

Bioarquitetura e ecoeficiência da fibra de coco

Bioarchitecture and eco-efficiency of coconut fiber

Lorena Caetano Soares

Graduanda do curso de Arquitetura e Urbanismo (UNIPAM).

E-mail: lorenacs@unipam.edu.br

Eduardo Pains de Moraes

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: eduardopm@unipam.edu.br

Resumo: Diante do esgotamento dos recursos naturais, profissionais de diversas áreas procuram soluções para um desenvolvimento sustentável; sendo assim, materiais com características de baixo impacto ambiental são objetos de estudo. Os tijolos de solo-cimento são fabricados a partir de solo, cimento e água e visam gerar uma menor quantidade de resíduos nas construções, uma vez que o solo é sua matriz principal e é encontrado com abundância na natureza. A presente pesquisa teve como objetivo analisar a ecoeficiência da fibra de coco unida ao bloco de solo-cimento; para isso, realizaram-se ensaios quanto à resistência à compressão dos blocos nas proporções de 0% de fibra, 5% de fibra, 10% de fibra, 20 % de fibra e 30% de fibra. Foi constatado que, à medida que se introduziu a fibra de coco nos blocos, houve um decréscimo na resistência dele; sendo assim, não se recomenda sua utilização.

Palavras-chave: Fibra de coco. Solo-cimento. Ecoeficiência.

Abstract: In the face of the depletion of natural resources, professionals from different areas seek solutions for a sustainable development, therefore, materials with characteristics of low environmental impact are objects of study. Soil-cement bricks are made from soil, cement and water and aim to generate less waste in buildings, since soil is its main matrix and is found abundantly in nature. The present work has the objective of analyzing the eco-efficiency of the coconut fiber bound to soil-cement block. For this, tests were performed related to the resistance on compressive block strength in the proportions of 0% fiber, 5% fiber, 10% fiber, 20% fiber and 30% fiber. However, it was found that as coconut fiber was introduced to the blocks, there was a decrease in resistance, and therefore, its use is not recommended.

Keywords: Coconut fiber. Soil-cement. Eco-efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Diante do esgotamento dos recursos naturais, profissionais de diversas áreas procuram soluções para um desenvolvimento sustentável, sendo que materiais com características de baixo impacto ambiental são objetos de estudo, principalmente no setor da construção civil. A Bioarquitetura está intimamente ligada à diminuição de resíduos, pois, segundo Silva *et al.* (2014), é um método construtivo no qual se utilizam

materiais de impacto ambiental mínimo, além de englobar técnicas que visam proporcionar beleza, conforto e funcionalidade de maneira ecologicamente correta.

A terra crua, conforme esclarece Minke (2011), tem sido utilizada na arquitetura e em construções desde o período pré-histórico, tanto na elevação de alvenarias e de abóbodas quanto em outros elementos construtivos; porém, apesar de ser um sistema de baixo impacto ambiental e de baixo custo, ainda é associado a construções de baixa renda. Com a inovação tecnológica e o desenvolvimento de diferentes materiais alternativos, criou-se o bloco de solo-cimento, o qual é fabricado a partir de uma mistura de solo, cimento e água. Segundo Motta *et al.* (2014), esse material gera uma menor quantidade de resíduos, e sua matéria-prima principal, o solo, é encontrada com facilidade e abundância. Bento (2006) afirma que, para maior durabilidade, uma alternativa é a implantação de fibras vegetais nesses blocos, aumentando, portanto, suas propriedades mecânicas conforme resistência e rigidez.

De acordo com a Martins e Jesus Júnior (2011), a produção de coco no Brasil encontra-se em franco crescimento, aproximando-se de 3 milhões de toneladas por ano, e está embasada em dois segmentos diferenciados: o da produção de coqueiro destinado ao consumo de coco seco e o da produção de coco fresco destinado à água de coco. O consumo da água do coco verde, principalmente no verão, é grande e, como consequência imediata, há uma enorme produção de resíduos sólidos formado pelas cascas fibrosas que, em sua maioria, são descartadas incorretamente. Soares *et al.* (2008) afirmam que cerca de 85% do peso bruto da matéria-prima (coco-verde) que é processada representa lixo, podendo tornar-se fator de inviabilização das atividades de processamento. Atualmente, esse material é de difícil descarte, sendo enviado para lixões e aterros sanitários.

Essa pesquisa se justifica, pois as fibras de coco surgem como uma excelente alternativa para a implantação no bloco solo-cimento, por ser um resíduo não utilizável e por possuir vantagens econômicas e ambientais, uma vez que existem em abundância, são de baixo custo, provêm de uma fonte renovável e podem contribuir para a produção de um material ecologicamente sustentável.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa consiste na avaliação do desempenho mecânico dos blocos de solo-cimento acrescidos de fibra de coco como elemento de vedação. Diante disso, pretende-se avaliar as proporções mais viáveis e assim realizar um comparativo com os blocos de solo-cimento convencionais.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os tijolos de solo-cimento convencionais com os acrescidos de fibra de coco;
- Analisar a viabilidade técnica de implantação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Praticamente todas as civilizações ao redor do mundo desenvolveram técnicas de construção utilizando a terra. Essas técnicas foram transmitidas entre povos através de invasões e colonizações. As técnicas nativas de um lugar foram unidas a técnicas trazidas por povos estrangeiros, criando, portanto, novas combinações, cada vez mais inovadoras e eficientes (NEVES, 2004).

Por conseguinte, devido às fortes pressões ocasionadas ao meio ambiente, materiais considerados sustentáveis estão em pauta na construção civil. Conforme Buriol (2002), a utilização do solo em tijolos pode ser considerada uma alternativa para a alvenaria convencional. A mistura de solo, cimento e água dá origem aos tijolos conhecidos como solo-cimento ou tijolos ecológicos, sendo que estes são fabricados a partir de prensas manuais ou hidráulicas e não necessitam de mão de obra especializada. Silva *et al.* (2004) afirmam que este material é caracterizado por um processo simples e acessível à população de baixa renda, e uma das grandes vantagens deste tipo de aplicação está no aspecto da preservação ambiental, pois elimina o desmatamento da vegetação nativa utilizada para alimentação dos fornos no processo de queima do tijolo comum, além disso ajuda a minimizar a emissão de gases poluentes para a atmosfera resultante desse processo.

Ainda segundo Barbosa *et al.* (2010), os tijolos de solo-cimento possuem a vantagem de poder incorporar outros materiais em sua composição, como agregados reciclados e rejeitos industriais, além de representar uma economia de energia significativa, por dispensar a queima e ter sua viabilidade comprovada em diversos programas habitacionais. Um dos componentes que podem ser acrescentados na composição desse material é a fibra de coco verde, que, de acordo com Soares *et al.* (2008), possui grande relevância, pois cerca de 85% do peso bruto do coco verde que são processados representam lixo, sendo que sua destinação final é realizada através de descarte em lixões e aterros sanitários. Vale-se ressaltar que a casca de coco verde é, de longe, o mais importante resíduo gerado em cidades turísticas do litoral brasileiro, principalmente no verão.

Silva *et al.* (2004) elucidam que é viável tecnicamente a utilização dos tijolos solo-cimento com adição do pó da fibra do coco, visto que os ensaios de compressão realizados satisfazem às normativas de referência. Ainda assim, afirmam que há direta minimização do valor da condutividade térmica, e concluem que os fechamentos construídos com tijolos de solo-cimento com adição do pó da fibra do coco apresentaram resultados superiores de conforto térmico no seu interior em relação aos fechamentos convencionais. Além disso, Segantini *et al.* (2010) destacam que a produção desses blocos é favorável ao desenvolvimento sustentável, pois há pouco gasto devido ao fato de a matéria-prima ser obtida no local da obra, havendo economia com transporte.

3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa baseia-se em um estudo experimental cuja função é avaliar a viabilidade técnica de aplicação de blocos de solo-cimento com

adição de fibras de coco na construção civil. Em primeiro instante, foi realizada a caracterização do solo através do ensaio de massa específica, conforme a ABNT NBR 6458 (2016), sendo o solo preparado de acordo com a ABNT NBR 6457 (2016), peneirado, portanto, na malha 4,8 mm. Em seguida foram coletadas três amostras desse solo e levadas para estufa por 24 horas em cápsulas, conforme a Figura 1, em temperatura de 105° C para verificação da umidade presente.

Figura 1 – Determinação da umidade contida no solo



Fonte: Autores, 2018.

Posteriormente, o ensaio foi realizado de acordo com o Anexo B da NBR 6458 (2016); portanto, foram empregadas duas amostras de 60 g cada uma em recipientes com 150 ml de água aproximadamente e deixadas submersas por um período de 15 horas. Em seguida, foi colocada a Amostra 1 em um copo de dispersão por 15 minutos, seguidamente, no picnômetro e aplicado vácuo por 15 minutos. Após esse tempo, foi acrescida água até cerca de 1 cm abaixo da marca do gargalo e aplicada a bomba de vácuo novamente por mais 15 minutos, como explicita a Figura 2a. Depois, a amostra foi deixada no picnômetro em repouso até equilíbrio com a temperatura ambiente. Por fim, com uma seringa foi adicionada a água até a marca de referência do gargalo; logo após, foi realizada a medição da massa em uma balança de precisão e aferida sua temperatura, conforme a Figura 2b. Deve-se ressaltar que o mesmo procedimento foi adotado na Amostra 2.

Figura 2a – Aplicação de vácuo no picnômetro



Figura 2b – Aferição da temperatura



Fonte: Autores, 2018.

Para ambas as amostras, foi utilizada a Equação 1 para cálculo da massa específica.

$$ps = \frac{M1 \times 100 \div (100+w)}{\left[\frac{M1 \times 100}{100+w}\right] + M3 - M2} \times pw(t) \quad (1)$$

onde, ps é a massa específica dos grãos do solo, $M1$ a massa do solo úmido, $M2$ a massa do picnômetro + solo + água em temperatura de realização do solo, $M3$ a massa do picnômetro cheio de água até a marca de referência à temperatura T do ensaio, w a umidade inicial da amostra e $pw(t)$ a massa específica da água à temperatura (t).

Posteriormente, foram confeccionados os tijolos de solo-cimento, através de análise tátil-visual; dessa forma, foram adotados dois modelos de mistura, sendo o modelo de solo-cimento convencional como amostra padrão para comparativos, e outro com adição de fibra de coco em diversas proporções, como ilustra a Tabela 1.

Tabela 1 – Esquema do procedimento experimental

Modelos de estudo				
Solo-cimento	Solo-cimento + fibra de coco			
0%	5%	10%	20%	30%

Fonte: Autores, 2018.

Conforme determinado, as porcentagens apresentadas ilustram a adição de fibra de coco em relação à massa total do solo-cimento adotado como padrão. A Tabela 2 demonstra a quantificação dos materiais utilizados.

Tabela 2 – Quantificação dos materiais utilizados

Modelos de estudo					
	Solo-Cimento	Solo-cimento + fibra de coco			
	0%	5%	10%	20%	30%
Solo (Kg)	8,28	7,87	7,45	6,62	5,79
Cimento (Kg)	0,92	0,88	0,83	0,74	0,65
Fibra (Volume)	0	0,41	0,82	1,64	2,48
Água (Litros)	1,5	2	2	2,5	3

Fonte: Autores, 2018.

Deve-se destacar que, para cada porcentagem, foram fabricados 4 corpos de prova de acordo com a ABNT NBR 10833 (2012), sendo que foram confeccionados através de prensagem em formas 25 x 12,5 x 0,7 (comprimento x altura x espessura), como explicita a Figura 3a e 3b. Após a fabricação do material, buscou-se determinar o comportamento mecânico dos blocos e avaliar a influência da fibra de coco no bloco de solo-cimento. No que se refere à determinação das propriedades mecânicas dos blocos, foi adotado, portanto, o procedimento descrito na ABNT NBR 15270-1 (2017) para quantificação da homogeneidade dimensional e a ABNT NBR 15270-2 (2017) para a resistência à compressão e o índice de absorção de água.

Figura 3a – Dimensões do tijolo ecológico**Figura 3b** – Confeção dos tijolos de solo-cimento

Fonte: Autores, 2018.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa referem-se aos ensaios de caracterização do solo e seu desempenho mecânico. Em primeiro instante, foi determinada a umidade do solo, o qual apresentou 2,23%. Conforme explicitado na metodologia, em seguida, o solo foi caracterizado quanto à sua massa específica conforme a ABNT NBR 6458 (2016), sendo os resultados apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da massa específica dos grãos de solo

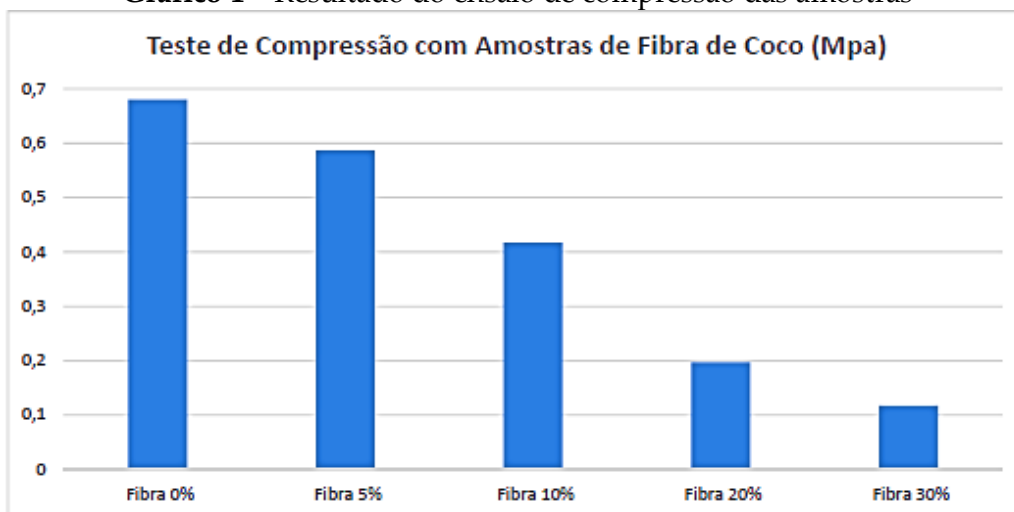
Material	Amostra 1 (<i>ps</i>) (g/cm ³)	Amostra 2 (<i>ps</i>) (g/cm ³)	Diferença (<i>ps</i>) (g/cm ³)	Média das amostras (g/cm ³)
Solo	3,026	3,031	0,005	3,028

Fonte: Autores, 2018.

Conforme a normativa de referência, a variação permitida entre as amostras é de 0,02 g/cm³, sendo atendido para o material em destaque.

Em seguida, foi realizado o ensaio para verificação da resistência à compressão do tijolo de solo-cimento unido à fibra de coco de acordo com a ABNT NBR 5739, sendo que os resultados obtidos para cada porcentagem estão listados no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Resultado do ensaio de compressão das amostras



Fonte: Autores, 2018.

Como se pode observar, a amostra padrão caracterizada com 0% de adição de fibra de coco foi a que apresentou melhor resultado; à medida que as proporções aumentaram, houve um decréscimo significativo em sua resistência, uma vez que o corpo de prova com 30% de fibra de coco apresentou resultado inferior a 0,56 MPa em relação à amostra padrão.

Por meio de análise visual, foi possível averiguar patologias nas amostras com acréscimo de fibra de coco. Anomalias quanto à fissuração, ao manchamento e ao esfarelamento ficaram evidentes nos blocos.

5 CONCLUSÃO

Por meio do estudo realizado da ecoeficiência da fibra de coco introduzida no bloco de solo-cimento, foi possível verificar que, à medida que se introduziu a fibra de coco nos blocos, houve um decréscimo na resistência deles. Além do mais, por meio da análise visual, foi possível constatar manifestações patológicas que afetaram a estrutura do tijolo, pois, quanto maior a porcentagem de fibras, maior o nível de esfarelamento do material. Mediante as análises realizadas nesta pesquisa, não se recomenda a utilização da fibra de coco em tijolos de solo-cimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10833**: Fabricação de tijolo e bloco de solo- cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5739**: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6457**: Amostra do solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6458**: Grãos de pedregulho retidos na peneira de abertura 4,8 mm – Determinação da massa específica, da massa específica aparente e da absorção de água. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7182**: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-2:** Componentes cerâmicos. Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

BARBOSA, N. P. S *et al.* . Terra crua para edificações. *In: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010, v.2. Cap. 25. p. 1565-1598.

BENTO, P. F. **Uso de cal e fibras na melhoria de materiais para utilização em estruturas de pavimentos**. 2006. 132p. Dissertação de Mestrado em Geotecnia. Universidade de Brasília. Distrito Federal, 2006.

BURIOL, Telmo Luiz. **Caracterização de jazidas para construção de habitações populares, com solo-cimento, em Santa Maria**. 2002. 139 f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

MARTINS, Carlos Roberto; JESUS JÚNIOR, Luciano Alves de. **Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2011.

MIKE, Gernot. **Manual de construcción em tierra: la tierra como material de construcción y su aplicación em la arquitectura actual**. Uruguay: Nordan-Comunidad, 2011.

MOTTA, Jessica Campos Soares Silva *et al.* Tijolo de solo-cimento: análise das características físicas e viabilidade econômica de técnicas construtivas sustentáveis. *Exacta*, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p.1-14, 31 maio 2014.

NEVES, C. M. M. Resgate e atualização do construir com terra: o Projeto Proterra. *In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 18-21 Julho 2004, São Paulo.

SEGANTINI, A. A. S. *et al.* Solo-cimento e solo-cal. *In: Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais*. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2010, v. 2. Cap. 27. p. 864-891.

SILVA, Luiz Cláudio Ferreira da *et al.* Fibras do coco como indutor de isolamento térmico em tijolos solo-cimento. *In: III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica*, 2004, Belém. CONEM. 2004. p. 1-8.

SILVA, V. M. da *et al.* Incorporation of ceramic waste into binary and ternary soil-cement formulations for the production of solid bricks. *Mat. Res.* [online]. 2014, vol. 17, n. 2, p. 326-331. Epub Feb 18, 2014.

SOARES, R. N. *et al.* Tijolos de terra crua estabilizados com fibras de coco verde: alternativa para habitação de interesse social. *In: XVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural*, 46. 2008. Rio Branco. Pôster. Rio Branco: Sober, 2008. v. 1, p. 1 - 9.

PALADINO. **Tijolo ecológico**. Disponível em:
<http://paladinobr.blogspot.com.br/2011/04/tijolo-ecologico.html?m=1>. Acesso em: 05 mar. 2018.