

PROJETO DE ALVENARIA COM A UTILIZAÇÃO DA TÉCNICA ADOBE: VERIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO ENTRE AS CONSTRUÇÕES DE ALVENARIA CONVENCIONAL E TERRA CRUA

Ana Larissa da Silva Xavier (UFCG/CDSA) ana_larissa2@hotmail.com

José Silvino de Lima Neto (UFCG/CDSA) netolimasb@gmail.com

Juliana Thayane de Brito Santana (UFCG/CDSA) thayane3030@gmail.com

Maria Luiza Oliveira Damásio Gomes Pessoa (UFCG/CDSA) maluizad@hotmail.com

Resumo

Um dos mais antigos materiais de construção, que chegou a ser utilizado nas construções do Antigo Egito e Mesopotâmia, o adobe consiste em uma técnica onde é realizado uma mistura de argila, areia e palhas secas, enformados e postos ao sol para secagem, onde não é realizado queima para seu acabamento. Por não ser realizado queima em seu processo, vêm se tornando uma alternativa mais sustentável para a fabricação de tijolos. Procurou-se uma forma ainda mais sustentável para a confecção do tijolo, introduzindo à essa técnica rejeitos de mineradora, onde buscou-se uma forma de resolver esse passivo ambiental, que antes era descartado sem nenhuma utilidade, agora passou a fazer parte no processo produtivo de tijolos. Complementarmente, foi realizado verificações e comparações de conforto térmico, entre o tijolo de terra crua e o tijolo de oito furos convencional, onde foi constatado a alta capacidade que o tijolo de terra crua tem ao oferecer um conforto térmico, em relação ao tijolo de alvenaria convencional.

Palavras-chave: Alvenaria; Adobe; Convencional; Conforto térmico;

1. Introdução

O uso da terra crua como matéria-prima para construções é utilizada pelo homem há pelo menos 9000 anos, sendo a África e o Oriente Médio as regiões onde foram encontrados os registros mais remotos do domínio das técnicas desse tipo de construção. Foi a solução vista para as diversas situações, desde pequenas cabanas de habitação, até a Muralha da China. É notório que, nas Américas, haviam construções de adobe em quase todas as culturas pré-colombianas.

O adobe é uma técnica de construção de paredes com tijolos de terra crua, preparados em moldes e secos ao sol. Nesta técnica, a terra é misturada com água e, às vezes, são adicionadas fibras que podem ser vegetais ou sintéticas, de forma a criar um bloco consistente. Não devem ser usadas terras com argilas expansivas, que, quando molhadas, incorporam moléculas de água na sua estrutura cristalina, tendo como consequência um aumento de volume. (MOREIRA, 2009)

Ainda que este material de construção tenha sido um pouco abandonado no século passado, a construção em terra crua está ressurgindo, pois, além da introdução de processos mecânicos, está fortemente ligada à prática da construção sustentável, já que não é necessário o uso de cimento e não consome combustível na secagem dos tijolos, por não ser queimado.

As construções de terra crua possuem uma característica própria de “respirar”, ou seja, permitem a difusão do ar através de suas paredes. Essa propriedade faz com que o tijolo feito através da técnica Adobe seja biologicamente saudável, pois a “respiração” das paredes possibilita constante renovação do ar, oferecendo um melhor conforto térmico. (PEREIRA, *et al.* 2014)

A necessidade de resolver problemas com rejeitos de mineradora tornou-se inevitável, visto que o aumento da exploração de minérios acarretou a produção excessiva de matérias que são estéreis, inertes ou não aproveitáveis (rejeitos). A utilização desse passivo ambiental se torna importante em razão da grande necessidade de transformar esse tipo de produção em uma produção mais limpa, com menos agressões ao meio ambiente. Além de ser um material refutado à utilização da empresa, tornando-o mais barato.

O tijolo de furo é o tipo mais comum no Brasil, graças ao seu menor custo e a possibilidade de ser encontrado em lojas de materiais de construção em todo o país. Tem

uma alta taxa de desperdício, pois, quando não está cimentado, quebra com facilidade. Não se torna ecologicamente viável, pois sua produção exige a queima para que seu *lead time* seja menor.

Desta forma, este estudo tem a finalidade de comparar a eficiência térmica entre a bioalvenaria com a utilização da técnica Adobe e a construção com tijolo furado. Mostrando que a bioalvenaria se torna mais eficaz quando se trata do conforto térmico, além da sustentabilidade referente à não necessidade de queima, evitando assim o uso de combustíveis.

2. Referencial teórico

2.1 Técnica Adobe

Com origem na região fértil da Mesopotâmia, o adobe foi largamente utilizado na edificação de casas e de monumentos até ao século XX, altura em que se verificou o seu declínio fundamentalmente devido ao advento de novas tecnologias de construção. A partir da década de 70 do séc. XX verifica-se o seu ressurgimento, com a introdução de processos mecânicos no processo produtivo e com a utilização de novos aditivos e estabilizantes (MOREIRA, 2009).

No Brasil existem muitas regiões, principalmente no norte e nordeste, que tem potencial para manipular a terra crua como tecnologia para construção de habitações sociais. Porém, nem todos os solos são propícios para a produção do tijolo Adobe. A constituição ideal da mistura de solo para o adobe contém areia, argila e silte. Portanto, é essencial que o solo seja analisado por meio de testes de campo e laboratório para verificar a necessidade ou não da correção granulométrica com areia (PERAZZO, 2006).

De acordo com Corrêa et al. (2006), a utilização de terra crua como insumo principal na produção de bioalvenaria mostra-se como opção importante em edificações de baixo custo de produção, por economizar em logística, quando a terra apropriada é encontrada acessível no próprio local da obra, pela abundância da matéria-prima na região; por não necessitar mão-de-obra qualificada; por consumir apenas energia solar na sua fabricação e possuir excelente conforto térmico.

O consumo de água para a sua produção é sessenta vezes menor que para a do cimento. Não gera vapores contaminantes e não apresenta perigo na sua manipulação. No entanto, trata-se de um processo artesanal que, dependendo de sua composição em contato com água, sofre desgaste e erosão. (CORRÊA, *et al.* 2006)

Segundo Minke (2010), a proporção correta de areia e argila normalmente fica em torno de 1:1 até 2:1. Proporções menores deixam a massa muito mole e o barro começa a ficar sem aderência. Uma combinação que propicia um barro estável e denso é adicionar grãos, fibras, folhas secas e limpas à mistura. Estes aditivos estabilizam a massa e “amarram” internamente as moléculas de areia e solo. Outra forma de criar misturas estáveis é adicionar cimento, cal e ou cinzas que acaba proporcionando uma liga mais resistente e mais durável. Uma terceira opção é adicionar óleos vegetais, látex, seivas e ou betume asfáltico. Assim a mistura se torna mais impermeável e com menos água fica mais resistente às intempéries.

A terra apropriada para ser usada na construção é a que fica abaixo dos 50 cm. Acima disto na camada superficial, encontra-se normalmente, a chamada terra vegetal que contém matéria orgânica e micro-organismos. Esta não é própria para a construção, pois se torna frágil quando seca, em virtude da decomposição do material e, além disto, pode comprometer a salubridade dos ambientes. (PEREIRA, *et al.* 2014)

2.1.1 Especificações

- A terra ideal é aquela de coloração amarelada, mas os solos de cor castanha e vermelha também podem ser utilizados para a produção dos tijolos. Terras de coloração branca ou preta devem ser descartadas. (MINKE, 2010);
- A terra que apropriada para ser usada na construção é a que fica abaixo dos 50 cm. Acima disto na camada superficial, encontra-se normalmente, a chamada terra vegetal que contém matéria orgânica e microorganismos. (PEREIRA, *et al.* 2014);
- As dimensões empregadas para a produção artesanal são bem variadas. Rodrigues (1980) define 30 x 15 x 15 cm. O arquiteto egípcio Hassan Fathy indica 25 x 15 x 6 cm; Lavinsky et al. (1998) usaram formas dos tamanhos 23 x 11 x 7 cm e 23 x 11 x 10 cm em pesquisa desenvolvida no CEPLAC (Centro de Pesquisas do Cacau em Itabuna);
- As formas são confeccionadas em madeira em vários modelos e tamanhos (duplas, simples, com encaixe), retangulares e quadradas, mas todas com agarradeiras (apoios laterais para as mãos) nos extremos, para facilitar a produção e o desforme (CORRÊA, 2006).

2.2 Rejeito de mineradora

Compreende-se como mineração um conjunto de atividades destinadas a pesquisar, descobrir, mensurar, extrair, tratar, beneficiar e transformar recursos minerais de forma a torná-los benéficos econômicos e sociais.

Segundo o IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração), como indústria, a mineração se diferencia de outros setores produtivos, principalmente por gerar conotações diferenciadas e particularidades muito específicas e distintas daquelas dos resíduos sólidos gerados nos outros segmentos. As notórias alterações físicas à paisagem resultantes de suas práticas são encontradas nas aberturas das cavas, acomodação de material estéril (ou inerte ou não aproveitável) oriundo do decapeamento superficial e da disposição de rejeitos decorrentes dos processos de tratamento ou beneficiamento.

Na extração desse minério, a primeira etapa do processo é a preparação da área de lavra da mina, pela retirada de toda a cobertura vegetal, juntamente com o material do horizonte superficial do solo para a extração do minério. A segunda etapa da extração do minério de bentonita é realizada através do desmonte do minério e seu transporte até a fábrica.

Com a Revolução Industrial, houve uma intensificação na demanda de insumos, mas também como decorrência a geração de rejeitos também cresceu, logo, diante desse impasse, surgiu a necessidade de removê-los das áreas de produção para outros locais, ocasionando descartes diretamente na natureza. E para que ali pudessem ser depositados e contidos, tornou-se necessária a construção de barramentos e diques de contenção.

2.3 Tijolo furado

Também chamados de “tijolo baiano”, têm na parte externa uma série de rachaduras para facilitar a aderência da argamassa de revestimento e seu interior tem pequenos canais prismáticos ou, como se diz popularmente, “furos”.

Em geral se encontra os de 6 furos e de 8 furos, mas há uma grande variedade de tijolos furados. Suas vantagens são a rapidez na execução, baixo peso e preço acessível, porém, tem o maior índice de desperdício. É recomendado comprar 30 por cento a mais do que o necessário, pois o material, quando não está cimentado, quebra com facilidade. Pode ter 6, 8 ou 9 furos, sendo o de 9 o mais resistente.

2.4 Conforto térmico

O equilíbrio da temperatura corpórea depende de 7 variáveis ou parâmetros, sendo que, 3 deles dependem apenas do próprio indivíduo e são - Metabolismo, temperatura da pele e vestimentas que usa.

As quatro variáveis restantes dependem do ambiente em que o indivíduo está, ou seja, do ambiente que envolve o seu corpo. Estas variáveis são - temperatura do ar, umidade relativa, temperatura radiante média (temperatura na superfície dos elementos no local envolvente) e velocidade do ar.

Conforto térmico pode ser definido pela sensação de bem estar, relacionada à temperatura ambiente e umidade. Isto envolve equilibrar o calor produzido pelo corpo com o calor perdido para o meio ambiente circundante.

O tijolo de Adobe, por não ser levado a altas temperaturas durante seu processo de fabricação, mantém espaços vazios entre suas moléculas, o que proporciona sua característica de porosidade e permite a passagem do ar através dele. Essa propriedade faz da construção de terra crua um exemplo de arquitetura biologicamente saudável, pois a “respiração” das paredes possibilita constante renovação do ar, oferecendo um melhor conforto térmico. (PEREIRA, *et al.* 2014)

3. Metodologia

O projeto foi desenvolvido para a disciplina Introdução à Engenharia de Fabricação, onde o objetivo proposto foi o desenvolvimento de tijolos utilizando a técnica Adobe para a realização de verificação e comparação do conforto térmico entre as construções de alvenaria convencional e terra crua.

De acordo com Itiro Iida (2005), o desenvolvimento de um produto deve passar pelas seguintes etapas:

Tabela 1 – Etapas para o desenvolvimento de um produto

Etapas	Atividades gerais	Participação da ergonomia
Definição	Examinar as oportunidades; Verificar as demandas; Definir objetivos do produto; Elaborar as especificações; Estimar custo/benefício;	Examinar o perfil do usuário; Analisar os requisitos do produto;
Desenvolvimento	Analisar os requisitos do sistema;	Analisar as tarefas/atividades;

	Esboçar a arquitetura do sistema; Gerar alternativas de soluções; Desenvolver o sistema;	Analisar a interface: – Informações – Controles
Detalhamento	Detalhar o sistema; Especificar os componentes; Adaptar as interfaces; Detalhar os procedimentos de teste;	Acompanhar os detalhes;
Avaliação	Avaliar o desempenho; Comparar com as especificações; Fazer os ajustes necessários;	Testar a interface com o usuário;
Produto em uso	Prestar serviço pós venda; Adquirir experiência para outros projetos;	Realizar estudos de campo junto aos usuários e consumidores;

Fonte: Adaptado de Itiro Iida (2005)

A partir dos presentes estudos, foi desenvolvido um tijolo de terra crua através da técnica Adobe, com o objetivo de verificar a eficiência do mesmo em oferecer um maior conforto térmico em relação ao tijolo queimado, além de resolver o problema dos passivos ambientais (rejeitos de mineradora) da região.

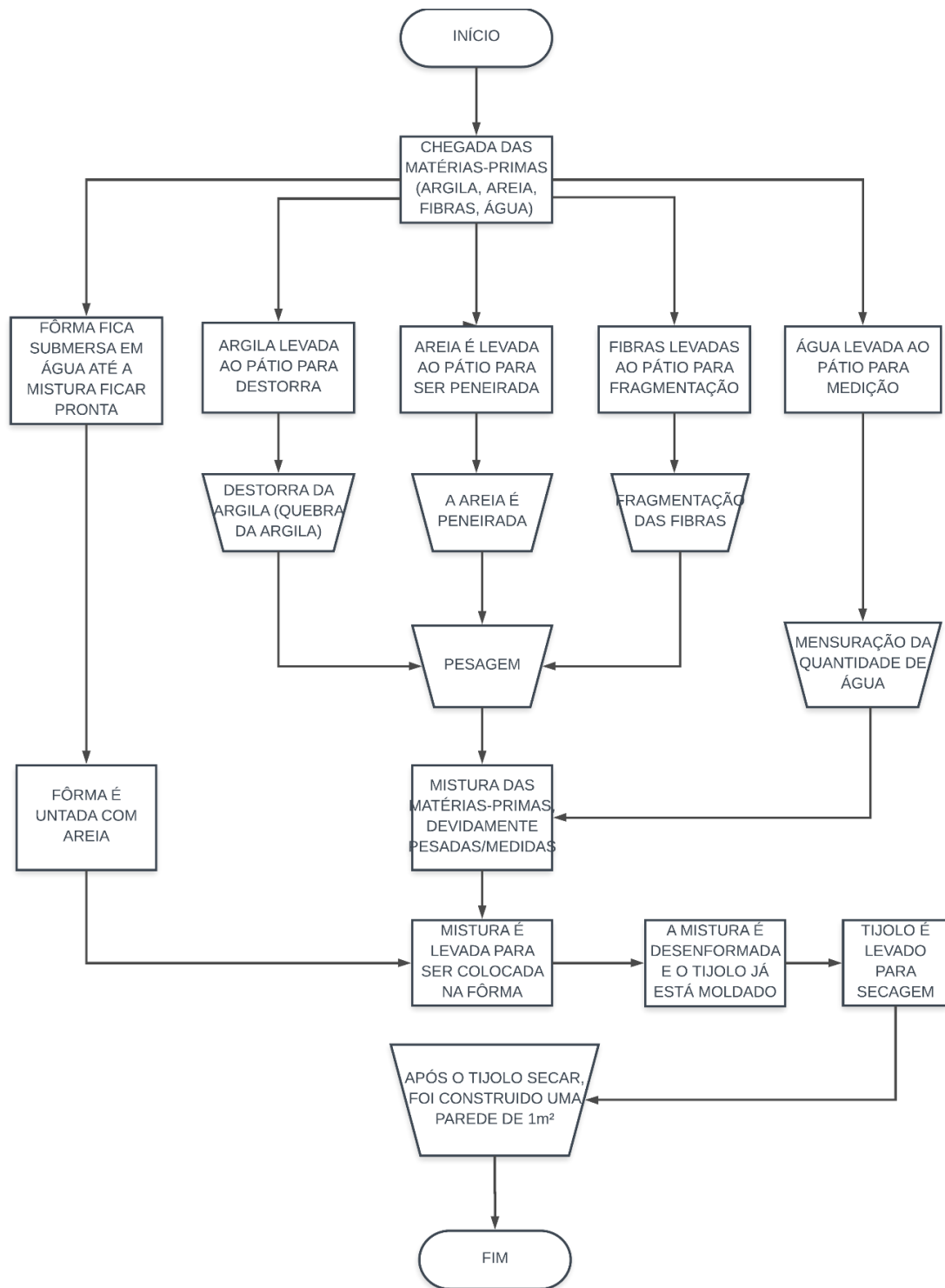
O processo de fabricação se deu na Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, no campus de Sumé (Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido - CDSA), com o auxílio da Prof^a Adriana de Fátima Meira Vital, coordenadora do Laboratório dos Solos e Viveiro de Mudas/Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento – UATEC. Os instrumentos utilizados foram: pás, enxadas, chibancas, peneira, carroça-de-mão, colher-de-pedreiro, balança de precisão, baldes e fôrma.

4. Resultados e discussões

4.1 Descrição do processo de fabricação do tijolo com a técnica Adobe

O fluxograma do processo está detalhado na figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do processo



Fonte: Autoria própria (2018)

5. Descrição do processo de fabricação

Inicialmente foi recolhido o rejeito gerado por uma mineradora, localizada na região semiárida da Paraíba, onde se destaca a exploração da bentonita. Logo após, esse material

foi transportado para o campus da UFCG na cidade de Sumé, localizada no cariri paraibano;

Após a armazenagem do material na área experimental, é realizada a primeira operação: a quebra dos blocos de argila em partículas menores, para que a peneiração seja facilitada. Simultaneamente, há o processo de peneiração da areia. Logo em seguida, é feita a mensuração da quantidade de água que será necessária para o processo.

É realizada a pesagem da argila e da areia até que a quantidade necessária de material seja obtida para que a mistura dos componentes seja feita. A água é colocada aos poucos na mistura, assim como as fibras, até que se atinja a consistência necessária.

É importante pisar na mistura para que ela fique homogênea. Ao alcançar a consistência desejada, a mistura é colocada em uma fôrma previamente confeccionada em madeira, molhada e untada com areia para facilitar o desenforme, com proporções de 30cmx36cmx15cm (comprimento, largura e altura, respectivamente).

Finalmente, após forma ser preenchida, é realizado o desenforme, dando origem a dois tijolos de 30cmx15cmx15cm (comprimento, largura e altura, respectivamente), como demonstrado na figura 2.

Quantidade utilizada de matéria-prima para dois tijolos:

- 15,4kg de argila;
- 7kg de areia;
- 8L de água;
- 600g de fibras (folhas secas).

Figura 2 – Blocos de tijolos prontos



Fonte: Autoria própria (2018)

Com o resultado dos tijolos, o próximo passo foi a construção de duas paredes de 1m² para comparação das temperaturas internas e externas. Uma das paredes foi construída com o tijolo de terra crua, e a outra foi construída com tijolo tradicional de 8 furos.

Figura 3 – Parede de tijolo de terra crua à esquerda na foto e parede de tijolo tradicional de 8 furos à direita na foto



Fonte: Autoria própria (2018)

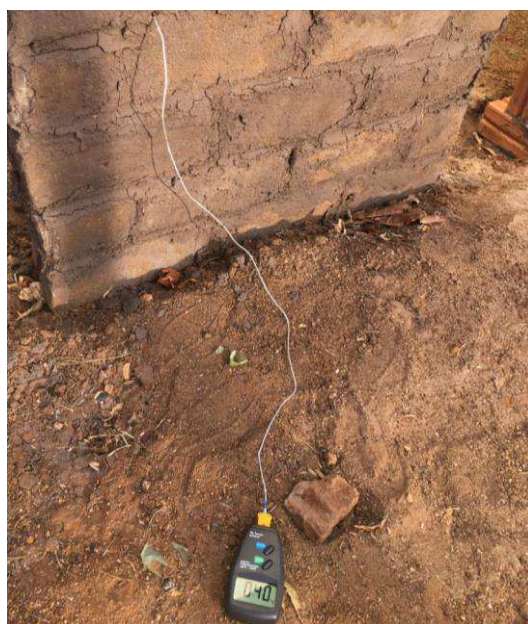
Através de estudos e pesquisas, foi observado que o uso de argilas expansivas não era recomendado para esta atividade e que a extração da mesma teria que ser feita pelo menos a 50cm de profundidade no solo.

Entretanto, a argila utilizada neste processo foi enviada para estudos mais profundos no Laboratório de Solos do CDSA, onde foram verificadas suas características, tais como a capacidade de expansão de até 20 vezes seu volume inicial, mas, em contrapartida, também foi verificada a elevada capacidade de troca catiônica (CTC) que confere à bentonita várias utilidades dentro de diversos setores industriais, como ligante de areias

em moldes para fundição, como impermeabilizante de barragens, etc. Para a correção da expansividade da argila, foi adicionada uma quantidade maior de areia que o normalmente recomendado.

Após definidos um lado externo (onde a incidência de raios solares é maior) e um lado interno (onde a incidência de raios solares é menor) para as paredes, foram feitas medições de temperaturas com um aparelho (termopar) como demonstrado na figura 4, em horários alternados, como mostra a tabela 2.

Figura 4 – Demonstração de medição de temperatura utilizando o termopar



Fonte: Autorial própria (2018)

Tabela 2 – Comparação de temperaturas entre as paredes

Horários	Parede de tijolos de terra crua		Parede de tijolo queimado	
	Temperatura externa (°C)	Temperatura interna (°C)	Temperatura externa (°C)	Temperatura interna (°C)
08:00	22	21	25	23
10:00	29	21	29	24
12:00	33	28	36	40
14:00	35	31	37	39
16:00	40	36	35	36
18:00	36	38	34	29
20:00	28	29	25	25

Fonte: Autorial própria (2018)

Analisando os dados da tabela, é possível afirmar que a parede feita a partir dos tijolos de terra crua possui capacidades diferentes da parede de tijolo queimado.

É notável que a parede de terra crua durante o dia possui a capacidade de armazenar energia na parte externa, graças a sua capacidade de “respirar”, não permitindo a passagem de calor, tornando o ambiente interno mais frio. Já ao entardecer, a energia acumulada começa a ser transferida para a parte interna, e ao anoitecer a energia começa a ser totalmente dissipada, deixando assim o ambiente interno mais aquecido.

Como não possui a mesma capacidade de “respirar”, a parede feita a partir do tijolo tradicional não possui um padrão de transferência de calor, fazendo com que ocorra uma maior variação de energia no ambiente interno.

Um comparativo válido é o do gradiente de temperatura, onde, por exemplo, pode ser observado que às 10h a diferença de temperatura interna e externa da parede de terra crua é de 8°C, enquanto a do tijolo tradicional é de 5°C.

Logo, é perceptível que mesmo com a argila expansiva, o tijolo ainda desempenha satisfatoriamente sua função, graças à sua capacidade de troca catiônica (CTC), confirmando a tese de que o tijolo de terra crua oferece um melhor conforto térmico ao ambiente, onde durante o dia ele esfria o ambiente e à noite o aquece.

6. Considerações Finais

Uma técnica de mais de cinco mil anos usada na fabricação de tijolos de barro vem trazendo bons resultados para as construções ecológicas. Neste artigo foi trabalhada a construção de uma parede, utilizando tijolos feitos a partir da técnica adobe, resultado da procura de uma solução para o aproveitamento de um passivo ambiental, e a comparação do conforto térmico oferecido entre o tijolo de terra crua e o tijolo convencional.

Quanto aos impactos ambientais, tem-se conhecimento que toda atividade produtiva, independente de sua natureza, causa extração de recursos e algum tipo de impacto ao ambiente, com isso, a produção de tijolos é uma excelente alternativa para a destinação da argila rejeitada. Além de que pode ser levada em consideração a possibilidade de utilizá-la em causas sociais, já que são poucas as opções de destinação para este passivo ambiental.

Após a realização de medições e comparações de temperaturas entre ambas as paredes, foi constatado que mesmo com o uso de uma argila expansiva, que até então não era recomendada, a capacidade térmica do tijolo de terra crua não foi comprometida. Deste modo, o presente estudo cooperou para enriquecer os conhecimentos acerca da técnica adobe.

REFERÊNCIAS

- CERBRAS: **DIFERENÇA ENTRE OS TIPOS DE TIJOLOS**. Disponível em:
<<http://blog.cerbras.com.br/index.php/diferencas-entre-os-tipos-de-tijolos/>>. Acesso em: 03 jul. 2018.
- Corrêa aar, teixeira vh, lopes sp, oliveira ms. **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua)**. Lavras – mg; 2006.
- DIAS, J. AVERINHO. **MOVIMENTOS DE MASSA : FATORES QUE INFLUENCIAM A ESTABILIDADE DE VERTENTES**. 2000. Disponível em:
<http://w3.ualg.pt/~jdias/GEOLAMB/GA4_MovMassa/GA42_processos/Processos.html>. Acesso em: 03 jul. 2018.
- Embrapa. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de janeiro: embrapa-cnps. 212p. (embrapa-cnps. Documentos, 1). 1997.
- Ferreira sr,silva ac. **Construções sustentáveis: avaliação das características físico-mecânicas de adobe com adição de fibras vegetais do coco verde**. In: **anais do v encontro nacional e iii encontro latino-americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**. Recife; 2009.
- CAMPOS, IBERÊ M. **TIPOS DE TIJOLOS PARA ALVENARIA** . Disponível em:
<<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=93>>. Acesso em: 03 jul. 2018.
- Minke g. **Manual de construcción en tierra: la tierra como material de construcción y sus aplicaciones en la arquitectura actual**.montevideo: nordan- comunidad, 2010
- Moreira, anabela mendes. **Terra crua, anotações de aula materiais de construção**. Instituto **politécnico de tomar**. Tomar. 2008/2009.
- Perazzo, nb, **curso de construção em terra crua, construção de adobe. Curso apresentado a especialização em tecnologia do ambiente construído**. Fortaleza: centro federal de educação e tecnologia do ceará; 2006
- QUINTÃO, Daniel. **Construções em terra crua: uma opção consciente** . 2010. Disponível em:
<https://estadodeminas.lugarcerto.com.br/app/noticia/colunas/o31-arquitetura/2010/03/08/interna_o31arquitetura,35798/construcoes-em-terra-crua-uma-opcao-consciente.shtml>. Acesso em: 10 jul. 2018.
- Silva, a. R. V.; h.c., ferreira. **Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais**. **Revista eletrônica de materiais e processos**, v.3. N.2, p. 26-35, campina grande-pb, 2008.
- Silva, i. A.; costa, j. M. R.; ferreira, h.s.; menezes, r.r.; neves, g.a.; ferreira, h.c. **organofiliação de argilas bentoníticas com tensoativos não- iônicos visando seu uso em fluidos de perfuração base óleo**. **Cerâmica**, n. 58, p. 317-327, 2012.
- SÓ REPAROS: **Tipos de Tijolos e Blocos: qual a melhor escolha para sua obra?**. 2016. Disponível em: <<http://www.soreparos.com.br/blog/tipos-de-tijolos-e-blocos/>>. Acesso em: 03 jul. 2018.