSA, 2005).

Segundo, Fabricante e Feitosa (2005), a partir da década de 50 que realmente começaram os estudos de caráter mais aprofundados sobre a espécie, visando assim seu melhor aproveitamento. Entre os anos de 1979 e 1983, durante a estiagem prolongada ocorrida no nordeste brasileiro, que a palma ganhou de vez

seu espaço no cenário semi-árido. Assim a utilização da *Opuntia ficus-indica* como forragem para os animais foi ganhando espaço sobretudo nos estados brasileiros de Alagoas, Pernambuco, Paraíba e em algumas regiões do Ceará e Rio Grande do Norte, onde a planta se aclimatou bem e apresentou boa produção de massa verde. Desta data em diante inúmeros estudos voltaram-se para esta forrageira.

A região Nordeste ocupa uma área de 1.548.000 km², sendo que aproximadamente 70% é considerada semi-árida (900.000 km²), constituindo o polígono das secas. O semi-árido nordestino é caracterizado pela heterogeneidade das condições naturais, como clima, solo, topografia, vegetação e características sócio-econômicas. Por outro lado, o traço marcante da região semi-árida é o clima, principalmente pela existência de um regime pluviométrico que delimita duas estações bem distintas: uma curta estação chuvosa de 3 a 5 meses, denominada “inverno” e uma longa estação seca chamada de “verão”, que tem duração de 7 a 9 meses (ALMEIDA, 2012). E é devido esse cenário que uma das razões para ampla difusão da palma no mundo, é justamente a sua adaptação anatômica e fisiológica às regiões áridas e semi-áridas, além disso, são resistentes a períodos de prolongadas secas.

A palma é utilizada em diferentes países como forragem, fruta, verdura, cercas vivas, controle de erosão e conservação de solos, paisagismo, produção de corantes, o que caracteriza como uma cultura de grande diversidade de usos e aplicações relevando a versatilidade dessa espécie vegetal, que apesar de ser cultivada no semi-árido nordestino para alimentação animal, não tem sua potencialidade explorada plenamente, sendo desperdiçadas excelentes oportunidades para melhoria dos índices sociais e econômicos desse espaço geográfico.

Além de ser utilizada dentre tantas formas citadas anteriormente, em algumas regiões do globo terrestre encontramos utilizações diferentes da palma forrageira. Mundialmente a palma forrageira é usada na alimentação humana, arraçoamento animal, como fonte de energia, na medicina, na indústria de cosméticos, dentre outros usos nobres, a exemplo da fabricação de cola, adesivos, fibras para artesanato, papel e ornamentação (BARBERA, 2001).

No Brasil os estudos avançam explorando a riqueza dessa cactácea tanto na alimentação, como no consumo do seu fruto, extração do corante, e fabricação de cosméticos. Na Paraíba, paradigmas estão sendo quebrados na busca de se

conseguir produtos cosméticos enriquecidos com a palma forrageira, rica em vitamina A, através do seu extrato. Desde 2009 a palma tem deixado de ser vista apenas como uma fonte de alimento para animais. Hoje estudos são feitos com a incorporação da palma em produtos agrícolas, medicinal, e até em cosméticos, na produção de xampu e sabonetes, por exemplo (RODRIGUES, 2012).

2.6.1 Adição da Palma ao Tijolo Adobe

Devido à sua boa adaptação ao semi-árido nordestino, seu baixo custo e bom desempenho como forrageira, a palma é uma excelente alternativa para o cenário biogeográfico em questão. Esta espécie é uma boa solução para inúmeros problemas eco-sócio-ambientais em muitas áreas extremamente afetadas com a falta d'água. Além disso, a palma forrageira apresenta grande reserva de água, quando extraída a baba proveniente da mesma, pode ser incorporada ao adobe a fim de diminuir o consumo de água na sua fabricação e trazer maior trabalhabilidade ao sistema.

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

3.1 Coleta e Caracterização do Solo

Como exposto, anteriormente, o presente trabalho tem o objetivo de contribuir para construções de casas populares, no Agreste Pernambucano. Pensando nisso, não havia sentido o solo ser retirado de outro local, que não fosse o Agreste Pernambucano.

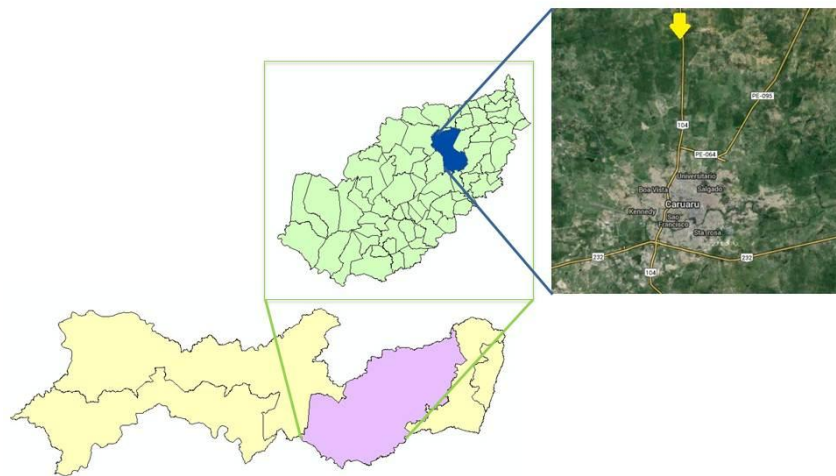
A caracterização do solo que foi realizado para produção de adobe, consistiu basicamente em análise granulométrica (ensaio de campo e laboratorial), e determinação de índices físicos. Para sua classificação, como não existem normas brasileiras específicas sobre o adobe, a metodologia adotada referente aos ensaios de caracterização física e mecânica dos mesmos foi realizada com adaptações às normas brasileiras de tijolos maciços de barro cozido e aos tijolos de solo-cimento, pois também se tratam de terra crua.

Os ensaios para a caracterização dos solos foram realizados no Laboratório de Construção Civil e Estruturas, na Universidade Federal de Pernambuco – Campus do Agreste (UFPE-CAA).

3.1.1 Seleção dos locais para coleta de amostras de solo

Para a escolha do local de coleta de amostras de solo deste trabalho, foi levada em consideração a composição granulométrica (areia, argila), e, preferencialmente, escolhido o solo que estivesse no seu estado mais bruto (com características naturais). Também foi levada em consideração a facilidade de acesso e transporte. Por isso, inicialmente o solo utilizado foi proveniente das escavaturas feitas na fundação para construção dos novos prédios da própria Universidade, localizada no estado Pernambucano, na cidade de Caruaru, sendo este adequado, após testes preliminares, para a confecção de blocos de adobe, pois tem predominância da fase argilosa. Na Figura 9 pode ser visto a localização de onde foi extraído o solo utilizado neste trabalho.

Figura 9- Localização de onde foi retirado o solo para esse trabalho



Fonte: Everton Santos (2013).

3.1.2 Extração do solo utilizado na produção dos tijolos

Após a escolha do local, realizou-se a extração do solo, em quantidade necessária para a produção dos adobes. O solo foi extraído e transportado em junho de 2013 com a ajuda de uma máquina retro-escavadeira. O material coletado foi

inicialmente armazenado (Figura 10) em frente ao laboratório de Construção Civil e Estruturas (UFPE- CAA).

Figura 10 - Retro escavadeira, utilizada para a extração do solo.



Fonte: Da Autora (2013)

3.1.3 Ensaios de caracterização do solo utilizado

No presente trabalho, foram realizados os seguintes ensaios para a caracterização do solo: determinação da distribuição granulométrica, sendo este em laboratório e em campo, determinação do limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP).

Os três ensaios foram feitos seguindo a NBR 7181/88 para análise granulométrica de solos, a NBR 6459/84 para o limite de liquidez e a NBR 7180/84 para o limite de plasticidade. IP é obtido pela diferença dos resultados entre LL e LP.

No laboratório de Construção Civil foi executado um ensaio usual em solos para a fabricação de adobe, que apesar de ser bastante empírico e simples, revela características interessantes do material, o teste do pote de vidro, (NOLASCO, 1998, pag 11). Esse teste é muito simples, ele é executado da seguinte maneira: inicialmente preenche a metade de um pote de vidro com o solo, depois completa ele com água e coloca uma pitada de sal, depois agita-se até a mistura ficar homogeneia; quando a mistura decantar, podem-se observar as diferentes camadas no pote, abaixo ficará a areia, no meio a argila e na parte superior do pote a água. Depois que ficarem bem definidas as camadas no pote, verifica-se se as proporções estão adequadas. Na Figura 11 pode ser visto o resultado do ensaio, no item Resultado e Discussão deste trabalho será comentado sobre resultados obtidos.

Figura 11- Resultado do teste do pote de vidro



Fonte: Da Autora (2013).

Ainda para caracterizar o solo foi realizado o ensaio de granulometria por peneiramento, desta vez através de ensaios normatizados. Para o peneiramento grosso utilizou-se o material retido na peneira #10 (2,0 mm) e passante na peneira de 25 mm. O material passante na peneira #10 (2,0 mm) foi utilizado no peneiramento fino. A partir das massas retidas em cada peneira determinaram-se as porcentagens de solo referentes às frações pedregulho, correspondente ao peneiramento grosso e às frações areia, silte e argila, correspondentes ao peneiramento fino. Os resultados dessa etapa estarão expostos no resultado e discussões desse trabalho.

Depois o solo da Universidade foi novamente analisado. O Limite de Liquidez (LL) é obtido com o auxílio do aparelho de Casagrande, e é definido como o teor de umidade do solo com o qual uma ranhura nele feita requer 25 golpes para se fechar. Por interpolação se obteve o valor correspondente ao LL.

A plasticidade é das mais importantes propriedades dos solos, que consiste na capacidade de serem moldados sob certas condições de umidade sem variação de volume. O Limite de Plasticidade (LP) é calculado como a porcentagem de umidade para a qual o solo começa a se fraturar quando se tenta moldar um cilindro de 3 mm de diâmetro e 10 mm de comprimento. E o Índice de Plasticidade (IP) é a diferença entre os limites de liquidez e plasticidade; definindo a zona em que o

material é trabalhável. O IP fornece um parâmetro que define o caráter argiloso de um solo, sendo máximo para as argilas e nulo para as areias.

O solo extraído foi seco em temperatura ambiente e depois acondicionado em baldes plásticos vedados no laboratório de construção civil da instituição, Figura 12, protegido contra as intempéries, mantendo-se seu teor de umidade natural.

Figura 12 - Armazenamento Interno



Fonte: Da autora (2013).

3.1.4 Ensaio de caracterização da palma utilizada

Para caracterização da palma forrageira foram feitas apenas medições empíricas, essa medição serviria a rigor, para determinação de quantas palmas do mesmo tamanho seria necessário para adquirir a viscosidade desejada na água de amassamento para o traço. Com auxílio de uma fita métrica obteve-se em média 25 cm de diâmetro da mesma.

Figura 13 - Palma tipo forrageira.



Fonte: Autor Desconhecido.

3.2 Produção de adobes

A produção dos adobes envolveu diversas outras etapas, tais como: produção das fôrmas; preparo do canteiro de produção; definição dos traços; homogeneização do solo e preparo do feno; amassamento do barro; moldagem dos blocos; secagem e armazenamento dos adobes.

3.2.1 Projeto e Produção das Fôrmas

As dimensões dos blocos variam muito de região para região. Em projetos realizados anteriormente (FARIA, 2001), foram utilizadas formas de tijolo com fundo, o que obrigava a operação de untura com água e areia, além da necessidade de se virar a forma para a desmoldagem do tijolo, o processo era lento e que exigia muito esforço físico.

Para este projeto, foram projetadas 4 formas de madeira, sem fundo, para 2 blocos cada uma. As formas utilizadas (Figura 15) têm as seguintes dimensões: 10 x 15 x 25 cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), para cada adobe. Tal medida adotada para possibilitar análises comparativas com resultados de trabalhos anteriormente já desenvolvidos e facilitar a aceitação do material pelos usuários, visto que são medidas próximas das dimensões dos tijolos comuns (6 furos: 9 x 14 x 24). A forma esta mostrada na Figura 14:

Figura 14 - Forma de madeira



Fonte: Da Autora (2013).

3.2.2 Planejamento e Preparo do “canteiro”

O ambiente de trabalho (ou canteiro de produção) foi planejado de modo a otimizar a produção dos adobes, com os recursos e instalações disponíveis no Laboratório de Construção Civil e Estruturas (UFPE- CAA) e no entorno do mesmo. Os blocos foram produzidos na área externa ao laboratório (Figura 15), onde tinha acesso a um ponto de água, facilitando a produção. O solo foi depositado próximo à área onde foram produzidos os tijolos, do lado de fora do Laboratório.

Figura 15 - Local de produção da mistura dos tijolos.



Fonte: Da autora (2013).

Depois de produzidos, os adobes foram colocados para secar à sombra na parte interna do Laboratório durante uma semana, e logo após secaram mais uma semana na parte externa do laboratório em uma área coberta, protegendo-os de intempéries. Já os ensaios expostos na sequência, foram todos realizados no interior do laboratório.

3.2.3 Determinação do teor de umidade do barro

Não existe um teor de umidade pré-determinado para amassamento do barro. O parâmetro que pode estabelecer o teor ótimo é a trabalhabilidade e plasticidade do barro, ou seja, o mesmo deve ter uma consistência tal que seja possível moldar (preenchendo todos os vazios da forma) e desmoldar o tijolo sem deformação muito grande. Outra forma de determinação da consistência ideal é: pega-se um pouco da mistura e aperta-se na palma da mão. Se ficar o formato dos dedos e não escorregar água, a mistura estará certa. Se escorrer água a mistura está com

excesso de água e, se não manter o formato dos dedos, está faltando água.(NOLASCO, 1998). O ideal é ir colocando água aos poucos. Mesmo sendo um teste empírico, é a forma correta de se obter a umidade ótima para trabalhar na confecção de adobe.

3.2.4 Definição dos traços

Sendo denominado traço a relação de proporção entre os seus vários componentes, utilizado na produção de concretos e argamassas. Assim como o concreto e argamassa, a produção do adobe, também necessita de um traço determinado. O traço foi expresso em termos de baldes. A escolha desse meio de dosagem é por se tratar de um trabalho que visa a incorporação da produção dos tijolos dentre os usuários do entorno do Agreste pernambucano (na maioria das vezes leigos, carentes de instruções mais técnicas), e que devem utilizar materiais que estejam facilmente disponíveis em todas as etapas da elaboração dos adobes.

Nesse projeto foram produzidos dois tipos de traços que diferem apenas na água de amassamento utilizada: um primeiro traço, o de referência com água potável e, um segundo traço água viscosa proveniente da baba da palma.

O traço de referência utilizado nesse projeto é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Traço de referência

Quant.	Materiais
5,0 baldes	Solo Natural
1,5 baldes	Água Potável
0,5 balde	Fibra (Feno imerso em água)
Obs.: O balde utilizado é de 8 L.	

Fonte: Da Autora (2015).

Na Figura 16 e na Figura 17, pode ser visto, respectivamente, solo natural e a fibra vegetal, o feno, utilizado no traço.

Figura 16 - Solo Natural



Fonte: Da Autora (2013).

Figura 17 - Feno imerso em água



Fonte: Da Autora (2013).

Já para o segundo traço a água utilizada na mistura é proveniente da baba da palma do tipo forrageira, que a torna viscosa. Aproximadamente 20 palmas de em média 25 cm de comprimento, foram cortada em cubos de aproximadamente 2 cm X 2 cm, e postos em um balde plástico com 20 litros de água e deixado por 24 horas. Depois disso, os pedacinhos da palma são retirados com auxílio de uma peneira, e a água, agora viscosa, é utilizada. A seguir nas Figuras 18, 19 e 20, são vistos o passo a passo da obtenção da água viscosa incorporada ao adobe.

Figura 18 - Incorporação da Palma à água



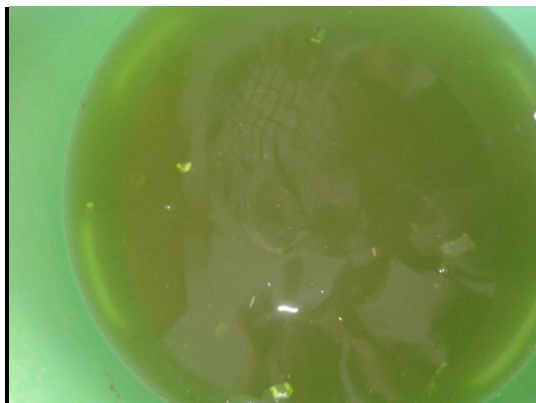
Fonte: Da Autora (2013).

Figura 19 - Retirada dos pedacinhos de Palma



Fonte: Da Autora (2013).

Figura 20 - Água pronta para uso.



Fonte: Da Autora (2013)

A quantidade de fibra adicionada ao solo corresponde a cerca 20% em volume em relação ao volume seco de solo. A seguir as quantidades mostradas na Tabela 2.

Tabela 2 - Traço c/ Baba de Palma	
Quant.	Materiais
5,0 baldes	Solo Natural
1,0 balde	Água Viscosa
0,5 balde	Fibra (Feno imerso em água)
Obs.: O balde utilizado é de 8 L.	

Fonte: Da Autora (2015)

A adição da baba da palma ao traço proporcionou uma redução de 0,5 balde na quantidade de água de amassamento em relação ao traço de referência. Para ambos os traços foi possível uma produção de 10 tijolos adobe.

3.2.5 Homogeneização e preparo do feno

Foi tomado o cuidado de proteger os pés com botas de Policloreto de vinila (PVC), para destorroar o solo. A enxada também foi utilizada para uma melhor homogeneização do solo (Figura 21).

Figura 21 - Homogeneização do solo



Fonte: Da autora (2015).

Antes da utilizado o feno foi cortado com tesoura em tamanhos relativamente médios, 10 a 15 cm, e apenas submerso em água antes de ser misturado com o

solo. A utilização do feno contribui com a melhoria das características físicas dos tijolos como, por exemplo, a redução de massa específica, com consequente diminuição das cargas na estrutura da construção.

3.2.6 Amassamento do Barro

O amassamento do barro pode ser realizado artesanalmente ou mecanicamente. No presente trabalho, o amassamento se deu de modo artesanal, com os pés, protegidos de bota PVC, prevenindo contra contaminações, apesar de a tradição serem descalços.

O barro foi primeiramente amassado, destorroado e homogeneizado (Figura 22), para em seguida ir-se acrescentando a água necessária para o amassamento. Logo após o feno foi acrescentado à mistura. Nesse passo o que difere de um traço pra outro é a água de amassamento, já citada. Imediatamente após a completa homogeneização da mistura os tijolos foram moldados.

Figura 22 - Homogeneização da mistura.



Fonte: Ventura (2013).

Em seu estado fresco, a mistura apresentou características visuais e táteis bastantes satisfatórias permitindo uma boa trabalhabilidade na produção dos tijolos.

Na Figura 23, é visto a incorporação do feno à mistura com auxílio de uma enxada.

Figura 23 - Acréscimo do feno.



Fonte: Da autora (2013).

Na Figura 24 pode ser visto a finalização amassamento do traço, desta vez, com o auxílio da bota de PVC.

Figura 24 - Amassamento final do traço.



Fonte: Da Autora (2013)

3.2.7 Moldagem dos tijolos

Antes de cada utilização, as fôrmas foram imersas em um recipiente contendo água, com o intuito de facilitar a desmoldagem dos tijolos. Após cada utilização, as fôrmas eram lavadas para a remoção de qualquer resíduo de barro.

A moldagem dos tijolos foi realizada colocando-se pequenas porções de barro com as mãos protegidas por luvas de borracha. Preenchendo-se todas as arestas.

Figura 25 - Lançamento do barro, com as mãos protegidas.



Fonte: Da Autora (2013)

O excesso do barro foi retirado com uma colher de pedreiro, e a superfície superior alisada com as mãos molhadas para um melhor acabamento. Em seguida, a desmoldagem foi realizada deslizando-se a forma para cima na vertical (Figura 26).

Figura 26 - Desmoldagem do tijolo Adobe.



Fonte: Da Autora (2013).

Os tijolos foram inicialmente identificados com folhas de papel (Figura 27), de acordo com cada traço.

Figura 27 - Identificação dos tijolos.



Fonte: Da autora (2013).

A NBR 8492 (ABNT, 1984), recomenda a produção de 13 tijolos de cada mistura sendo 10 para o ensaio de resistência à compressão e 3 para o ensaio de absorção de água e de determinação da umidade de equilíbrio ao ar. De acordo com as adaptações realizadas, foram produzidos 10 tijolos de cada traço, considerando-se que seriam necessários 6 tijolos para o ensaio de resistência à compressão; 2 tijolos para o teste de capilaridade (sendo um reutilizado para o ensaio de absorção total); 1 tijolo para o ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo e que poderiam ocorrer quebras (o que não ocorreu).

3.2.8 Secagem e Armazenamento dos tijolos

Após a desmoldagem dos tijolos, os mesmos permaneceram dentro do Laboratório de Construção Civil e Estruturas (UFPE- CAA) para secarem a sombra. Depois de um período de tempo suficiente (aproximadamente 1 semana) para perderem o excesso de umidade, ganhando resistência e, com a ocorrência das retrações iniciais mais significativas, os tijolos foram colocados para secar na calçada do Laboratório, do lado externo, por aproximadamente 1 semana (Figura 28), sendo protegidos das intempéries. Em seguida, os tijolos foram novamente transportados para dentro do Laboratório. Durante todas as etapas do processo de secagem, os tijolos foram frequentemente virados para que a secagem se desse de modo uniforme.

Figura 28 - Secagem dos tijolos do lado externo, na calçada do laboratório.



Fonte: Da autora (2013).



Fonte: Da autora (2013).

3.3 Caracterização Física e Mecânica dos tijolos

A caracterização física e mecânica dos tijolos de adobe foi realizada de acordo com as adaptações das normas brasileiras NBR 6460 (ABNT, 1983) e NBR 8492 (ABNT, 1984), pois conforme mencionado anteriormente, os tijolos de adobe ainda não possuem norma técnica.

A caracterização física e mecânica dos blocos de adobe são instrumentos fundamentais no apoio à realização de projetos de consolidação, reabilitação ou reforço deste tipo de construção.

A caracterização física dos tijolos é representada pela determinação da massa específica aparente, pela retração e pela absorção de água (Método do Cachimbo e Ensaio de Capilaridade). E a caracterização mecânica, é representada pela resistência a compressão.

Para a determinação da massa específica aparente e a retração foram utilizados todos os tijolos produzidos. Já para o método do cachimbo e o ensaio de capilaridade foram utilizados 2 tijolos para cada ensaio. No ensaio de resistência a compressão, foram utilizados os restantes dos tijolos, ou seja, os 6 tijolos restantes. Pois, cada traço teve um total de 10 tijolos produzidos.

3.3.1 Caracterização Visual dos tijolos

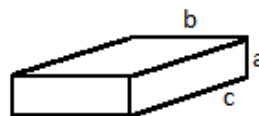
Foi observado visualmente que os tijolos com a água de amassamento viscosa tiveram uma melhor trabalhabilidade na mistura. A baba proveniente da palma facilitou a mistura, a moldagem e a desmoldagem do tijolo.

3.3.2 Determinação da massa específica aparente dos tijolos

Antes da realização dos ensaios de compressão e absorção, foram determinados os pesos e as medidas de cada tijolo, tendo o cuidado de observar o aparecimento de fissuras e o aspecto estético final da produção, como arestas bem definidas e qualidade final de cada bloco.

A realização das medidas de cada bloco seguiu o esquema exposto na Figura 29.

Figura 29 - Esquema para a medição dos blocos.



Onde:

a= altura do bloco;

b= largura do bloco;

c= comprimento do bloco.

Para obtenção da medida de cada tijolo, utilizou-se uma trena. Sendo o resultado final de cada uma delas a média realizada entre as medidas tiradas em três pontos distintos.

Para obtenção do peso de cada bloco, foi utilizada a balança do próprio Laboratório de Construção Civil e Estruturas (UFPE-CAA).

Depois de conhecidos os dados acima, pode-se calcular a massa específica aparente, através da equação 1.

$$\rho = \frac{M_T}{V_T} \quad (1)$$

Sendo:

ρ é a massa específica aparente (kg/cm³);

M_T é a massa do tijolo (kg);

$V_T = a_m \times b_m \times c_m$ é o volume do tijolo (cm³);

a_m, b_m, c_m , são as médias das dimensões dos tijolos (cm).

3.3.3 Determinação da retração linear do tijolo adobe

A importância da retração está diretamente relacionada com a qualidade e durabilidade das edificações.

A retração ocorre geralmente no processo de mistura, moldagem e secagem dos tijolos. Os valores de retração, em argamassas, são normalmente medidos no estado endurecido, após 24 horas ou 48 horas depois dos corpos-de-prova serem moldados. Pois, antes desse prazo é muito difícil manusear sem ocorrer quebras.

O ensaio de retração neste trabalho consistiu, basicamente, em comparar a variação dimensional entre as medidas em corpos-de-prova no estado endurecido e as medidas da fôrma projetada para a produção dos mesmos. Sendo as medidas da fôrma: 10 x 15 x 25 cm (altura, largura e comprimento, respectivamente).

Pode ser calculada através da seguinte Equação 2.

$$RL_x = Di_x - Df_x \quad (2)$$

Sendo:

RL_x é a retração linear na direção x (Altura (a), Largura (b) e Comprimento (c));

Di_x é a dimensão inicial do tijolo recém desmoldado (dimensão da forma), na direção x;

Df_x é a dimensão final do tijolo, após a secagem, na direção x.

3.3.4 Absorção pelo método do Cachimbo

O ensaio pelo método do cachimbo determinou a absorção de água do corpo-de-prova quando do contato da água com a superfície do tijolo. O cachimbo é um tubo de vidro em forma de “L”, seu fundo (de borda plana e circular) foi fixado ao tijolo com massa de calafetar e preenchido com água até o nível de referência. A

leitura foi realizada ajustando-se os tempos de 5 em 5 minutos até completar 15 minutos. A diminuição da altura da água ao longo do tempo é o indicador da variação que o material tem à penetração da água.

Os cachimbos foram fixados em locais que aparentemente não apresentavam fissuras (Figura 30).

Figura 30 - Método do Cachimbo



Fonte: Da Autora (2013).

3.3.5 Ensaio de Absorção por Capilaridade

A metodologia adotada para a determinação do coeficiente de capilaridade para os tijolos em questão foi ajustar os tempos de absorção de água para 10, 30, 60 minutos.

Para a realização deste ensaio, neste trabalho, foram utilizados 2 corpos de prova, os quais foram imersos em um recipiente com água a uma altura de 2 cm (lâmina d'água).

A determinação experimental do coeficiente de capilaridade consiste em colocar os tijolos em contato com água (Figura 31), medindo com uma trena a ascensão da coluna d'água no adobe.

Figura 31 - Ensaio de Capilaridade



Fonte: Da Autora (2013)

3.3.6 Ensaio de Absorção Total de Água

A capacidade de absorção de água é uma característica muito importante, pois vai identificar o quanto a matriz (solo) é sensível ao contato direto com a água, deste modo, esta propriedade foi determinada para a caracterização do adobe.

O ensaio de absorção total de água (Figura 32), no presente trabalho, foi realizado submergindo 1 corpo-de-prova do traço com baba de palma em um recipiente com água durante 24 horas a uma temperatura ambiente. Após a imersão, foram retirados e comparados com os corpos-de-prova de referência (com água de amassamento potável), para melhor perceber a influência da baba de palma no comportamento dos tijolos de adobe.

Figura 32 - Ensaio de Absorção Total



Fonte: Da Autora (2013)

3.3.7 Preparação dos corpos-de-prova para ensaio de determinação da resistência à compressão

Os corpos-de-prova tiveram suas superfícies regularizadas por meio de capeamento (Figura 33), com intervalo de 24 horas. Ou seja, só após 24 horas da primeira superfície ser capeada que a superfície seguinte foi capeada.

A argamassa utilizada para tal procedimento seguiu o traço empírico de 4 “vasilhas” de areia para 1 “vasilha” de cimento para 500 ml de água. Após a secagem completa, os corpos-de-prova foram marcados e medidos.

Figura 33 - Capeamento dos tijolos.



Fonte: Da autora (2013).

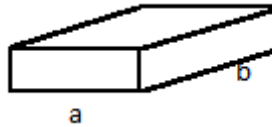
Fonte: Da autora (2013).

A determinação da área da seção de ruptura de todos os tijolos que foram submetidos ao ensaio de determinação da resistência à compressão deu-se da seguinte forma:

$$A = a \times b \quad (3)$$

Levando em consideração que a = largura e b = comprimento, onde a e b são resultados da média de pelo menos três determinações executadas em pontos diferentes. O esquema para a realização das medições está exposto na Figura 34.

Figura 34 - Esquema para a realização das medições.



3.3.8 Ensaio de determinação de resistência à compressão

O ensaio de determinação da resistência à compressão também foi realizado de acordo com adaptações das normas NBR 6460 (ABNT, 1983) e NBR 8492 (ABNT, 1984).

Para se determinar o valor da resistência à compressão, no presente trabalho, os corpos-de-prova foram levados à prensa, máquina de ensaio mecânica (exposto na Figura 35); centrados na base e teve a carga aplicada em carregamento uniforme e velocidade constante. Com isso, pôde-se medir a carga de ruptura dos corpos de prova.

Figura 35 - Máquina de ensaio mecânica (prensa), antes da aplicação da carga

(a) antes da aplicação da carga

(b) durante a aplicação da carga



Fonte: Da Autora (2013)

Com os valores da carga de ruptura, pode-se agora calcular a resistência à compressão através da equação 4.

$$f_c = \frac{F_{rup}}{10 * A} \quad (4)$$

Sendo:

f_c é a resistência a compressão (MPa);

F_{rup} é a carga de ruptura do tijolo (Kgf);

A é a área média da seção de ruptura (cm²).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todos os resultados obtidos nos ensaios dos tijolos produzidos com a adição da baba da palma (Traço 1-T1) foram analisados e comparados com os resultados obtidos dos ensaios dos tijolos de referência (R), produzidos sem a adição da baba.

No geral, todos os blocos de adobe produzidos com a adição da baba da palma obtiveram um bom aspecto visual, devido às suas características elásticas, propiciando o aparecimento de menos trincas e fissuras.

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos na caracterização das misturas de adobe, assim como a discussão sobre a viabilidade da aplicação da palma na água utilizada na preparação dos blocos.

A seguir, encontram-se os resultados obtidos de cada ensaio.

4.1. Caracterização das Matérias-primas

As matérias-primas constituintes do adobe foram caracterizadas fisicamente.

4.1.1 Análise Granulométrica

Na Tabela 3 pode ser visto a distribuição granulométrica, em percentual em peso, para o solo.

Tabela 3 - Dados de distribuição granulométrica, percentual em peso.

CLASSIFICAÇÃO	SOLO (%)
Pedregulho	6,49
Areia Grossa	13,84
Areia Média	26,80
Areia Fina	25,13
Silte + argila	27,74

FONTE: Da Autora (2015).

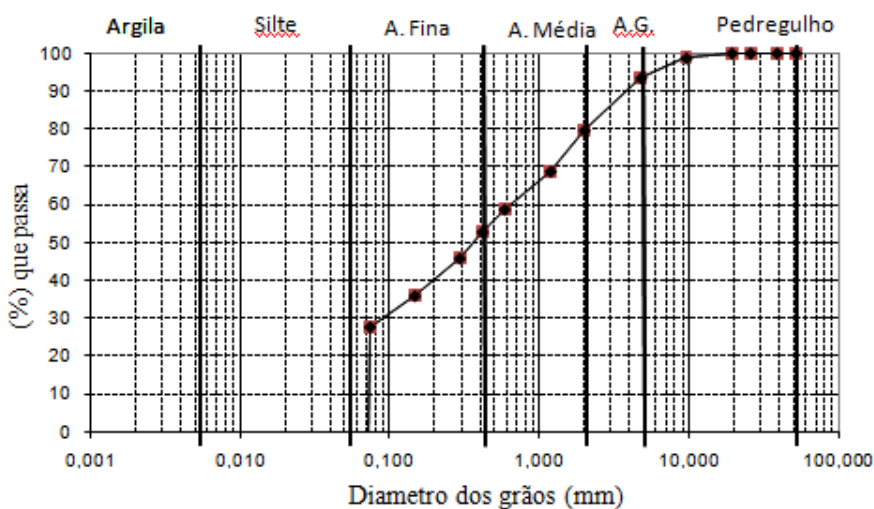
A composição granulométrica ideal da mistura de solo para o adobe, segundo Velloso et al. (1985), indicam quantidades de argila e silte entre 9 e 3% em peso e

água entre 7 e 8% em solos arenosos e 16 e 18% nos argilosos. Martinez (1979) define 20% de argila e 40 a 55% de areia, variando a água entre 12 e 16% do peso. Alves (1985) considera argila menor que 20% e areia superior à 45%. Já Hernandez et al. (1983) definem a porcentagem ideal de areia para os adobes próxima de 50%, silte, 30% e argila, 20%.

No solo em estudo, a predominância é da fração mais fina, com 27,74% de suas partículas, correspondentes a silte + argila, porém este apresenta partículas em todas as faixas de tamanho, próprio de material natural. Porém segundo as bibliografias, levam em consideração, areia em geral seja, fina, média ou grossa, e argila e silte como a parte mais fina do solo. Assim, o solo natural utilizado na confecção do adobe, pode ser considerado ideal.

Na Figura 36 pode ser visto a curva granulométrica do solo em estudo.

Figura 36 – Curva Granulométrica do Solo.



FONTE: Da Autora (2015)

4.1.2 Ensaio do Pote de Vidro

Além da análise granulométrica feita em laboratório por peneiramento, foi feito também pelo método do pote de vidro, que apesar de ser bastante empírico e simples, revela características interessantes do material.

Um resultado preliminar para a escolha do material através desta verificação com o pote de vidro é em torno de 35% de água para 20% de argila e 45% de areia, em relação ao volume total do pote. A Figura 11 indica que as proporções

encontradas com o solo colhido foram de 30% de água para 10% de argila e 60% de areia e outros materiais.

Os valores são próximos àqueles apresentados como sendo usuais, no entanto, por ser um ensaio bastante subjetivo, o solo foi escolhido a partir da sua caracterização granulométrica e através dos seus índices de consistência. Para locais onde não é possível a análise através de meios laboratoriais, este ensaio do pote pode ser tomado como base para a utilização, ou não, do material.

4.1.3 Índices Físicos do Solo

É recomendado, por trabalhos anteriores, alguns valores usuais para os índices de consistência do solo utilizados em adobe, variando entre 30% e 50% para o limite de liquidez, mas com estudos utilizando valores mais baixos que 30%. O solo coletado na Universidade Federal de Pernambuco apresentou índices condizentes com os valores já pesquisados. Mesmo não sendo determinante para a escolha do solo por si só, o fato dos índices estarem presentes no intervalo usual dá indícios de que este solo poderá ser utilizado. A Tabela 4 apresenta tais índices.

Tabela 4 – Limites de Consistência

Índices Físicos	
Limite de Liquidez (%)	30,8
Limite de Plasticidade(%)	14,8
Índice de Plasticidade (%)	16,0

FONTE: Da Autora (2015).

O solo apresenta Limite de Liquidez de 30,8 % e Limite de Plasticidade de 14,8%.

Esses valores, considerados ideais na produção de adobe, devem-se ao percentual de finos serem maiores em relação as demais faixas granulométricas e no caráter argiloso do solo.

4.2. Peso Específico

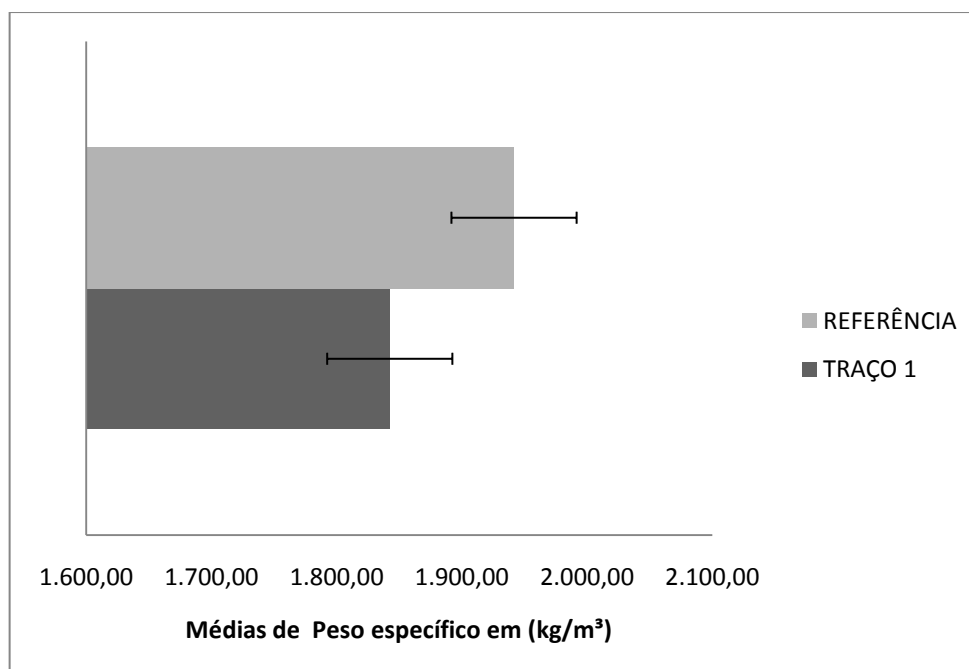
Os pesos específicos de todos os tijolos produzidos encontram-se expostos na Tabela 5.

Tabela 5- Peso específico (kg/m^3) com intervalo de confiança de 90%.

TIJOLO	TRAÇO 1	REFERÊNCIA
1	2.010,47	1.932,30
2	2.015,74	1.976,67
3	1.773,39	1.930,05
4	1.866,58	1.935,29
5	1.745,88	1.887,99
6	1.874,10	1.988,24
7	1.703,53	1.852,22
8	1.740,34	1.994,12
9	1.852,22	1.998,82
10	1.842,69	1.921,77
MÉDIAS	1.842,49	1.941,75

FONTE: Da Autora (2015).

O peso específico (kg/m^3), acrescido dos intervalos de confiança (90%) para todos os corpos-de-prova encontram-se expostos na Figura 37.

Figura 37- Peso Específico (kg/m^3) com intervalo de confiança de 90%.

FONTE: Da Autora (2015).

Conforme pode ser visto na Figura 37, verifica-se claramente a redução do peso específico do tijolo com a adição de baba de palma na água utilizada na produção do adobe. Deixando-o, em média 4,3% mais leve que o de referência.

4.3. Ensaio de Absorção de Água por Capilaridade

A medida das alturas da coluna de água nos adobes nos tempos de 10, 30 e 60 minutos para dois corpos de prova encontram-se exposto na Tabela 6. Na mesma também estão expostos os resultados de dois tijolos pra este mesmo ensaio.

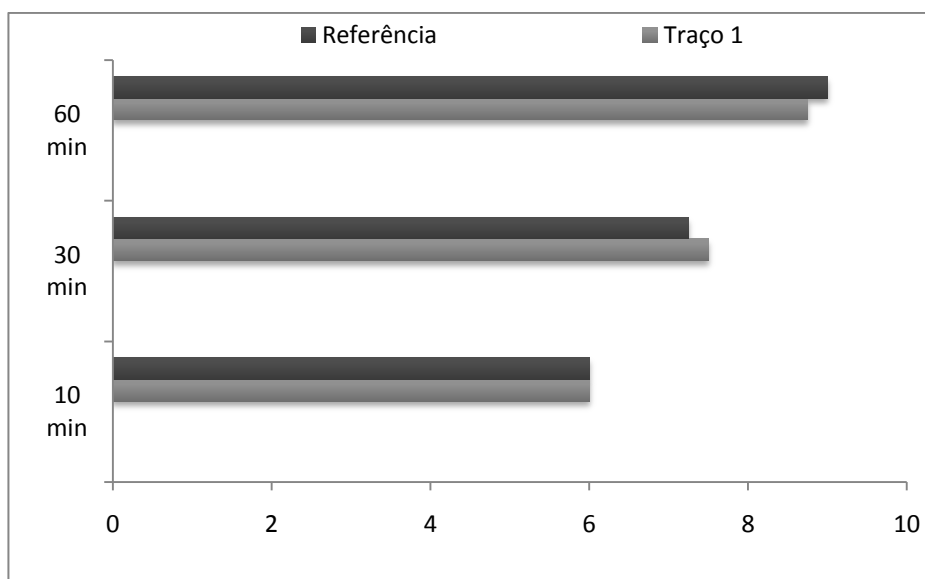
Tabela 6- Altura da coluna de água por capilaridade (cm).

Tempo (min)	Traço com água de Palma		Traço Referência	
	1	2	1	2
10	6,0	6,0	6,0	6,0
30	8,0	7,0	7,0	7,5
60	9,0	8,5	9,5	8,5

Fonte: Da Autora (2015).

A absorção de água por capilaridade com intervalo de confiança de 90%, encontra-se exposto na Figura 38.

Figura 38- Altura da coluna d'água permeada nos blocos (cm)



FONTE: Da Autora (2015)

De acordo com os resultados expressos na Figura 38, para o tempo de 10 min não houve diferenciação entre o traço 1 (traço com adição de água com baba de palma) e o referência (tijolo padrão), ambos com absorção de água de 60%.

Para o tempo de 30 min, o traço 1 apresenta 75% de água permeada, 2,5% a mais que a coluna de água absorvida pelo tijolo referência.

No tempo de 60 min, o quadro é invertido, ou seja, o referência tem uma coluna de água permeada maior que a do traço 1. O referência tem 90% de absorção, enquanto o traço 1 apresenta 87,5%.

Como pode ser visto, as diferenças entre os resultados obtidos para o traço 1 e para o referência, em cada tempo analisado, foram relativamente pequenas. Pode-se considerar que a presença da baba de palma não influenciou nesse parâmetro.

4.4. Ensaio de Permeabilidade pelo Método do Cachimbo

A permeabilidade medida pelo método do cachimbo nos tempos de 5, 10, e 15 minutos, para dois corpos de prova está exposta na Tabela 7, assim como os resultados de dois corpos de prova do tijolo de referência.

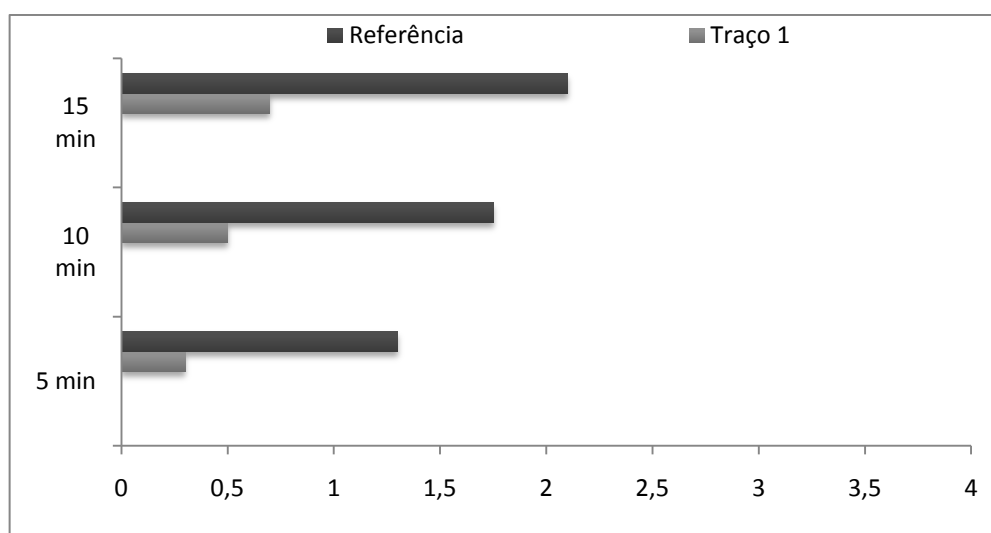
Tabela 7- Absorção de Água – Método do Cachimbo

Tempo (min)	Coluna de água (mm)	
	Traço com água de Palma	Traço Referência
5	0,30	1,30
10	0,50	1,75
15	0,70	2,10

FONTE: Da Autora (2015)

A absorção de água pelo Método do cachimbo com intervalo de confiança de 90% encontra-se exposta na Figura 39.

Figura 39- Água permeada pelo Método do Cachimbo (mm).



FONTE : Da Autora (2015).

Para o tempo de 5 min, o traço 1 (traço com adição de baba de palma na água) apresenta apenas 7,5% dos 4 ml de água permeada e o referência (tijolo padrão), 32,5% do total.

Para o tempo de 10 min o traço 1 tem 12,5% de água absorvida, enquanto que o referência apresenta 31,25% a mais de água permeada.

Para o tempo de 15 min, a quantidade de água absorvida pelo referência é 3 vezes maior que o traço 1 com apenas 17,5%, de água absorvida do total de 4 ml de água.

Deve-se salientar que o caminho que a água percorre dentro do cachimbo não é obrigatoriamente uniforme, podendo-se espalhar de diversas maneiras.

Mesmo assim, conforme o esperado, o ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo demonstrou em seus resultados que o acréscimo de baba de palma na água utilizada na confecção do adobe atuou provavelmente com a presença de grupos poliméricos, de maneira a minimizar a absorção de água.

A presença dos grupos poliméricos não só ajuda a impermeabilizar o sistema, mas também age como efeito labirinto, dificultando a penetração e percolação de água no sistema. A presença do polímero pode também ter gerado a presença de capilares, reduzindo o comprimento capilar, o que explica, em parte, a redução na absorção por capilaridade do sistema. É bem verdade que o adobe e sua microestrutura não apresenta-se rígida como uma pasta de cimento, por exemplo, sendo os fenômenos descritos para essa matriz, não bem adaptáveis aos estudos de adobe.

4.5 Absorção Total

O resultado obtido a partir do ensaio realizado de absorção total pode ser analisado comparando-se o tijolo de referência com os tijolos produzidos com a adição da baba da palma à água de amassamento, pode ser vista na Figura 40.

Figura 40- Comparação entre tijolo referência X tijolo com adição de baba.



FONTE: Da Autora (2013).

Já se sabia que o adobe iria se desfazer quando em imersão em água. O objetivo do ensaio era justamente verificar o quão a baba da palma era capaz de reduzir ou não essa sensibilidade à água.

Como pode ser observado na Figura 40, não foi possível verificar quaisquer interferência devido à deterioração da matriz (solo). Se comparado com a sua utilização na incorporação em outros materiais como o concreto, por exemplo, isso não iria ocorrer, pois a matriz (o concreto) tem uma resistência maior à absorção de água que o solo.

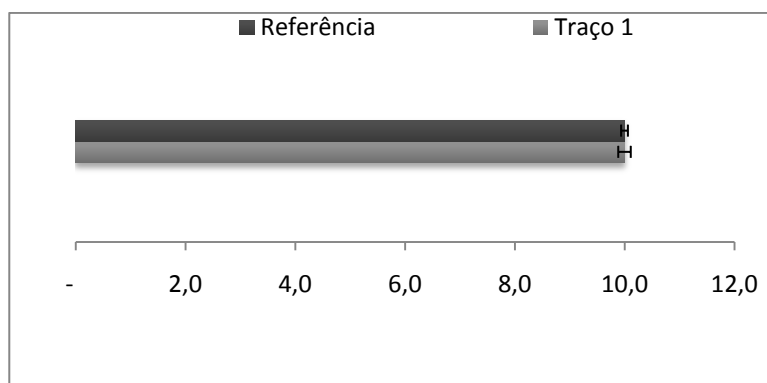
4.6 Retração

Na sequência encontram-se expostas as Figuras 41, 43 e 45 que expressam as possíveis retrações nos sistemas, em termos de altura, largura e comprimento dos blocos de adobe. Vale salientar que cada lado foi medido três vezes em lados distintos após estarem totalmente secos, em seguida, foram utilizados as médias das medidas para obtenção dos resultados.

4.6.1. Retração da Altura

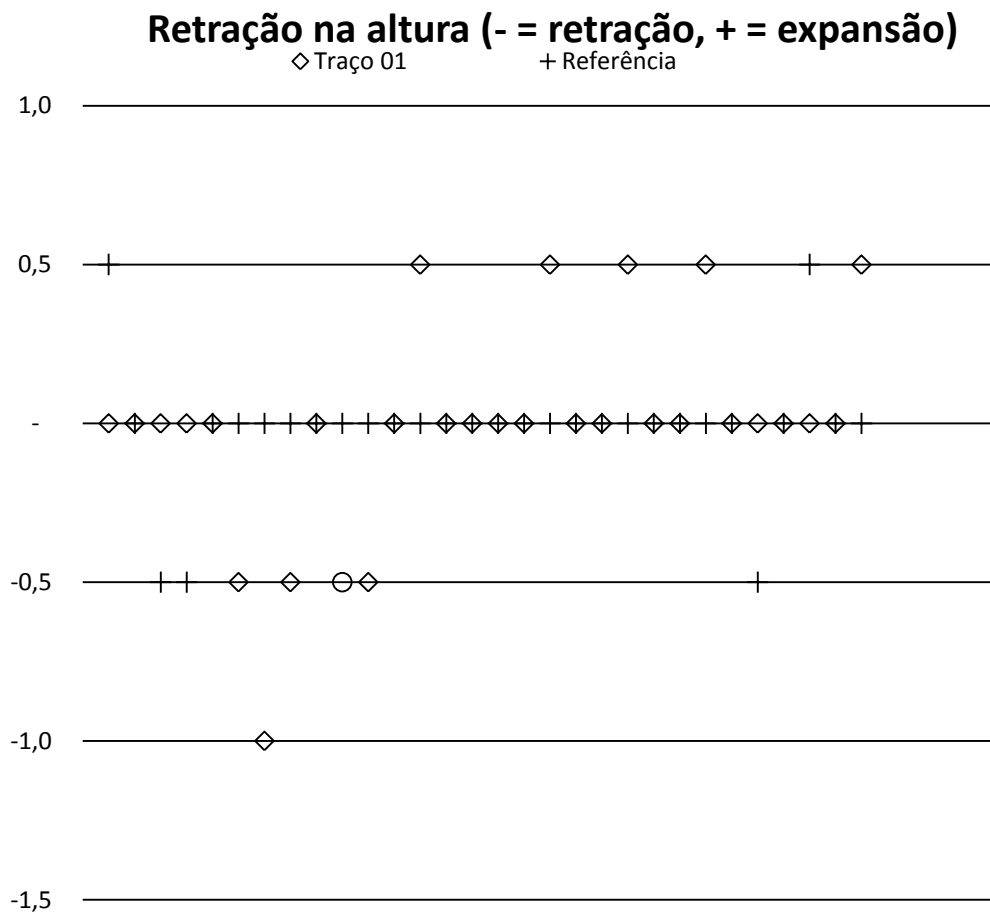
As médias das alturas do bloco de adobe com água proveniente da baba da palma (traço 1) e do bloco referência (tijolo padrão), em centímetros, com intervalo de confiança de 90%, encontra-se exposta na Figura 41 e a retração na largura em relação à medida inicial de 10 cm na Figura 42.

Figura 41- Altura dos Blocos (cm)



FONTE: Da Autora (2015)

Figura 42- Retração da Altura dos Blocos (cm)



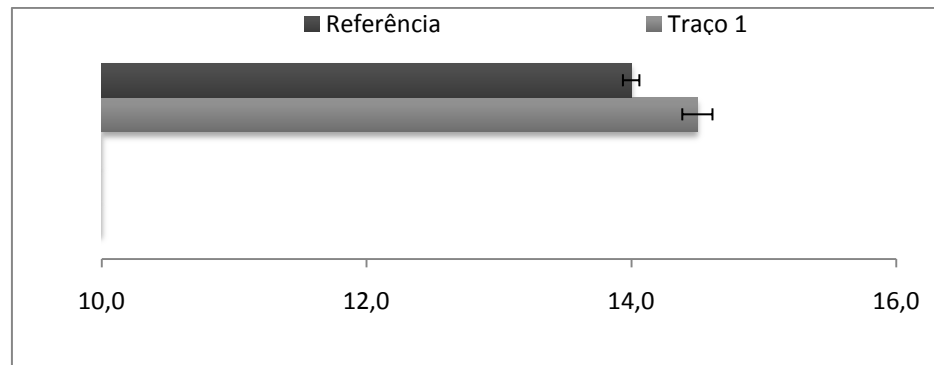
FONTE: Da Autora (2015).

A partir dos resultados obtidos, observa-se que a grande maioria dos corpos não sofreu alterações na altura (levando em consideração que a fôrma utilizada para a produção dos tijolos tinha 10 cm de altura). Isso se deve, principalmente, a boa trabalhabilidade que a mistura apresentou durante a moldagem e desmoldagem dos tijolos.

4.6.2 Retração da Largura

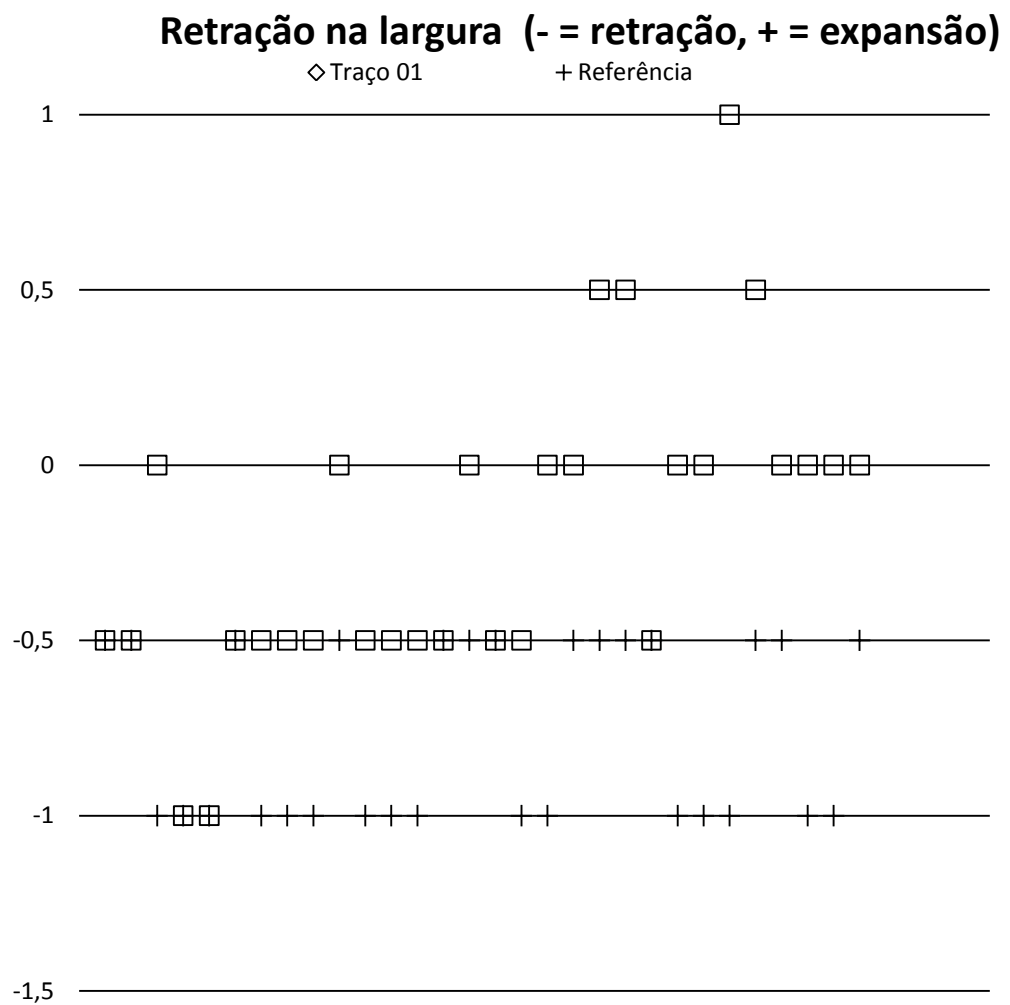
A largura da fôrma utilizada na produção do adobe é de 15 cm, abaixo serão os resultados para as possíveis retrações da largura, com intervalo de confiança de 90%.

Figura 43- Largura dos Blocos (cm).



FONTE: Da Autora (2015).

Figura 44- Retração da Largura dos Blocos (cm)



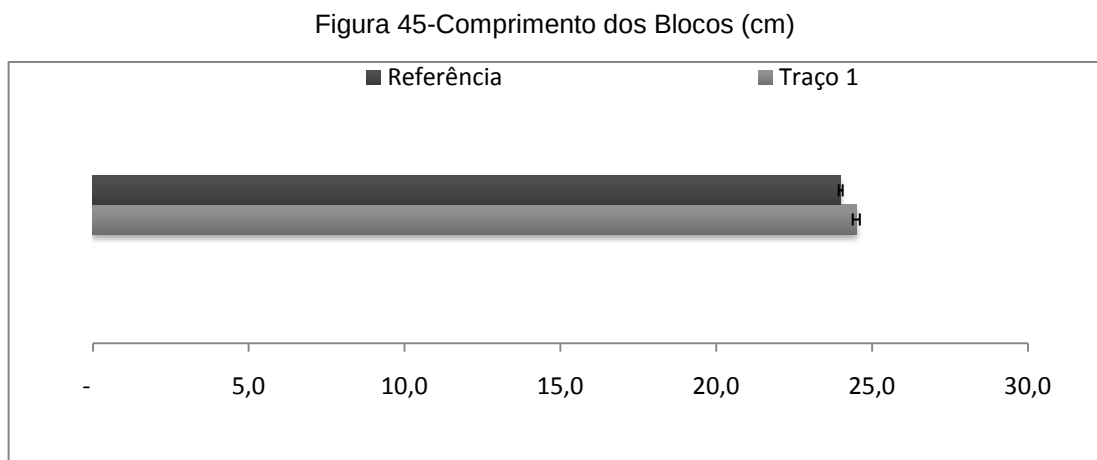
FONTE: Da Autora (2015)

Na Figura 43 pode-se observar que os blocos referência retraíram em média 1 cm, já os blocos do traço 1 (traço com adição de água com baba de palma), retraíram em média apenas 0,5 cm, em relação a largura inicial de 15 cm.

Podem ser vistas na Figura 44 as retrações detalhadamente tanto dos blocos referência e dos bloco do traço 1. Em geral, a partir dos resultados obtidos, observa-se que a maioria dos corpos tiveram a tendência a sofrer retração na largura, em média de 0,5 cm a 1,0 cm. Podendo ter ocorrido, principalmente, no processo de mistura e secagem dos tijolos.

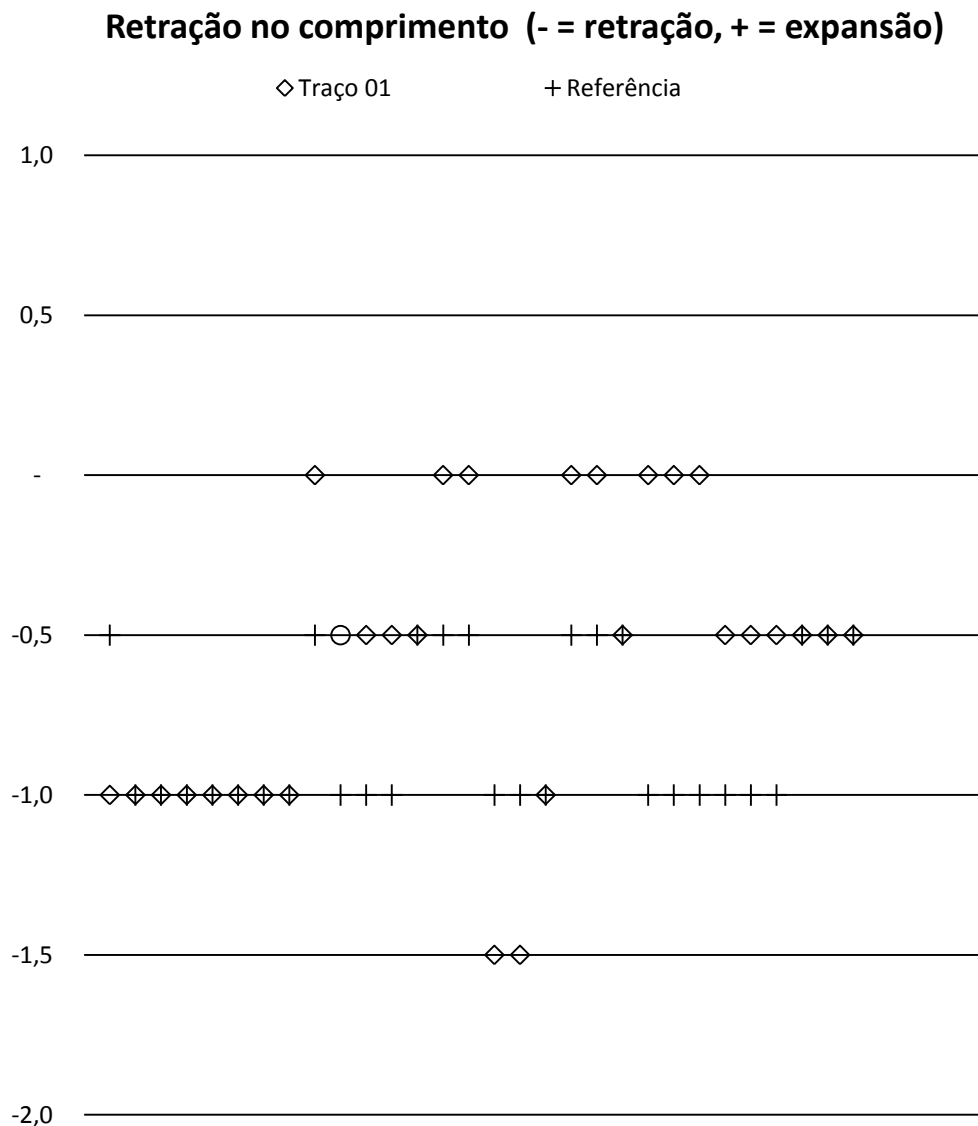
4.6.3. Retração do Comprimento

A Figura 45, expressa o resultado para a retração do comprimento, com intervalo de confiança de 90%, sendo o comprimento inicial de 25 cm.



FONTE: Da Autora (2015).

Figura 46- Retração do Comprimento dos Blocos (cm)



◇ Traço 01

+ Referência

1,0

0,5

—

-0,5

-1,0

-1,5

-2,0

FONTE: Da Autora (2015).

Podemos notar, na Figura 45, que os blocos referência retraíram 0,5 cm a mais que os blocos do traço 1, os quais tiveram uma média de comprimento de 24,5 cm.

Na Figura 46, pode-se analisar essas retrações de forma mais explícita.

De modo semelhante aos resultados obtidos na retração da largura dos tijolos, observa-se que a maioria dos corpos teve a tendência a sofrer retração, em média de 0,5 cm a 1,0 cm. Podendo também ter ocorrido, principalmente, no processo de mistura e secagem dos tijolos.

Deve-se salientar que grandes retrações contribuem para o aparecimento de trincas, diminuindo a resistência e o aproveitamento da produção. O que não

ocorreu no presente trabalho, pois no geral as retrações que ocorreram foram pequenas.

Em geral, as retrações das grandezas dos blocos do traço 1 foram menores que as do bloco de referência, visto que, com a adição de água com baba de palma ao traço 1 tornou a mistura do mesmo com uma maior trabalhabilidade tanto na moldagem quanto na desmoldagem, favorecendo assim na secagem.

4.7 Resistências à Compressão

Do ensaio de resistência a compressão simples observou-se que os blocos de adobe rompidos praticamente não perderam sua forma.

Para determinação da média de resistência à compressão simples tomou-se a média simples dos valores de resistência de seis amostras. Os resultados podem ser vistos na Tabela 8.

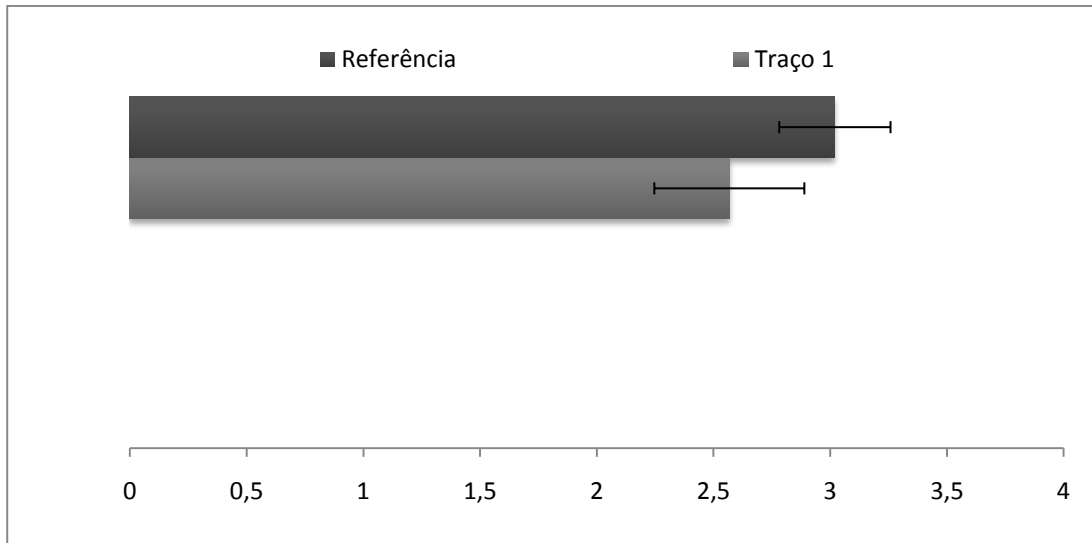
Tabela 8-Resultado das resistências à compressão (MPa)

σ (MPa)		
TIJOLO	REFERÊNCIA	TRAÇO 1
1	2,39	2,38
2	2,79	3,11
3	3,18	2,95
4	3,10	2,83
5	2,99	1,71
6	3,05	2,43
Média	3,02	2,57

FONTE: Da Autora (2015).

A resistência à compressão (MPa) acrescida dos intervalos de confiança (90%) para seis corpos-prova rompidos encontra-se exposta na Figura 47.

Figura 47- Resistência à compressão com intervalo de confiança de 90%.



FONTE: Da Autora (2015).

Segundo Veiga et al. (2008), para análise dos resultados do ensaio de resistência à compressão dos blocos de tijolos adobe, tem-se como aceitável o valor de referência de 2,0 MPa, para a média da resistência dos blocos do traço 1 e do de referência. Segundo ele ainda, nenhum resultado individual deve estar abaixo de 1,7 MPa.

Verificou-se que a composição determinada para os adobes de ambos os traços, apresentaram a média acima de 2,0 MPa, além disso, todos os resultados individuais se apresentaram acima do mínimo.

No geral a resistência à compressão dos tijolos referência foram maiores que a resistência à compressão do traço 1, porém, isso não significa desvantagem já que todos apresentam valores de resistência acima da média.

5 CONCLUSÕES

Através do trabalho pode-se concluir que houve convergências entre os modos de identificação de características quanto à composição granulométrica e propriedades de plasticidade dos materiais de solo selecionados para confecção de adobes realizados por testes expeditos e por análises procedidas em laboratório.

Tendo havido estas convergências na caracterização do solo, considera-se que o conhecimento popular pode proporcionar decisões empíricas, de caráter qualitativo eficientes, que atestam o reconhecimento e a valorização da combinação dos saberes populares com os conhecimentos técnicos, aplicados, neste caso, a um objetivo comum, a seleção de um ótimo solo para a produção de adobes.

A adição da baba da palma à água de amassamento para produção do adobe proporcionou uma redução de 0,5 baldes na quantidade total de água do traço em relação ao traço de referência produzido com água bruta, sem presença de palma.

Em seu estado fresco, com incorporação de água com baba de palma, a mistura apresentou características visuais e táteis bastantes satisfatórias permitindo uma boa trabalhabilidade na produção dos adobes. Além disso, facilitou na moldagem (preenchendo todos os vazios) e desmoldagem dos mesmos.

A baba de palma foi benéfica quanto ao peso específico dos blocos. Nesse parâmetro foi observado a redução do peso específico do adobe, o que é de grande relevância em uma construção, visto que ocorre a redução das cargas na estrutura da edificação.

A baixa retração observada nas amostras pode ser atribuída ao incremento na trabalhabilidade, que a água com adição de baba da palma proporcionou a mistura.

Observou-se que água da baba de palma na produção de adobe proporcionou impermeabilizações significativas na absorção de água por capilaridade

Para resistência à compressão (MPa) acrescida dos intervalos de confiança (90%) para seis corpos-prova rompidos, verificou-se que a composição determinada para os tijolos de adobe, apresentou a média acima de 2,0 MPa, além disso, todos os resultados individuais se apresentaram acima do mínimo.

Considerando que determinada composição de adobe estudada atendeu às determinações sistematizadas para resistência à compressão, conclui-se que,

somados a outros benefícios conhecidos como atendimento aos princípios do ecodesenvolvimento, viabiliza-se sua utilização na construção de moradias.

Contudo é necessário uma reflexão a respeito do desenvolvimento de alternativas tecnológicas de construção que ainda enfrentam preconceito por parte da população. A utilização da terra crua como elemento construtivo, se implantada de maneira apropriada, muito poderia contribuir para a melhoria da qualidade habitacional da população, além dos benefícios ambientais envolvidos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. C. **Composição Química e digestibilidade de fenos de três gramíneas amonizadas com uréia**, Patos-PB, 2012.
- ALVES, A. T. Terra tierra earth terre. [S.l.: s. n.], [1985?]. **Trabalho acadêmico encontra do no Arquivo do Departamento de Materiais de Construção da Escola de Arquitetura da UFMG**.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6460/83- **Tijolo maciço cerâmico para alvenaria: verificação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1983.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984c.). NBR 8492 – **Tijolo maciço de solo cimento: determinação da resistência à compressão e da absorção de água – método de ensaio**. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1984d.). NBR 7180 – **Solo – determinação do limite de plasticidade – método de ensaio**. Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181/88- **Análise Granulométrica**, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459/84- **Limite de Liquidez**. Rio de Janeiro.
- BARBERA, G. **Agroecologia, cultivos e usos da Palma Forrageira**. Paraíba, 2001.
- BARBOSA, N.P., GHAVAMI, K., 2007. **Terra Crua para Edificações**. In: G.C. Isaia. (Org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007, vol 2.
- BARBOSA, N. P., **Blocos de Concreto de Terra: Uma Opção Interessante para a Sustentabilidade da Construção**, Paraíba, 2003;.
- BARDOU, P.; ARZOUMA, V. **Arquitecturas de adobe**. Barcelona, 1979.
- FABRICANTE, J. R., FEITOSA, S. S., **Palma Forrageira: Artigo Técnico em RuralSoft**. 2005.
- FARIA, O. B.; BATTISTELLE, R.A.G. **Terra crua: caracterização física e mecânica de adobe produzidos com a adição de resíduo da indústria de papel e celulose**. Canela, RS, 2001.
- FARIA, O. B; SILVA, F. M. G.; INO, A. **Sistema construtivo com paredes estruturais de adobe, em habitação de interesse social rural: um estudo de caso no assentamento rural “Fazenda Pirituba”**. Cuiabá, 2005.

GONÇALVES, J. S. **Contribuição para a normalização da alvenaria estrutural com o uso de tijolos de terra crua para construções urbanas. Dissertação (mestrado em Engenharia Urbana).** Universidade Federal de Paraíba. João Pessoa – PA. Setembro, 2005.

HERNANDEZ, R., ENRIQUE, L.; LUNA, M. L. A.. **Cartilha de Pruebas de Campo para seleccion de tierras en la fabricación de adobes.** México, 1983.

ISAIA, G. E., **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais,** IBRACON, 2007.

MARCO, Anita Regina di. **Pelos Caminhos da Terra: MASP abriga agora a terra como arquitetura, uma nova alternativa para a habitação popular,** Projeto Editores Associados, ed. 65, 1984.

MARTINEZ, E. A. (Coord.). **Manual para la Construcion das viviendas con adobe.** [S. l.: s. n.], 1979.

MCHENRY, P.G., 1984. **Adobe and Rammed Earth Buildings: Design and Construction.** Wiley, New York, ISBN-13: 9780816511242.

NEVES, C. **Inovações tecnológicas em construção com terra na ibero - américa.** In: **Workshop Arquitetura de Terra. Anais...** FAUUSP. Brasil, 1995. p. 49-60

NEVES, C. **Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra - práticas de campo.** Proterra. Brasil, 2005.

NOLASCO, A. M., **ADOBE: Como produzir o tijolo sem queima reforçado com fibra de bananeira.** Piracicaba, SP, 1998. (pag 11).

PROMPT, C. **Curso de Bioconstrução.** Brasília: MMA, 2008.

RODRIGUES, A. I., RODRIGUES, B. G., SOUZA, M. F. N., OLIVEIRA, D. F. **Caracterização Física e Físico-Química de Sabonetes líquido a base de Palma Forrageira.** PB, 2012.

VEIGA, L.F.M. **Caracterização físico-química de adobe estabilizado com amido de mandioca.** Belo Horizonte, MG, 2008.

VELLOSO, C. H. V.; LARA, D. S.; FARIA NETO, J. L.; SAFFAR, J. M. E.; PEREIRA, N. T. Z. I **Relatório parcial de acompanhamento do projeto “estabilização de solos por processos físicos e físicos-químicos para a construção de paredes de alvenaria ou monolíticos em habitações unifamiliares de baixo custo.** Belo Horizonte, 1985.

