



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DANNÚBIA RIBEIRO PIRES

**Tijolos de adobe confeccionados no Agreste
Pernambucano com adição de cola branca**

Caruaru, 2013

DANNÚBIA RIBEIRO PIRES

Tijolos de adobe confeccionados no Agreste Pernambucano com adição de cola branca

Proposta de trabalho a ser apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Ana Cecília Vieira da Nóbrega

Caruaru, 2013

Catálogo na fonte
Bibliotecária Simone Xavier CRB4 - 1242

P667t Pires, Dannúbia Ribeiro.
Tijolos de adobe confeccionados no Agreste Pernambucano com adição de cola
branca. / Dannúbia Ribeiro Pires. - Caruaru: O Autor, 2013.
103f.; il.; 30 cm.

Orientadora: Ana Cecília Vieira da Nóbrega
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de
Pernambuco, CAA. Engenharia Civil, 2013.
Inclui referências bibliográficas

1. Tijolos. 2. Blocos – Construção Civil. 3. Engenharia Civil. I. Nóbrega, Ana
Cecília Vieira da. (Orientadora). II. Título.

620 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2013-81)

DANNÚBIA RIBEIRO PIRES

TIJOLOS DE ADOBE CONFECCIONADOS NO AGRESTE
PERNAMBUCANO COM ADIÇÃO DE COLA BRANCA

Proposta de trabalho a ser apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2.

Área de concentração: Construção Civil

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera a candidata DANNÚBIA RIBEIRO PIRES aprovada com NOTA 10,0.

Caruaru, 03 de outubro de 2013.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a Ana Cecília Vieira da Nóbrega

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientadora)

Prof. Dr. Humberto Correia Lima Júnior

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador 1)

Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador 2)

Prof. Dr. Elder Alpes de Vasconcelos

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina)

*Dedico primeiramente a Deus, e em especial, aos
meus pais, minha irmã e ao meu noivo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela confiança de me conceber este desafio e por acreditar que eu seria capaz de realizá-lo. Por estar sempre ao meu lado nos momentos mais difíceis, e por não me permitir desistir. Por ter me acompanhado em todas as etapas da minha vida, sempre me fortalecendo e me guiando pelos caminhos que Ele traçou pra mim. Agradeço também, pelas pessoas especiais que Ele colocou na vida.

Aos meus pais, Ana Maria Ribeiro Pires e Josival Pires da Silva, e a minha irmã, Danielle Ribeiro Pires, que sempre acreditaram nas minhas escolhas, estando sempre do meu lado e me apoiando em todos os momentos de dificuldade, e sempre comemorando nos momentos de felicidade. E por toda a paciência e compreensão que sempre tiveram comigo. A minha gatinha (*in memoriam*), Channa, por me confortar com todo o seu carinho quando eu me sentia triste em alguns momentos. Agradeço também a toda a minha família pelo apoio, e em especial a minha madrinha, Ivanete Ribeiro da Silva, e a minha vizinha, Severina Ribeiro da Silva, que sempre acreditam e torceram por mim. A minha tia querida (*in memoriam*), Maria Zélia Ribeiro Félix da Silva, que sempre se orgulhou de mim, mas que infelizmente não está mais presente entre nós para compartilhar esta conquista comigo.

Ao meu noivo, Djalma Ferreira do Nascimento Neto, por toda a paciência que teve comigo em todo esse tempo, pela compreensão de sempre, por me apoiar, torcer por mim, acreditar em mim, por sempre saber exatamente o que falar quando eu mais preciso. E por todo o amor e alegria que ele trouxe pra minha vida.

A todos os amigos que eu ganhei ao longo do curso, pelos momentos de sofrimento juntos, mas sempre com muita alegria e descontração, pois isso era o que nos fortalecia em cada momento de dificuldade. Por terem me acompanhado nessa caminhada e por tudo que me ensinaram.

A todos os professores, pelos ensinamentos e conhecimentos passados em sala de aula. Não só experiências profissionais, como também pessoais, ajudando-nos a compreender melhor a vida e todas as dificuldades que nós estaremos sujeitos ao sair da universidade. Por sempre estarem dispostos a nos ajudar, e por toda a dedicação com os alunos. Por contribuir para a minha formação pessoal e profissional, muito obrigada a todos.

A toda a equipe do LCC (Prof. Ana Cecília, Fabíola e ao pessoal da limpeza), a todos os meus amigos (Maria Victória, Carlos Henrique, Tamara e Ivaldo), aos colegas de curso (Cláudia, Tiago e Flávio), aos colaboradores da construção civil (José Ivanildo, o “Furacão” e

José Fernando, o “Zequinha”) e ao engenheiro da obra do CAA Adailton, que contribuíram para a realização desta pesquisa, ajudando na fabricação dos tijolos de adobe.

A minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Ana Cecília Vieira da Nóbrega, por toda a paciência e dedicação, e por todos os ensinamentos e experiências compartilhadas. Por todo o apoio, confiança e amizade, muito obrigada.

RESUMO

TIJOLOS DE ADOBE CONFECCIONADOS NO AGRESTE PERNAMBUCANO COM ADIÇÃO DE COLA BRANCA

O Brasil conta com notável patrimônio arquitetônico em adobe. Com os tijolos crus, até meados do século passado, muitas construções eram ainda feitas, sobretudo na Região Nordeste do país. No entanto, a intensa propaganda dos materiais industrializados fez com que esse excelente material de construção para as zonas áridas do interior do Nordeste Brasileiro fosse sendo abandonado e hoje é até difícil encontrar pessoas que saibam manusear a terra e fabricar adobes. Contudo, tendo em vista as vantagens dos blocos de terra crua quando se fala em sustentabilidade da construção, há o interesse em se revitalizar a técnica construtiva com esse tipo de tijolo. Essa revitalização passa pela necessidade de normalização. Este trabalho propõe a utilização da cola branca incorporada à terra crua como material alternativo na construção de tijolos de adobe. O objetivo é efetuar uma estabilização por impermeabilização nos tijolos de adobe com a utilização da cola branca, que nada mais é do que uma dispersão aquosa de polímeros. Foram moldados quatro traços da mistura com diferentes quantidades de cola adicionada (1 kg, 2kg, 3kg e 4kg), e mais um traço de referência sem adição de cola. Os tijolos, dos diferentes traços, foram analisados através dos ensaios de caracterização física e mecânica (massa específica aparente, retração linear do barro, absorção de água por capilaridade, absorção de água por imersão, absorção de água pelo método do cachimbo e resistência à compressão). Houve uma dificuldade metodológica em conseguir moldar o corpo de prova com uma maior quantidade de cola, devido a secagem rápida da mistura. De um modo geral, o traço com adição de 1kg de cola foi o que apresentou melhor comportamento em todos os ensaios realizados, confirmando que a quantidade de cola utilizada nos demais traços foi excessiva.

Palavras-chave: Blocos de terra crua. Cola branca. Tijolos de adobe. Dispersão aquosa de polímeros.

ABSTRACT

BRICKS IN ADOBE MADE IN AGRESTE PERNAMBUCANO REGION WITH ADDITION OF COLA WHITE

Brazil has remarkable architectural heritage constructed in adobe. Until the middle of last century, many buildings were still made in raw adobe bricks, especially in the Northeast part of the country. However, this excellent building material for the arid interior of Northeast Brazil were being abandoned along the time due to the intense propaganda of industrial materials. Nowadays, it seems hard to find people who know how to handle the land and making adobes. However, there is interesting to revitalize the construction techniques with this type of brick related to sustainable buildings concept. This revitalization is needed as the first step for standardizations. This work proposes the use of white glue incorporated into the raw land as an alternative material in the construction of adobe bricks. The goal is to perform stabilization of the waterproofing adobe bricks using white glue, which is nothing more than an aqueous dispersion of polymers. Four mixtures were molded mixture with added different amounts of glue (1 kg, 2 kg, 3 kg and 4kg) and one reference mark without the addition of glue. The bricks of the different traits were analyzed using the tests of physical and mechanical (specific gravity, linear shrinkage of clay, water uptake by capillary absorption of water by immersion, water absorption by the method of pipe and compressive strength). There were methodological difficulties in casting the samples with larger quantities of adhesive, due to the fast drying of the mixture. Generally, the mixture with addition of 1 kg of glue showed the best performance in all the tests performed, confirming that the quantity of glue used was excessive in other mixtures.

Key words: Blocks of raw land. White glue. Adobe bricks. Aqueous dispersion of polymers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cidade de Bam, construída em terra crua.	16
Figura 2 – Fabricação de tijolos de adobe no antigo Egito, tradição, e no Estado do Novo México, EUA, modernidade.	20
Figura 3 – Fabricação e construção de adobe.	21
Figura 4 – Formas para a fabricação de adobes.	24
Figura 5 – Moldagem dos blocos de adobes.	24
Figura 6 – Mapa geológico simplificado da Meso - Região do Agreste com indicação do local a amostragem.	37
Figura 7 – (a) Despejo do solo transportado pela retroescavadeira; (b) Solo acondicionado pelos baldes grandes.	38
Figura 8 – Resultado do ensaio do pote de vidro.	41
Figura 9 – Forma para 2 tijolos com a indicação das dimensões.	42
Figura 10 – Balde utilizado para medir as proporções do traço.	43
Figura 11 – (a) Cola branca colocada no balde; (b) Aspecto da cola branca com adição de água para dissolvê-la.	44
Figura 12 – Processo de preparação da mistura: (a) Homogeneização dos 5 baldes de terra; (b) Preparação da terra; (c) Adição da cola branca dissolvida em água; (d) Adição do feno; (e) Homogeneização da mistura; (f) Amassamento do barro com os pés.	45
Figura 13 – Processo de moldagem dos tijolos: (a) Formas fixadas nas superfícies planas de madeira; (b) Colocação da mistura nas formas; (c) Alisamento da superfície do tijolo; (d) Preparação para desmoldagem; (e) Desmoldagem dos tijolos; (f) Aspecto final do tijolo logo após desmoldagem.	47
Figura 14 – Secagem e armazenamento dos tijolos.	48
Figura 15 – (a) Deformações apresentadas nos tijolos; (b) Destaque das trincas e fissuras que apareceram nos tijolos.	50
Figura 16 – (a) Medição das dimensões dos tijolos; (b) Pesagem dos tijolos.	51
Figura 17 – (a) Marcação do tijolo com a liga; (b) Tijolos colocados no recipiente com água.	52
Figura 18 – Imersão total dos tijolos.	53

Figura 19 – Ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo.	54
Figura 20 – (a) Assentamento da superfície inferior dos tijolos; (b) Assentamento da superfície superior dos tijolos.	55
Figura 21 – Quebra do capeamento da superfície inferior do tijolo.....	56
Figura 22 – (a) Tijolos prontos para medição; (b) Medição das dimensões.....	57
Figura 23 – (a) Instalação do tijolo na prensa; (b) Aplicação do carregamento; (c) Prensa mecânica; (d) Escalas de leitura da carga de ruptura.	58
Figura 24 – Cola Branca Koala utilizada como adição.	59
Figura 25 – Gráfico da massa específica (kg/m^3) com intervalo de confiança de 90%.	61
Figura 26 – Gráfico da altura dos tijolos com intervalo de confiança de 90%.....	62
Figura 27 – Gráfico da largura dos tijolos com intervalo de confiança de 90%.	63
Figura 28 – Gráfico do comprimento dos tijolos com intervalo de confiança de 90%.	64
Figura 29 – Gráfico da retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos na altura (cm).	65
Figura 30 – Gráfico da retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos na largura (cm).	66
Figura 31 – Gráfico da retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos no comprimento (cm).	66
Figura 32 – Gráfico da coluna de água por capilaridade por manchamento com intervalo de confiança de 90%.....	68
Figura 33 – Percolação total da água por capilaridade no tijolo do traço T.CB.03 (primeiro da direita para esquerda).	69
Figura 34 – Aspecto visual dos tijolos após o ensaio de absorção de água total por imersão.	70
Figura 35 – Gráfico da resistência à compressão (MPa) com intervalo de confiança de 90%.....	73
Figura 36 – (a) Aspecto do tijolo ao atingir a carga de ruptura máxima; (b) Aspecto do tijolo após atingir a carga máxima de ruptura.	74
Figura 37 – (a) Vista superior do tijolo após execução do ensaio; (b) Vista lateral do tijolo após execução do ensaio.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quantidade de tijolos utilizada em cada ensaio.	49
Tabela 2 – Massa específica aparente dos tijolos de todos os traços.	60
Tabela 3 – Valores utilizados para análise das alturas dos tijolos.	62
Tabela 4 – Valores utilizados para análise das larguras dos tijolos.	63
Tabela 5 – Valores utilizados para análise dos comprimentos dos tijolos.	63
Tabela 6 – Valores médios da coluna de água do ensaio de absorção por capilaridade.	67
Tabela 7 – Leituras realizadas no cachimbo com o tempo.	71
Tabela 8 – Tempo decorrido até atingir a marca de 0 mL no cachimbo.	71
Tabela 9 – Valores da resistência à compressão de todos os corpos de prova.	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Histórico e Contextualização do Problema	14
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1 <i>Objetivo geral.....</i>	15
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i>	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Construções com Terra	16
2.2 Tipos de Construção com Terra.....	17
2.2.1 <i>Tijolos de adobe</i>	17
2.2.2 <i>Pise, taipa de pilão, terra apiloada ou paredes monolíticas</i>	18
2.2.3 <i>Taipa de mão ou pau-a-pique.....</i>	18
2.2.4 <i>Bolas.....</i>	18
2.2.5 <i>Leivas.....</i>	19
2.2.6 <i>Tijolos prensados.....</i>	19
2.2.7 <i>Solo-cimento</i>	19
2.2.8 <i>Superadobe.....</i>	19
2.3 Tijolos de Adobe	20
2.3.1 <i>Materiais constituintes</i>	21
2.3.2 <i>Propriedades</i>	22
2.3.3 <i>Dimensões.....</i>	23
2.3.4 <i>Curiosidades e outras informações</i>	24
2.4 Normalização	25
2.5 Adições em Construções com Terra.....	26
2.5.1 <i>Adições em tijolos de adobe</i>	27
2.6 Polímeros em Dispersão Aquosa	29
2.6.1 <i>Polipropileno.....</i>	30
2.6.2 <i>Poliuretana líquida.....</i>	30
2.6.3 <i>Cola branca.....</i>	31

2.7 Adição de Polímeros em Dispersão Aquosa em Materiais de Construção.....	32
2.7.1 Adição de polímeros em argamassa.....	32
2.7.2 Adição de polímeros em concreto.....	33
2.7.3 Adição de polímeros em tijolos de adobe.....	34
3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	36
3.1 Coleta e Caracterização do Solo.....	36
3.1.1 Seleção do local para coleta de amostras do solo.....	36
3.1.2 Extração do solo utilizado na produção dos tijolos.....	38
3.1.3 Ensaio de caracterização do solo utilizado.....	38
3.2 Produção dos Tijolos de Adobe.....	41
3.2.1 Projeto e produção das formas.....	41
3.2.2 Planejamento e preparo do “canteiro”.....	42
3.2.3 Definição dos traços.....	42
3.2.4 Homogeneização do solo e preparo da cola branca.....	44
3.2.5 Amassamento e descanso do barro.....	44
3.2.6 Determinação do teor de umidade do barro.....	46
3.2.7 Moldagem e identificação dos tijolos.....	46
3.2.8 Secagem e armazenamento dos tijolos.....	47
3.3 Caracterização Física e Mecânica dos Tijolos de Adobe.....	48
3.3.1 Caracterização visual dos tijolos.....	49
3.3.2 Determinação da massa específica aparente dos tijolos.....	50
3.3.3 Determinação da retração linear do barro.....	51
3.3.4 Determinação da absorção de água por capilaridade.....	52
3.3.5 Determinação da absorção de água por imersão.....	53
3.3.6 Determinação da absorção de água pelo método do cachimbo.....	54
3.3.7 Preparação dos corpos de prova para o ensaio de determinação da resistência à compressão.....	55
3.3.8 Ensaio de determinação da resistência à compressão.....	56
3.4 Caracterização da Cola Branca.....	58
4 RESULTADOS E DISCURSÕES.....	60

4.1 Resultados dos Ensaios de Caracterização Física e Mecânica dos Tijolos de Adobe.	60
<i>4.1.1 Massa específica aparente dos tijolos</i>	60
<i>4.1.2 Retração linear do barro</i>	61
<i>4.1.3 Absorção de água por capilaridade</i>	67
<i>4.1.4 Absorção de água por imersão</i>	69
<i>4.1.5 Absorção de água pelo método do cachimbo</i>	71
<i>4.1.6 Resistência à compressão</i>	72
5 CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

No contexto da aplicação de terra crua para edificações surge o adobe dentre as tecnologias de construção com terra. Os adobes são blocos ou tijolos feitos com a terra no estado plástico, comumente secos ao sol (ISAIA et al., 2007). No Brasil o adobe foi bastante utilizado antes do surgimento das Olarias. No entanto, 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, dado seu baixo custo.

Destaca-se que a terra, material milenar, apresenta vantagens construtivas, dentre elas: disponibilidade, propriedades térmicas superiores, absorção e liberação de umidade mantendo ambiente saudável, geração mínima de poluição e baixo consumo energético em seu manuseio, fácil re-incorporação na natureza, facilidade de gerar tecnologias apropriadas (ISAIA et al., 2007).

É notoriamente sabido no meio técnico-científico da dificuldade de estabilização do adobe frente à umidade e ciclos de molhagem-secagem em termos de durabilidade às intempéries. Isaia et al. (2007) ressaltam que existem estudos utilizando a emulsão asfáltica com taxa de cerca de 2% a fim de aumentar a capacidade de proteção do tijolo de adobe frente à água. Acredita-se que esse fenômeno seja regido pela formação de um filme ao redor das partículas de solo de forma a funcionar como uma barreira polimérica à penetração da água.

1.1 Histórico e Contextualização do Problema

O apelo ecológico e de baixo custo tem feitos renascer a construção com terra. Acredita-se que a aplicação do adobe possa ser válida para construções em mutirão no nordeste brasileiro em situações débeis em termos de habitações. Associado ao fato da possibilidade do emprego de matérias-primas com materiais do entorno, tem-se o fato de sua confecção não necessitar de maquinário, prensas ou aparatos especiais.

Nesse cenário, como o desenvolvimento e aplicação do adobe não faz parte do agreste Pernambucano, pretende-se nesse trabalho de conclusão de curso avaliar a adição de cola branca a uma formulação especificamente desenvolvida no grupo de pesquisa para tijolos de adobe com matérias-primas locais. Levando em consideração a tentativa de uso da emulsão asfáltica para minimizar a permeabilidade e durabilidade dos blocos de adobe, infere-se que a utilização da cola branca, material mais popular e de baixo custo, quando coalescida, venha proporcionar a formação de um filme com características semelhantes.

Isaia et al. (2007) ainda alertam que a utilização da emulsão asfáltica gera uma pequena e benéfica influência na resistência à compressão. No caso da cola branca, pretende-se no presente trabalho de conclusão de curso, ainda, que o sistema responda positivamente em termos de aumento na tenacidade e resistência à flexão do material, sendo capaz de absorver mais energia antes de trincas. Além disso, a presença da cola branca durante a etapa de mistura, moldagem e secagem poderá trazer benefícios do ponto de vista de retração, trincas e fissuras.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar as propriedades dos tijolos de adobe confeccionados no Agreste Pernambucano com adição de cola branca.

1.2.2 Objetivos específicos

- Adicionar em diferentes proporções cola branca ao adobe regional.
- Formular adequadamente a quantidade de água para os blocos.
- Moldar os blocos de adobe com e sem cola branca.
- Realizar ensaios de caracterização mecânica e física (permeabilidade, porosidade, durabilidade, etc...), a fim de verificar a influência da alteração do uso da cola das variáveis no sistema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Construções com Terra

As primeiras aglomerações humanas que deram origem às cidades começaram a surgir quando o homem descobriu a agricultura e sentiu necessidade de se abrigar melhor para aguardar as colheitas. Evidentemente, os primeiros materiais de construção utilizados foram aqueles ofertados pela natureza como pedra, palha, galhos e troncos de árvores e, sem dúvida, a terra. Com esses materiais o homem foi capaz de produzir belíssimas obras de engenharia, como são testemunhos as magníficas pirâmides do Egito e tantos outros monumentos fantásticos erguidos pelas civilizações da história antiga da humanidade (BARBOSA, 2005 apud GONÇALVES, 2005).

A terra ainda hoje abriga quase um terço da humanidade e em países asiáticos, africanos e do oriente médio existem ainda cidades construídas quase que inteiramente com esse material. A cidade de Bam (Figura 1), no Iran, antes do terremoto de 2003, representando um exemplo vivo da versatilidade desse material.

Figura 1 – Cidade de Bam, construída em terra crua.



Fonte: Gonçalves (2005).

Sua tradição milenar é agora revivida quando problemas ambientais ameaçam o futuro do Planeta. Toma-se como exemplo a fabricação de tijolos e telhas cerâmicas em todo o nordeste brasileiro. As indústrias utilizam como combustível a vegetação local, de acordo com Barbosa et. al. (2002 apud GONÇALVES, 2005), levando ao agravamento do problema da desertificação da região.

O uso da terra crua, em suas diversas tecnologias, nas construções rurais e de casas nas pequenas cidades do interior nordestino já contribuiria para a redução do fenômeno.

Construção em terra crua são aquelas cujas paredes são feitas em barro socado ou sob forma de tijolos crus, sem cozimento. As técnicas de construção com terra crua foram, e ainda são utilizadas em todos os continentes (PEREIRA, 2008).

Dentre as possibilidades, as técnicas são muitas. De acordo com Pisani (2003 apud PEREIRA, 2008), a terra como matéria-prima na elevação de alvenarias, de abóbadas e de outros elementos construtivos tem sido empregada desde o período pré-histórico. Segundo pesquisadores do grupo CRA Terre citados por Dethier (1982 apud PEREIRA, 2008), os barros propícios à construção constituem cerca de 74% da crosta terrestre.

Esse material milenar, a terra, apresenta vantagens entre as quais foram citadas por Gonçalves (2005) e Pereira (2008):

- Disponibilidade;
- Não requer transportes caros;
- Propriedades térmicas superiores
- Sendo poroso, controla melhor a umidade do ambiente absorvendo e liberando umidade, mantendo o ambiente saudável;
- Geração mínima de poluição e baixo consumo energético no seu processo de fabricação (pois não necessitam de transformação de caráter industrial);
- Fácil reincorporação na natureza;
- Facilidade de gerar tecnologias apropriadas;
- Facilidade de uso desse material junto à população considerando que a tecnologia é de fácil transferência.

2.2 Tipos de Construção com Terra

Existem mais de 20 tecnologias de construção com terra e suas variantes locais segundo Gonçalves (2005). Aqui se vai tratar dos principais métodos construtivos com a utilização do solo (CUNHA, 1978 apud BOUTH, 2005).

2.2.1 Tijolos de adobe

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 (GONÇALVES, 2005).

Os tijolos de adobe constituem tijolos de terra crua. A terra - de preferência pouco argilosa e muito arenosa (PEREIRA, 2008) - é misturada com água até a obtenção do barro (massa com alta plasticidade). Após, o barro é moldado em formas metálicas ou de madeira. Logo em seguida a moldagem, retiram-se as fôrmas e os tijolos são postos a secar ao sol, ou meia sombra. O sistema construtivo é bastante simples e conhecido (alvenaria) e, quando os tijolos são bem feitos, conseguem-se paredes com boa resistência (BOUTH, 2005).

2.2.2 Pise, taipa de pilão, terra apiloada ou paredes monolíticas

O princípio básico desse método é a construção de paredes “in situ” comprimindo o solo dentro de fôrmas móveis em camadas sucessivas. Emprega-se, neste caso, solo arenoso na umidade ótima de compactação e origina-se, dependendo das condições das fôrmas, painéis de parede de acabamento refinado (BOUTH, 2005).

2.2.3 Taipa de mão ou pau-a-pique

Esse sistema consiste em preencher com barro úmido uma trama de madeira que estrutura o painel de parede. Foi introduzido no Brasil pelos portugueses e atualmente já existem propostas de racionalização do sistema com o emprego de painéis pré-fabricados (BOUTH, 2005).

2.2.4 Bolas

Sistema bastante rudimentar com exemplares na África Ocidental. Consiste em empilhar bolas achatadas de barro formando a parede (BOUTH, 2005).

2.2.5 *Leivas*

Varição do adobe. Consiste em cortar o solo superficial em blocos (denominados leivas) e empilhá-los em camadas sucessivas, sem argamassa (BOUTH, 2005).

2.2.6 *Tijolos prensados*

Para a moldagem destes tijolos prensados, é usado um dispositivo mecânico submetendo o material a pressões bastante elevadas. Utilizam-se, de preferência, solos arenosos estabilizados com cimento. Também são produzidos blocos com dimensões idênticas aos de concreto (BOUTH, 2005).

2.2.7 *Solo-cimento*

Quando ao solo se adiciona cimento portland comum o material de construção resultante é denominado solo-cimento e segundo Neves (2000 apud CABALA, 2007), esse material é uma mistura de solo, cimento e água que, quando compactada, adquire a resistência mecânica e a durabilidade necessárias para fins de construção. O solo-cimento é um material de construção bastante antigo e encontra as suas raízes em modificações de um outro material ainda mais antigo, o solo-cinza (CABALA, 2007).

Ao se adicionar cimento ao solo obtém-se um material que não sofre grandes variações volumétricas pela absorção e perda de umidade, não se deteriora completamente quando submerso em água, além de apresentar elevadas resistências à compressão e durabilidade por apresentar uma menor permeabilidade (GRANDE, 2003 apud CABALA, 2007).

Obtém-se solo-cimento pela mistura de solo, pulverizado e umedecido na umidade ótima de compactação, com 7 a 14% de cimento Portland em relação ao volume de solo compactado (VARGAS, 1977 apud CABALA, 2007).

2.2.8 *Superadobe*

Simple e eficiente, o superadobe é uma das mais populares técnicas de construção com terra, também conhecida como pães de barro, segundo Pereira (2008). Criada por Nader khalili na década de 80, o superadobe logo obteve grande sucesso devido à baixa complexidade e requisitos simples: sacos de polipropileno e terra local. O superadobe

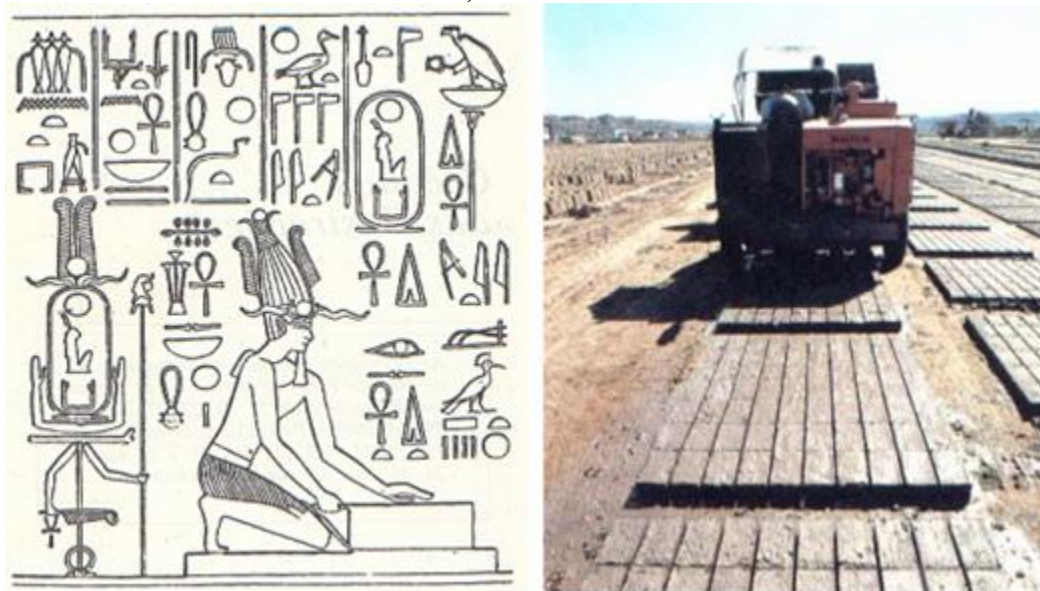
surpreendeu por evitar que grandes quantidades de material tivessem que ser levados ao espaço (GOLVEIA et. al.).

A construção é simples, bastando que a terra local, umedecida, seja colocada em sacos de polipropileno e então socada (com o auxílio de um socador) em fiadas com até 20 cm de altura. Fiada após fiada, bem compactadas, a parede vai subindo. Quando a parede de superadobe chegar à altura desejada, basta retirar o saco de polipropileno das laterais e rebocá-la (GOLVEIA et. al.).

2.3 Tijolos de Adobe

Os adobes são blocos ou tijolos de terra feita com ela no estado plástico, e comumente secos ao sol. Segundo Gonçalves (2005), os adobes são conhecidos desde os primórdios da humanidade e são ainda muito empregados na África e alguns países Latino-americanos, representando a tradição, e mesmo nos Estados Unidos onde já existe produção industrial representando a modernidade (Figura 2).

Figura 2 – Fabricação de tijolos de adobe no antigo Egito, tradição, e no Estado do Novo México, EUA, modernidade.



Fonte: Gonçalves (2005).

Contrariamente aos Incas que muito construíam com terra no Peru, os índios brasileiros não empregavam esse material nas construções. As edificações com terra no país começaram a partir da chegada dos portugueses. Muito se empregou o tijolo cru de adobe nas construções de casas, igrejas e prédios públicos, porém com o surgimento das olarias mecanizadas,

passou-se a desprezá-los. Assim as tecnologias de fabricação e construtivas com adobes (Figura 3) foram se perdendo (GONÇALVES, 2005).

Figura 3 – Fabricação e construção de adobe.



Fonte: Gonçalves (2005).

Hoje, em alguns países latino-americanos como Peru e Equador e no continente africano (GONÇALVES, 2005), os adobes continuam sendo usados principalmente por serem o material construtivo de menor custo. Já nos países desenvolvidos seu emprego vem crescendo por conta do apelo ecológico dos dias atuais.

2.3.1 *Materiais constituintes*

A terra adequada para a fabricação de adobes deve conter um mínimo de argila (GONÇALVES, 2005). Suas partículas são tão pequenas que são visíveis somente ao microscópio. Cada uma delas fica coberta com um fino filme de água, mesmo quando a argila está extremamente seca.

É essa tensão superficial da água que liga as partículas de argila e a faz plástica quando molhada e dura quando seca. Porém, se a quantidade de argila for excessiva, de acordo com Gonçalves (2005), quando a água adicionada para tornar a argila plástica e moldar o tijolo, evaporar, pode haver diminuição excessiva de dimensões do tijolo (retração), chegando mesmo a trincá-lo.

É, pois, necessária certa quantidade de areia e de silte no solo para tornar o adobe estável. Assim, a composição do solo deve se enquadrar aproximadamente dentro dos limites (GONÇALVES, 2005):

- Pedregulho: 0 a 10%

- Areia: 45% a 75%
- Silte: 10% a 45%
- Argila: 15% a 35%

Segundo Gonçalves (2005), o solo que poderia ser considerado ideal deveria conter 20 a 25% de argila, 15 a 20 % de silte, 60 % de areia e 0 % de pedregulho.

Quanto ao limite de liquidez, em Minke (2000 apud GONÇALVES, 2005), diz-se que é desejável que esteja entre 30 e 50 %. No entanto, em Houben et. al. (1989 apud GONÇALVES, 2005) trabalhou-se com solo de LL = 23,5 % com excelentes resultados.

Solos muito argilosos podem ser corrigidos com areia. Assim é comum, fazerem-se misturas volumétricas, usando-se, por exemplo, duas partes de solo, uma de areia.

A quantidade de água de mistura é importante. Os adobes são moldados com umidade relativamente elevada, em fôrmas retangulares, sem praticamente energia de prensagem. A umidade deve ser próxima do limite de liquidez. Como já foi citado, o teor de água é importante: se ela é pouca, há o risco de a terra formar torrões que se aglomeram de forma independente, não se unindo bem àquela já posta no molde. Se a água for em excesso, o bloco pode se deformar exageradamente quando da retirada da fôrma. Além disto, muita água é sinal de grande retração do tijolo durante a secagem, podendo haver mesmo o aparecimento de fissuras. E a resistência cai, por conta do aumento de porosidade provocado pela evaporação da água em excesso (GONÇALVES, 2005).

2.3.2 *Propriedades*

A propriedade mais importante da argila para a fabricação dos tijolos de adobe é a plasticidade, que permite moldar o produto à forma desejada quando preparada a pasta com determinada percentagem de umidade (BOUTH, 2005).

Souza Santos (1978 apud BOUTH, 2005) define essa propriedade como sendo a característica que o material possui de se deformar quando submetido a aplicação de uma força ou tensão, e de manter essa deformação quando a força aplicada é retirada.

É importante que a quantidade de argila não seja excessiva (como citado, entre 15% a 35%), pois quando a água adicionada para tornar a argila plástica e moldar o tijolo, evaporar, pode haver retração do tijolo, chegando mesmo a trincá-lo (GONÇALVES, 2005).

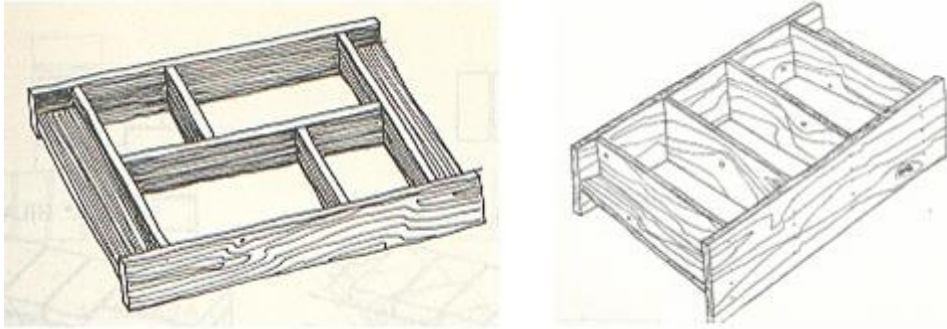
Faria (2002 apud PEREIRA, 2008) destaca, dentro de uma perspectiva de sustentabilidade, algumas propriedades do adobe, a saber:

- Trabalhável e fácil de construir;
- Ausência de toxidade;
- Permeável à radiação cósmica;
- Regulador térmico: Para tijolos de terra crua extrudados (densidade aproximada de 2g/cm^3). Condutividade térmica de $1,05\text{ W/m}^\circ\text{C}$, inferior à dos tijolos cozidos (1 a 1,35). Inércia térmica de 2.000 KJ/m^3 , superior à dos tijolos cozidos (1.360 a 2.100);
- Regulador higroscópico: Pode absorver até 3% do seu peso em vapor d'água (elevação de seu teor de umidade de 4% a 7%), o que permite ter uma inércia hídrica não desprezível, em se tratando de conforto. Evita o excesso de umidade que pode provocar reumatismos. Evita a falta de umidade que pode provocar problemas oculares, inflamatórios e respiratórios;
- Permeável ao vapor d'água das paredes externas: Climatização de verão, perspiração das paredes, e boa difusão do vapor d'água;
- Isolação fônica e correção acústica: Índice de correção acústica (à 500 Hz) de 50 dB para uma parede de 20 cm em tijolos de terra crua extrudada;
- Absorção de odores e dissolução de gorduras: Propriedades absorventes das argilas (produtos de desengorduramento tipo K2R). Proteção contra as nocividades associadas às ondas eletromagnéticas geradas por aparelhos e circuitos elétricos;
- Ausência de eletricidade estática: Evita a aderência de poeiras sobre as paredes;
- Oferece grande riqueza policromática: Do cinza escuro ao amarelo brilhante, passando por diversas nuances de rosa e vermelho.

2.3.3 Dimensões

Diversas variações nas formas e dimensões das fôrmas podem ser encontradas. Há formas para apenas um tijolo, dois, três e mesmo cinco de uma só vez. Pode-se também fazer formas que permitam também se fazer meio bloco (Figura 4).

Figura 4 – Formas para a fabricação de adobes.



Fonte: Gonçalves (2005).

A espessura não deve ser grande, até 10 cm ou um pouco mais. Valores maiores podem conduzir a uma homogeneização deficiente na moldagem. A largura recomendada é da ordem de 20 cm na Europa, que tem clima severo, porém 15 cm já conduzem a uma boa parede no Brasil. O comprimento pode ir até 40 cm. Blocos maiores “rendem” mais quando da construção dos muros. É preferível usar o comprimento igual a duas vezes a largura. Blocos de 20 cm x 30 cm por 8 a 10 cm de espessura são práticos, segundo Gonçalves (2005).

A moldagem é inteiramente manual, como demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Moldagem dos blocos de adobes.



Fonte: Gonçalves (2005).

2.3.4 *Curiosidades e outras informações*

No Brasil, não existem ainda, normas que tratem dos adobes. Uma primeira tentativa foi feita por Barbosa, Ghavami e Gonçalves (2005 apud ISAIA, 2007). O principal parâmetro de controle da qualidade dos blocos de adobe é a resistência à compressão, sendo da ordem de 0,6 MPa a 2,0 MPa (ISAIA, 2007). No entanto, essas resistências relativamente baixas são compatíveis com construções bem projetadas.

A resistência à compressão pode ser medida cortando-se ao meio tijolo e unindo-se as duas metades pela argamassa a ser utilizada na construção. De acordo com a norma peruana E080 Norma técnica de Edificación Adobe (Reglamento Nacional de Construciones, 2000), citada por Isaia (2007), as argamassas para este tipo de tijolo se classificam em dois tipos:

- Tipo 1: consiste em argamassas a base de cimento e areia ou, preferencialmente, cimento cal e areia nas proporções volumétricas de 1:2:5 a 1:2:10, devendo a resistência a compressão ser de no mínimo 3,0 MPa. Essa argamassa é usada para adobes de resistência mais elevada (acima de 2,0 MPa).
- Tipo 2: argamassa com base na própria terra podendo-se usar ou não pequenas quantidades de estabilizantes. Recomenda-se deixar este tipo de argamassa preparada com dois dias de antecedência, coberta por lonas, panos molhados ou quaisquer outros dispositivos que impeçam a saída da umidade, para se ter uma melhor homogeneização.

Um capeamento com pasta de cimento deve ser aplicado nas duas superfícies que ficam em contato com os dispositivos da máquina de ensaio para regularizá-las. A resistência do tijolo é dada pela carga máxima, lida no equipamento, dividida pela área da seção transversal do meio bloco. O valor mínimo aceitável para a resistência característica é de 0,7 MPa (BARBOSA; GHAVAMI; GONÇALVES, 2005 apud ISAIA, 2007).

É adequado, adotar-se no Brasil o mesmo método utilizado naquela norma para medir-se a resistência à compressão das argamassas na construção com terra. Assim, a resistência à compressão das argamassas de terra pode ser feita moldando-se corpos de prova cúbicos de 10 cm de aresta, sendo o material compactado ligeiramente dentro dos moldes com uma espátula, segundo Isaia (2007).

O número mínimo de corpos de prova deve ser seis, e a secagem se faz à sombra, por um período mínimo de 15 dias. O molde deve ser concebido de maneira a se poder retirar o cubo de terra sem danificá-lo. A resistência característica da argamassa não deve ser menor que a do adobe (ISAIA, 2007).

2.4 Normalização

Para se difundir o uso dos tijolos de terra crua, a normalização passa a ser importante, pois é necessário que órgãos como a Caixa Econômica (GONÇALVES, 2005) aceitem essa tecnologia, 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.

O sucesso das construções de terra durante muitos séculos tem sido baseado na tradição. Projetos apropriados de edificação seguem regras simples estabelecidas por gerações passadas adquiridas em cima das experiências de tentativa e erros (WALKER, 2003 apud GONÇALVES, 2005).

A prosperidade das construções com terra têm contribuído na história para a ausência de regulamentos, códigos de prática e padrões nacionais. De acordo com Gonçalves (2005), com o advento dos materiais industrializados, o declínio de métodos tradicionais de construção com terra, e uma perda de habilidades do ofício durante os últimos 100-150 anos, necessário se faz estabelecer regras em códigos normativos a fim de que as modernas construções de terra apresentem os três pilares básicos para qualquer construção: segurança, comportamento adequado e a durabilidade.

A falta de normas de projeto e de construção é uma restrição que dificulta o desenvolvimento da nova construção de terra.

O artigo de Walker da Universidade de Bath, Inglaterra (WALKER, 2003 apud GONÇALVES, 2005), faz uma revisão de algumas recomendações de projetos estruturais para paredes de terra. Estas incluem diretrizes de projeto e códigos nacionais da Austrália, Alemanha, Nova Zelândia, Espanha, E.U.A. e Zimbábue.

2.5 Adições em Construções com Terra

Estabilizar uma terra consiste em modificar as propriedades do sistema terra-água-ar para obter qualidades permanentes compatíveis com uma aplicação particular. No caso de construções com terra, em certos casos, mas nem sempre, a estabilização pode ser necessária para melhorar a: resistência mecânica; desempenho à ação da água, incluindo estabilidade volumétrica; trabalhabilidade e ductilidade (ISAIA, 2007). Os estabilizantes mais comuns são: cimento, cal e fibras vegetais.

A estabilização com cimento é uma das mais simples de serem efetuadas. Em geral, ela dá maior estabilidade dimensional, resistência com relação à água e resistência mecânica. Muitas vezes, segundo Isaia (2007), menos de 6%, em massa, de cimento na terra já produz efeitos bem satisfatórios. Mas tal efeito depende também de outros fatores, como a forma de utilização da terra (no estado plástico ou compactada) e o tipo de argila presente. A incorporação do cimento na terra pode baixar ligeiramente a densidade seca máxima para uma mesma energia de compactação, em relação ao manancial no estado natural, pois há um ligeiro aumento da demanda de água.

A estabilização com a cal hidratada (hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2) é a mais complexa, pois três reações podem acontecer: carbonatação, cristalização e floculação. De uma maneira geral, maiores cuidados são necessários com a estabilização com cal que com cimento. De acordo com Isaia (2007), além do ambiente úmido necessário para a hidratação dos ligantes, no caso da cal, convém impedir a penetração do gás carbônico. A cal é mais apropriada para estabilização de solos argilosos que arenosos. Em geral, ela promove estabilidade dimensional e resistência à ação da água; porém, é pequeno seu efeito na resistência mecânica.

A estabilização com fibras vegetais tem sido muito empregada ao longo da humanidade. As fibras são bem úteis quando se usa a terra no estado plástico, como é o caso dos tijolos de adobe ou das técnicas mistas. O papel principal desempenhado pelas fibras na terra, citado por Isaia (2007), é:

- Impedir a fissuração durante a secagem, distribuindo as tensões devidas à retração da terra em toda a massa do material;
- Acelerar a secagem, drenando a água para o exterior pelos canais das fibras;
- Melhorar o comportamento do material após fissuração, dando-lhe ductilidade e capacidade de absorver energia;
- Melhorar resistência à tração e conter a propagação de fissuras.

Alguns exemplos de fibras vegetais, que são utilizadas como estabilizantes, são: fibras de coco, de piaçava e de sisal. Cumpre lembrar, no entanto, que, para dar-se estabilidade à ação da água ao conjunto terra-fibra, é necessário o uso de outro estabilizante, como, por exemplo, o cimento, a cal, ou emulsões betuminosas (ISAIA, 2007).

2.5.1 Adições em tijolos de adobe

A correção do solo é uma etapa muito comum, que procura obter uma composição com melhor coesão, reduzir a porosidade do adobe e melhorar sua resistência. Para tanto, após o conhecimento da composição, é necessário alterar a porcentagem de cada componente (areia, argila, silte e água). Solos com grande porcentagem de compostos orgânicos não são recomendáveis para a construção, pois sua decomposição pode causar falhas no material (TAGOMORI; CAVALLARO, s.d.).

Também é possível acrescentar aditivos com a finalidade de impermeabilizar o produto final. Os aditivos mais comuns são: fibras vegetais, cimento, cal e betume. Outras formas de correção, citadas por Tagomori e Cavallaro (s.d.), também são aplicadas:

- Estabilização por aditivos: onde se adiciona 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. Embora dê aos adobes resistências à ação da água, a incorporação de estabilizante como cal e cimento em taxas pequenas tem pouco efeito na resistência à compressão. A melhoria é notada a partir de 6% ou mais de estabilizante, em massa, dependendo do solo. Em alguns tipos de terra, por exemplo, a adição de 4% de cal ou de cimento pode fazer baixar a resistência à compressão em relação ao material natural.
- 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. Esse material funciona como a armadura de aço no concreto armado. Segundo Bardou & Arzouma (1979) apud Tagomori e Carvalho (s.d.), a resistência do material é reduzida, entretanto, se ganha em estabilidade e durabilidade. Não há limitações para os materiais que podem ser utilizados, dependendo apenas da disponibilidade local. Fibras vegetais, como de sisal e de coco, por exemplo, promovem mudança radical no comportamento dos adobes. Deixam de ser material frágil para ter um comportamento dúctil. Taxas em massa de até 2% funcionam bem.
- Estabilização por impermeabilização: consiste em envolver as partículas de argila uma camada impermeabilizante. O material mais conhecido utilizado para este fim é o asfalto (betume), além de outros materiais como o óleo de coco, algumas seivas oleaginosas, látex e azeite de oliva. Emulsão asfáltica, em taxas de cerca de 2%, também protege contra a ação de água, com pequena e benéfica influência na resistência à compressão.

- Estabilização por tratamento químico: os compostos químicos variam de acordo com a própria composição da argila. Portanto, nesse caso, é preciso uma análise química da mesma. A cal pode funcionar como estabilizador químico, agindo com os silicatos e aluminatos da terra. Outros elementos de baixo custo podem ser utilizados, como a soda cáustica e a urina de gado.

2.6 Polímeros em Dispersão Aquosa

A palavra polímero origina-se do grego poli (muitos) e mero (unidade de repetição). Assim, um polímero é uma macromolécula composta por muitas (dezenas de milhares) de unidades de repetição denominadas meros, ligados por ligação covalente. A matéria-prima para a produção de um polímero é o monômero, isto é, uma molécula com uma (mono) unidade de repetição (CANEVAROLO, 2002 apud HADDAD; SAMPAIO, 2006).

De acordo com a ocorrência, os polímeros se classificam em:

- Polímeros naturais são aqueles que existem na natureza, como por exemplo: celulose, algodão, lã de carneiro e seda do bicho-da-seda.
- Polímeros sintéticos são obtidos artificialmente, como por exemplo: acrílico, isopor, teflon, PVC, e outros.

Os polímeros possuem propriedades diferentes dos monômeros que os constituem. As características mais importantes, segundo Haddad e Sampaio (2006), são:

- São resistentes à oxidação, ao calor, às radiações ultra-violeta (agentes atmosféricos), a água, a ácidos e bases, a solventes e reagentes;
- Suportam ruptura e desgaste;
- Possuem alta resistência elétrica e baixa densidade (em geral entre 0,9 g/cm³ e 1,5 g/cm³);
- Possuem baixa condutividade térmica e altos coeficientes de dilatação térmica linear quando comparados a materiais não poliméricos;
- Quanto à temperatura, reagem de forma variável.

Existe no mercado uma grande quantidade de tipos de polímeros, derivados de diferentes compostos químicos. Cada polímero é mais indicado para uma ou mais aplicações dependendo de suas propriedades físicas, mecânicas, elétricas, óticas, etc.

Os tipos de polímeros sintéticos mais consumidos atualmente, de acordo com Felipetto (2003), são os polietilenos, polipropilenos, poliestirenos, poliésteres e poliuretanos; que devido a sua grande produção e utilização são chamados de polímeros commodities.

Vários outros polímeros são fabricados em menor escala por terem uma aplicação muito específica ou devido ao seu custo ainda ser alto e por isso são chamados de plásticos de engenharia (FELIPETTO, 2003).

2.6.1 Polipropileno

Polímero termoplástico é aquele que amolece e pode fluir quando aquecido. Quando resfriado ele endurece e mantém a forma que lhe é imposta. O aquecimento e o resfriamento podem ser repetidos muitas vezes (FELIPETTO, 2003). Desde a sua introdução em 1954, o polipropileno (PP) se tornou uma das mais importantes resinas termoplásticas da atualidade, continuando ainda como a resina de maior crescimento.

As principais características do polipropileno são alta dureza e resistência a tração. É utilizado para produzir objetos moldados, embalagens, utensílios, peças diversas, fibras para roupas, cordas, tapetes, material solante, bandejas, prateleiras e para-choques de automóveis, dentre outros, citadas por Felipetto (2003).

2.6.2 Poliuretana líquida

Os poliuretanos formam a classe de polímeros mais versátil devido à ampla gama de possíveis monômeros que, quando combinados de forma adequada, conferem ao produto final as propriedades desejadas. É um dos polímeros de maior uso e maior importância em praticamente todos os mercados de bens de consumo e uso industrial. Por sua versatilidade, o poliuretano apresenta-se sob diversas formas (espuma, roupas isolantes, moldado, filme, aplicado por bico, etc.) a depender da aplicação e dos requisitos de uso. Também pode ser utilizado como isolante termo-acústico (DELPECH et. al., 1996).

Nestas últimas décadas, tem havido uma crescente conscientização de boa parte da população mundial quanto à preservação ambiental e preocupação com a ecologia. Materiais recicláveis têm sido cada vez mais utilizados. As indústrias químicas vêm aperfeiçoando seus sistemas de tratamento de rejeitos. As restrições governamentais em quase todo o mundo, a respeito do uso de substâncias orgânicas voláteis tóxicas, vêm sendo de fundamental

importância para o desenvolvimento de sistemas químicos menos poluentes. Dentre esses destacam-se os sistemas aquosos.

Devido a essa preocupação com a poluição ambiental, resinas dispersas em água têm sido desenvolvidas para diversas utilizações. Dentre elas, destacam-se as dispersões aquosas de poliuretanos, também chamadas de poliuretana líquida, que vêm se tomando cada vez mais importantes, pois não são tóxicas, nem inflamáveis, nem poluentes (característica das dispersões aquosas). Apenas a água evapora durante o processo de secagem (DELPECH et. al., 1996).

Segundo Delpech et. al. (1996), uma dispersão aquosa de poliuretano é um sistema coloidal binário, no qual as partículas poliméricas estão dispersas numa fase contínua aquosa. Como muitos outros materiais poliméricos, poliuretanos convencionais não são compatíveis com água e por isso requerem tratamento especial, de modo a tomar possível a dispersão aquosa.

As dispersões aquosas de poliuretano têm sido bastante utilizadas como adesivos e para revestimentos de tecido, papel, espuma, madeira, couro, cimento, lâminas metálicas e muitos outros substratos poliméricos, citados por Delpech et. al. (1996).

2.6.3 Cola branca

Existem três tipos de cola: as colas baseadas em água (como a cola branca usada na escola e a cola que existe no verso do selo postal); as colas baseadas em solventes (como a cola usada pelos sapateiros); e as colas que reagem quimicamente em contato com o ar (como as colas do tipo superbonder). Apesar dessas diferenças, todas elas possuem algo em comum: usam a propriedade adesiva de certos polímeros (naturais ou sintéticos) para manter as coisas unidas. Estes polímeros se ligam uns aos outros e as partes que se deseja unir, colando-as (SILVA, 2011).

As colas com base em água são formuladas com polímeros, naturais (goma arábica, presente na borda de envelopes e no verso de selos) ou sintéticos (acetato de polivinila, ou poliacetato de vinila - PVA, o componente encontrado na cola escolar), dissolvidos em água. A cola branca é, portanto, uma dispersão aquosa de polímeros. De acordo com Silva (2011), elas devem ser usadas apenas na superfície de materiais porosos (como papel, tecido e madeira), pois não atuam em materiais não porosos (como vidros e plásticos). Na presença da água, os polímeros interagem pouco entre si, e a cola permanece líquida. Entretanto, quando aplicada sobre uma superfície porosa, a cola, além de permanecer entre as duas partes que

deve colar, também penetra nos poros existentes na superfície destes materiais. Com o tempo, a água evapora lentamente, e os polímeros começam a interagir entre si e com o material sobre o qual foram aplicados, unindo as duas partes que estavam em contato. Ainda segundo Silva (2011), as colas com base aquosa são laváveis e perdem sua capacidade de aderência quando expostas à água, pois os polímeros responsáveis pela aderência se dissolvem neste meio.

As colas a base de PVA também podem ser utilizado na preparação de misturas, trazendo benefícios do ponto de vista de retração, corrigindo pequenas irregularidades como trincas e fissuras, falhas e pequenas depressões.

2.7 Adição de Polímeros em Dispersão Aquosa em Materiais de Construção

2.7.1 Adição de polímeros em argamassa

Atualmente, estão sendo empregadas no mercado de construção civil, diversas tecnologias construtivas através das quais se busca proporcionar um melhor desempenho do produto final. Essas tecnologias empregam os mais diferentes materiais e componentes, aplicados de diversas maneiras, com diferentes adições, dando origem a inúmeros questionamentos relacionados com o custo e desempenho do produto final.

Dentro desse contexto, a adição de polímeros à argamassa de cimento Portland e areia, é uma dessas tecnologias e vem sendo largamente difundida pelas construtoras, no Brasil. O emprego de polímeros para modificação de argamassas à base de cimento Portland é uma prática antiga e largamente utilizada no exterior. Segundo o AMERICAN CONCRETE INSTITUT (ACI, 1997c apud GODOY; BARROS, 2000), em 1933, na Alemanha, pela primeira vez foi feito o uso de látex (basicamente, uma dispersão de polímeros em água) com essa finalidade, empregando-se, inclusive, látex de PVA.

Entre os aditivos poliméricos sintéticos empregados para argamassas e concretos, o PVA é o que há mais tempo vem sendo estudado. Algumas vantagens, citadas por Bueno (2000), relacionadas ao PVA, são: pequeno peso específico, isolante elétrico, possibilidade de coloração integral, baixo custo, facilidade de adaptação à produção em massa e imunes à corrosão.

O que se sabe, de um modo geral, segundo Lavelle (1988), Ohama (1984) e Cherkinsky (1970) apud Godoy; Barros (2000), é que o uso dos aditivos à base de polímeros melhora as

propriedades das argamassas, como a capacidade de absorver deformações, a aderência, a resistência ao desgaste por abrasão e a permeabilidade.

As argamassas modificadas por polímeros são produzidas pela mistura de cimento, areia, polímero e água. Em alguns casos, monômeros podem ser misturados com a argamassa, para, em seguida, serem polimerizados *in situ*, ao mesmo tempo em que ocorre a hidratação do cimento. A polimerização é uma reação de síntese em que as moléculas de monômeros unem-se para formar a cadeia ou molécula maior do polímero (MANO, 1985 apud GODOY; BARROS, 2000).

Os polímeros empregados para modificação de sistemas à base de cimento apresentam-se para mistura sob diferentes formas de produtos, entre elas podemos citar os latexes. Estes são os modificadores de argamassas de cimento mais amplamente utilizados. Consistem em partículas esféricas de polímeros, mantidas suspensas (fase dispersa) em um meio aquoso (fase contínua) pela ação de tensoativos (YAZUKO, 1977 e ACI, 1997b apud GODOY; BARROS, 2000). Em geral os latexes são à base de polímeros termoplásticos, isto é, que permitem fusão por aquecimento e solidificação por resfriamento (MANO, 1985 apud GODOY; BARROS, 2000).

2.7.2 *Adição de polímeros em concreto*

O emprego de polímeros no concreto tem como objetivo intensificar certas qualidades devido a diminuição da porosidade do concreto. Estas qualidades são interessantes quando se procura maior durabilidade (TEIXEIRA, s.d.).

O concreto de cimento Portland pode ser aditivado (modificado) pela adição de latexes (dispersões poliméricas de base aquosa) alterando suas propriedades reológicas e mecânicas. A partir de 1950 nos E.U.A o látex acrílico, definido como uma dispersão aniônica de um copolímero acrílico, passou a ser estudado como modificador de argamassas e concretos de cimento Portland com o objetivo de alterar suas propriedades mecânicas originais. Esta modificação com os acrílicos que, de uma maneira geral, podem ser definidos como uma família de resinas oriundas da polimerização do ácido acrílico, resulta em alterações nas propriedades do concreto curado (ROCCO et. al.).

A adição do polímero acrílico retarda a hidratação do cimento Portland modificado de uma maneira que diminui os valores dos calores de hidratação em função da quantidade de polímero adicionado. Presume-se, de acordo com Rocco et. al., que o grau de hidratação se reduza em função do efeito de encapsulamento provocado pelo envolvimento dos grãos de

cimento não reagidos pelo polímero dificultando o contato e posterior reação com a água. Também, devido a uma diminuição da porosidade, pois os espaços vazios tendem a ser preenchidos pela cadeia polimérica, há um aumento na dificuldade de difusão da água pela microestrutura resultante na fase de difusão.

Dentro desse contexto, de acordo com Nóbrega et. al. (2007), a adição dos polímeros em estudos também diminui a porosidade e/ou permeabilidade da pasta de cimento, contribuindo para minimizar o processo de ataque ácido. Oliveira (2006 apud Nóbrega et. al., 2007) realizou ensaios de porosidade e permeabilidade para a poliuretana aquosa variando sua porcentagem verificando que quanto maior a adição de poliuretana aquosa W320, menor a porosidade e permeabilidade do compósito Potland/polímero. Este autor obteve em seus dados que pasta submetida ao ataque ácido, aditivada com 15% de poliuretana aquosa W320, apresentou permeabilidade nula frente a 12 mD de permeabilidade de pasta convencional e porosidade de 1% frente a 16% antes da adição.

Segundo Riboli (2012), com a adição polimérica, de um modo geral, houve uma acentuada redução da resistência à compressão, comparando-se ao concreto convencional de referência sem adição polimérica. A otimização do traço contendo adição polimérica ficou em torno de 15% de adição.

Com o acréscimo da adição polimérica houve significativa redução da água de amassamento. A redução gradativa da relação água cimento (A/C), não induziu o aumento da resistência mecânica, visto que nos concretos convencionais tem a tendência do aumento da resistência mecânica conforme a redução da relação A/C (RIBOLI, 2012).

Em relação à durabilidade dos concretos com adição polimérica, conforme Riboli (2012), o traço contendo 15% de adição, apresentou eficiência em relação ao ensaio de resistência química, destacando-se em relação às amostras estudadas, pela menor perda de massa quando submetido ao agente químico.

Com base nos resultados obtidos, o concreto contendo 15% de adição polimérica, pode ser considerado o ponto ideal de modificação de látex sobre a massa de cimento proporcionando a maior resistência mecânica e durabilidade entre as amostras poliméricas pesquisadas (RIBOLI, 2012).

2.7.3 Adição de polímeros em tijolos de adobe

No meio técnico-científico, poucos são os estudos realizados a respeito de adição de polímeros em dispersão aquosa em tijolos de adobe. Pois, existe uma dificuldade de

estabilização do adobe em relação à umidade e ciclos de molhagem-secagem em termos de durabilidade às intempéries.

Como citado por Tagomori, Cavallaro e Isaia (2007), o uso de emulsão asfáltica, em taxas de cerca de 2%, protege o tijolo de adobe contra a ação de água, com pequena e benéfica influência na resistência à compressão. Trata-se de uma estabilização por impermeabilização, que consiste em envolver as partículas de solo por uma camada impermeabilizante de modo a funcionar como uma barreira polimérica à penetração de água.

Segundo Silva (2011), na presença da água, os polímeros interagem pouco entre si, e a cola permanece líquida, o que facilita o momento da mistura da cola com os outros componentes do adobe (terra e água).

Infere-se que a cola branca, material mais popular e de baixo custo, quando coalescida, envolve as partículas de solo, de modo a proporcionar a formação de um filme com características semelhantes à emulsão asfáltica (estabilização por impermeabilização nos tijolos de adobe). Com o tempo, a água existente no tijolo de adobe evapora lentamente, e os polímeros presentes na cola branca irão começar a interagir entre si e com os grãos de solo sobre o qual estão fixados na forma de um filme. Essa interação provoca características, como o aumento da impermeabilização, e conseqüentemente a diminuição da absorção de água do meio, o que traz um aumento da durabilidade dos tijolos de adobe.

3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.1 Coleta e Caracterização do Solo

3.1.1 Seleção do local para coleta de amostras do solo

Nesta etapa, foi feito um estudo preliminar de caracterização do solo do CAA (Cento Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco), para verificar se a composição do mesmo se enquadrava aproximadamente dentro dos limites estimados por Gonçalves (2005), já indicadas no item 2.3.1.

Além da composição granulométrica do solo (porcentagem das frações argila, silte e areia – mostradas no item 3.1.3), para selecionar o local de extração do solo, também levou-se em consideração a facilidade de acesso e transporte.

Para este estudo, a escolha do tipo de solo deveu-se, em parte, pela pouca oferta de solos com adequada presença de argila na composição. Foram coletadas porções de solo acondicionadas em sacos plásticos e, posteriormente, secas e homogeneizadas para os ensaios preliminares de composição granulométrica (descrito no item 3.1.3). O local da amostragem (UFPE-CAA) é identificado na Figura 6.

Figura 6 – Mapa geológico simplificado da Meso - Região do Agreste com indicação do local a amostragem.



Fonte: Crédito: Adaptado de Everton Santos (2013).

3.1.2 *Extração do solo utilizado na produção dos tijolos*

Após a escolha do local, foi realizada a extração do solo, em volume necessário à produção dos tijolos. Para a extração do solo, foi utilizada uma máquina retroescavadeira (Figura 7.a), a qual também o transportou até a frente do Laboratório de Construção Civil (LCC) do curso de Engenharia Civil do CAA, onde era despejado. E, em outro momento, também foi utilizada uma caminhonete para o transporte do solo. Quando utilizado a caminhonete, o solo extraído era acondicionado em baldes grandes e transportado até a frente do LCC, onde era despejado (Figura 7.b). O solo foi extraído em julho de 2013.

Figura 7 – (a) Despejo do solo transportado pela retroescavadeira; (b) Solo acondicionado pelos baldes grandes.



(a)



(b)

Fonte: Fotos da autora (2013).

3.1.3 *Ensaio de caracterização do solo utilizado*

Os ensaios realizados para caracterização do solo extraído foram: a) Ensaio de determinação da composição granulométrica; (b) Ensaio de determinação do limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) ou, ensaios de consistência. c) Ensaio do pote de vidro. Todos foram realizados no LCC, do Curso de Engenharia Civil do CAA.

a) Ensaio de determinação da composição granulométrica

O ensaio de granulometria é o processo utilizado para a determinação da porcentagem em peso que cada faixa especificada de tamanho de partículas representa na massa total ensaiada. Através dos resultados obtidos desse ensaio é possível a construção da curva de

distribuição granulométrica, tão importante para a classificação dos solos bem como a estimativa de parâmetros para filtros, bases estabilizadas, permeabilidade, capilaridade etc. A determinação da granulometria de um solo pode ser feita apenas por peneiramento ou por peneiramento e sedimentação, se necessário.

Este ensaio, realizado segundo a norma NBR 7181 (ABNT, 1984a), é composto por um conjunto de três outros ensaios: 1) determinação do peso específico dos sólidos; 2) peneiramento da fração areia e 3) sedimentação das frações silte e argila.

Após a realização do ensaio, já executado em outros trabalhos do CAA, obteve-se a seguinte composição granulométrica para o solo do campus:

- Pedregulho: 0%;
- Areia grossa: 0%;
- Areia média: 4%;
- Areia fina: 25%;
- Silte: 34%;
- Argila: 37%.

A composição granulométrica do solo do CAA esteve, em sua grande maioria, dentro dos limites indicados por Gonçalves (2005). Sendo, portanto, esse solo de características naturais recomendado para a produção dos tijolos e adobe.

b) Ensaio de determinação do limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) ou, ensaios de consistência.

O ensaio de determinação do limite de liquidez foi realizado de acordo com a norma NBR 6459 (ABNT, 1984b) e o de determinação do limite de plasticidade, de acordo com a norma NBR 7180 (ABNT, 1984c).

O limite de liquidez é o teor de umidade para o qual o sulco feito na amostra de solo (umedecido e amassado), colocado no “aparelho de Casagrande”, se fecha em 1 cm, com 25 golpes. O limite de plasticidade é o teor de umidade para o qual o solo amassado começa a se fraturar, quando se tenta moldar, sobre uma placa de vidro, um cilindro com 3 mm e comprimento de 10 cm. Estes teores de umidade são obtidos por tentativas e, para cada tentativa, se coletam amostras, para realizar seu cálculo.

Estes ensaios, apesar de normalizados, envolvem um alto grau de subjetividade, pois dependem muito da experiência e sensibilidade do operador. Seus resultados indicarão uma classificação para a plasticidade do solo pelo índice de plasticidade – IP (por exemplo:

medianamente plástico), índice indicativo do comportamento do solo quando misturado com água e que auxilia na classificação do solo.

Após a realização dos ensaios, os resultados obtidos destes índices foram:

- $LL = 30,8\%$;
- $LP = 14,8\%$;
- $IP = LL - LP = 30,8 - 14,8 = 16\%$.

Segundo alguns autores, citados ao longo do trabalho, há uma margem de valores para o LL variando de $LL = 23,5\%$ em Houben et. al. (1989 apud GONÇALVES, 2005), e entre 30 e 50 %, de acordo com Minke (2000 apud GONÇALVES, 2005). Os valores apresentados estão condizentes com o que recomenda a bibliografia, caracterizando o solo do CAA como recomendável para a caracterização dos tijolos de adobe.

c) Ensaio do pote de vidro

Na prática, na comunidade, o ensaio utilizado para caracterização do solo, para saber se este solo tem proporções adequadas para confecção dos tijolos de adobe, é o ensaio do pote de vidro.

O ensaio é executado da seguinte maneira: preenche-se a metade do pote com o solo, completa-se com água, e acrescenta-se uma pitada de sal. Em seguida, agita-se bem o pote, de modo a homogeneizar totalmente a mistura. Após a agitação, espera-se a completa decantação do solo, mede-se com a utilização de uma trena, as proporções de cada camada visivelmente diferenciadas formadas no pote. Os valores recomendados para os solos utilizados para confecção dos adobes são: 45% de areia (depositada no fundo do pote), 25% de argila (camada intermediária) e 35% de água (camada superior).

O pote escolhido para realização deste ensaio tinha 11,0 cm de altura. Procedeu-se a realização do ensaio como descrito acima: colocou-se o solo do CAA até a marca de 5,5 cm, completou-se com água até a marca de 11,0 cm, acrescentando uma pitada de sal. Após a completa agitação do pote, esperou-se a total decantação do solo.

Após a completa decantação do solo, observou-se que o nível de água estava 1,0 cm abaixo do demarcado, ou seja, a altura agora considerada para determinação das proporções será de 10,0 cm. O que aconteceu foi que o solo sugou a água do sistema, provavelmente se encontrava no estado seco, o que provocou essa redução no nível de água no final do ensaio. Os resultados obtidos após a realização do ensaio foram: 50% de areia, 10% de argila e 40% de água (Figura 8).

Figura 8 – Resultado do ensaio do pote de vidro.



Fonte: Foto da autora (2013).

Os resultados encontrados estão muito próximos dos valores recomendados, o que confere a este solo ser utilizado para a fabricação dos tijolos e adobe. Trata-se de um ensaio simples, de fácil execução, propício para as comunidades que não dispõem de equipamentos para realização de ensaios mais sofisticados, e que traz resultados representativos e, na maioria dos casos, condizentes com a realidade granulométrica do solo estudado.

3.2 Produção dos Tijolos de Adobe

Por se tratar de um trabalho que demanda muito esforço físico, esta etapa de produção dos tijolos foi a mais trabalhosa, exigindo muita mão-de-obra (em função da grande quantidade de tijolos necessários). Para tanto, contou-se com a colaboração de outros alunos do curso de graduação em Engenharia Civil do CAA, além da ajuda de dois operários da construção civil, que já haviam trabalhado na produção de tijolos de adobe.

3.2.1 Projeto e produção das formas

As dimensões dos tijolos variam muito de região para região. Milanez (1958 apud FARIA, 2002), por exemplo, cita tijolos variando desde 8 x 12 x 25 cm até 10 x 20 x 40cm. Enquanto que McHenry Jr. (1989 apud FARIA, 2002) cita uma lista ainda maior de dimensões, que vão desde 7,5 x 13 x 25 cm até 10 x 30 x 46 cm. Lembrando que as dimensões indicam altura (H), largura (L) e comprimento (C), respectivamente, ou seja (H x L x C) cm.

Neste trabalho, optou-se por adotar as dimensões das formas de 10 x 15 x 25 cm, por serem mais próximas das dimensões dos tijolos maciços comuns, utilizados atualmente, facilitando dessa forma a aceitação do material pelos usuários. Foram projetadas e executadas 4 formas de madeira, sem fundo, para produzir 2 tijolos por forma, o que reduziu o esforço físico, melhorou o rendimento do trabalho e proporcionou melhor qualidade no acabamento superficial dos tijolos. A forma pronta com a indicação das dimensões é observada na Figura 9.

Figura 9 – Forma para 2 tijolos com a indicação das dimensões.



Fonte: Foto da autora (2013).

3.2.2 *Planejamento e preparo do “canteiro”*

O ambiente de trabalho (ou “canteiro” de produção) foi planejado da forma mais racional possível, com os recursos e instalações disponíveis no LCC (CAA – UFPE). O solo extraído foi depositado em frente ao laboratório, ou seja, na área onde seria utilizado.

Os tijolos foram produzidos na área externa aberta, em frente ao laboratório, o que proporcionou mais conforto no trabalho. A área contava com um ponto de água e os tijolos foram moldados em uma superfície plana de madeira, para facilitar o deslocamento até o local de armazenagem.

3.2.3 *Definição dos traços*

Denomina-se traço à relação de proporção entre os seus vários componentes, por exemplo, 1:3,2:1,45:1,45 (para um concreto) e 1:2:4 (para uma argamassa). Denominou-

se também para o adobe a relação entre os seus componentes: solo, feno (fibra vegetal), água e cola branca.

Para atender o objetivo principal deste trabalho, que os leigos possam fabricar estes tijolos, foi indicado um traço simplificado, que possa ser facilmente compreendido e assimilado por estas pessoas, ou seja, a intenção era expressar o traço utilizando uma unidade de volume, como um “balde” qualquer e se indicar o traço, por exemplo, da seguinte forma: “3 baldes de terra para 1 balde de feno”. O balde, de capacidade de 8 L, utilizado para a medição das proporções do traço é observado na Figura 10.

Figura 10 – Balde utilizado para medir as proporções do traço.



Fonte: Foto da autora (2013).

A determinação do traço, o ponto da mistura, foi feita de forma empírica, de acordo com a sensibilidade da autora, de modo que ao apertar a mistura não escorresse água e nem grudasse na mão.

Inicialmente, foram moldados 40 tijolos do T.REF (Traço de referência), com a seguinte composição:

- 5 baldes de terra (3 baldes da terra ao teor de umidade natural, e 2 baldes de terra previamente seca em estufa à 100° C, por 24 h e em seguida destorroada com o auxílio do moinho);
- 1,5 baldes de água;
- 0,5 balde de feno (cortado e umedecido minutos antes da mistura).

Em seguida, foram realizados os 4 traços com as diferentes adições de cola branca, com a mesma composição do T. REF. Lembrando que a cola branca, antes de ser adicionada a mistura, foi dissolvida em água. A quantidade de tijolos moldados em cada traço foi a seguinte:

- T.CB.01 (Traço com adição de 1 kg de cola branca): 10 tijolos;
- T.CB.02 (Traço com adição de 2 kg de cola branca): 12 tijolos;

- T.CB.03 (Traço com adição de 3 kg de cola branca): 10 tijolos;
- T.CB.04 (Traço com adição de 4 kg de cola branca): 10 tijolos.

3.2.4 Homogeneização do solo e preparo da cola branca

Segundo a bibliografia, o ideal seria que se passasse o solo por uma peneira grossa (# 4 mm), para o seu destorroamento e homogeneização. No entanto, este procedimento requer que o solo esteja seco, condição que não foi totalmente possível no presente trabalho, por se tratar de solo muito argiloso. Além disso, o trabalho foi realizado no período chuvoso do ano (de junho à agosto de 2013). Por isso, o traço foi composto por uma quantidade do solo seca em estufa à 100°C, por 24 h, e em seguida destorroada com o auxílio do moinho (2 baldes). E para simular as condições de utilização do material na prática, também foi utilizado o solo ao teor de umidade natural (3 baldes), tomando-se o cuidado de apenas destorroá-lo com os pés, protegidos por botas de PVC.

Antes da utilização, a cola branca foi colocada na proporção indicada para cada traço no mesmo balde utilizado para medição, sendo adicionada a água aos poucos para dissolvê-la (Figura 11).

Figura 11 – (a) Cola branca colocada no balde; (b) Aspecto da cola branca com adição de água para dissolvê-la.



(a)

(b)

Fonte: Fotos da autora (2013).

3.2.5 Amassamento e descanso do barro

Segundo a tradição dos construtores com terra, ratificada tecnicamente por Minke (2000) e Barros (1986 apud FARIA, 2002), é necessário que se amasse o barro (mistura de solo, fibra e água), para melhor homogeneização da mistura.

O amassamento do barro pode ser feito artesanalmente, com os pés, ou em pipas rústicas (com tração animal), ou mecanicamente (em máquinas chamadas “marombas”). Neste trabalho o amassamento se deu com os pés, protegidos por botas de PVC (para proteção contra contaminação), apesar da tradição recomendar que sejam descalços (os vãos dos dedos ajudam no amassamento).

Segundo Milanez (1958 apud FARIA, 2002) o barro deve ser amassado primeiro, para depois se acrescentar as fibras, mas como não há uma justificativa para tal procedimento, decidiu-se misturar o solo e a água (juntamente com a cola branca dissolvida) antes de se acrescentar o feno (fibra vegetal).

O procedimento adotado para confecção dos traços, pode ser observado na Figura 12: primeiro misturou-se os 5 baldes de terra (3 baldes da terra ao teor de umidade natural mais 2 baldes de terra seca em estufa), em seguida adicionou-se a água com a cola branca dissolvida, e por último acrescentou-se o feno. Após a colocação dos materiais, foi feita a homogeneização da mistura, seguida pelo amassamento do barro com os pés.

Figura 12 – Processo de preparação da mistura: (a) Homogeneização dos 5 baldes de terra; (b) Preparação da terra; (c) Adição da cola branca dissolvida em água; (d) Adição do feno; (e) Homogeneização da mistura; (f) Amassamento do barro com os pés.



Fonte: Fotos da autora (2013).

3.2.6 *Determinação do teor de umidade do barro*

Não existe um teor de umidade pré-determinado para amassamento do barro. O único parâmetro para se estabelecer o teor ótimo é a trabalhabilidade e plasticidade do barro, ou seja, o mesmo deve ter uma consistência tal que seja possível moldar um tijolo (preenchendo totalmente a forma) e desmoldá-lo sem deformação excessiva (popularmente, o tijolo não pode se “esborrachar”).

3.2.7 *Moldagem e identificação dos tijolos*

Para a moldagem dos tijolos, antes de cada utilização, as formas estavam imersas em água, sendo retiradas apenas no momento da moldagem. Este procedimento foi adotado para visando facilitar a operação de desmoldagem e logo após esta, as formas eram lavadas para remoção de eventuais resíduos de barro.

Os tijolos foram moldados, após se fixar a forma nas superfícies planas de madeira, colocando-se barro (em pequenas porções) com as mãos protegidas por luvas de borracha e tomando-se o cuidado de se preencher todas as arestas da forma (sem deixar vazios, ou “bicheiras”). Quando o operador está mais experiente e seguro do seu trabalho, o barro pode ser tomado em uma porção maior, suficiente para um tijolo, e ser lançado energeticamente dentro da forma. Cabe observar que nesta operação não há a necessidade de se compactar o barro, porque o seu teor de umidade está, seguramente, acima da umidade ótima de compactação. Em seguida, o excesso de barro foi retirado, com uma régua metálica, e a superfície superior do tijolo foi alisada (com as mãos molhadas e também com o auxílio de uma colher de pedreiro), para melhor acabamento superficial. A desmoldagem foi feita, deslizando-se a forma para cima, na vertical. É importante ressaltar que, em alguns momentos da moldagem, o operador utilizou pequena quantidade de água para “regar” a mistura que estava secando ao sol (perdendo água por evaporação), pois este processo precisa ser executado de forma rápida, de modo a não comprometer as características da mistura. A moldagem foi feita no dia 03/08/2013. Alguns aspectos destas operações são mostrados na Figura 13.

Figura 13 – Processo de moldagem dos tijolos: (a) Formas fixadas nas superfícies planas de madeira; (b) Colocação da mistura nas formas; (c) Alisamento da superfície do tijolo; (d) Preparação para desmoldagem; (e) Desmoldagem dos tijolos; (f) Aspecto final do tijolo logo após desmoldagem.



Fonte: Fotos da autora (2013).

Em seguida, os tijolos foram deslocados para o interior do LCC, sendo armazenados e identificados por placas que demarcavam a quantidade de tijolos moldadas de cada traço.

3.2.8 *Secagem e armazenamento dos tijolos*

A primeira etapa de secagem, após os tijolos recém desmoldados e identificados, se deu em uma área coberta (no interior do LCC, em local com sombra), sobre local adequado para que não absorvessem umidade do solo (Figura 14.a). Após um período de tempo suficiente para que eles perdessem o excesso de umidade, com ganho de resistência, e que tivessem ocorrido as retrações iniciais (mais expressivas), os mesmos foram transportados para o local da etapa final de secagem ao ar livre (no dia 04/09/2013), que aconteceu na área ao lado do laboratório, na calçada lateral do prédio que possui um beiral com aproximadamente 2 m de comprimento, facilitando a proteção dos tijolos contra intempéries (Figura 14.b), já que foram produzidos em época de chuvas (como já foi exposto).

Durante todo o processo de secagem, os tijolos foram frequentemente virados, para que a secagem se desse de maneira uniforme, evitando-se com isso que

ocorressem retrações diferenciais, e conseqüentes deformações nos mesmos. Como já citado anteriormente, este processo se deu em época de chuva, o que requereu cuidados constantes com a proteção dos tijolos, por meio de uma cobertura, improvisada com plástico transparente, tomando-se o cuidado de garantir a ventilação sob ele.

Após secarem ao sol (decorridos 7 dias), os tijolos foram transportados novamente para o interior do laboratório, onde ficaram armazenados até iniciar a etapa de realização dos ensaios (Figura 14.c).

Figura 14 – Secagem e armazenamento dos tijolos.



(a)

(b)

(c)

Fonte: Fotos da autora (2013).

3.3 Caracterização Física e Mecânica dos Tijolos de Adobe

Os ensaios de caracterização física e mecânica dos tijolos de adobe foram realizados de acordo com adaptações das normas brasileiras relativas aos tijolos maciços de barro cozido e aos tijolos de solo-cimento (por se tratar também de terra crua). Estas normas serão citadas oportunamente. Todos os ensaios foram realizados ou acompanhados pessoalmente pela autora no LCC.

Para os ensaios realizados a seguir, nem todas as unidades produzidas de alguns traços (citadas no item 3.2.3) foram utilizadas, devido as perdas durante o processo de deslocamento dos tijolos na etapa de secagem e armazenamento. Além disso, do traço T.REF foram utilizadas apenas 10 unidades, para manter o padrão das amostras. Portanto, a quantidade de unidades ensaiadas dos respectivos traços foram:

- T.REF (Traço de referência): 10 tijolos;
- T.CB.01 (Traço com adição de 1 kg de cola branca): 10 tijolos;
- T.CB.02 (Traço com adição de 2 kg de cola branca): 10 tijolos;
- T.CB.03 (Traço com adição de 3 kg de cola branca): 7 tijolos;

- T.CB.04 (Traço com adição de 4 kg de cola branca): 10 tijolos.

A distribuição dos tijolos para a realização dos ensaios pode ser observada na Tabela 1.

Tabela 1 – Quantidade de tijolos utilizada em cada ensaio.

Traço	Ensaio realizado				
	Absorção de água por capilaridade e Absorção de água por imersão	Absorção de água pelo método do cachimbo	Determinação da resistência à compressão	Perdas ou sobras	Total de tijolos
T. REF	2	1	6	1	10
T.CB.01	2	1	6	1	10
T.CB.02	2	1	5	2	10
T.CB.03	1	1	5	0	7
T.CB.04	2	1	6	1	10

Fonte: A autora (2013).

Como apresentado na Tabela 1, para o ensaio de absorção de água por capilaridade e absorção de água por imersão foram utilizados os mesmos tijolos de cada traço, por exemplo, para o traço T.REF foram utilizados 2 tijolos para ambos os ensaios, motivo que será explicado nos itens que tratam destes ensaios (3.3.4 e 3.3.5).

3.3.1 Caracterização visual dos tijolos

Na fase de mistura do traço foi observado que a presença da cola branca fez com que a mistura perdesse água para o ambiente com muita facilidade, sendo necessário estar constantemente regando-a para manter a trabalhabilidade adequada para moldar os tijolos. A medida que a quantidade de cola aumentava (de acordo com o traço produzido), a sensação de secagem da mistura era mais expressiva. Este aspecto, de certa forma, já era esperado, pois segundo Silva (2011), as colas com base aquosa (como a cola branca utilizada) são laváveis e perdem sua capacidade de aderência quando expostas à água (ou seja, quando adicionadas na mistura), pois os polímeros responsáveis pela aderência se dissolvem neste meio. O aumento da cola favoreceu a secagem e endurecimento do sistema, caracterizando uma mistura mais seca, mais quebradiça, dificultando a trabalhabilidade e comprometendo a qualidade da moldagem dos tijolos. É como se a quantidade de polímero necessária para envolver os grãos já tivesse saturado. Então, o que vai acontecer é que essa água com cola vai ficar no sistema,

prejudicando-o, deixando-o mais seco, deixando a mistura mais problemática. Isso explica o aparecimento de vazios nos corpos no momento da moldagem.

Devido a estas características percebidas no momento da mistura, fez-se necessário agilizar o processo de moldagem dos tijolos, para manter a trabalhabilidade da mesma. Isso explica as deformações apresentadas nos tijolos logo após o processo de desmoldagem (Figura 15.a). Além disso, deve ser levado em consideração a inexperiência em trabalhar com fabricação de tijolos de adobe (por se tratar de uma ideia nova) e também por estes terem sido os primeiros a serem moldados, ou seja, foi se adquirindo aos poucos (a medida que iam sendo moldados mais tijolos) a maneira mais adequada de se trabalhar com eles.

Outras características observadas nos tijolos foi a aparição de trincas e fissuras (Figura 15.b), durante o processo de secagem, e o ataque de insetos e afloração de fungos durante o período em que ficaram armazenados no laboratório.

Figura 15 – (a) Deformações apresentadas nos tijolos; (b) Destaque das trincas e fissuras que apareceram nos tijolos.

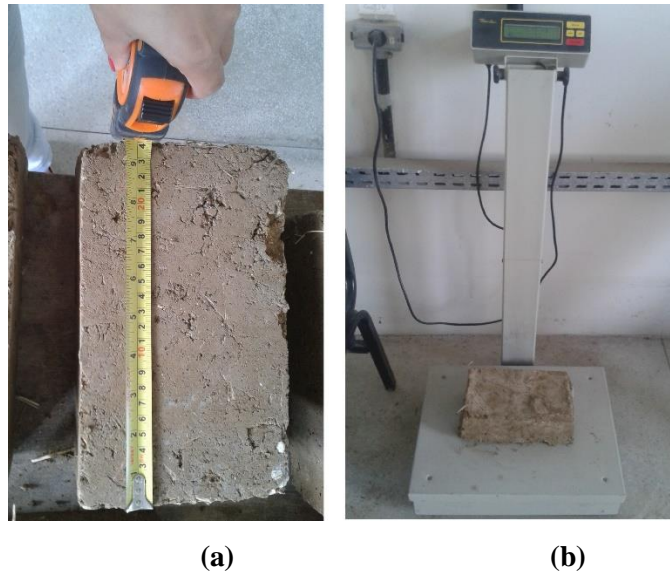


Fonte: Fotos da autora (2013).

3.3.2 Determinação da massa específica aparente dos tijolos

Para este ensaio, foram medidas todas as arestas, de todos os tijolos, com trena metálica (1 mm de precisão). Portanto, 9 medições para cada tijolo: 3 na direção do comprimento (C), 3 na da largura (L) e 3 na da altura (H) (Figura 16.a). Também foram medidas as massas de todos os tijolos, em balança eletrônica tipo plataforma, com precisão de 10 g (Figura 16.b).

Figura 16 – (a) Medição das dimensões dos tijolos; (b) Pesagem dos tijolos.



Fonte: Fotos da autora (2013).

A massa específica aparente ($\rho_{ap,T}$) foi calculada pela Eq. (1).

$$\rho_{ap,T} = 10^6 \cdot \frac{M_T}{V_T} \quad (1)$$

Onde:

$\rho_{ap,T}$: massa específica aparente do tijolo (kg/m³);

M_T : massa do tijolo (kg);

$V_T = C_m \times L_m \times H_m$: volume do tijolo (cm³), onde:

$C_m = (C_1 + C_2 + C_3)/3$: média aritmética das 3 medidas na direção do comprimento dos tijolos (cm);

$L_m = (L_1 + L_2 + L_3)/3$: média aritmética das 3 medidas na direção da largura dos tijolos (cm);

$H_m = (H_1 + H_2 + H_3)/3$: média aritmética das 3 medidas na direção da altura dos tijolos (cm).

Os resultados de todas as medições e cálculos são apresentados no APÊNDICE A (Tabelas A.1 a A.11).

3.3.3 Determinação da retração linear do barro

Após a completa secagem dos corpos de prova, preparados de acordo com o item 3.2.7, a retração linear (RL) é medida diretamente neles, com a utilização da Eq. (2). A ABCP (1990) recomenda que seja no máximo de 20 mm (2,0 cm), para tijolos de solo-cimento.

$$RL_x = D_{fx} - D_{ix} \quad (2)$$

Onde:

RL_x : retração linear na direção x (Comprimento, Largura ou Altura) (mm);

D_{ix} : dimensão inicial do tijolo recém desmoldado (= dimensão da forma), na direção x (C = 25,0 cm, L = 15,0 cm ou H = 10,0 cm) (cm);

D_{fx} : dimensão final do tijolo, após secagem na direção x (cm).

Os valores obtidos de retração linear são encontrados no APÊNDICE C (Tabelas C.1 a C.3), onde os valores negativos indicam que houve retração do tijolos, e os valores positivos indicam a expansão do tijolo.

3.3.4 Determinação da absorção de água por capilaridade

Para realização deste ensaio, foram utilizados dois tijolos de cada traço, com exceção do traço T.CB.03, que foi utilizado apenas um tijolo devido à pouca quantidade de tijolos desse traço (Tabela 1). Os tijolos foram previamente secos em estufa à 100° C por 48 h, e após do seu completo resfriamento, foram demarcados com uma liga elástica na altura de 2,0 cm da sua face inferior (Figura 17.a). Em seguida, foram colocados em um recipiente, o qual foi preenchido com água até a altura marcada com a liga (Figura 17.b).

Figura 17 – (a) Marcação do tijolo com a liga; (b) Tijolos colocados no recipiente com água.



(a)



(b)

Fonte: Fotos da autora (2013).

O ensaio teve duração de 60 minutos, sendo medida a coluna de água por manchamento (altura de percolação da água) com 10 minutos, 30 minutos e 60 minutos de

realização do ensaio. Durante todo o ensaio, foi-se acrescentando água (à medida que o nível ia baixando), para manter o nível de água sempre na marca da liga, e dessa forma, garantir a precisão do ensaio.

Os resultados de todas estas medições são apresentados no APÊNDICE D (Tabela D.1).

3.3.5 *Determinação da absorção de água por imersão*

Para realização deste ensaio, foram utilizados os mesmos tijolos do ensaio de absorção por capilaridade, pois após os 60 minutos do ensaio, verificou-se que os tijolos estavam se deteriorando, ou seja, os 2,0 cm que ficaram imersos estavam se dissolvendo na água. Portanto, aproveitou-se para realizar o ensaio de absorção por imersão, completando-se com água o recipiente até a imersão total dos tijolos (Figura 18). Os tijolos ficaram imersos por 24 h.

Figura 18 – Imersão total dos tijolos.



Fonte: Foto da autora (2013).

Devido a deterioração dos tijolos, observada após decorrida as 24 h, não seria interessante medir a massa dos tijolos saturada, uma vez que houve perda de solo para o recipiente. Ou seja, os resultados indicariam que a massa do tijolo saturada seria menor que a massa do tijolo seca em estufa, o que não é válido para cálculo da absorção da água. Portanto, foi feito apenas uma avaliação visual dos tijolos ao final do ensaio.

3.3.6 Determinação da absorção de água pelo método do cachimbo

O ensaio de absorção de água pelo Método do Cacimbo, que não é normatizado no Brasil, foi utilizado para medir a absorção de água e também a permeabilidade do tijolo de adobe. O cachimbo é um tubo de vidro em forma de “L”, graduado em décimos de milímetros.

Para realização deste ensaio foi utilizado um tijolo de cada traço (Tabela 1). Utilizou-se um cachimbo para cada tijolo, o qual foi fixado à superfície do tijolo com massa de calafetar (Figura 19), e preenchido com água até o nível de referência. Procurou-se fixar os cachimbos em locais que aparentemente não apresentavam fissuras, para não influenciar nos resultados de permeabilidade.

Figura 19 – Ensaio de absorção de água pelo método do cachimbo.



Fonte: Foto da autora (2013).

A diminuição na altura da água ao longo do tempo, é usada como indicação da vulnerabilidade do material à penetração da água. Lembrando que o caminho percorrido pela água no interior do cachimbo não é obrigatoriamente uniforme e pode se espalhar de várias maneiras no tijolo, isto é, não há uma seção constante de absorção.

O ensaio foi realizado efetuando-se a cada 5 minutos a leitura da diminuição do nível da água em mL (inicial de 4 mL), até o nível d'água atingir a marca de 0 mL, ou até completar 15 minutos de ensaio.

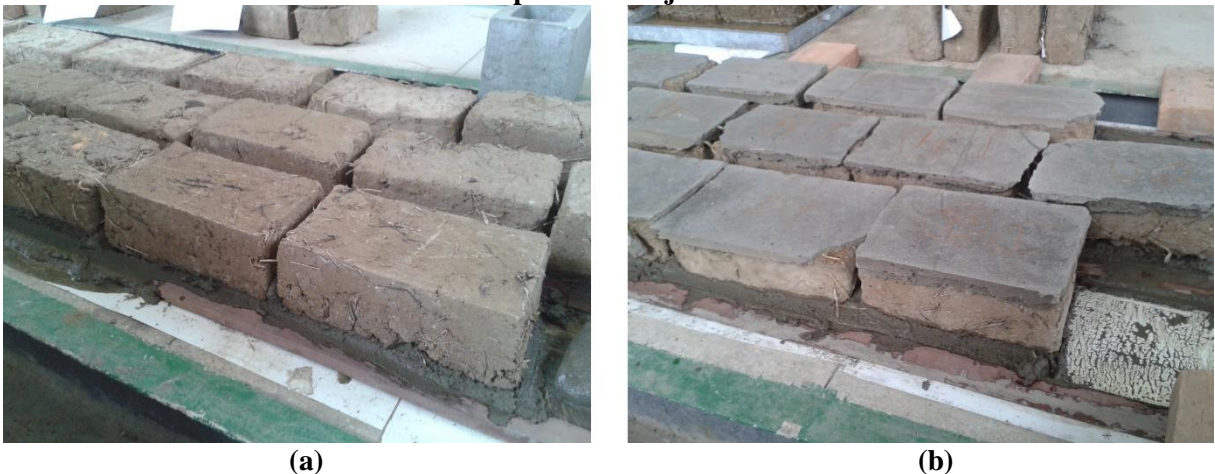
3.3.7 *Preparação dos corpos de prova para o ensaio de determinação da resistência à compressão*

Para realizar os ensaios de determinação da resistência dos tijolos à compressão, procurou-se atender, na medida do possível, as prescrições das normas NBR 6460 (ABNT, 1983a) e NBR 8492 (ABNT, 1984a).

Os corpos de prova (os próprios tijolos) foram preparados da seguinte forma: os tijolos foram capeados com argamassa de pasta de cimento nas suas superfícies, superior e inferior, para assim regularizá-las.

A pasta foi preparada com cimento de alta resistência inicial (ARI), utilizando o auxílio de uma argamassadeira. Os tijolos foram preparados no chão do laboratório que foi forrado com fórmica, o qual foi untado com óleo mineral, sobre o qual foi espalhada uma porção da pasta. A superfície inferior de cada tijolos foi assentada sobre a pasta (Figura 20.a). O excesso foi retirado com uma espátula metálica. Após 24 h, os tijolos foram invertidos (180° em relação ao eixo horizontal), de modo a assentar a superfície superior de cada tijolos, sendo repetida a operação de untar o fórmica/ aplicar pasta / assentar tijolo (Figura 20.b). O excesso de pasta foi removido e dado o acabamento. Após a completa secagem, os corpos de prova foram submetidos ao ensaio.

Figura 20 – (a) Assentamento da superfície inferior dos tijolos; (b) Assentamento da superfície superior dos tijolos.



Fonte: Fotos da autora (2013).

É importante ressaltar que não foi possível serrar os tijolos ao meio e assentar uma metade sobre a outra para determinação da resistência à compressão, como prescreve as normas 6460 (ABNT, 1983a) e NBR 8492 (ABNT, 1984a). Pois, na composição do traço para

produzir os tijolos, como descrito no item 3.2.3, utilizou-se 3 baldes da terra ao teor de umidade natural, ou seja, com a presença de torrões de terra, dificultando a serragem dos tijolos.

3.3.8 Ensaio de determinação da resistência à compressão

Para realização do ensaio, a amostragem constituiu em se tomarem seis tijolos de cada traço, com exceção dos traços T.CB.02 e T.CB.03, que foi utilizado apenas cinco tijolos (Tabela 1), devido à perda de um tijolo ocorrida no momento da inversão da superfície do mesmo para capeamento (Figura 21), e ser a quantidade restante de tijolos deste traço, respectivamente. Os tijolos foram numerados aleatoriamente.

Figura 21 – Quebra do capeamento da superfície inferior do tijolo.



Fonte: Foto da autora (2013).

Antes da realização do ensaio de determinação da resistência à compressão dos tijolos, procedeu-se à determinação da área da seção de ruptura (Figura 22.a). Para tanto, em cada corpo de prova, foram medidas as dimensões da seção das duas partes que o compõem, nas duas direções (a e b), indicadas na Figura 22.b. Os valores encontrados estão mostrados no APÊNDICE E (Tabelas E.1 a E.5).

Figura 22 – (a) Tijolos prontos para medição; (b) Medição das dimensões.



(a)

(b)

Fonte: Fotos da autora (2013).

A área da seção de ruptura (A) do corpo de prova foi calculada pela Eq. (3).

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

Onde:

A : área da seção de ruptura (cm^2);

a : dimensão tijolo, após secagem, dada pela medida na direção a (cm);

b : dimensão tijolo, após secagem, dada pela medida na direção b (cm).

Para a determinação da resistência à compressão, os corpos de prova foram levados à máquina de ensaio (“prensa”) mecânica; centrados na base metálica, pelo eixo vertical dos mesmos, e a carga foi aplicada pelo dispositivo metálico (com rótula, para compensar eventuais não paralelismos entre a superfície superior e a inferior dos corpos de prova), em carregamento uniformemente distribuído. Com isso mediu-se a carga de ruptura dos corpos de prova (F_{rup}) e a f_c foi calculada pela Eq. (4).

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

Onde:

f_c : resistência à compressão (MPa);

F_{rup} : carga de ruptura do corpo de prova (KN);

A : área da seção de ruptura (cm^2).

Segundo a NBR 10836/94, as condições específicas para tijolos de solo-cimento são: (a) resistência à compressão: as amostras ensaiadas devem ter média dos valores $> 2,0$ MPa (20 kgf/cm²); (b) valores individuais $> 1,7$ MPa (17 kgf/cm²) aos 28 dias de idade.

Na Figura 23 são observados alguns aspectos deste ensaio e todos os seus resultados parciais são apresentados no APÊNDICE E (Tabelas E.1 a E.5).

Figura 23 – (a) Instalação do tijolo na prensa; (b) Aplicação do carregamento; (c) Prensa mecânica; (d) Escalas de leitura da carga de ruptura.



(a)

(b)



(c)



(d)

Fonte: Fotos da autora (2013).

3.4 Caracterização da Cola Branca

A cola branca utilizada na adição dos diferentes traços foi a Cola Branca Koala (Figura 24), em embalagens de 500 g. No total foram gastos 20 tubos de cola, totalizando 10 kg, distribuídos conforme já descrito anteriormente no item 3.2.3.

Trata-se de uma cola branca à base de acetato de polivinila (PVA), especialmente indicado para uso em: papel, papelão, tecido, etc, conforme descrito na embalagem. É um produto produzido pela empresa DELTA Artigos Escolares – Indústria e Comércio de Giz Ltda, localizada na Rua Mário Gondim, Nº 220, Pindoretama – CE, CEP: 62.860-000, CNPJ: 01.280.018/0001-57, indústria brasileira.

Figura 24 – Cola Branca Koala utilizada como adição.



Fonte: Foto da autora (2013).

4 RESULTADOS E DISCURSÕES

4.1 Resultados dos Ensaios de Caracterização Física e Mecânica dos Tijolos de Adobe

4.1.1 Massa específica aparente dos tijolos

Na Tabela 2 observa-se os valores das massas específicas aparente dos tijolos de todos os traços, utilizados para análise por meio do intervalo de confiança.

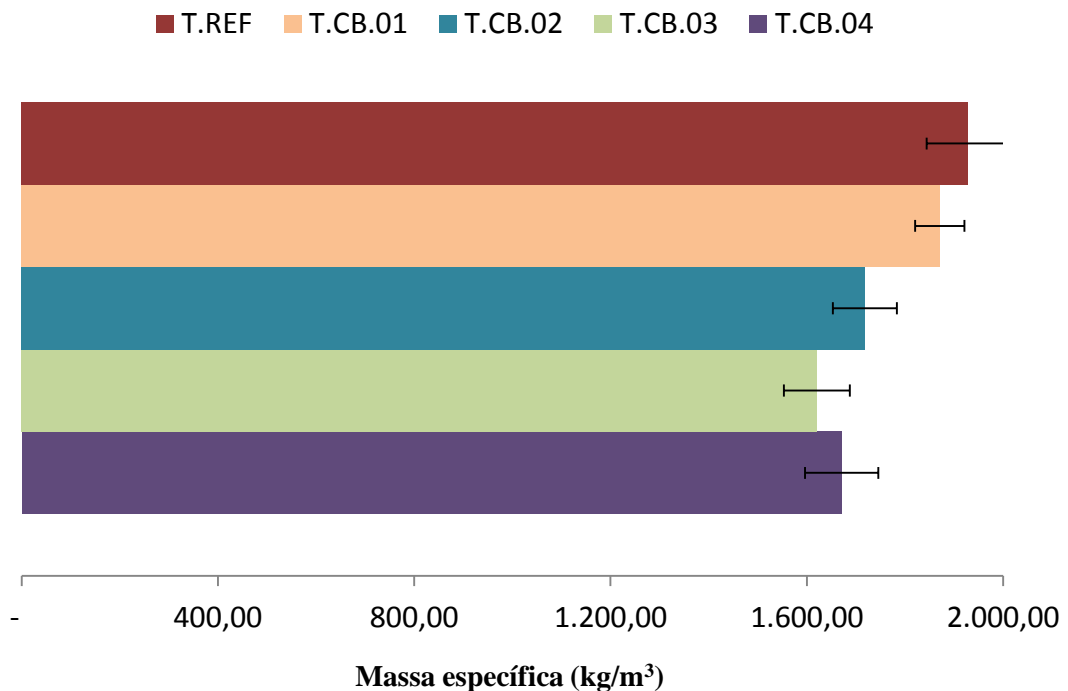
Tabela 2 – Massa específica aparente dos tijolos de todos os traços.

Numeração do tijolo	Massa específica aparente ($\rho_{ap,T}$)(kg/m ³)				
	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
1	2058,46	1936,07	1668,65	1438,07	1549,81
2	1954,20	1807,14	1652,83	1700,21	1458,60
3	1740,73	1810,73	1554,83	1530,00	1542,82
4	2055,51	1913,85	1748,11	1651,34	1697,84
5	1708,70	1657,97	1595,47	1582,46	1877,93
6	2089,29	1922,09	1901,46	1727,53	1530,77
7	1814,60	1905,88	1709,93	1713,65	1758,93
8	2182,49	1922,24	1690,53	-----	1707,60
9	1843,28	2001,90	1956,93	-----	1729,76
10	1838,39	1830,47	1704,90	-----	1854,64
Média	1928,56	1870,83	1718,36	1620,46	1670,87
Desvio padrão	161,92	96,84	125,15	108,29	143,64
Intervalo de confiança	84,2245	50,3688	65,0956	67,3211	74,7121

Fonte: A autora (2013).

Utilizando os dados da Tabela 2 (média e intervalo de confiança), foi elaborado um gráfico da massa específica com intervalo de confiança de 90% (Figura 25).

Figura 25 – Gráfico da massa específica (kg/m³) com intervalo de confiança de 90%.



Fonte: A autora (2013).

Analisando a Figura 25, pode-se afirmar que com 90% de confiança o traço T.CB.01 é semelhante ao traço T.REF, ou seja, observando a média, os tijolos apresentam praticamente o mesmo peso, não alterando a massa específica do sistema. No entanto, observa-se também que a medida que aumenta a quantidade de cola, há uma redução na massa específica do sistema. Após os 2 kg de cola (a partir do traço T.CB.02), os 3 traços (T.CB.02, T.CB.03 e T.CB.04) são diferentes dos 2 primeiros (T.REF e T.CB.01) e são praticamente iguais. Provavelmente o que acontece é que existe uma quantidade de polímero (de água com polímero) que é capaz de envolver os grãos do solo, e que esta quantidade foi atingida com apenas 1 kg de cola. Ou seja, provavelmente a partir de 2 kg de cola, os 3 últimos traços mostrados no gráfico, essa quantidade de polímero necessária para envolver os grãos já havia saturado. Então, o que vai acontecer é que essa água com cola vai ficar no sistema, prejudicando-o, deixando-o mais seco, deixando a mistura mais problemática. Com o aumento da quantidade de cola, há um aumento no volume da mistura, mas isso não interfere na massa específica pra um volume de 1 m³, por exemplo.

4.1.2 Retração linear do barro

Antes da análise de retração, foi elaborado um estudo do comportamento das três dimensões de todos os tijolos (Comprimento, largura e altura), mostrados no APÊNDICE B (Tabelas B.1 a B.5), após a completa secagem, de modo a verificar a variação destas dimensões entre os diferentes traços.

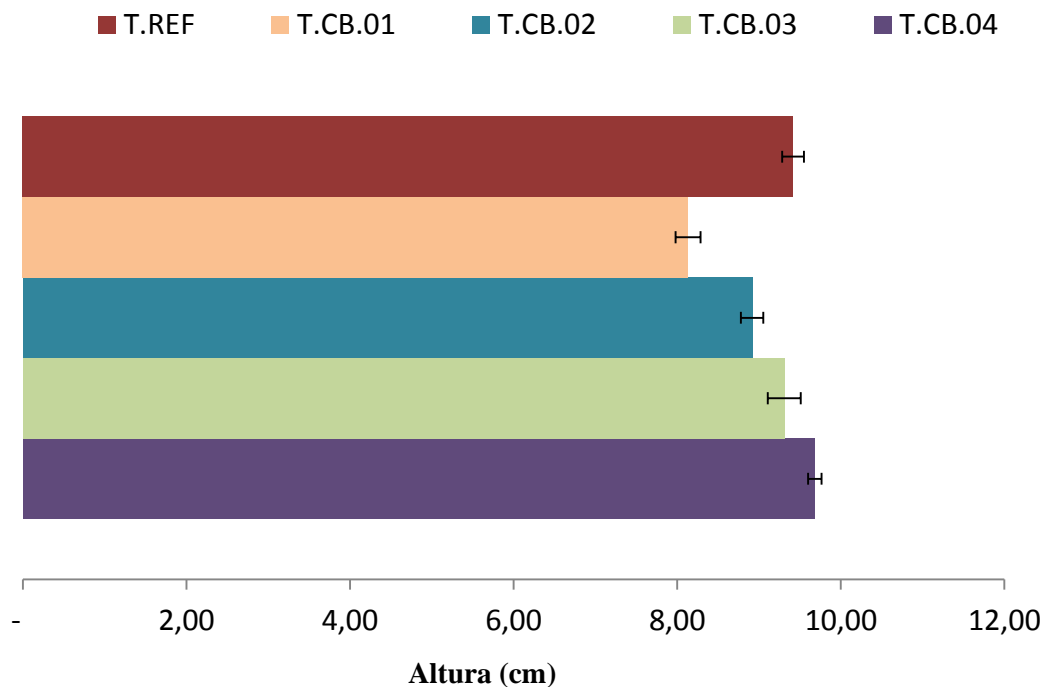
Nas Tabelas 3, 4 e 5 há um resumo dos valores analisados e usados para a elaboração do estudo em função do intervalo de confiança. Utilizando estes dados (média e intervalo de confiança), foram elaborados os gráfico da altura, largura e comprimento com intervalo de confiança de 90%, mostrados nas Figuras 26, 27 e 28, respectivamente.

Tabela 3 – Valores utilizados para análise das alturas dos tijolos.

Altura (cm)					
Elemento	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
Média	9,42	8,13	8,92	9,31	9,68
Desvio padrão	0,44	0,51	0,46	0,56	0,28
Intervalo de confiança	0,1313	0,1524	0,1371	0,2005	0,0835

Fonte: A autora (2013).

Figura 26 – Gráfico da altura dos tijolos com intervalo de confiança de 90%.

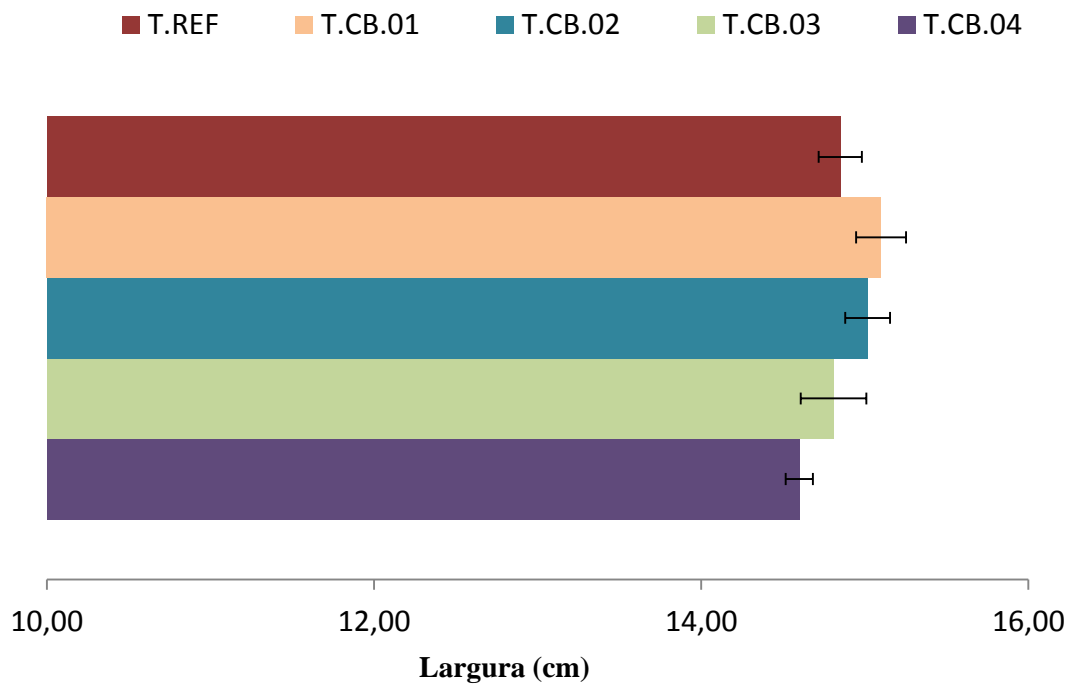


Fonte: A autora (2013).

Tabela 4 – Valores utilizados para análise das larguras dos tijolos.

Elemento	Largura (cm)				
	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
Média	14,85	15,10	15,02	14,81	14,60
Desvio padrão	0,67	0,77	0,62	0,43	0,64
Intervalo de confiança	0,2016	0,2313	0,1870	0,1552	0,1907

Fonte: A autora (2013).

Figura 27 – Gráfico da largura dos tijolos com intervalo de confiança de 90%.

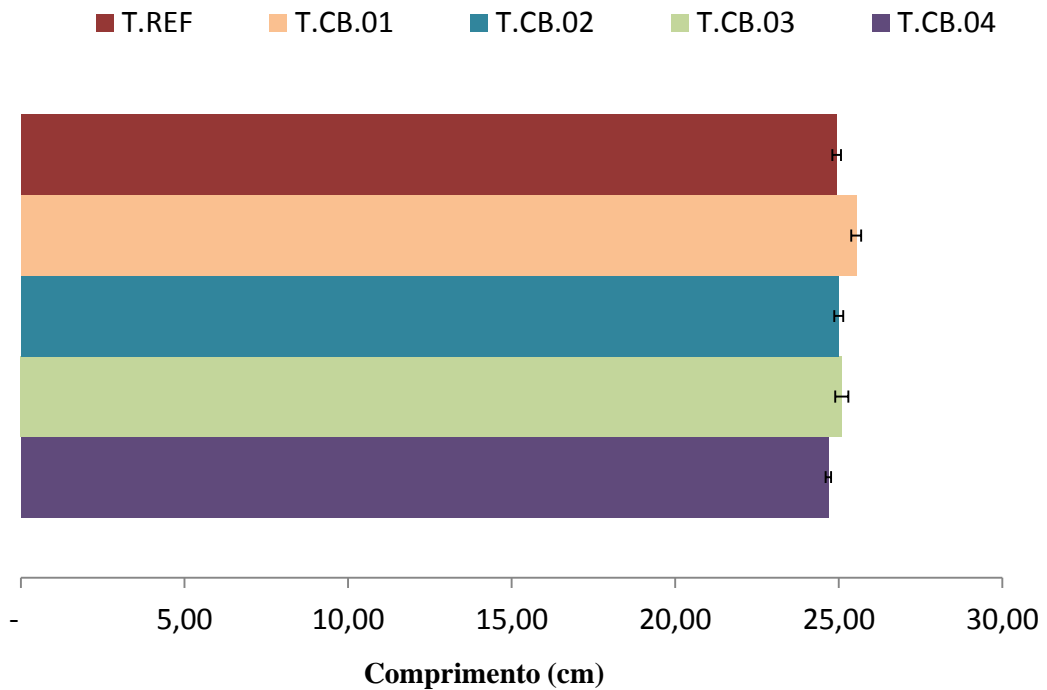
Fonte: A autora (2013).

Tabela 5 – Valores utilizados para análise dos comprimentos dos tijolos.

Elemento	Comprimento (cm)				
	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
Média	24,93	25,53	25,00	25,10	24,68
Desvio padrão	0,89	0,81	0,62	0,58	0,68
Intervalo de confiança	0,2667	0,2429	0,1850	0,2094	0,2029

Fonte: A autora (2013).

Figura 28 – Gráfico do comprimento dos tijolos com intervalo de confiança de 90%.



Fonte: A autora (2013).

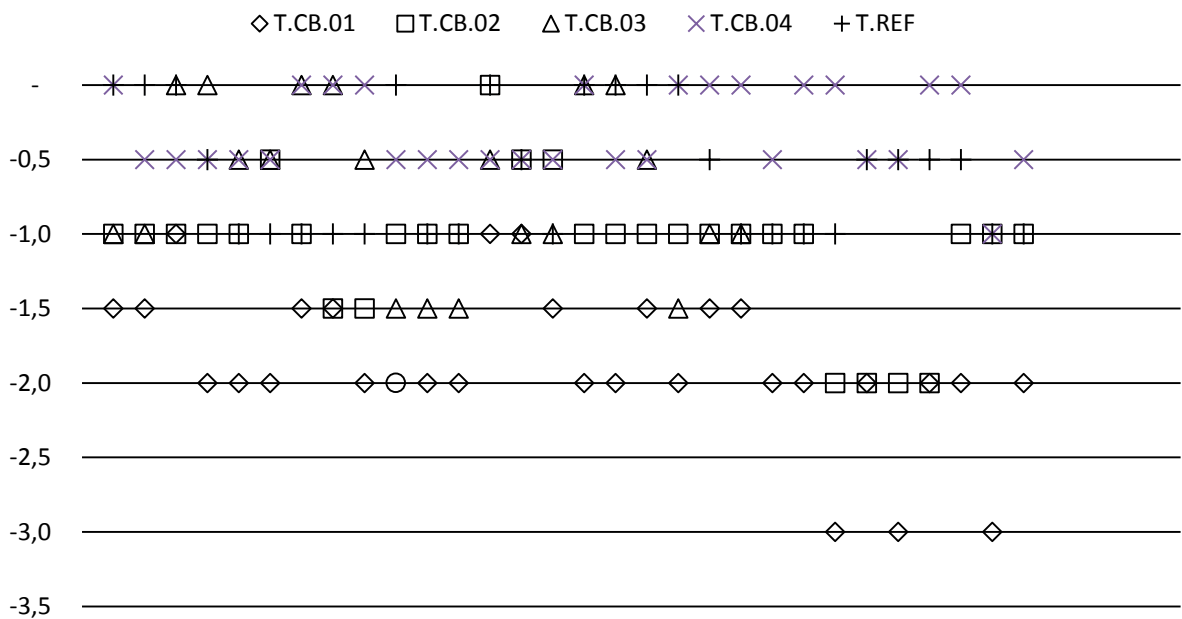
Analisando a Figura 26, observa-se que todos os tijolos do traço T.CB.01 perderam altura de um modo mais expressivo, o que caracteriza um deslizamento em relação ao peso próprio. Isso significa que os tijolos do traço T.CB.01 apresentaram uma maior fluidez, caracterizando essa diminuição da altura tão representativa no gráfico. É como se menores quantidades de cola favorecessem o sistema, de modo que a mistura não secasse tão rápido e se comportasse de maneira mais trabalhável, deixando esse sistema mais coeso. Ou seja, até 2 kg, a cola entrasse funcionando como um ligante que melhorasse a trabalhabilidade, que fizesse com que os grãos ficassem mais envoltos, mais fácil de ocorrer o deslizamento entre eles, como se fosse um lubrificante. Ao adicionar mais cola, ela seca muito rápido e ocasiona o efeito contrário no sistema (T.CB.02 e T.CB.03). Esse aumento da quantidade de cola fez com que os tijolos dos demais traços não fluíssem (exceto o T.CB.04), não tivessem uma redução na altura tão expressiva como os do T.CB.01. É como se não fosse possível incorporar mais cola no sistema, e isso foi percebido na altura. Até 2 kg houve uma perda na altura, mas depois o sistema secou tão rápido, que não permitiu mais esse fenômeno da fluência. Ou seja, logo após a moldagem o sistema ainda estava mais susceptível a fluir, e, como secou muito rápido, além de não fluir, os tijolos apresentaram um aspecto muito mais esburacado, difícil de obter a coesão e homogeneidade do sistema.

Conseqüentemente, com a diminuição da altura, houve um aumento da largura nos tijolos do traço T.CB.01. E os demais, os 3 últimos dentro do erro padrão, um pouco mais um pouco menos, mantiveram também (Figura 27).

Já analisando a Figura 28, houve um pequeno aumento no comprimento dos tijolos do T.CB.01, justificável devido a expressiva redução na altura, e os demais traços dentro do erro padrão se mantiveram.

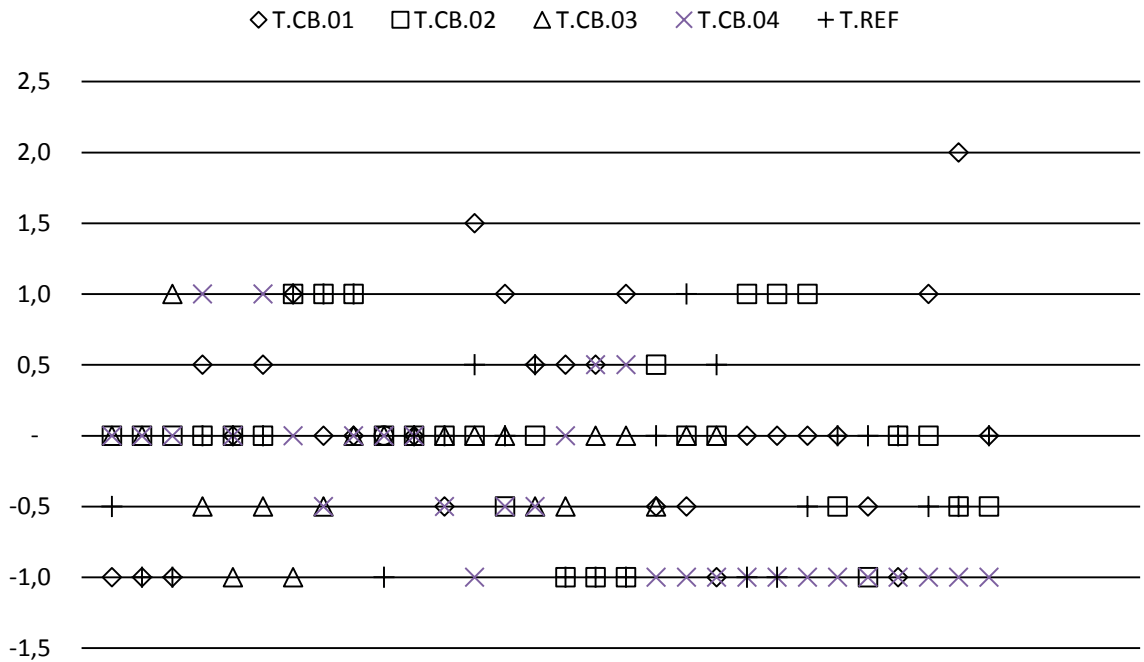
Com os valores obtidos para o cálculo da retração no APÊNDICE C (Tabelas C.1 a C.3), foram elaborados os gráficos que indicam a retração (valores negativos) ou expansão (valores positivos) dos tijolos nas três dimensões, altura, largura e comprimento, indicados nas Figuras 29, 30 e 31, respectivamente.

Figura 29 – Gráfico da retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos na altura (cm).



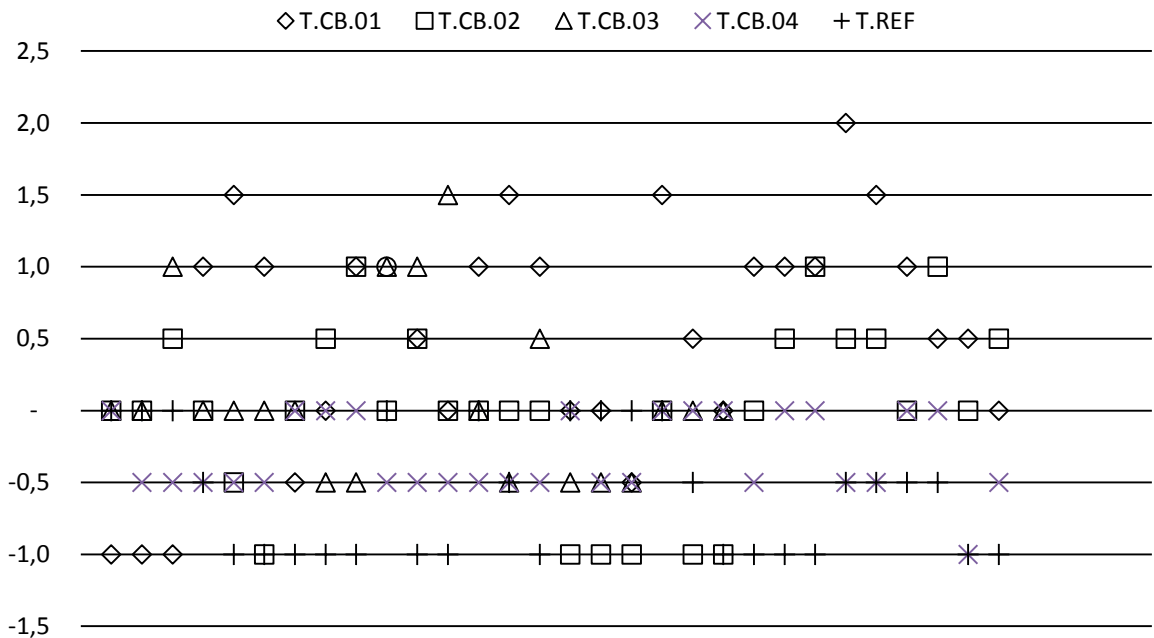
Fonte: A autora (2013).

Figura 30 – Gráfico da retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos na largura (cm).



Fonte: A autora (2013).

Figura 31 – Gráfico da retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos no comprimento (cm).



Fonte: A autora (2013).

Analisando as Figuras 29, 30 e 31, observa-se que praticamente todos os dados se mantiveram no limite do que diz a ABCP (1990), de 2,0 cm pra tijolos de solo-cimento. Apenas 3 dados da altura que retraíram 3,0 cm (Figura 29).

De acordo com a Figura 29, a grande maioria dos tijolos perderam altura, apesar de alguns manterem. No gráfico da Figura 30, observa-se que os tijolos do T.CB.01 e T.CB.02 em sua grande maioria estão ganhando largura e comprimento (Figura 31), apesar destas características serem mais expressivas para o T.CB.01. Comportamento justificável, pois se os tijolos estão perdendo altura, conseqüentemente estarão ganhando na largura e no comprimento. Com o aumento da cola branca, nos demais traços, a mistura secou rapidamente, o que explica ocorrer mais retração do que expansão dos tijolos em todas as três dimensões.

4.1.3 Absorção de água por capilaridade

Os valores médios da coluna de água do ensaio de absorção por capilaridade nos tempos decorridos do ensaio 10 minutos, 30 minutos e 60 minutos (encontrados na Tabela C.1), estão resumidos na Tabela 6.

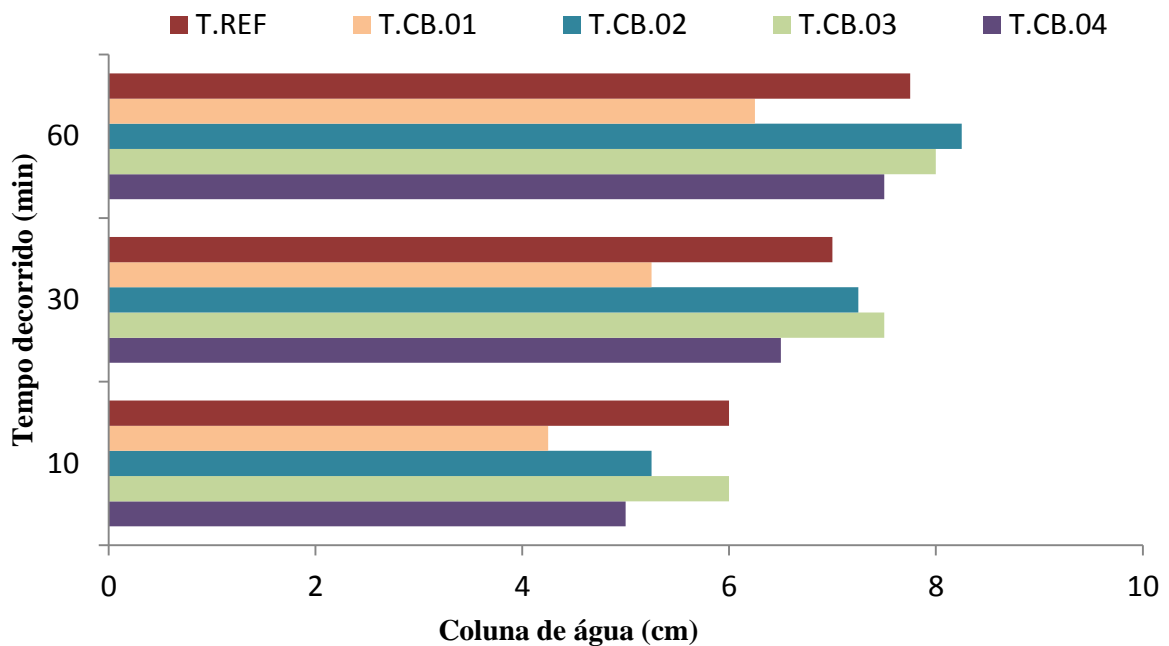
Tabela 6 – Valores médios da coluna de água do ensaio de absorção por capilaridade.

Absorção de água por capilaridade (Coluna de água em cm)					
Tempo decorrido (min)	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
10	6,00	4,25	5,25	6,00	5,00
30	7,00	5,25	7,25	7,50	6,50
60	7,75	6,25	8,25	8,00	7,50

Fonte: A autora (2013).

Através dos valores médios, mostrados na Tabela 6, foi elaborado um gráfico que destaca a diferença da altura de coluna de água nos diferentes traços analisados, com intervalo de confiança de 90% (Figura 32).

Figura 32 – Gráfico da coluna de água por capilaridade por manchamento com intervalo de confiança de 90%.



Fonte: A autora (2013).

De um modo geral, analisando a Figura 32, percebeu-se que houve uma melhora no traço T.CB.01, ele manteve-se mais expressivo em todos os tempos decorridos, ou seja, a coluna de água medida em todos os tempos apresentou resultados inferiores as do traço T.REF. No entanto, os demais traços foram semelhantes e em alguns momentos absorveram mais água do que o traço T.REF. Essa melhora no T.CB.01, pode ser explicada pelo preenchimento dos vazios dos tijolos pela capa polimérica. Comportamento que era esperado também a partir do T.CB.02, mas não foi o que ocorreu. Pois, nessa análise, começa a entrar em contradição, três fenômenos que regem este comportamento: o envolvimento das partículas do solo pela capa polimérica, ou seja o preenchimento dos vazios dos tijolos com polímero; o quanto essa capa polimérica vai secar rápido e evitar que esse sistema seja coeso; e o quanto de vazios vão ficar provenientes da própria moldagem, aspecto visualmente verificado nos corpos (tijolos esburacados), impedindo a obtenção de uma boa coesão. Em termos de capilaridade, o fenômeno que se mostrou mais positivo, mais expressivo, e que melhor regeu o comportamento dos copos foi o primeiro.

Decorridos os 60 minutos do ensaio, alguns tijolos foram totalmente percolados em toda sua altura, como foi o caso, por exemplo, do único tijolo ensaiado do traço T.CB.03, que aparece na Figura 33.

Figura 33 – Percolação total da água por capilaridade no tijolo do traço T.CB.03 (primeiro da direita para esquerda).



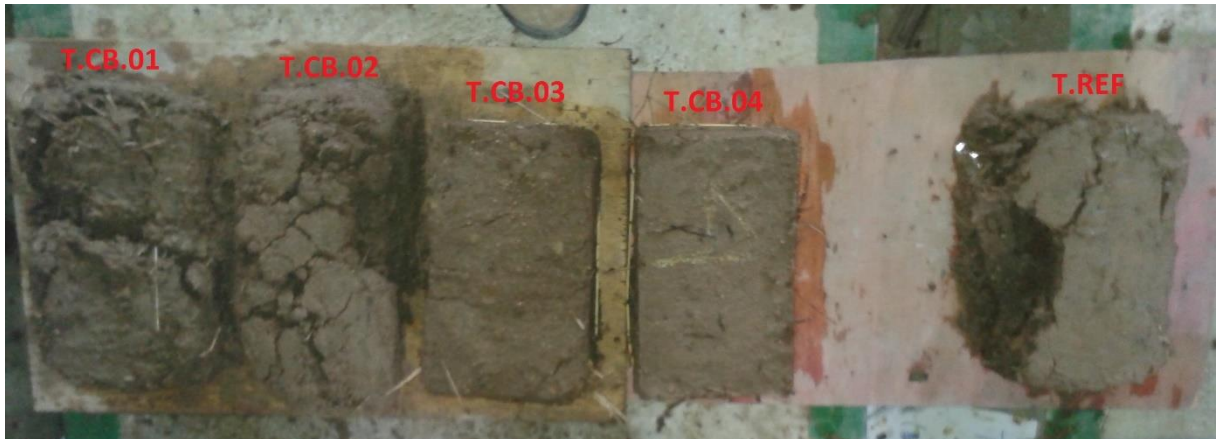
Fonte: Foto da autora (2013).

4.1.4 Absorção de água por imersão

Como explicado no item 3.3.5, por causa da deterioração dos tijolos, observada após decorrida as 24 h do ensaio, não seria interessante medir a massa dos tijolos saturada, uma vez que houve perda de solo para o recipiente. Portanto, será feita apenas uma avaliação visual dos tijolos.

Apesar de terem sido ensaiados 2 tijolos de cada traço (exceto do T.CB.03, que foi apenas um), por condições de dificuldade em retirar os tijolos do recipiente cheio de água e transportá-los para local adequado para comparação (o que poderia comprometer os resultados do ensaio, ou seja, acarretar alterações e perdas de partes do tijolo, que não necessariamente tinham sido provocadas pelo ensaio), optou-se por escolher aparentemente os tijolos que estavam menos deteriorados. Portanto, na Figura 34 observa-se uma comparação visual do aspecto final de cada tijolo escolhido de cada traço, após o ensaio de absorção de água por imersão.

Figura 34 – Aspecto visual dos tijolos após o ensaio de absorção de água total por imersão.



Fonte: Foto da autora (2013).

Como identificado na Figura 34, o traço T.CB.04 foi o que apresentou melhor resultado visualmente e também de mais fácil manuseio ao ser retirado do recipiente e transportado até o local de comparação, pois não apresentou nenhum tipo de deformação, mantendo-se intacto, sem qualquer aspecto de deterioração. O T.CB.03 também apresentou um bom resultado visualmente, apesar de ter apresentado pequenas deformações, e pouquíssimas perdas por deterioração. Já os traços T.CB.01 e T.CB.02, não apresentaram bons resultados visualmente, além de sofrerem deformação e deterioração, ou seja, perda do solo para o recipiente.

Como já discutido, uma maior quantidade de cola ocasiona uma secagem muito rápida do sistema (T.CB.03 e T.CB.04). No entanto, mesmo assim a camada polimérica foi formada, de maneira muito rápida, mas ela se formou. O que provavelmente prejudicou a qualidade final do corpo de prova foi justamente o fato dessa camada ter se formado muito rápido. Porém, o volume de cola é maior, uma vez que está sendo colocado 4 kg (no caso do T.CB.04) de cola ao invés de 2 kg, ou seja, o sistema acaba se transformando em um sistema de polímero com terra, do que de terra com polímero. Então, essa maior quantidade de cola estava firmemente presente no corpo, e o fato dela estar lá foi o que seguiu essa absorção de água.

Trata-se de um ensaio crítico, simulando o rompimento de uma barragem, ou uma enchente que venha a afetar a comunidade. A formação da película de cola foi realmente visível no corpo T.CB.03 e T.CB.04, diferentemente do corpo T.CB.01 e T.CB.02, apesar de ter prejudicado a coesão e a formação e qualidade do corpo de prova no momento da moldagem, ela foi bastante efetiva do ponto de vista da absorção total.

4.1.5 Absorção de água pelo método do cachimbo

Estão apresentados nas Tabelas 7 e 8 os valores individuais das leituras realizadas no cachimbo a cada 5 minutos bem como da quantidade de água absorvida (em mL), e o tempo decorrido para atingir a marca de 0 mL, respectivamente. Lembrando que o nível de água de referência indicado no cachimbo é de 4 mL.

Tabela 7 – Leituras realizadas no cachimbo com o tempo.

Absorção de água pelo método do cachimbo - T.REF		
Tempo decorrido (min)	Leitura no cachimbo (mL)	Quantidade de água absorvida pelo tijolo (mL)
5	2,10	1,90
10	0,75	1,35
15	0	0,75

Fonte: A autora (2013).

Tabela 8 – Tempo decorrido até atingir a marca de 0 mL no cachimbo.

Absorção de água pelo método do cachimbo	
Traço	Tempo necessário para o nível de água atingir a marca de 0 mL
T.CB.01	4 minutos
T.CB.02	2 minutos
T.CB.03	10 segundos
T.CB.04	8 segundos

Fonte: A autora (2013).

De acordo com os dados analisados nas Tabelas 7 e 8, observa-se que nenhum dos traços teve o mesmo comportamento do traço T.REF, ou seja, todos os 4 mL, colocados no nível de referência do cachimbo, foram absorvidos antes dos primeiros 5 minutos de realização do ensaio, uns até antes dos primeiros 30 segundos (como o T.CB.03 e T.CB.04). Além disso, o traço T.REF levou exatamente 15 minutos para absorver completamente os 4 mL. De um modo geral, todos os tijolos absorveram água rapidamente, devido aos vazios que ficaram durante o processo de moldagem. Esses vazios ora podem estar preenchidos por cola, ora podem não estar preenchidos por cola, o que favorece a absorção de água. Realmente, o que foi observado é que os tijolos absorveram água muito rápido justamente por terem ficado

tijolos muito falhados. Apesar disso, o T.CB.01, foi o que apresentou melhor comportamento, dentre todos os traços, ele foi o que mais demorou a absorver toda a água. Por ele ter menos cola do que os demais, demorou mais a secar e a mistura apresentou maior trabalhabilidade, uma maior coesão dos grãos provocado pela cola no momento da moldagem, e apesar de também apresentar falhas, foi o que obteve melhor comportamento.

4.1.6 Resistência à compressão

Os tijolos foram rompidos com idade de 42 dias. Os resultados encontrados no cálculo da resistência à compressão, mostrados no APÊNDICE E (Tabelas E.1 a E.5), estão resumidos na Tabela 9, os quais foram utilizados para análise por meio do intervalo de confiança.

Tabela 9 – Valores da resistência à compressão de todos os corpos de prova.

Numeração do tijolo	Resistência à compressão (f_c)				
	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
1	2,48	2,75	1,51	1,93	1,94
2	2,78	3,72	1,25	1,90	2,51
3	2,98	3,77	2,12	1,91	1,80
4	2,29	3,31	1,45	1,76	2,69
5	3,17	2,84	2,23	1,61	2,31
6	3,00	-----	-----	-----	1,78
Média	2,78	3,28	1,71	1,82	2,17
Desvio padrão	0,34	0,48	0,44	0,14	0,39
Intervalo de confiança	0,2779	0,4545	0,4149	0,1299	0,3181

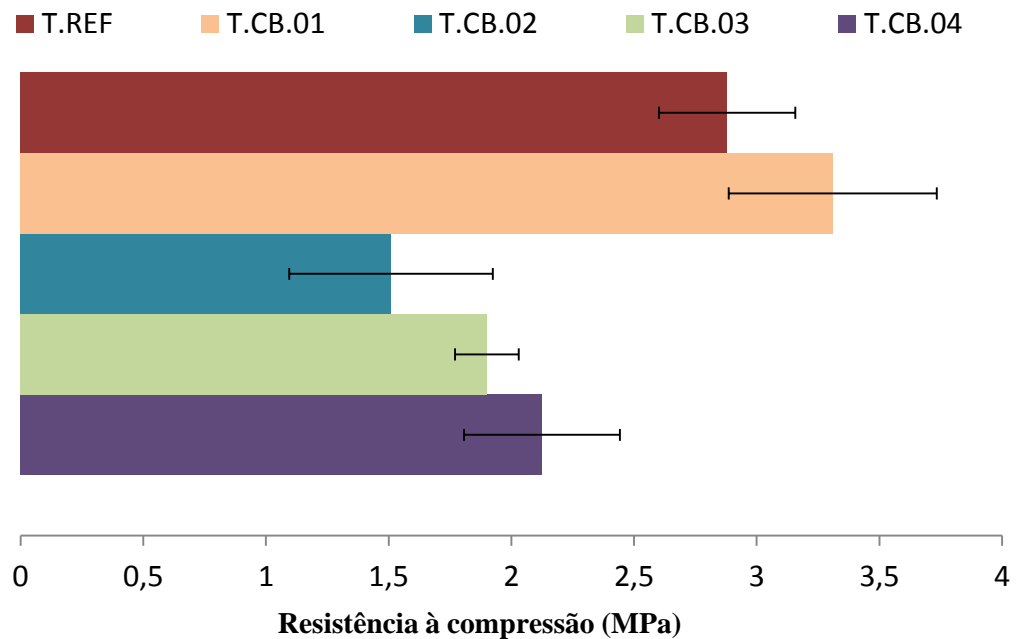
Fonte: A autora (2013).

Apesar de terem sido ensaiados seis corpos de prova do traço T.CB.01 (Tabela 1), só foram considerados cinco resultados. Pois, um corpo de prova foi “esmagado” pela prensa, o que levou ao valor da carga de ruptura não estacionar, continuou aumentando, até ter sido parado propositalmente.

Analisando os dados da Tabela 9, apenas os traços T.CB.02 e T.CB.03 apresentaram a média das amostras inferior ao que prescreve a NBR 10836/94, ou seja, < 2,0 MPa. No entanto, de um modo geral, analisando os valores individuais, a maioria das amostras atingiu o mínimo exigido pela norma, de 1,7 MPa.

Com os valores da Tabela 9, foi elaborado um gráfico (Figura 35) que identifica as diferenças entre os resultados obtidos do ensaio de resistência à compressão, com intervalo de confiança de 90%.

Figura 35 – Gráfico da resistência à compressão (MPa) com intervalo de confiança de 90%.



Fonte: A autora (2013).

Apesar do gráfico da Figura 35 indicar visualmente que os valores da resistência à compressão do traço T.CB.01 são maiores que a do traço T.REF, numericamente isso não pode ser afirmado. Ao analisar os valores na Tabela 9, observa-se que não necessariamente os valores da resistência à compressão do traço T.CB.01 são maiores que a do traço T.REF, pois os valores do T.CB.01 não mantém um intervalo entre si maior que os do traço T.REF.

A partir do T.CB.02, com o aumento da quantidade de cola, de polímero no sistema, há uma redução da resistência do sistema. O que antes estava sendo absorvido por uma matriz sólida, agora está sendo absorvida por uma matriz sólida onde parte dela, para o mesmo volume, foi substituído por uma matriz polimérica, uma cola “dura”. Isso explica a redução na resistência do sistema, apesar de não ter sido uma redução tão drástica, no entorno de 2,5 MPa para 2,0 MPa. O T.CB.01 foi, dentro do desvio, praticamente igual ao T.REF, mas os demais traços perderam mais resistência, não só pela matriz polimérica que foi introduzida, mas principalmente também pelos vazios de defeito que foram introduzidos no sistema, devido a rápida secagem, dificultando a moldagem adequada.

Mesmo o T.CB.01 tendo apresentado um melhor comportamento do que os demais, o ideal era a realização do ensaio com uma maior quantidade de corpos de prova, para assim comprovar esta suspeita. No entanto, pode-se afirmar com 90% de confiança que os valores da resistência à compressão do traço T.CB.01 são semelhantes aos do traço T.REF, ou seja os valores do T.CB.01 não alteram a resistência à compressão do sistema. Contudo, com a mesma confiança, pode-se afirmar que os valores dos demais traços reduziram a resistência à compressão do sistema.

Além disso, foi verificado uma melhora na tenacidade do sistema, o que foi observado nas características finais do bloco. A maioria dos blocos que foram rompidos, apesar de se despedaçarem um pouco nas laterais, se mantiveram unidos. O fato deles terem permanecidos unidos está intimamente ligado com o aumento da tenacidade do sistema, a cola exerceu essa função de mola, de absorver essa energia e fazer com que o bloco não se desfizesse de uma só vez (Figura 37).

Nas Figuras 36 e 37 é observado o aspecto visual dos tijolos durante e após a execução do ensaio, respectivamente.

Figura 36 – (a) Aspecto do tijolo ao atingir a carga de ruptura máxima; (b) Aspecto do tijolo após atingir a carga máxima de ruptura.



Fonte: Foto da autora (2013).

Figura 37 – (a) Vista superior do tijolo após execução do ensaio; (b) Vista lateral do tijolo após execução do ensaio.



Fonte: Foto da autora (2013).

5 CONCLUSÕES

Com relação ao ensaio de massa específica, ao ter menores proporções de cola na mistura (T.CB.01), foi possível perceber o aspecto mais trabalhável da mistura no momento da moldagem, ou seja, o polímero foi capaz de envolver os grãos do solo, deixando o tijolo com a massa específica menor. Ao adicionar mais cola (T.CB.02, T.CB.03 e T.CB.04), o sistema começa a secar muito rápido, é como se saturasse essa capacidade da cola de envolver os grãos, e a cola não consegue mais incorporar no sistema.

Analisando o comportamento das três dimensões dos tijolos, foi percebido que os tijolos do T.CB.01 perderam altura de um modo mais expressivo, ou seja, apresentaram uma maior fluidez. É como se menores quantidades de cola favorecessem o sistema, de modo que a mistura não secasse tão rápido e se comportasse de maneira mais trabalhável, deixando esse sistema mais coeso. Esse aumento da quantidade de cola fez com que os tijolos dos demais traços não fluíssem (exceto o T.CB.04), não tivessem uma redução na altura tão expressiva como os do T.CB.01. É como se não fosse possível incorporar mais cola no sistema, e isso foi percebido na altura. Até 2 kg houve uma perda na altura, mas depois o sistema secou tão rápido, que não permitiu mais esse fenômeno da fluência. Como consequência, com a diminuição da altura, houve um aumento da largura e no comprimento dos tijolos do traço T.CB.01. E os demais, dentro do erro padrão, se mantiveram tanto na largura como no comprimento. Estas características se confirmaram no ensaio de retração linear, onde observa-se que os tijolos do T.CB.01 e T.CB.02 em sua grande maioria estão perdendo altura, e ganhando largura e comprimento, apesar destas características serem mais expressivas para o T.CB.01. Com o aumento da cola branca, nos demais traços, a mistura secou rapidamente, o que explica ocorrer mais retração do que expansão dos tijolos em todas as três dimensões.

No ensaio de absorção de água por capilaridade, houve uma melhora no traço T.CB.01, a coluna de água medida em todos os tempos apresentou resultados inferiores as do traço T.REF. No entanto, os demais traços foram semelhantes e em alguns momentos absorveram mais água do que o traço T.REF. Essa melhora no T.CB.01, pode ser explicada pelo preenchimento dos vazios dos tijolos pela capa polimérica. De um modo geral, neste ensaio, os corpos se comportaram bem, pois sem a presença da cola, com todos vazios formados, os resultados seriam piores do que o T.REF. Ou seja, existe um equilíbrio neste sistema, pois a cola ajudou a segurar essa capilaridade

A quantidade de cola foi essencial no parâmetro absorção de água por imersão, porque depois de 24 h depois de imerso, o tijolo que tinha mais cola (T.CB.04) foi garantido,

permaneceu intacto. Apesar dele ter garantido essa porosidade, ele foi atingido prejudicando a moldagem. Com a presença de muita cola o sistema secou muito rápido, impedindo a qualidade da moldagem (provocando o aparecimento de vazios), dificultando a coesão entre os grãos do solo. Ao adicionar a cola, essa camada polimérica, conseqüentemente haverá uma interferência na coesão dos grãos. Nesse caso, essa camada se comportou como uma película que revestiu externamente o tijolo do T.CB.04, favorecendo a absorção, fazendo com que ele segurasse a água, preenchendo os seus vazios internos.

Realmente, o problema observado foi a qualidade da moldagem, que o fato da cola ter secado muito rápido, quando adicionada em grandes proporções à mistura, foi perdida essa capacidade de manter a coesão das partículas. É tanto que visualmente percebeu-se que os corpos de prova ficaram esburacados. Portanto, explica-se o comportamento dos tijolos na absorção de água pelo método do cachimbo, pois com a presença de muitos vazios, fez com que todos os tijolos absorvessem água rapidamente. Apesar disso, o T.CB.01, foi o que apresentou melhor comportamento, dentre todos os traços, ele foi o que mais demorou a absorver toda a água.

Em termos de resistência, apesar de ter ocorrido uma queda a partir do traço T.CB.02, de uma forma geral, os tijolos apresentaram um bom comportamento. Já era esperado essa redução na resistência, pois se tinha uma matriz que era só solo e água (T.REF), passando a ter uma matriz de solo, água e cola “dura”.

O objetivo inicial era melhorar a permeabilidade e a porosidade, adicionando cola na fabricação dos tijolos de adobe. No entanto, ocorreu um fenômeno inesperado que contribuiu para os diferentes resultados dos ensaios. O que forma o tijolo, o que contribui para a fabricação destes tijolos de terra crua, é a coesão existente entre os grãos do solo presentes no tijolo. E essa coesão que segura um grão perto do outro, não depende de nenhuma reação química e não necessita de aplicação de nenhuma pressão no momento da execução. Portanto, ao adicionar cola à mistura, conseqüentemente há uma interferência nessa coesão entre os grãos. Essa interferência foi percebida ao se aumentar a quantidade de cola para execução dos diferentes traços. A quantidade de cola excessiva, verificada a partir de 2 kg (T.CB.02), prejudicou principalmente a qualidade da moldagem dos tijolos. Pois, isso fez com que a cola secasse muito rápido no sistema, evitando a coesão dos grãos de terra, dificultando a trabalhabilidade da mistura, não permitindo concluir a moldagem de modo a garantir a aderência dos grãos de terra necessária para a formação dos tijolos. Com isso, durante a moldagem, foi claramente observado os defeitos decorridos deste fenômeno, como os vazios (aparência esburacada dos tijolos), o aspecto deformado dos corpos e também o aparecimento

de trincas e fissuras. Além disso, como foram os primeiros tijolos a serem moldados, não se tinha a sensibilidade de perceber que seria necessário a diminuição da cola, para evitar a secagem rápida da mistura, durante a moldagem.

A dificuldade metodológica foi justamente conseguir moldar o corpo de prova com uma maior quantidade de cola. Pois, se fosse possível colocar os 4 kg de cola e manter qualidade da moldagem, e assim a coesão entre os grãos, o corpo de prova provavelmente apresentaria resultados muito mais favoráveis, pois ele ia resguardar todas as funções e características discutidas nos ensaios realizados. Uma maneira de conseguir essa vantagem seria a utilização de um retardador da reação dessa cola, que impedisse que a cola secasse tão rápido no sistema e garantisse ao final a formação da película que reveste os grãos necessária para manter a coesão.

No geral, o traço T.CB.01, foi o que apresentou melhor comportamento em todos os ensaios realizados, confirmando que a quantidade de cola utilizada nos traços T.CB.02, T.CB.03 e T.CB.04 foi excessiva. No entanto, os resultados obtidos contribuem para estudos futuros mais detalhados acerca do tema.

Algumas sugestões para trabalhos futuros seriam: (1) reduzir a quantidade de cola, trabalhar com traços nas quantidades inferiores a 1 kg, por exemplo com adição de 100 g, 250 g e 500g de cola; (2) estudar e aplicar na mistura algum aditivo que minimize o início de pega da cola; (3) realizar ensaios com elementos que comportassem um grande número de corpos, como por exemplo, fabricar paredes de tijolos de adobe, para simular a aplicação real deste sistema na região do agreste pernambucano.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **EC-4 – Solo-cimento na habitação popular**. 3.ed. São Paulo, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6457: Amostra de solo - Preparação para ensaios de caracterização**. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6459: Solo - Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6460: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão**. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6508: Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7180: Solo - Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181: Solo - Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7182: Solo - Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8491: Tijolo maciço de solo-cimento**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8492: Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10836: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Determinação da resistência à compressão e absorção de água**. Rio de Janeiro, 1994.

BOUTH, J. A. C. **Estudo da potencialidade da produção de tijolos de adobe misturado com outros materiais – uma alternativa de baixo custo para a construção civil**. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio grande do Norte. Natal – RN. Outubro, 2005. 82p.

BUENO, C. F. H. **Tecnologia de materiais de construção**. Universidade Federal de Viçosa. 2000.

CABALA, G. V. E. **Estudo do comportamento mecânico de estruturas de solo-cimento reforçado com fibras de coco e hastes de bambu**. Dissertação (mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Rio grande do Norte. Natal – RN. Janeiro, 2007. 113p.

- DELPECH, M. C.; COUTINHO, F. M. B.; MOURA, P. M. Q.; MELLO, S. D. S. **Síntese de poliuretanos anionômeros em dispersão aquosa. Artigo** técnico científico. Instituto de Macromoléculas – IMA. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. Jul/Set, 1996.
- FARIA, O. B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana – SP).** Tese (Doutorado). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, 2002.
- FELIPETTO, E. **Processamento de polímeros.** Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Faculdade de Engenharia. Departamento de Engenharia Mecânica e Mecatrônica. 2003.
- FERREIRA, R. C.; FREIRE, W. J. **Desempenho físico-mecânico de minipainéis de terra crua tratada com aditivos químicos.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.3, p.585-597, setembro/dezembro, 2005.
- GODOY, E. H. P.; BARROS, M. M. S. B. **Diretrizes para produção de contrapisos estanques.** Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000.
- 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. 41p.
- GOUVEIA, D.; VILLELA, F.; DAMÁSIO, L.; REMIRO, R. **Superadobe construindo com o terreno.** Universidade Federal Fluminense.
- HADDAD, M.; SAMPAIO, R. A. **Polímeros – Propriedades, aplicações e sustentabilidade na construção civil.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Maio, 2006.
- ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciências e Engenharia de Materiais.** IBRACON, 2007.
- NÓBREGA, A. C. V.; MARTINELLI, A. E.; MELO, D. M. A.; FERNANDES, M. R. P.; FREITAS, J. C. O.; NASCIMENTO, J. H. O. **Ataque ácido em compósitos portland/polímeros para poços de petróleo: mecanismos de ação.** Campinas, SP. Outubro, 2007.
- PEREIRA, N. C. **Análise das condições político institucionais para Inovação Tecnológica na Construção Civil: Adobe produzido com macrófitas aquáticas em Palmas – TO.** Dissertação (mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília. Brasília, 2008. 166p.
- RIBOLI, L. E. L. **Resistência mecânica e durabilidade de concretos modificados com polímeros.** Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil. Fundação Universidade Regional de Blumenau. Blumenau, 2012. 48p.
- ROCCO, J. A. F. F.; LIMA, J. E. S.; FRUSTOSO, A. G. IHA, K. MATOS, J. R. A **hidratação do cimento portland modificada pela adição de uma dispersão aquosa de um**

co-polímero acrílico via análises térmicas. Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos – SP, Brasil. Instituto de Química, Universidade de São Paulo – SP, Brasil. Disponível em: <<http://www.sbg.org.br/ranteriores/23/resumos/0154-2/index.html>> Acesso em 25 de abril de 2013.

SILVA, J. T. **A química da cola.** Instituto de Química. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <<http://chc.cienciahoje.uol.com.br/a-quimica-da-cola/>> Acesso em: 24 de abril de 2013.

SILVA, A. C.; LIMA, S. A; LEITE, R. C. V.; PAULA, F. S.; SOARES, R. N.; LIMA, L. C. **Utilização do resíduo da castanha do caju na confecção de tijolos de terra crua (adobe): alternativas para redução do custo final de moradias de interesse social no Brasil.** Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. Universidade de São Paulo. Março, 2005.

TAGOMORI, A. T.; CAVALLARO, F. **Construção em tijolo de adobe.** Universidade de São Paulo – FAU USP, s.d.

TEIXEIRA, L. M. **Adição de polímeros ao concreto visando durabilidade.** s.d.

APÊNDICE A
RESULTADOS DA DETERMINAÇÃO DA MASA ESPECÍFICA APARENTE DOS
TIJOLOS

Tabela A.1 – Média das dimensões de cada tijolo do traço T.REF.

Dimensões (cm) - T.REF			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	10,0	14,5	24,5
	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
Média	10,00	14,17	24,17
2	9,5	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
Média	9,17	15,00	25,00
3	9,0	16,0	27,0
	9,0	16,0	26,0
	9,0	16,0	26,0
Média	9,00	16,00	26,33
4	10,0	14,0	24,5
	9,0	15,0	24,0
	9,0	15,0	24,0
Média	9,33	14,67	24,17
5	10,0	15,5	26,0
	9,5	15,0	26,0
	9,0	15,5	26,0
Média	9,50	15,33	26,00
6	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
Média	10,00	14,00	24,00
7	10,0	15,0	25,0
	9,5	16,0	25,0
	9,0	15,5	25,0
Média	9,50	15,50	25,00
8	9,0	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
	9,0	14,5	24,0
Média	9,00	14,17	24,00
9	9,5	15,0	24,5
	9,5	15,0	24,5
	9,5	15,0	25,0
Média	9,50	15,00	24,67
10	9,5	14,5	26,0
	9,0	14,5	26,0
	9,0	15,0	26,0
Média	9,17	14,67	26,00

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.2 – Média das dimensões de cada tijolo do traço T.CB.01.

Dimensões (cm) - T.CB.01			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	8,5	14,0	24,0
	8,5	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
Média	8,67	14,00	24,00
2	8,0	15,5	26,0
	8,0	15,0	26,5
	8,0	15,5	26,0
Média	8,00	15,33	26,17
3	8,5	16,0	24,5
	8,5	15,0	25,0
	8,0	15,0	26,0
Média	8,33	15,33	25,17
4	8,0	15,0	26,0
	8,0	15,0	25,5
	8,0	14,5	25,0
Média	8,00	14,83	25,50
5	9,0	16,5	26,0
	9,0	16,0	26,5
	8,5	15,5	26,0
Média	8,83	16,00	26,17
6	8,0	15,5	25,0
	8,0	15,5	25,0
	8,5	16,0	24,5
Média	8,17	15,67	24,83
7	8,0	14,5	26,5
	8,5	14,5	25,5
	8,5	14,0	25,0
Média	8,33	14,33	25,67
8	8,0	15,0	26,0
	8,0	15,0	26,0
	7,0	15,0	26,0
Média	7,67	15,00	26,00
9	8,0	15,0	27,0
	7,0	14,5	26,5
	8,0	14,0	26,0
Média	7,67	14,50	26,50
10	8,0	16,0	25,5
	7,0	17,0	25,5
	8,0	15,0	25,0
Média	7,67	16,00	25,33

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.3 – Média das dimensões de cada tijolo do traço T.CB.02.

Dimensões (cm) - T.CB.02			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,5
Média	9,00	15,00	25,17
2	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	24,5
	9,5	15,0	24,0
Média	9,17	15,00	24,50
3	9,0	16,0	25,0
	8,5	16,0	25,5
	8,5	16,0	26,0
Média	8,67	16,00	25,50
4	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,5
	9,0	15,0	25,0
Média	9,00	15,00	25,17
5	10,0	15,0	25,0
	9,5	14,5	25,0
	9,5	15,0	25,0
Média	9,67	14,83	25,00
6	9,0	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
Média	9,00	14,00	24,00
7	9,0	15,5	25,0
	9,0	15,0	24,0
	9,0	15,0	24,0
Média	9,00	15,17	24,33
8	9,0	16,0	25,0
	9,0	16,0	25,5
	8,0	16,0	26,0
Média	8,67	16,00	25,50
9	8,0	14,5	25,5
	8,0	14,0	25,5
	8,0	15,0	25,0
Média	8,00	14,50	25,33
10	9,0	15,0	26,0
	9,0	14,5	25,0
	9,0	14,5	25,5
Média	9,00	14,67	25,50

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.4 – Média das dimensões de cada tijolo do traço T.CB.03.

Dimensões (cm) - T.CB.03			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
	10,0	16,0	26,0
Média	9,33	15,33	25,33
2	10,0	14,5	25,0
	9,5	14,0	25,0
	9,5	14,5	25,0
Média	9,67	14,33	25,00
3	10,0	14,0	25,0
	10,0	14,5	24,5
	9,5	15,0	24,5
Média	9,83	14,50	24,67
4	8,5	15,0	26,0
	8,5	15,0	26,0
	8,5	15,0	26,5
Média	8,50	15,00	26,17
5	9,5	15,0	25,0
	9,0	15,0	24,5
	9,0	14,5	25,5
Média	9,17	14,83	25,00
6	10,0	14,5	24,5
	10,0	15,0	24,5
	9,5	15,0	24,5
Média	9,83	14,83	24,50
7	8,5	14,5	25,0
	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
Média	8,83	14,83	25,00

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.5 – Média das dimensões de cada tijolo do traço T.CB.04.

Dimensões (cm) - T.CB.04			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	10,0	15,0	25,0
	9,5	15,0	25,0
	9,5	15,0	25,0
Média	9,67	15,00	25,00
2	9,5	16,0	25,5
	9,5	15,0	25,0
	9,5	16,0	25,5
Média	9,50	15,67	25,33
3	10,0	15,0	25,0
	10,0	14,5	25,0
	10,0	15,0	25,0
Média	10,00	14,83	25,00
4	9,5	15,0	25,0
	9,5	15,0	25,0
	9,5	14,5	25,0
Média	9,50	14,83	25,00
5	9,5	14,0	24,0
	9,5	14,5	24,5
	9,5	14,5	24,5
Média	9,50	14,33	24,33
6	10,0	15,0	26,0
	9,5	15,5	26,0
	9,5	15,5	26,0
Média	9,67	15,33	26,00
7	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
Média	10,00	14,00	24,00
8	9,5	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
Média	9,83	14,00	24,00
9	9,5	14,0	24,0
	9,5	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,5
Média	9,67	14,00	24,17
10	10,0	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
	9,5	14,0	24,0
Média	9,50	14,00	24,00

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.6 – Média das dimensões de todos os tijolos.

Média das dimensões (cm)					
Dimensão	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
Altura	9,42	8,13	8,92	9,13	9,68
Largura	14,85	15,10	15,02	14,81	14,60
Comprimento	24,93	25,53	25,00	25,10	24,68

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.7 – Massa específica aparente dos tijolos do traço T.REF.

Massa específica aparente ($\rho_{ap,T}$)- T.REF						
Numeração do tijolo	Altura média (Hm) (cm)	Largura média (Lm) (cm)	Comprimento médio (Cm) (cm)	Volume do tijolo (VT) (cm ³)	Massa do tijolo (MT) (kg)	$\rho_{ap,T}$ (kg/m ³)
1	10,00	14,17	24,17	3424,89	7,05	2058,46
2	9,17	15,00	25,00	3438,75	6,72	1954,20
3	9,00	16,00	26,33	3791,52	6,60	1740,73
4	9,33	14,67	24,17	3308,17	6,80	2055,51
5	9,50	15,33	26,00	3786,51	6,47	1708,70
6	10,00	14,00	24,00	3360,00	7,02	2089,29
7	9,50	15,50	25,00	3681,25	6,68	1814,60
8	9,00	14,17	24,00	3060,72	6,68	2182,49
9	9,50	15,00	24,67	3515,48	6,48	1843,28
10	9,17	14,67	26,00	3497,62	6,43	1838,39

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.8 – Massa específica aparente dos tijolos do traço T.CB.01.

Massa específica aparente ($\rho_{ap,T}$) - T.CB.01						
Numeração do tijolo	Altura média (Hm) (cm)	Largura média (Lm) (cm)	Comprimento médio (Cm) (cm)	Volume do tijolo (VT) (cm ³)	Massa do tijolo (MT) (kg)	$\rho_{ap,T}$ (kg/m ³)
1	8,67	14,00	24,00	2913,12	5,64	1936,07
2	8,00	15,33	26,17	3209,49	5,80	1807,14
3	8,33	15,33	25,17	3214,18	5,82	1810,73
4	8,00	14,83	25,50	3025,32	5,79	1913,85
5	8,83	16,00	26,17	3697,30	6,13	1657,97
6	8,17	15,67	24,83	3178,83	6,11	1922,09
7	8,33	14,33	25,67	3064,20	5,84	1905,88
8	7,67	15,00	26,00	2991,30	5,75	1922,24
9	7,67	14,50	26,50	2947,20	5,90	2001,90
10	7,67	16,00	25,33	3108,50	5,69	1830,47

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.9 – Massa específica aparente dos tijolos do traço T.CB.02.

Massa específica aparente ($\rho_{ap,T}$) - T.CB.02						
Numeração do tijolo	Altura média (Hm) (cm)	Largura média (Lm) (cm)	Comprimento médio (Cm) (cm)	Volume do tijolo (VT) (cm ³)	Massa do tijolo (MT) (kg)	$\rho_{ap,T}$ (kg/m ³)
1	9,00	15,00	25,17	3397,95	5,67	1668,65
2	9,17	15,00	24,50	3369,98	5,57	1652,83
3	8,67	16,00	25,50	3537,36	5,50	1554,83
4	9,00	15,00	25,17	3397,95	5,94	1748,11
5	9,67	14,83	25,00	3585,15	5,72	1595,47
6	9,00	14,00	24,00	3024,00	5,75	1901,46
7	9,00	15,17	24,33	3321,77	5,68	1709,93
8	8,67	16,00	25,50	3537,36	5,98	1690,53
9	8,00	14,50	25,33	2938,28	5,75	1956,93
10	9,00	14,67	25,50	3366,77	5,74	1704,90

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.10 – Massa específica aparente dos tijolos do traço T.CB.03.

Massa específica aparente ($\rho_{ap,T}$) - T.CB.03						
Numeração do tijolo	Altura média (Hm) (cm)	Largura média (Lm) (cm)	Comprimento médio (Cm) (cm)	Volume do tijolo (VT) (cm ³)	Massa do tijolo (MT) (kg)	$\rho_{ap,T}$ (kg/m ³)
1	9,33	15,33	25,33	3622,92	5,21	1438,07
2	9,67	14,33	25,00	3464,28	5,89	1700,21
3	9,83	14,50	24,67	3516,34	5,38	1530,00
4	8,50	15,00	26,17	3336,68	5,51	1651,34
5	9,17	14,83	25,00	3399,78	5,38	1582,46
6	9,83	14,83	24,50	3571,58	6,17	1727,53
7	8,83	14,83	25,00	3273,72	5,61	1713,65

Fonte: A autora (2013).

Tabela A.11 – Massa específica aparente dos tijolos do traço T.CB.04.

Massa específica aparente ($\rho_{ap,T}$) - T.CB.04						
Numeração do tijolo	Altura média (Hm) (cm)	Largura média (Lm) (cm)	Comprimento médio (Cm) (cm)	Volume do tijolo (VT) (cm ³)	Massa do tijolo (MT) (kg)	$\rho_{ap,T}$ (kg/m ³)
1	9,67	15,00	25,00	3626,25	5,62	1549,81
2	9,50	15,67	25,33	3770,75	5,50	1458,60
3	10,00	14,83	25,00	3707,50	5,72	1542,82
4	9,50	14,83	25,00	3522,13	5,98	1697,84
5	9,50	14,33	24,33	3312,16	6,22	1877,93
6	9,67	15,33	26,00	3854,27	5,90	1530,77
7	10,00	14,00	24,00	3360,00	5,91	1758,93
8	9,83	14,00	24,00	3302,88	5,64	1707,60
9	9,67	14,00	24,17	3272,13	5,66	1729,76
10	9,50	14,00	24,00	3192,00	5,92	1854,64

Fonte: A autora (2013).

APÊNDICE B
RESULTADOS DA ANÁLISE DAS DIMENSÕES DOS TIJOLOS

Tabela B.1 – Dimensões de cada tijolo do traço T.REF.

Dimensões (cm) - T.REF			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	10,0	14,5	24,5
	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
2	9,5	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
3	9,0	16,0	27,0
	9,0	16,0	26,0
	9,0	16,0	26,0
4	10,0	14,0	24,5
	9,0	15,0	24,0
	9,0	15,0	24,0
5	10,0	15,5	26,0
	9,5	15,0	26,0
	9,0	15,5	26,0
6	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
7	10,0	15,0	25,0
	9,5	16,0	25,0
	9,0	15,5	25,0
8	9,0	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
	9,0	14,5	24,0
9	9,5	15,0	24,5
	9,5	15,0	24,5
	9,5	15,0	25,0
10	9,5	14,5	26,0
	9,0	14,5	26,0
	9,0	15,0	26,0
Média	9,42	14,85	24,93
Desvio padrão	0,44	0,67	0,89
Intervalo de confiança	0,1313	0,2016	0,2667

Fonte: A autora (2013).

Tabela B.2 – Dimensões de cada tijolo do traço T.CB.01.

Dimensões (cm) - T.CB.01			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	8,5	14,0	24,0
	8,5	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
2	8,0	15,5	26,0
	8,0	15,0	26,5
	8,0	15,5	26,0
3	8,5	16,0	24,5
	8,5	15,0	25,0
	8,0	15,0	26,0
4	8,0	15,0	26,0
	8,0	15,0	25,5
	8,0	14,5	25,0
5	9,0	16,5	26,0
	9,0	16,0	26,5
	8,5	15,5	26,0
6	8,0	15,5	25,0
	8,0	15,5	25,0
	8,5	16,0	24,5
7	8,0	14,5	26,5
	8,5	14,5	25,5
	8,5	14,0	25,0
8	8,0	15,0	26,0
	8,0	15,0	26,0
	7,0	15,0	26,0
9	8,0	15,0	27,0
	7,0	14,5	26,5
	8,0	14,0	26,0
10	8,0	16,0	25,5
	7,0	17,0	25,5
	8,0	15,0	25,0
Média	8,13	15,10	25,53
Desvio padrão	0,51	0,77	0,81
Intervalo de confiança	0,1524	0,2313	0,2429

Fonte: A autora (2013).

Tabela B.3 – Dimensões de cada tijolo do traço T.CB.02.

Dimensões (cm) - T.CB.02			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,5
2	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	24,5
	9,5	15,0	24,0
3	9,0	16,0	25,0
	8,5	16,0	25,5
	8,5	16,0	26,0
4	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,5
	9,0	15,0	25,0
5	10,0	15,0	25,0
	9,5	14,5	25,0
	9,5	15,0	25,0
6	9,0	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
7	9,0	15,5	25,0
	9,0	15,0	24,0
	9,0	15,0	24,0
8	9,0	16,0	25,0
	9,0	16,0	25,5
	8,0	16,0	26,0
9	8,0	14,5	25,5
	8,0	14,0	25,5
	8,0	15,0	25,0
10	9,0	15,0	26,0
	9,0	14,5	25,0
	9,0	14,5	25,5
Média	8,92	15,02	25,00
Desvio padrão	0,46	0,62	0,62
Intervalo de confiança	0,1371	0,1870	0,1850

Fonte: A autora (2013).

Tabela B.4 – Dimensões de cada tijolo do traço T.CB.03.

Dimensões (cm) - T.CB.03			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
	10,0	16,0	26,0
2	10,0	14,5	25,0
	9,5	14,0	25,0
	9,5	14,5	25,0
3	10,0	14,0	25,0
	10,0	14,5	24,5
	9,5	15,0	24,5
4	8,5	15,0	26,0
	8,5	15,0	26,0
	8,5	15,0	26,5
5	9,5	15,0	25,0
	9,0	15,0	24,5
	9,0	14,5	25,5
6	10,0	14,5	24,5
	10,0	15,0	24,5
	9,5	15,0	24,5
7	8,5	14,5	25,0
	9,0	15,0	25,0
	9,0	15,0	25,0
Média	9,31	14,81	25,10
Desvio padrão	0,56	0,43	0,58
Intervalo de confiança	0,2005	0,1552	0,2094

Fonte: A autora (2013).

Tabela B.5 – Dimensões de cada tijolo do traço T.CB.04.

Dimensões (cm) - T.CB.04			
Numeração do tijolo	Altura (H)	Largura (L)	Comprimento (C)
1	10,0	15,0	25,0
	9,5	15,0	25,0
	9,5	15,0	25,0
2	9,5	16,0	25,5
	9,5	15,0	25,0
	9,5	16,0	25,5
3	10,0	15,0	25,0
	10,0	14,5	25,0
	10,0	15,0	25,0
4	9,5	15,0	25,0
	9,5	15,0	25,0
	9,5	14,5	25,0
5	9,5	14,0	24,0
	9,5	14,5	24,5
	9,5	14,5	24,5
6	10,0	15,0	26,0
	9,5	15,5	26,0
	9,5	15,5	26,0
7	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
8	9,5	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,0
9	9,5	14,0	24,0
	9,5	14,0	24,0
	10,0	14,0	24,5
10	10,0	14,0	24,0
	9,0	14,0	24,0
	9,5	14,0	24,0
Média	9,68	14,60	24,68
Desvio padrão	0,28	0,64	0,68
Intervalo de confiança	0,0835	0,1907	0,2029

Fonte: A autora (2013).

APÊNDICE C
RESULTADOS DO ENSAIO DE RETRAÇÃO LINEAR DOS TIJOLOS

Tabela C.1 – Retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos na altura.

Numeração do tijolo	Retração e expansão na altura (cm)				
	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
1	0,0	-1,5	-1,0	-1,0	0,0
	0,0	-1,5	-1,0	-1,0	-0,5
	0,0	-1,0	-1,0	0,0	-0,5
2	-0,5	-2,0	-1,0	0,0	-0,5
	-1,0	-2,0	-1,0	-0,5	-0,5
	-1,0	-2,0	-0,5	-0,5	-0,5
3	-1,0	-1,5	-1,0	0,0	0,0
	-1,0	-1,5	-1,5	0,0	0,0
	-1,0	-2,0	-1,5	-0,5	0,0
4	0,0	-2,0	-1,0	-1,5	-0,5
	-1,0	-2,0	-1,0	-1,5	-0,5
	-1,0	-2,0	-1,0	-1,5	-0,5
5	0,0	-1,0	0,0	-0,5	-0,5
	-0,5	-1,0	-0,5	-1,0	-0,5
	-1,0	-1,5	-0,5	-1,0	-0,5
6	0,0	-2,0	-1,0	0,0	0,0
	0,0	-2,0	-1,0	0,0	-0,5
	0,0	-1,5	-1,0	-0,5	-0,5
7	0,0	-2,0	-1,0	-1,5	0,0
	-0,5	-1,5	-1,0	-1,0	0,0
	-1,0	-1,5	-1,0	-1,0	0,0
8	-1,0	-2,0	-1,0	-----	-0,5
	-1,0	-2,0	-1,0	-----	0,0
	-1,0	-3,0	-2,0	-----	0,0
9	-0,5	-2,0	-2,0	-----	-0,5
	-0,5	-3,0	-2,0	-----	-0,5
	-0,5	-2,0	-2,0	-----	0,0
10	-0,5	-2,0	-1,0	-----	0,0
	-1,0	-3,0	-1,0	-----	-1,0
	-1,0	-2,0	-1,0	-----	-0,5

Fonte: A autora (2013).

Tabela C.2 – Retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos na largura.

Retração e expansão na largura (cm)					
Numeração do tijolo	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
1	-0,5	-1,0	0,0	0,0	0,0
	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	-1,0	-1,0	0,0	1,0	0,0
2	0,0	0,5	0,0	-0,5	1,0
	0,0	0,0	0,0	-1,0	0,0
	0,0	0,5	0,0	-0,5	1,0
3	1,0	1,0	1,0	-1,0	0,0
	1,0	0,0	1,0	-0,5	-0,5
	1,0	0,0	1,0	0,0	0,0
4	-1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	0,0	-0,5	0,0	0,0	-0,5
5	0,5	1,5	0,0	0,0	-1,0
	0,0	1,0	-0,5	0,0	-0,5
	0,5	0,5	0,0	-0,5	-0,5
6	-1,0	0,5	-1,0	-0,5	0,0
	-1,0	0,5	-1,0	0,0	0,5
	-1,0	1,0	-1,0	0,0	0,5
7	0,0	-0,5	0,5	-0,5	-1,0
	1,0	-0,5	0,0	0,0	-1,0
	0,5	-1,0	0,0	0,0	-1,0
8	-1,0	0,0	1,0	-----	-1,0
	-1,0	0,0	1,0	-----	-1,0
	-0,5	0,0	1,0	-----	-1,0
9	0,0	0,0	-0,5	-----	-1,0
	0,0	-0,5	-1,0	-----	-1,0
	0,0	-1,0	0,0	-----	-1,0
10	-0,5	1,0	0,0	-----	-1,0
	-0,5	2,0	-0,5	-----	-1,0
	0,0	0,0	-0,5	-----	-1,0

Fonte: A autora (2013).

Tabela C.3 – Retração (valores negativos) e expansão (valores positivos) dos tijolos no comprimento.

Retração e expansão no comprimento (cm)					
Numeração do tijolo	T.REF	T.CB.01	T.CB.02	T.CB.03	T.CB.04
1	-0,5	-1,0	0,0	0,0	0,0
	-1,0	-1,0	0,0	0,0	0,0
	-1,0	-1,0	0,5	1,0	0,0
2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,5
	0,0	1,5	-0,5	0,0	0,0
	0,0	1,0	-1,0	0,0	0,5
3	2,0	-0,5	0,0	0,0	0,0
	1,0	0,0	0,5	-0,5	0,0
	1,0	1,0	1,0	-0,5	0,0
4	-0,5	1,0	0,0	1,0	0,0
	-1,0	0,5	0,5	1,0	0,0
	-1,0	0,0	0,0	1,5	0,0
5	1,0	1,0	0,0	0,0	-1,0
	1,0	1,5	0,0	-0,5	-0,5
	1,0	1,0	0,0	0,5	-0,5
6	-1,0	0,0	-1,0	-0,5	1,0
	-1,0	0,0	-1,0	-0,5	1,0
	-1,0	-0,5	-1,0	-0,5	1,0
7	0,0	1,5	0,0	0,0	-1,0
	0,0	0,5	-1,0	0,0	-1,0
	0,0	0,0	-1,0	0,0	-1,0
8	-1,0	1,0	0,0	-----	-1,0
	-1,0	1,0	0,5	-----	-1,0
	-1,0	1,0	1,0	-----	-1,0
9	-0,5	2,0	0,5	-----	-1,0
	-0,5	1,5	0,5	-----	-1,0
	0,0	1,0	0,0	-----	-0,5
10	1,0	0,5	1,0	-----	-1,0
	1,0	0,5	0,0	-----	-1,0
	1,0	0,0	0,5	-----	-1,0

Fonte: A autora (2013).

APÊNDICE D
RESULTADOS DO ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CAPILARIDADE DOS
TIJOLOS

Tabela D.1 – Coluna de água obtida pelo ensaio de absorção por capilaridade.

Absorção de água por capilaridade (Coluna de água em cm)															
Tempo decorrido (min)	T.REF			T.CB.01			T.CB.02			T.CB.03			T.CB.04		
	Tijolo 1	Tijolo 2	Média	Tijolo 1	Tijolo 2	Média	Tijolo 1	Tijolo 2	Média	Tijolo 1	Tijolo 2	Média	Tijolo 1	Tijolo 2	Média
10	6,0	6,0	6,00	4,5	4,0	4,25	5,0	5,5	5,25	6,0	----	6,00	5,0	5,0	5,00
30	7,0	7,0	7,00	5,5	5,0	5,25	7,0	7,5	7,25	7,5	----	7,50	6,0	7,0	6,50
60	7,5	8,0	7,75	6,5	6,0	6,25	8,0	8,5	8,25	8,0	----	8,00	7,0	8,0	7,50

Fonte: A autora (2013).

APÊNDICE E
RESULTADOS DO ENSAIO DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO DOS TIJOLOS

Tabela E.1 – Resistência à compressão dos tijolos do traço T.REF.

Resistência à compressão (f_c) - T.REF					
Numeração do tijolo	Altura (a) (cm)	Largura (b) (cm)	A (cm ²)	F_{rup} (kN)	f_c (MPa)
1	14,50	24,50	355,25	88,20	2,48
2	14,00	24,50	343,00	95,20	2,78
3	14,00	24,00	336,00	100,00	2,98
4	15,00	24,50	367,50	84,20	2,29
5	14,00	24,00	336,00	106,60	3,17
6	15,00	25,00	375,00	112,60	3,00

Fonte: A autora (2013).

Tabela E.2 – Resistência à compressão dos tijolos do traço T.CB.01.

Resistência à compressão (f_c) - T.CB.01					
Numeração do tijolo	Altura (a) (cm)	Largura (b) (cm)	A (cm ²)	F_{rup} (kN)	f_c (MPa)
1	14,50	24,50	355,25	97,60	2,75
2	14,50	25,00	362,50	135,00	3,72
3	16,00	26,50	424,00	159,80	3,77
4	15,00	26,50	397,50	131,60	3,31
5	15,00	27,00	405,00	115,20	2,84

Fonte: A autora (2013).

Tabela E.3 – Resistência à compressão dos tijolos do traço T.CB.02.

Resistência à compressão (f_c) - T.CB.02					
Numeração do tijolo	Altura (a) (cm)	Largura (b) (cm)	A (cm ²)	F_{rup} (kN)	f_c (MPa)
1	15,00	25,00	375,00	56,60	1,51
2	14,50	24,00	348,00	43,40	1,25
3	14,50	25,00	362,50	77,00	2,12
4	14,00	24,50	343,00	49,60	1,45
5	15,00	25,00	375,00	83,80	2,23

Fonte: A autora (2013).

Tabela E.4 – Resistência à compressão dos tijolos do traço T.CB.03.

Resistência à compressão (f_c) - T.CB.03					
Numeração do tijolo	Altura (a) (cm)	Largura (b) (cm)	A (cm ²)	F_{rup} (kN)	f_c (MPa)
1	14,50	25,00	362,50	69,80	1,93
2	14,00	25,50	357,00	67,80	1,90
3	14,50	24,50	355,25	68,00	1,91
4	14,50	24,00	348,00	61,40	1,76
5	15,00	24,50	367,50	59,00	1,61

Fonte: A autora (2013).

Tabela E.5 – Resistência à compressão dos tijolos do traço T.CB.04.

Resistência à compressão (f_c) - T.CB.04					
Numeração do tijolo	Altura (a) (cm)	Largura (b) (cm)	A (cm ²)	F_{rup} (kN)	f_c (MPa)
1	14,50	24,00	348,00	67,40	1,94
2	14,00	24,50	343,00	86,00	2,51
3	14,50	24,50	355,25	64,00	1,80
4	14,50	25,00	362,50	97,60	2,69
5	14,50	24,50	355,25	82,00	2,31
6	14,50	25,00	362,50	64,40	1,78

Fonte: A autora (2013).