

Estudo das Propriedades do Tijolo de Papel Produzido na UFRN para Uso como Elemento de Vedação na Construção Civil

Study of the Properties of Paper Brick Produced at UFRN to Use as a Sealing Element in Civil Construction

DOI:10.34117/bjdv7n8-637

Recebimento dos originais: 27/07/2021

Aceitação para publicação: 29/08/2021

Cibele Dantas Peixoto

Graduanda em Engenharia Civil, pela UFRN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Rua Luiz Varela da Costa, 46, Loteamento Esperança – Macaíba, RN, CEP: 59280-000
E-mail: cibeledantas7@outlook.com

Edivânia de Melo Silva

Graduanda em Engenharia Civil, pela UFRN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Rua Nova Esperança, 05, Assentamento Surubim - Poço Branco, RN, CEP: 59560-000
E-mail: edivaniame1999@gmail.com

Ewerton Silva Vieira de Souza

Graduando em Engenharia Civil, pela UFRN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Rua Ferreira Chaves, 20, Centro – Monte Alegre, RN, CEP: 59182-000
E-mail: ewerton_vieira1@hotmail.com

Geovanna Karen Pires Dantas de Araújo Macedo

Graduanda em Engenharia Civil, pela UFRN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Avenida Abel Cabral, 505, Nova Parnamirim - Parnamirim, RN, CEP: 59151-250
E-mail: geovannapiresmacedo@gmail.com

Maria Letícia de Freitas Basílio

Graduanda em Engenharia Civil, pela UFRN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Avenida Francisco Cabral, 392, Centro – São Pedro, RN, CEP: 59480-00
E-mail: maria.basilio.fb@gmail.com

Karla Susanna Correia Cavalcanti de Albuquerque

Mestre em Arquitetura e Urbanismo, pela UFRN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Rua Mossoró, 520, Bairro Tirol - Natal, RN, CEP: 59020-090
E-mail: karlarq@gmail.com

Diana Carla Secundo da Luz

Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais, pela UFRN
Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Alameda dos Bosques, 795, Parque do Jiqui - Parnamirim, RN, CEP: 59153-902
E-mail: dianasecundo@hotmail.com

RESUMO

A Construção Civil é o setor econômico que mais consome recursos naturais, renováveis e não renováveis; além de ser um grande produtor de resíduos e, altamente poluidor. Assim, torna-se indispensável que a Construção Civil busque um padrão de atuação cada vez mais sustentável. Neste sentido, o papel vem sendo usado como matéria-prima, principal ou secundária, na fabricação tijolos. No entanto, o tijolo de papel ainda está sendo estudado no tocante ao comportamento quanto às propriedades apresentadas. Este trabalho tem como objetivo estudar as propriedades do tijolo de papel produzido na UFRN para uso como elemento de vedação na Construção Civil. Para tanto, realizou-se ensaios de resistência à compressão e absorção de água. Uma análise de variância foi utilizada para verificar se havia diferença nos tijolos produzidos por prensas diferentes; bem como verificar se a aplicação de demãos da resina a base de poliuretano influenciava na absorção de água pelos tijolos. Os resultados mostraram que os tijolos moldados na prensa de solo cimento obtiveram maiores valores de resistência e, que os tijolos com aplicação de três demãos de resina apresentaram os menores valores de absorção de água.

Palavras-chave: Tijolo de papel, Resistência à compressão, Absorção de água.

ABSTRACT

Civil Construction is the economic sector that most consumes natural, renewable and non-renewable resources; in addition to being a major producer of waste and highly polluting. Therefore, it is essential that Civil Construction seeks an increasingly sustainable performance standard. As a result, paper has been used as a primary or secondary raw material in the manufacture of bricks. However, the paper brick is still being studied in terms of behavior regarding the properties presented. This work aims to study the properties of the paper brick produced at UFRN for use as a sealing element in Civil Construction. For this purpose, tests of resistance to compression and water absorption were carried out. An analysis of variance was used to check if there was a difference in the bricks produced by different presses; as well as checking if the application of polyurethane-based resin coats influenced the water absorption by the bricks. The results showed that the bricks molded in the cement soil press obtained the highest strength values and that the bricks with the application of three coats of resin showed the lowest water absorption values.

Keywords: Paper brick, Compressive strength, Water absorption.

1 INTRODUÇÃO

Considerações sobre o conceito de sustentabilidade são, cada vez mais, recorrentes na esfera da Construção Civil. Além dessa área, outros setores da sociedade apresentam essa tendência, pois a busca por inovações tecnológicas que prezem pela redução de impactos ambientais é, passo a passo, necessária. Segundo Farias e Marinho

(2020), esse conceito pode ser compreendido como aquele que permite satisfazer as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades das gerações futuras satisfazerem as suas.

Percebe-se que, para atender aos critérios de sustentabilidade, a sociedade busca por materiais que não agridam o meio ambiente ou que, ao menos, minimizem o seu impacto (ARAUJO, 1992).

O CIB (Conselho Internacional da Construção) relata que o segmento da Construção Civil é o setor de atividades que mais consome recursos naturais, renováveis e não renováveis. Assim, torna-se importante o uso de matérias-primas que gerem menos impactos, que sejam economicamente viáveis e que visem o aproveitamento de resíduos (BAPTISTA & ROMANEL, 2013). Logo, conforme Farias e Marinho (2020), o uso de materiais reciclados pode ser uma das alternativas para uma concepção mais sustentável e que evidencie a responsabilidade desejada com o meio ambiente.

Uma dessas possibilidades, fundamentada no conceito de sustentabilidade, é o desenvolvimento de elementos construtivos que se constituam de materiais não convencionais. Isso, por sua vez, pode ser vislumbrado com a utilização de papéis para a produção desses itens. De acordo com Gurgel (2015), o papel vem sendo usado na Construção Civil como matéria-prima, de forma principal ou secundária, na fabricação de tijolos e telhas, por exemplo.

Nessa indústria, o uso desse insumo ainda está em fase de estudos, mas é visto como um material com grandes potencialidades, pois é prático, leve e de baixo custo. Sendo uma opção que agrega esses itens a um processo mais limpo (BAHIA et al, 2011). Dessa forma, a utilização do papel é vista como uma opção sustentável e, assim, um caminho para o setor, pois a Construção Civil, ainda, é altamente poluidora.

Tijolos cerâmicos e blocos de concreto podem ser utilizados como elementos de vedação e passíveis de modificação em suas composições. Atualmente, pode-se considerá-los como os mais utilizados no setor.

O primeiro é barato, facilmente encontrado e apresenta bom desempenho térmico, mas deixa resíduos nas obras, como diz Nascimento (2011), e pode ocasionar no agravamento dos problemas ambientais, em função de processos existentes para sua composição, como a extração de argila e a queima dos elementos, segundo Oliveira et al (2017).

O outro possui bom isolamento acústico e menor consumo de argamassa, caso comparado com o anterior, porém ele possui desempenho térmico inferior e o seu peso é

considerado uma desvantagem (NASCIMENTO, 2011). Cabe ainda ressaltar a importância que ele fornece ao proteger e isolar a edificação contra passagem de líquidos e vapores.

Para verificar se esses tijolos e blocos atendem às normas técnicas e, portanto, disponíveis para utilização, deve-se verificar suas propriedades por meio de ensaios e testes que permitam a compreensão das condições existentes nos elementos.

Dentre as características existentes, tem-se algumas propriedades dos elementos que são essenciais para isso. Assim sendo, destaca-se a resistência à compressão e a absorção de água como parâmetros essenciais para aferição ao atendimento dos itens como elementos de vedação.

A resistência à compressão é uma das características mais importantes para análise dos itens, pois, além de suportarem o próprio peso, podem suportar pequenas cargas de ocupação. Segundo a NBR 15270/2017, a resistência mínima individual deve ser 1,0 MPa para blocos cerâmicos de vedação. Enquanto para a absorção de água, como visto na NBR 15270/2017, o índice estabelecido deve ser maior do que 8% e menor do que 22% para ser considerado adequado para os fins estabelecidos.

Isto posto, o presente trabalho tem como objetivo o estudo das propriedades, de resistência à compressão e absorção de água, do tijolo maciço produzido com a utilização do papel reciclado, como insumo principal, na UFRN para uso desse como elemento de vedação na Construção Civil.

2 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O procedimento experimental consiste na utilização do tijolo de papel reciclado produzido na UFRN para realização dos estudos necessários para a identificação de suas características como elemento de vedação. Ele é do tipo maciço e foi feito a partir da mistura entre fragmentos de papel sulfite reciclado e água, obedecendo a proporção de 1:3, ou seja, para cada uma parte de papel, utilizou-se três de água na mistura.

Ela, por sua vez, é caracterizada por apresentar um grau de homogeneidade evidente e, após a mistura, colocou-se o material obtido em uma fôrma, moldando-o e prensando-o até ser uniformizado para atingir as dimensões exigidas.

Cabe ressaltar que foram utilizadas, na fabricação do elemento, três tipos de fôrmas distintas: uma de madeira rudimentar com as dimensões de 210 mm de comprimento, 110 mm de largura e 55 mm de altura; uma prensa de tijolo solo cimento com as dimensões de 200 mm de comprimento, 90 mm de largura e 50 mm de altura; e

uma fôrma de queijo com as dimensões de 190 mm de comprimento, 115 mm de largura e 90 mm de altura. Após a sua moldagem, o tijolo passou por um processo de secagem natural, em local protegido das intempéries e durante o período de 14 dias após sua fabricação.

Em seguida, realizou-se o capeamento dos tijolos de papel produzidos (moldados na fôrma de madeira e na prensa de solo cimento) com pasta de cimento e, após dois dias, fez-se o ensaio de resistência à compressão dos tijolos de papel. Nessa etapa, vale indicar que se utilizou da prensa Shimadzu AG-X 300 KN existente no campus para os fins necessários.

Os elementos moldados na fôrma de queijo foram utilizados para realização do ensaio de absorção de água. Objetivando minimizar essa característica, utilizou-se resina a base de poliuretano vegetal como elemento com função impermeabilizante, visto que se trata de um material com alta resistência a água, além de ser obtida a partir de um recurso natural e renovável: o óleo de mamona.

Neste trabalho, foram aplicadas uma, duas e três demãos da resina nas superfícies dos tijolos de papel em grupos distintos, conforme recomendações do fabricante. Em sequência, aguardou-se a secagem dos itens impermeabilizados para introduzi-los em um recipiente com água para realização do procedimento necessário. Após imersão por 24 horas em líquido parado e sem intervenções externas, retirou-se os elementos do recipiente para pesá-los. Como última etapa do procedimento, foi-se preciso retirar o excesso de água presente na superfície e pesá-los novamente.

Para a realização das pesagens foi utilizada uma balança da marca Águia Urso, modelo SF-400. Os resultados foram analisados com aplicação da análise de variância, a partir da tabela ANOVA.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Objetivando verificar as propriedades do tijolo de papel quanto ao ensaio de resistência à compressão, foram testados tijolos produzidos em duas prensas diferentes, a de madeira (PM) e a de tijolo solo cimento (PSC). Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Resistência a Compressão dos Tijolos Testados

Prensa	Resistência à Compressão (MPa)							
	PM	0,90856			0,85093			0,88016
PSC	1,10219	1,13167	1,08650	1,07869	1,11243	1,06720	1,17883	1,11673

Fonte: Ensaio realizado na prensa Shimadzu AG-X 300 KN no LabMEM/UFRN (2019)

Para análise dos dados foi usado o modelo de variância, onde se tomou como variável o tipo de prensa usada para moldar os tijolos. Os dados da análise estatística encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise Estatística a partir da Variância dos Dados

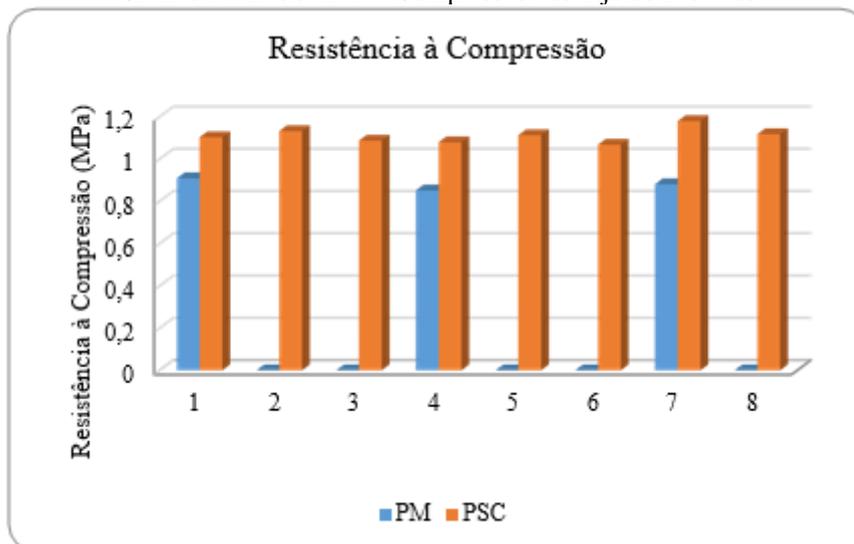
Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>Valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	0,11481		0,11481	99,9311		5,11735
	3	1	3	1	3,59E-06	5
Dentro dos grupos			0,00114			
	0,01034	9	9			
Total	0,12515					
	4	10				

Fonte: Próprios autores (2020)

Analisando a Tabela 2 e observando os valores de *F* e *F*crítico, 99,93 e 5,11, respectivamente, pode-se concluir que a hipótese *H0* é verdadeira; ou seja, que o tipo de prensa usada, para moldar os tijolos de papel, interfere na resistência à compressão dos tijolos de papel. Outro valor que confirma a veracidade da hipótese *H0* é o valor-*P* que, quando comparado com o nível de significância 5% adotado na análise, apresentou um valor menor: $3,5 \times 10^{-6}$.

O Gráfico 1 apresenta o que foi observado na análise de variância. Os valores obtidos no ensaio de resistência à compressão foram maiores quando do uso da prensa de solo cimento. Isso se deve ao fato de que a prensa de solo cimento permite uma compactação maior da massa de papel e água, quando da moldagem dos tijolos, o que reflete em um material mais denso e, conseqüentemente, mais resistente a aplicação de cargas.

Gráfico 1 – Resistência a Compressão dos Tijolos Testados



Fonte: Ensaio realizado na prensa Shimadzu AG-X 300 KN no LabMEM/UFRN (2019)

Ressalta-se que os tijolos submetidos ao ensaio de resistência à compressão não romperam, apenas deformaram-se. Assim, o valor apresentado na Tabela 1 foi tomado quando do rompimento do capeamento da peça.

Assim, para os resultados apresentados pelo tijolo de papel, quando submetido a ensaio de resistência à compressão simples, ele apresenta alta deformação, sem romper e que remete a uma vantagem no seu uso.

3.2 ABSORÇÃO DE ÁGUA

O ensaio de absorção para uma peça de vedação torna-se importante quando se tem a necessidade de evitar patologias causadas pela umidade, mantendo um ambiente interno saudável e habitável. Assim, neste trabalho foi utilizada uma resina a base de poliuretano vegetal como elemento de proteção, com função impermeabilizante, para diminuir a absorção de água pelo tijolo de papel.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos a partir do ensaio de absorção de água dos tijolos de papel sem aplicação da resina, tijolos padrão (TP), e com aplicação de uma, duas e três demãos de resina a base de poliuretano vegetal, identificados por T1D, T2D e T3D, respectivamente.

Tabela 3 - Resultados dos grupos em relação ao ganho de umidade após 24h imersos em água

Resina a Base de Poliuretano Vegetal	Absorção (%)		
	TP	257,48	253,51
T1D	213,11	207,51	209,48
T2D	178,82	177,78	202,3
T3D	168,83	159,02	169,43

Fonte: Próprios autores (2020).

A interpretação dos resultados foi realizada a partir de análises estatísticas, onde foi usado o modelo de variância, tomando como variável o número de demãos aplicadas na superfície dos tijolos de papel. Os dados da análise estatística encontram-se na tabela 4.

Tabela 4 - Anova: Comparação entre corpos de prova de acordo com o número de demãos de impermeabilizante.

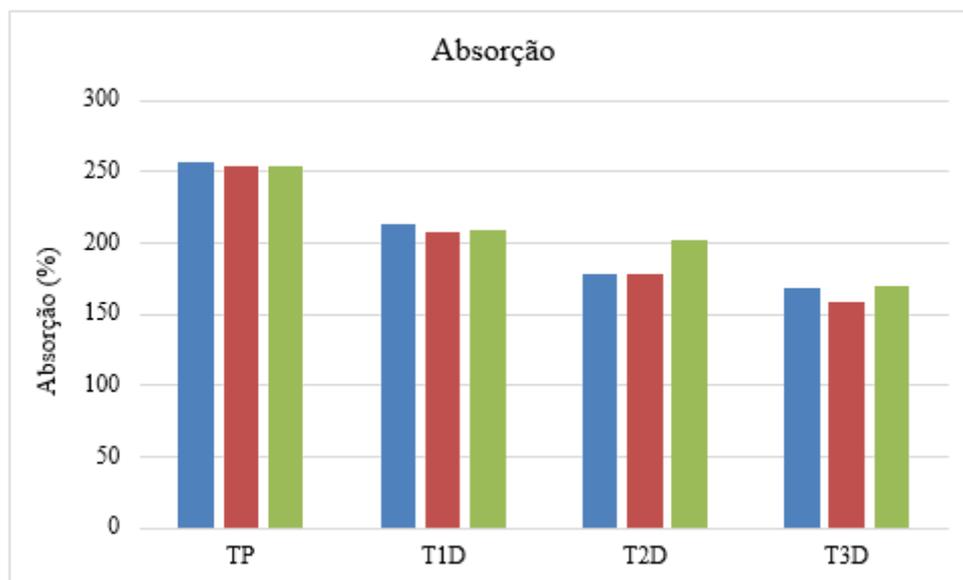
Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	13188,4		4396,13	73,3480		4,06618
	2	3	9	9	3,67E-06	1
Dentro dos grupos	479,482		59,9352			
	3	8	9			
Total	13667,9	11				

Fonte: Próprios autores (2020).

Observando a Tabela 4, *F* assume o valor de 73,34 e *F*crítico o valor de 4,06. Estes valores permitem concluir que a hipótese *H0* é verdadeira; ou seja, que o número de demãos de aplicação da resina a base de poliuretano vegetal, para proteger os tijolos de papel, interfere na absorção de água deles. Outro valor que confirma a veracidade da hipótese *H0* é o valor-*P* que, quando comparado com o nível de significância 5% adotado na análise, apresentou um valor menor: 3,67x10-06.

O Gráfico 2, apresenta de forma visual o que foi relatado anteriormente. Pode-se observar que os tijolos sem proteção da resina a base de poliuretano vegetal, TP, absorveram maior quantidade de água e que, com o aumento das demãos de aplicação da resina, a absorção de água pelo tijolo de papel diminuiu. Os menores valores de absorção de água foram com aplicação de três demãos da resina, T3D.

Gráfico 2 – Comparação entre índices de absorção de água de acordo com a quantidade de demãos de resina.



Fonte: Próprios autores (2020).

A absorção de água está associada à porosidade do material. Assim, no ensaio de absorção, quanto mais poroso o material maior será a porcentagem de absorção dele.

Considerando que o tijolo de papel é um material poroso, a aplicação da resina a base de poliuretano permitiu a deposição do mesmo sobre a superfície do tijolo, formando uma membrana monolítica, diminuindo a ocorrência de vazios em sua interface, conseqüentemente diminuindo a capacidade de absorção de água pelo tijolo de papel (SILVA, 2003).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas análises de variância realizadas para o estudo da resistência à compressão e da absorção de água, pode-se concluir que:

No ensaio de resistência com carga de compressão, observou-se que o tijolo de papel apresentou maiores valores de resistência à compressão quando moldados na prensa de tijolo solo cimento. Outro ponto importante é que o tijolo de papel não se rompe, sofrendo apenas deformação nas dimensões, compatível com o comportamento de material polimérico.

Esse comportamento apresentado pelo tijolo de papel pode ser explicado ao considerar que o papel é proveniente de um polímero natural, a celulose. Isso é decorrente da deformação mecânica apresentado por esses polímeros, pois está associado à sua

viscoelasticidade, assim, a fratura de um polímero depende da propagação de trincas e está relacionado à capacidade de absorver ou não a energia fornecida pelo sistema.

De tal forma, isso pode ser considerado como uma vantagem para sua utilização, pois a Engenharia busca por materiais sustentáveis e com características dúcteis, que são aqueles que se deformam quando submetidos a um carregamento, avisando que irá romper.

No tocante a absorção de água, os tijolos com a aplicação de três demãos da resina a base de poliuretano apresentaram os menores valores de absorção de água; tendo em vista que a resina formou uma película protetora na superfície dos tijolos de papel.

AGRADECIMENTOS

A elaboração do presente trabalho não seria possível sem o apoio de alguns agentes. Assim sendo, pretendemos agradecer a todos os que apoiaram e contribuíram para a realização e concretização deste artigo.

À UFRN e às professoras Ma. Karla Susanna e Dra. Diana Carla por fomentarem a prática de atividades de pesquisa científica e incentivarem os alunos a desenvolverem a habilidade de organizar, produzir e articular os conhecimentos com finalidade de empregá-los de maneira positiva na sociedade.

Ao Téc. De Laboratório de Materiais de Construção Sandro Ricardo, por todo apoio cedido no tocante a realização de ensaios e instruções em laboratório, bem como ao Prof. Dr. Paulo Alysson Faheina pela disponibilização do espaço em laboratório.

E, por fim, a empresa Imperveg pela concessão do material impermeabilizante empregado no ensaio de absorção de água em questão.

Todos desempenharam um papel crucial no impulso à busca por inovação tecnológica dentro da Construção Civil, além de proporcionar ao país melhorias ao seu desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1: Blocos e tijolos para alvenaria: Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

BAHIA, L. D.; NUNES, L. O.; CANTANHEDE, Y. M. S. Utilização do papelão como alternativa de material no ramo da Construção civil. Disponível em: <<https://administradores.com.br/producao-academica/utilizacao-do-papelao-como-alternativa-de-material-no-ramo-da-construcao-civil>>. Acesso: 14 de setembro de 2020.

BAPTISTA, Jr., J. V.; ROMAEL, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), v. 5, n. 2, 2013, p.28.

FARIAS, Lucas Menezes de; MARINHO, Jefferson Luiz Alves. Construções sustentáveis: Perspectivas sobre práticas utilizadas na construção civil. Brazilian Journal Of Development, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 16023-16033, mar. 2020.

GURGEL, E. M. Recuperação de papel e papelão na usina de triagem de lixo de Lençóis Paulista - SP. 2015. xii, 122 f. Tese (doutorado) - Unidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2015

LISBÃO, A. S. Introdução à Estrutura e Propriedades dos Polímeros, São Paulo: EDUFSCAR, 2004.

NASCIMENTO, Cláudio Mário. Estudo da Fibra de Coco como Reforço em Tijolo de Solocimento. 2011. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15675>. Acesso em: 20 ago. 2019.

OLIVEIRA, Sergio Rafael Cortes de; AGUIAR, Raphael Mesquita de; CRESPO, Catarini Ressiguiet Soares; BARRETO, João Marcos Gonçalves; BARRETO, Luisa Gonçalves. Análise do Comportamento de Tijolos Ecológicos Modulares de Papel Reciclável quanto à Capacidade de Absorção de água e à Durabilidade. Reec - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, [s.l.], v. 13, n. 1, p.193-205, 13 mar. 2017. Universidade Federal de Goiás. <http://dx.doi.org/10.5216/reec.v13i1.40884>.

SILVA, Rosana Vilarim. Compósito de resina poliuretana derivada de óleo de mamona e fibras vegetais. 2003. 157f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/88/88131/tde-2908200305440/publico/teseRosanaVilarimdaSilva.pdf>. Acesso em 23 set. 2020.