

Tijolos de Adobe confeccionados em Santarém - Pará com adição de resíduos triturados de garrafas pet

(Adobe Bricks made in Santarém - Pará with added crushed waste of pet bottles)

Galvão, J.K.L.¹; Carvalho, M.C.F.²; Budelon, A.S.²; Soares, A.²; Valle, F.A.F.²; Azevedo, G.A.³;

¹ Universidade Federal do Amazonas - Manaus/AM

² Universidade Luterana do Brasil CEULS/ ULBRA – Santarém/PA

³ Universidade Federal do Pará – Belém/PA

galvaojaine@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo principal a produção e caracterização física e mecânica de tijolos de adobe reforçados com resíduos da garrafa pet triturada. Foram moldados cinco traços, destes, três com adição do resíduo e dois traços de referência, sem adição. Todos foram avaliados por meio de ensaios de caracterização física e mecânica (peso específico, retração linear do barro, absorção de água por capilaridade, absorção de água por imersão e resistência à compressão). Ao adicionar os resíduos de garrafa pet no tijolo, teve-se um material mais leve e impermeável quando comparado ao tijolo sem resíduo, o traço com 5% de foi o mais indicado. O ensaio de resistência mostrou que houve redução ao adicionar o resíduo, obtendo valores inferiores a 2 MPa. Para produção dos tijolos, financeiramente, a partir de 270 tijolos adobe confeccionados, o valor unitário é inferior ao tijolo cerâmico comercializado no município.

Palavras chave: Cerâmica, Sustentabilidade, Construção, Compósitos.

Abstract

This work has as main objective the production and physical and mechanical characterization of adobe bricks reinforced with pet bottle waste. Five traces were formulated, of these, three, with addition of the residue and two reference traces, without addition. All were evaluated by means of physical and mechanical characterization tests (specific gravity, linear retraction of the clay, water absorption by capillarity, water absorption by immersion and compressive strength). When adding the pet bottle residues to the brick, a lighter and impermeable material was obtained when compared to the brick without residue, the 5% trait was the most indicated. The resistance test showed that there was reduction when adding the residue, obtaining values lower than 2 MPa. For the production of bricks, financially, from 270 ready-made adobe bricks, the unit value is inferior to the ceramic brick marketed in the municipality.

Keywords: Ceramics, Sustainability, Construction, Composites.

INTRODUÇÃO

O ato de construir solicita uma intervenção no meio ambiente, modificando drasticamente, não só o local da construção, como também refletindo em grande número dos recursos ambientais, envolvidos no processo [1]. Neste contexto, destaca-se a terra como sendo um material milenar, dotado de diversas aplicações e disponibilidades. Uma das técnicas de construção com terra é o adobe, usado desde a antiguidade em diversas partes do mundo, constituído de materiais naturais (terra, fibra vegetal e água), podem ser adquiridos facilmente e em abundância; não necessita de mão-de-obra especializada; tem baixo impacto ao meio ambiente; não provoca geração de entulho; envolvem menos energia; não é tóxico; há facilidade de incorporação na natureza [2], a análise e o desenvolvimento de tal técnica pode ser uma opção para a redução dos custos da construção.

É eminente que a metodologia de construção adobe necessita de cuidados técnicos tanto na execução da estrutura, quando na composição dos materiais agregados a mesma. O adobe apresenta dificuldade de consolidação frente à umidade e períodos de molhagem-secagem, afetando a durabilidade e ocasionando intempéries. [2] destacam que estudos foram feitos empregando a emulsão asfáltica com taxa de cerca de 2% a fim de aumentar a impermeabilidade dos tijolos de adobe frente à água. Pressupõe-se que esse fato seja regido pela formação de uma camada ao redor das partículas de solo formando uma barreira à penetração da água.

Esse estudo ocorreu mediante as características da terra crua e umidade da região de Santarém/PA, com o objetivo de tornar usual a técnica da construção com tijolo adobe, e avaliar o desempenho deste com a adição do resíduo de politereftalato de etileno, buscando obter a composição ideal que melhore as condições de impermeabilidade do material. Contribuindo assim, para que a população de todas as classes sociais tenha acesso ao que se chama de “Construção Sustentável”.

MATERIAIS E MÉTODOS

Não há normas brasileiras para a confecção dos tijolos adobe e para execução dos ensaios de característicos, portanto realizou-se adaptações as normas existentes relacionadas aos tijolos maciços de barro cozido e aos tijolos de solo-cimento, mostradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Relação das normas utilizadas

DNER-ME 041	Solos - Preparação de amostras para ensaios de caracterização
NBR 6459	Solo - Determinação do limite de liquidez
NBR 6460	Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão
NBR 6508	Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica
NBR 7180	Solo - Determinação do limite de plasticidade
NBR 7181	Solo - Análise granulométrica
NBR 8491	Tijolo maciço de solo-cimento
NBR 8492	Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência à compressão e da absorção d'água;
NBR 9779	Argamassa e concreto endurecidos - Determinação da absorção de água por capilaridade

Adotou-se as dimensões de 10x15x25cm para cada tijolo, devido serem mais próximas do tijolo comum comercializados no mercado santareno e estarem de acordo com a bibliografia. Na Figura 1 é visto a fôrma projetada:

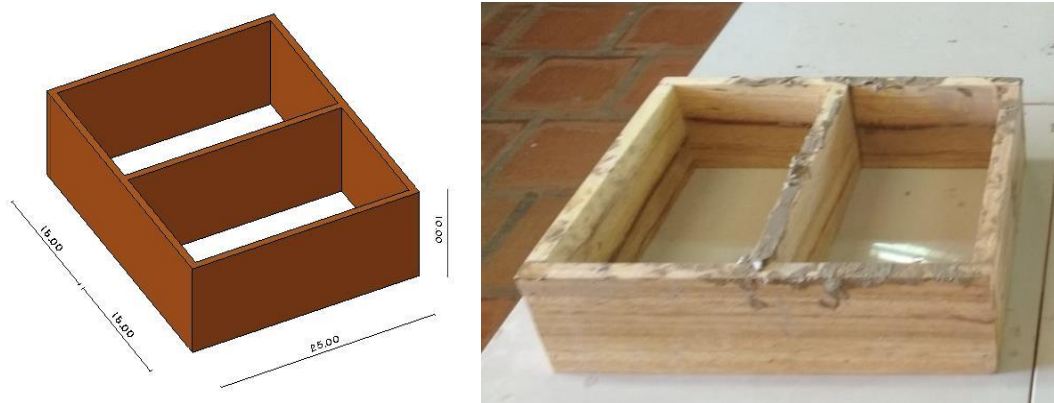


Figura 1 - Fôrma de madeira para moldagem dos tijolos

Foram coletadas e higienizadas 500 garrafas PET's, picotadas manualmente para as medidas de 3%, 5% e 10% do volume da fôrma determinadas em massa, usou-se 320 garrafas.

A determinação da quantidade de solo baseou-se na percepção da mistura ideal, de modo que não escorresse água e possibilitasse a moldagem. Considerou-se então a quantidade de 2 baldes de 8 litros para cada 3 tijolos, confeccionou-se 50 tijolos conforme resumo apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Resumo da quantidade de material de cada traço

Material	Traço de Referência 1	Traço de Referência 2	Traço 1 (3%)	Traço 2 (5%)	Traço 3 (10%)
Siglas	T.REF.01	T.REF.02	T.GP.01	T.GP.02	T.GP.03
Solo (balde)	15	15	15	15	15
Água (L)	10	10	10	10	10
Adição (g)	0,0	0,0	470,25	783,75	1567,50

Os tijolos foram moldados manualmente e secados naturalmente por no mínimo 20 dia, conforme visto na Figura 2



Figura 2 - Secagem a sombra dos protótipos

A determinação da retração linear (Rlx) foi obtida após a secagem dos protótipos, em que se realizou a medição de 3 pontos da altura, largura e comprimentos dos blocos. Após a média das dimensões do tijolo em estado seco, utilizou-se a equação (A) abaixo para calcular a retração. Sendo Df a dimensão final e Di a dimensão inicial para o ponto x .

$$Rlx = Dfx - Dix \quad (A)$$

Para ser realizado o ensaio de resistência à compressão, os tijolos necessitaram ser preparados, para isso fez-se um capeamento dos corpos de prova, antes da ruptura, mostrado na Figura 3. Posteriormente os protótipos foram levados à máquina de ensaio mecânica (Figura 4) e testado com um carregamento uniforme e velocidade constante, centrados na base

propícia para utilização na construção, através da equação (B) pôde-se medir a carga de ruptura:

$$F_c = \frac{F}{A} \quad (B)$$

F_c : resistência à compressão; F : carga de ruptura do corpo-de-prova; A : área da seção de ruptura



Figura 3: Procedimento de capeamento dos corpos de prova



Imagem 4: Corpos de prova durante a aplicação das cargas (AUTORES, 2017).

Para a realização do ensaio de absorção por capilaridade, foram usados 3 corpos de prova de cada traço, os quais foram imersos em um recipiente com lâmina d'água de 2cm. Sendo realizada a medida da altura de água que penetrou nos tijolos, nos tempos de 10 min, 30 min e 60 min. Já no ensaio de absorção total de água foi mergulhado 3 corpos de prova de cada traço em um recipiente com água durante 24 horas a uma temperatura ambiente. Após a

imersão, foram retirados e comparados com os corpos de prova de referência (sem polímeros pet), para melhor perceber a influência da adição no comportamento dos tijolos de adobe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Figura 5 mostre a retração linear volumétrica dos tijolos adobe, tendo como volume base 3750 cm³.

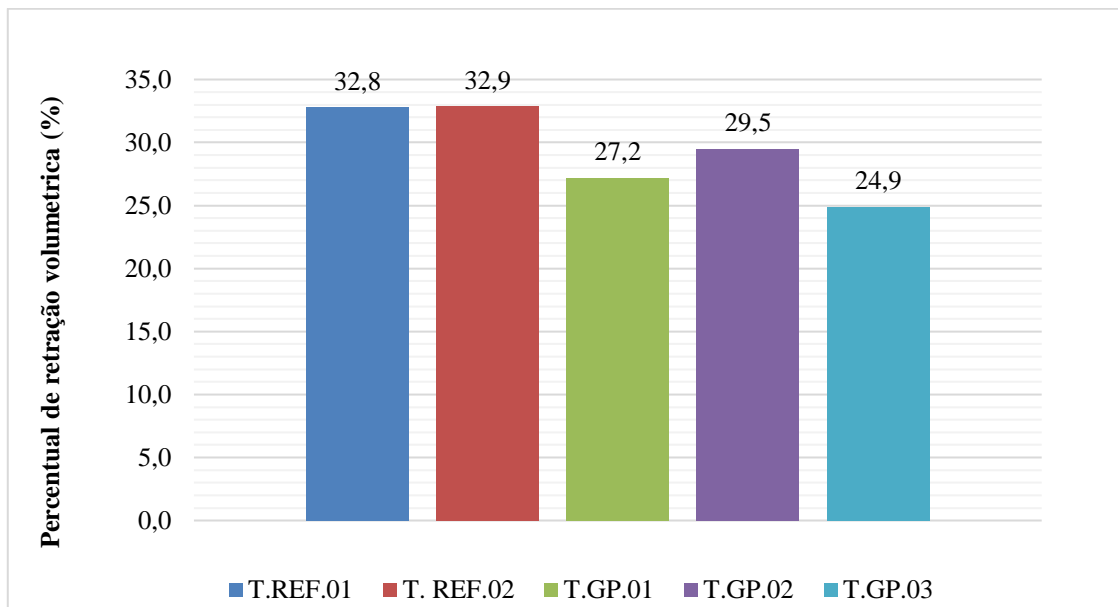


Figura 5 – Gráfico do percentual de retração volumétrica (%)

Observou-se que para todos os traços produzidos houve retração, conforme previsto, devido à significativa quantidade de argila no solo e suas características retrativas, que são identificadas quando há perda de umidade. O T.GP.03 apresentou menor retração linear praticamente, em todas as análises (altura, largura e comprimento), e consequentemente na volumétrica também tendo obtido bons rendimentos, cerca de 24,9%. Considerando que a adição do polímero de garrafa pet visa criar uma barreira para percolação da água, tanto na entrada como na saída, o protótipo com maior adição foi o mais favorável, evitando a perda rápida de água e, por conseguinte a retração.

A Figura 6 expõe os resultados do ensaio de resistência à compressão, neste observa-se o declínio de resistência, esperava-se que com adição de garrafa pet triturada os tijolos mantivessem a mesma resistência à compressão, o que não ocorreu. [3] evidenciou em seu estudo de tijolos adobe com adição de fibras de borracha de pneus triturado que de forma

geral, não alterou a resistência dos protótipos. A tendência quando se adiciona um polímero ao corpo-de-prova é que ocasione uma fragilidade na interfase entre o bloco e a adição, já que são materiais de composições distintas, e há uma dificuldade na agregação de um material com o outro, ocasionando mais áreas de fragilidade no corpo de prova. Como está sendo mostrado na Figura 6, quanto mais pet triturada menos favorável é essa propriedade.

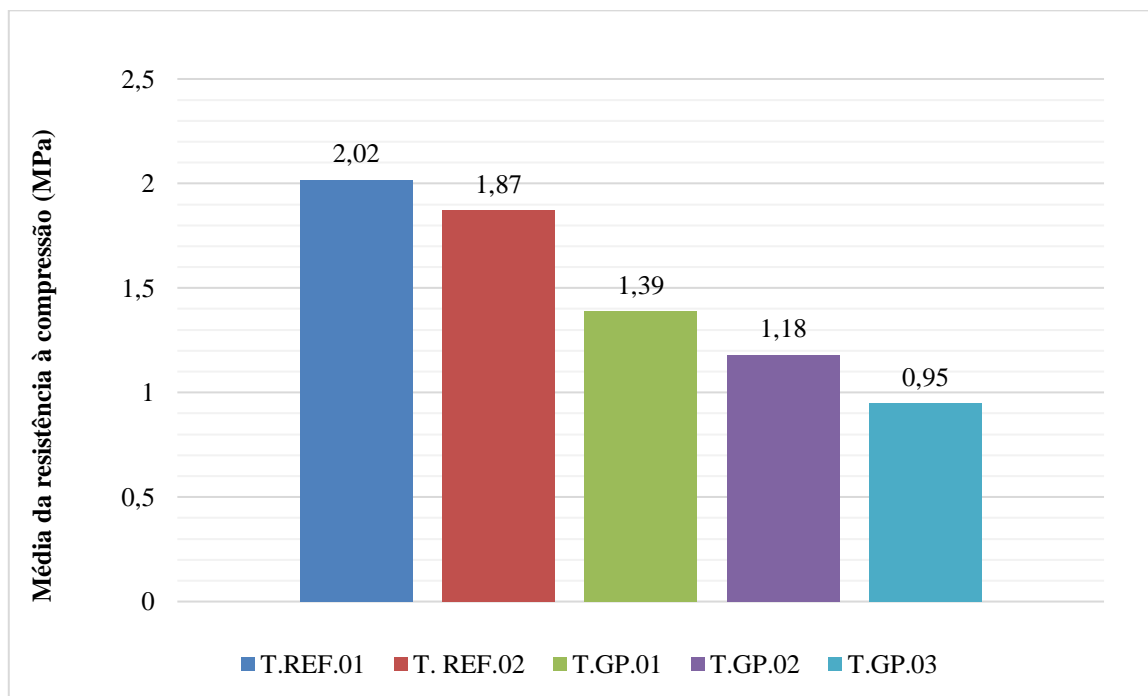


Figura 6 – Gráfico da resistência à compressão (MPa) dos protótipos

A Figura 7 aponta os resultados para o ensaio de absorção por capilaridade nos tempos de 10 minutos, 30 minutos e 60 minutos de cada traço, analisando-se a diferença da altura de coluna de água percolada por manchamento das laterais dos tijolos.

Conforme a Figura 7, os tijolos com adição de polímeros de garrafa pet triturados foram os mais resistentes à permeabilidade de água nos primeiros 30 minutos, provavelmente devido à coluna de impermeabilidade proporcionada pelo material adicionado na mistura. Nos 30 minutos finais do ensaio percebeu-se similaridade de absorção de água entre o traço de referencia (T.REF.02) e o traço com 3% de adição (T.GP.01), porém o maior índice de absorção de líquido é destinado ao traço de referencia (T.REF.01) devido a aglomeração de partículas de solos sem distinção de granulometria. Como resultado deste ensaio o traço mais resistente ao contato com água é o T.GP.02 (com 5% de adição de garrafa pet).

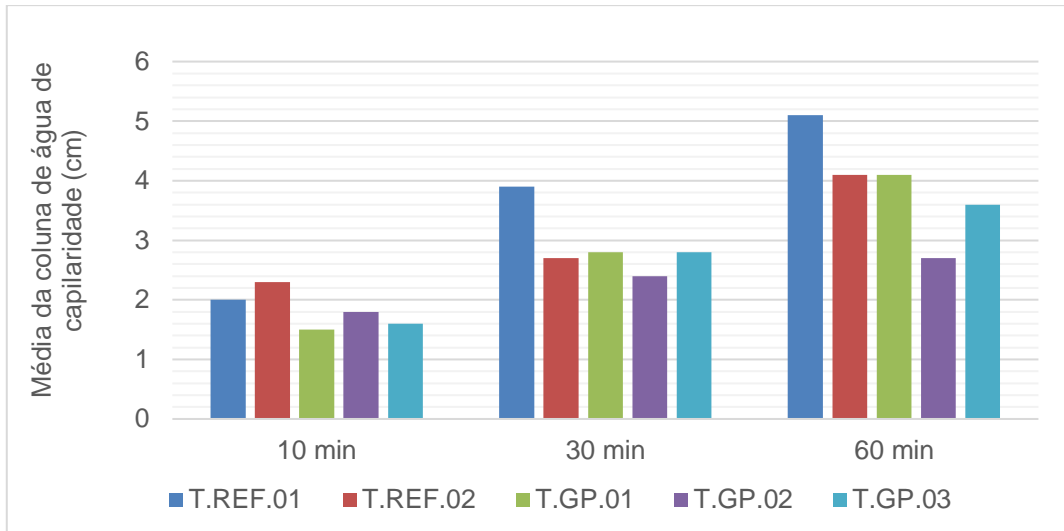


Figura 7 – Gráfico da coluna de água de capilaridade por manchamento (cm)

No ensaio de absorção de água por imersão houve a completa deterioração dos tijolos, não sendo plausível medir as massas saturadas, uma vez que os protótipos se desfizeram conforme a Figura 8a.

Mas, na tentativa de retirar os tijolos para a análise visual, obteve-se sucesso em apenas um, que foi o T.GP.02, portanto sugere-se que esse traço seja o que mais resistiu a percolação da água, sendo assim o considerado menos permeável neste ensaio, o tijolo é mostrado na Figura 8b.



Figura 8 –a) Traços T.GP01, T.GP.02 e T.GP.03, respectivamente, b) Traço de adição de 5% de polímero pet, após a absorção total

O estudo da relação custo-benefício dos tijolos adobe foi baseado no tijolo cerâmico, com média de valor unitário de R\$ 0,45, quando comprados em milhares. Os custos de

produção dos tijolos em adobe consideraram os seguintes materiais descritos na Tabela 3, além da porcentagem de 20% acima do valor destinado a aquisição e/ou transporte de solo.

Tabela 3 – Itens considerados para orçamento dos tijolos adobe

Orçamento dos Tijolos Adobe					
Materiais Principais	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total	
Laminas para o filetador	15	Unid.	R\$ 0,30	R\$	4,50
Formas de Madeira	2	Unid.	R\$ 30,00	R\$	60,00
				Valor 30 Tijolos	R\$ 64,50
				20% de Solo	R\$ 77,40
				Valor Unitário do Tijolo	R\$ 2,58

Para a quantidade de tijolos produzida com adição nessa pesquisa o valor unitário é significativamente elevado, custando estimados R\$ 2,58 centavos, o que torna a produção, em pequena escala, inviável financeiramente. A partir de 270 tijolos adobe o valor unitário se equiparará ao tijolo cerâmico, e tende a diminuição gradativa conforme o aumento da quantidade de tijolos adobe produzidos, como visto na Figura 10.

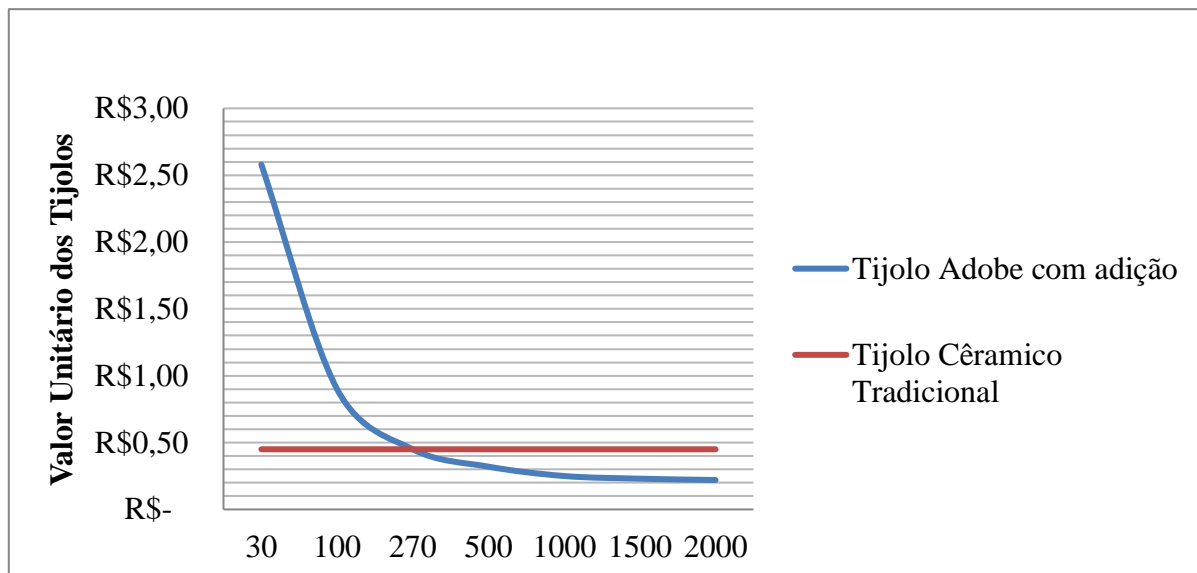


Figura 10 – Gráfico comparativo de preços entre os tijolos adobe e cerâmico

Mesmo com a industrialização do processo de fabricação dos tijolos de adobe, o custo-benefício dos mesmos é notório, considerando que não há gastos financeiros significativos com os materiais. O principal investimento é inicial, com a compra de maquinário para mistura, moldagem e compactação dos tijolos, quando com adição, para trituração das garrafas pet reutilizados. Aumentando a produção e minimizando os custos.

CONCLUSÕES

Dentro das dificuldades experimentais, das condições da moldagem, da não existência de normas específicas acerca do tema, tem-se em termos de contribuição científica resultados positivos, com mais dados e informações para os conhecimentos sobre tijolos de adobe.

Os tijolos apresentaram reduções significativas em suas dimensões, que variaram entre aproximadamente 25% e 33% do volume original, o tijolo T.GP.03 apresentou menor retração linear, portanto a adição do polímero funcionou como uma barreira para percolação da água evitando a perda rápida de água e, por conseguinte a sua menor retração.

Da mesma forma, verifica-se que a inclusão de resíduos ocasiona uma melhoria no traço de adição de 5% (T.GP.02), que absorveu aproximados 31% de água, e o traço de referência acerca de 47%.

Houve diminuição gradativa na resistência a compressão em todos os protótipos quando adicionado o polímero, ocasionando perda de 50% na capacidade do tijolo de absorver energia de ruptura, devido a acréscimo de regiões de contato entre bloco e a adição, proporcionando uma fragilidade na interface de união entre os dois. Com essa redução o tijolo não se enquadra nas normas usadas como base nesta pesquisa, especificamente a NBR 8492 que propõe o mínimo 2,0 MPa, o máximo adquirido nos tijolos adobe com adição foi 1,39 MPa.

Os cuidados de seleção de granulometria, destorroamento e compactação acarretaram em melhorias nas características físicas e mecânicas do tijolo. Sendo o traço de referência 1 (T.REF.01) o mais desvantajoso quanto a retração, resistência e impermeabilização, comparados ao traço de referência 2 (T.REF.02).

Ressaltando que a terra crua incide em uma alternativa não poluente e de baixo consumo energético para a construção de casas, minimizando os custos de habitação, reduzindo aproximados 60% do valor na aquisição de insumos para alvenaria.

REFERÊNCIAS

- [1] D. J. Kruger, Integração de métodos quantitativos e qualitativos em pesquisa comunitária. *The Community Psychologist*, 2003.
- [2] G. E. I. Saia, *Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*, IBRACON, 2007.
- [3] NASCIMENTO, Maria Victória Leal De Almeida. *Tijolos de adobe confeccionados no Agreste Pernambucano com adição de borracha de pneu triturada*. Caruaru, 2013.