

REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE SERRARIA COMO MATÉRIA PRIMA PARA FABRICAÇÃO DE MATERIAL COMPÓSITO DE ISOLAÇÃO TÉRMICA

Ingrid Rebouças de Moura^{1*}, Geovanne Lopes Cruz da Silva², José Carlos Gomes de Almeida², Emerson Bruno da Costa², Wendell Rossine Medeiros de Souza^{2*}, Herbert Ricardo Garcia Viana¹

- 1) Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, PPGEP, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil. Correio electrónico: ingridmoura@ufrn.edu.br
- 2) Departamento de Engenharia, DENG, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil. Correio electrónico: wendell@ufersa.edu.br

Enviado: Noviembre 2019; Aceptado: Enero 2020

RESUMO

O setor de construção civil é responsável por cerca de 30% do volume total de resíduos, quando acrescido a esse percentual restos de serraria proveniente apenas da fase de execução estrutural de uma obra, alcança-se a marca de 42%. Visando garantir essa reinserção da madeira em um novo ciclo de vida, o presente artigo buscou promover um estudo de reutilização desses resíduos. O objetivo é produzir um material que atue como isolante térmico, com materiais de baixo custo que possa ser reproduzido e comercializado. Foram fabricados dois diferentes compósitos, um com pó de madeira e outro com pó e raspas de madeira, adquiridas de uma serraria do interior potiguar. Para caracterização do material, foram realizados ensaios térmicos para verificação da variação de temperatura (ΔT) das placas de madeira, simulando o uso do material como revestimento interno e externo, utilizando como referência placas de concreto. A partir dos resultados obtidos nos ensaios, foi visto que as placas de madeira possuíam propriedades excelentes de isolamento térmico.

Palavras-chave: Madeira, Reutilização, Compósito, Isolamento térmico.

ABSTRACT

The civil construction sector is responsible for about 30% of the total volume of waste, when added to this percentage remains of sawmill coming only from the structural execution phase of a work, reaches the mark of 42%. Aiming at guaranteeing this reinsertion of wood in a new life cycle, the present article sought to promote a reuse study of these residues. The goal is to produce a material that acts as a thermal insulator, with low cost materials that can be reproduced and marketed. Two different composites were made, one with wood dust and the other with wood dust and scrap, purchased from a potiguar sawmill. To characterize the material, thermal tests were performed to verify the temperature variation (ΔT) of the wood boards, simulating the use of the material as internal and external coating, using concrete boards as a reference. From the results obtained in the tests, it was seen that the wood boards had excellent thermal insulation properties.

Key words: Wood, Reuse, Composite, Thermal insulation

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento leva ao consumo muitas vezes desenfreado dos recursos naturais, de acordo com [6], os produtos florestais enquadrados nessa categoria, tendem a sofrer diminuição de

sua oferta em muitos países produtores de madeira em função do grande aumento na demanda. Desta forma, podemos observar o quanto que o produto madeireiro, necessita de estratégias adequadas e legais quanto ao seu manejo, uma vez, que o desmatamento tem ligação direta com as mudanças climáticas ao redor do mundo [17]. Uma forma de minimizar essas ações contra o meio ambiente, é desenvolvendo maneiras de reutilizar a madeira consumida, segundo [16], há um extenso acúmulo de restos de madeira advindo das atividades de construção civil e outros setores.

O desperdício da madeira é generalizado e provem tanto de estabelecimentos comerciais quanto das grandes indústrias, e mesmo sendo um material bastante descartado após seu uso, principalmente no setor da construção civil [9], a madeira possui características mecânicas e físicas, que permitem seu reaproveitamento para outras finalidades. Visando garantir essa reinserção da madeira em um novo ciclo de vida, propõem-se com este estudo, promover a reutilização dos resíduos do material, para atuar como isolante térmico, que [11] coloca como uma das mais importantes práticas da construção, onde o conforto, economia energética, segurança e saúde são os principais objetivos, alcançados pelo uso adequado dos materiais combinados a constituição apropriada da parede. O objetivo principal é produzir um compósito do material, a um baixo custo, a partir de lascas e pó de madeira obtidos de serrarias do interior potiguar (*Rio Grande do Norte*), capaz de ser utilizado como revestimento interno ou externo, na região.

Este trabalho está dividido em 5 seções. Após esta seção, são discutidas algumas questões referentes a reutilização do material, suas aplicações e as vantagens da fabricação de materiais compósitos. A terceira seção, descreve os materiais e métodos utilizados na produção das placas de madeira e como ocorreu o ensaio e caracterização de isolamento térmico. A quarta seção, apresenta os resultados do ensaio do estudo e por fim, a quinta seção expõe as considerações finais, com argumentos acerca da utilização das placas em revestimentos e vantagens de sua produção.

REFERENCIAL TEÓRICO

A madeira é o tipo de material que não pode estar em falta nas indústrias de móveis e decoração e muito menos na de construção, tanto na sua fase inicial como final. Com o crescimento da demanda material de madeira de alta qualidade, sua extração excessiva tem obtido resultados desastrosos ao meio ambiente [10].

Embora seja um material pouco reaproveitado, a madeira quando recuperada pode ser extremamente desejada pelos arquitetos e proprietários, principalmente quando passa por processos trabalhosos de recuperação [9]. Outras aplicações também são possíveis e necessárias, um exemplo, é a utilização de materiais para isolamento térmico, atualmente a indústria da construção, que descarta um percentual considerável de madeira, serve-se de materiais inorgânicos como o

poliestireno expandido (EPS), que possui alta resistência a transferência de calor, porém com elevado impacto ambiental em sua produção [3]. Desta forma, faz-se importante o emprego de materiais que seriam descartados, para reutilização nestas demais áreas dentro do próprio setor de construção.

Reutilização da madeira. Podemos considerar a madeira como o material mais antigo utilizado pelo homem, sua exploração se dar em função de sua facilidade em ser obtida e pela flexibilidade em que pode ser trabalhada [13].

A possibilidade de reutilizar materiais que seriam descartados, pode ser uma boa forma de iniciar a consciência sustentável por meio da fabricação de um novo material. Nos Estados Unidos, a reciclagem e reutilização da madeira são de extrema importância, o material já é muito utilizado para combustível, celulose e matéria-prima, em produtos como painéis de aglomerado, e agora o país também tem direcionado seus esforços na captação de resíduos sólidos municipais, resíduos de construções e de demolições [5]. No Brasil, a *Resolução CONAMA* nº 307, estabelece o dever dos geradores de designarem de forma consciente e eficaz o correto destino de seus resíduos, garantindo benefícios econômicos, sociais e ambientais.

[18] realiza um diagnóstico e classificação dos tipos de resíduos de madeira quanto sua origem, provindos em sua maioria da industrialização, construção, podas de arborização e do comércio em geral. Dados estatísticos, apresentam uma porcentagem de menos de 5% relacionado a empresas, que desenvolvem algum planejamento de conservação ambiental em função do impacto que seus processos causam ao meio ambiente devido a geração de resíduos e pela disposição destes [14].

Os resíduos de madeira da construção civil chegam a cerca de 6,7 milhões de toneladas, anualmente, este material representa 10% de tudo que é depositado em aterros, a preocupação é ainda maior quando observa-se a taxa de reciclagem da madeira da indústria de construção, que é bem inferior aos outros materiais utilizados, como o concreto e o aço [9]. A destinação deste material aos aterros, deveria ser tomada como última ação a ser considerada, a [4] tem a prevenção como principal medida, seguida da reutilização e reciclagem da madeira, a ideia é que o material descartado seja gerenciado e tratado para garantir os melhores resultados econômicos e ambientais.

Compósito. Os materiais compósitos, são formados a partir da união de dois ou mais materiais no intuito de combinar suas propriedades, obtendo um material novo com qualidades melhores, para [1], os compósitos são de grande relevância em diversas áreas da engenharia.

Segundo [12], os compósitos podem alcançar excelentes propriedades mecânica com baixa quantidade de massa. No caso da madeira como material a ser combinado uma questão importante quanto as suas propriedades mecânicas, são esclarecidas por [2], a deterioração sofrida pelo

material ao longo do tempo, é uma consequência dos cuidados recebidos e não uma consequência direta da sua idade, como muitos pensam. A madeira por si só, mostra-se com inúmeras vantagens relacionadas a sua aquisição e densidade, embora seja um material com problemas de agregação, estudos apontam que a utilização desse material em uma matriz polimérica pode apresentar excelentes resultados no produto final [7].

Desta forma, uma alternativa para o aproveitamento dos resíduos de madeira da construção civil e outras áreas, é a sua utilização na formulação de um novo material. De acordo com [15], os compósitos fabricados a partir de produtos vegetais enquadram-se na percepção do reaproveitamento de recursos menos agressivos e tóxicos, que além de tudo provem de fontes renováveis e atendem aos requisitos de conservação e preservação do meio ambiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Produção do material. Na produção das placas de madeira foram utilizados quatro insumos: resíduo de madeira (em pó e em raspas), água, farinha de trigo e vinagre. Foram utilizados dois tipos de traço, o primeiro identificado como Traço 1, que detinha somente o pó da madeira, e o Traço 2, composto pelo pó e as raspas encontradas nas serrarias da região. A composição e proporção dos materiais utilizados na fabricação do compósito encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Materiais utilizados na fabricação do compósito.

<i>Traço 1</i>	<i>Traço 2</i>
200 g de Farinha de trigo	200 g de Farinha de trigo
340 g de pó da madeira	50 g de raspas da madeira e 200 g de pó da madeira
800 g de água	800 g de água
30 mL de Vinagre	30 mL de Vinagre



Figura 2. Mistura da cola com farinha, água e vinagre.

Em ambos os traços para fabricação da cola, utilizou-se a farinha de trigo com água, levada a fogo baixo por cerca de 3 minutos até que a mistura adquira consistência viscosa, como demonstrado na Figura 2a. Posteriormente, os materiais de cada traço foram adicionados a mistura juntamente com o vinagre. A adição dos resíduos de madeira sucedeu-se até que a mistura formasse um ligante entre os insumos, sem que apresentasse umidade excessiva (Figura 2b).

O material resultante da introdução da madeira, caracterizado como um semi-sólido, foi colocado em um molde de madeira nas dimensões 10·30 cm (Figura 3). A prensagem da placa foi executada de modo manual, através de uma carga de aproximadamente 100 kg, aplicada durante 3 minutos.



Figura 3. Molde com saco plástico.

A secagem do material ocorreu através de secagem artificial e natural. Na secagem artificial, foi utilizado um soprador térmico durante cerca de 10 minutos e a secagem natural pela exposição do material ao sol, durante cerca de 3 horas por dia, durante uma semana, até a realização do ensaio de irradiação térmica.

Ensaio de isolamento térmico. Para o ensaio de isolamento térmico, foi utilizado um protótipo adaptado de [8]. O referido equipamento, consiste em simular dois ambientes, sendo um ambiente que sofre a ação da luz solar, que é simulada em função do calor emitido por três lâmpadas incandescentes de 250 W e o outro formado por um ambiente isolado, em uma caixa térmica de madeira com dimensões de 90·60·45 cm. A divisão entre ambos os ambientes é feita por uma divisória de poliestireno expandido (EPS) vazada, preenchida com o material a ser ensaiado. Para obtenção dos dados de temperatura, são instalados quatro sensores, dois em cada ambiente, os quais são ligados a um controlador, diretamente conectado ao computador que possui o *software*, responsável pela leitura da temperatura em intervalos de tempo de um minuto. O ensaio tem um tempo total de duração de 60 minutos. A Figura 4 ilustra o equipamento utilizado.

Para realização do ensaio foram utilizadas duas placas fabricadas de concreto (Figura 5), tomadas como referência durante o ensaio. A intenção é simular o uso da placa de madeira como

revestimento em construções.

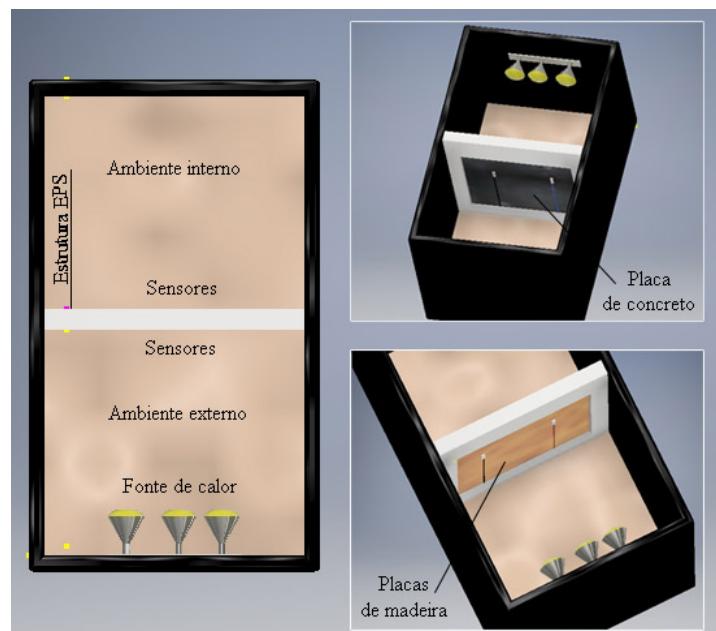


Figura 4. Esquema do equipamento utilizado.

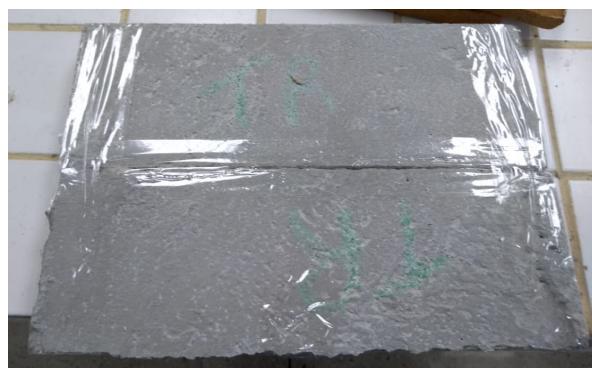


Figura 5. Placas de concreto utilizadas.

Desta maneira, as placas de madeira utilizadas no ensaio (Figura 6), simulam duas situações, tanto sua utilização como revestimento externo como interno de uma residência.



Figura 6. Placas de madeira prontas para o ensaio.

No ensaio, as faces da placa de madeira ficam expostas a ação térmica das lâmpadas durante 60 minutos, com o intuito de obter-se a variação de temperatura e o valor de isolamento adquirido pela placa de madeira. Como apresentado na Figura 7, dois sensores são instalados na face da placa de madeira e dois sensores na face da placa de concreto. Por meio da análise da variação de ambos os ambientes é possível auferir o valor de isolamento térmico oferecido pelo compósito em estudo.



Figura 7. Ensaio de irradiação térmica.

Na Figura 7, observa-se a madeira em simulação a ambiente externo. Desta forma, dois cenários foram testados. No primeiro, a placa de madeira apresenta o caso de exposição a irradiação proveniente da fonte de calor do protótipo utilizado, e o segundo cenário, refere-se a placa de madeira quando protegida pela placa de concreto, ou seja, em ambiente interno.

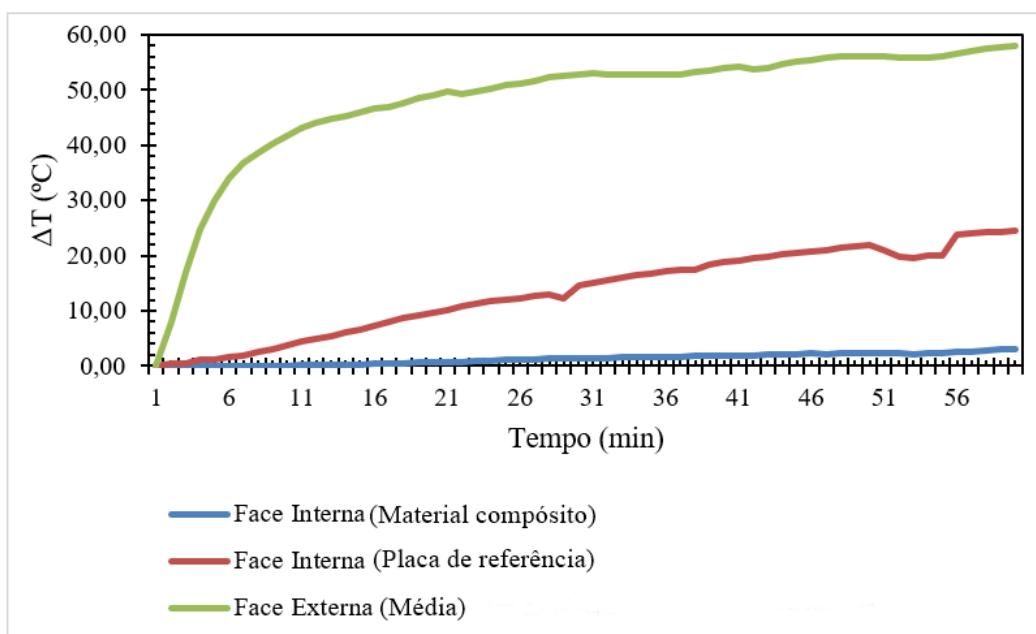
ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS

Os corpos de prova apresentaram boa rigidez e leveza. Na Figura 8, é possível visualizar o estado das placas antes da exposição aos testes de temperatura.

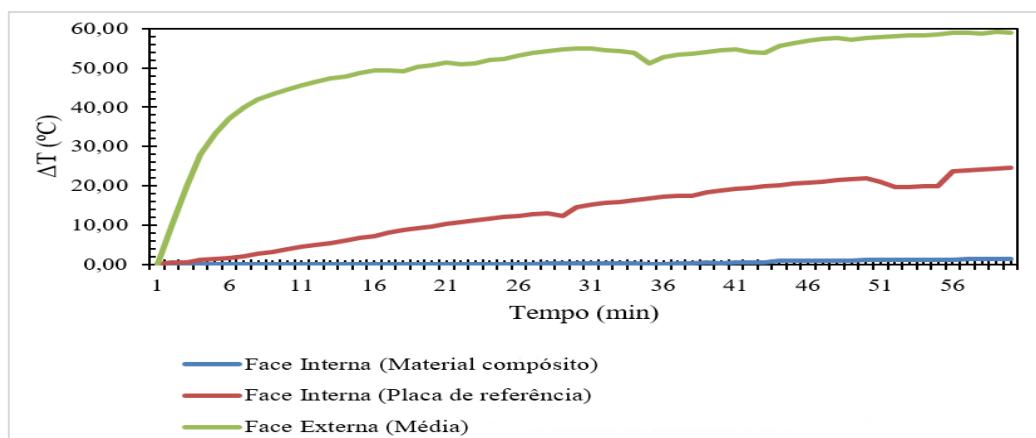


Figura 8. Placas de madeira obtidas.

Cenário 1 - Placa de madeira exposta a ambiente externo. A Figura 9 apresenta os dados do ensaio correspondente as placas de madeira produzidas com o Traço 01, com a intenção de obter a variação de temperatura (ΔT) na face externa e interna.



Por meio da análise da Figura 9, observa-se o comportamento da curva correspondente a variação de temperatura na face externa, que aquece rapidamente até aproximadamente os 5 minutos, com uma taxa de aquecimento de 6°C por minuto, mudando seu comportamento após 11 minutos quando passa a ter outra inclinação. Enquanto isso, percebe-se na placa de referência que na face interna acontece o aquecimento linearmente, apresentando ao final do experimento variação de temperatura de 20°C. Quando a placa de referência recebe a proteção da placa de madeira, o isolamento se dar quase por completamente até os 20 minutos de ensaio, com variação de temperatura de 3°C ao fim do experimento.



A Figura 10, mostra os resultados referentes as placas de madeira fabricadas no Traço 02, que utiliza tanto sobras do pó, como das raspas da madeira.

O gráfico da Figura 10 é similar ao gráfico visto anteriormente, ao analisar-se o comportamento da curva correspondente a face interna da placa de madeira, seus sensores passam a detectar a elevação da temperatura apenas por volta dos 28 minutos, com temperatura variando até o final do ensaio em torno de 1°C.

Quanto a temperatura das faces expostas ao ambiente externo, estas apresentam rampa de aquecimento nos primeiros 5 minutos de ensaio, chegando a possuir uma taxa de aquecimento de aproximadamente 7°C por minuto. Transcorrido 15 minutos de ensaio, a temperatura passa a aumentar significativamente, porém a uma menor taxa de aquecimento, oscilando seus valores até os 54 minutos para então estabilizar-se.

Cenário 2: Placa de madeira protegida pela placa de concreto. A Figura 11 apresenta os resultados do ensaio correspondentes as placas de madeira produzidas com o Traço 01. As curvas apontam os valores de temperatura das faces internas, tanto da placa de madeira, como da placa de concreto usada como referência, além de demonstrar a média obtida na face exposta a fonte de calor de ambas as placas.

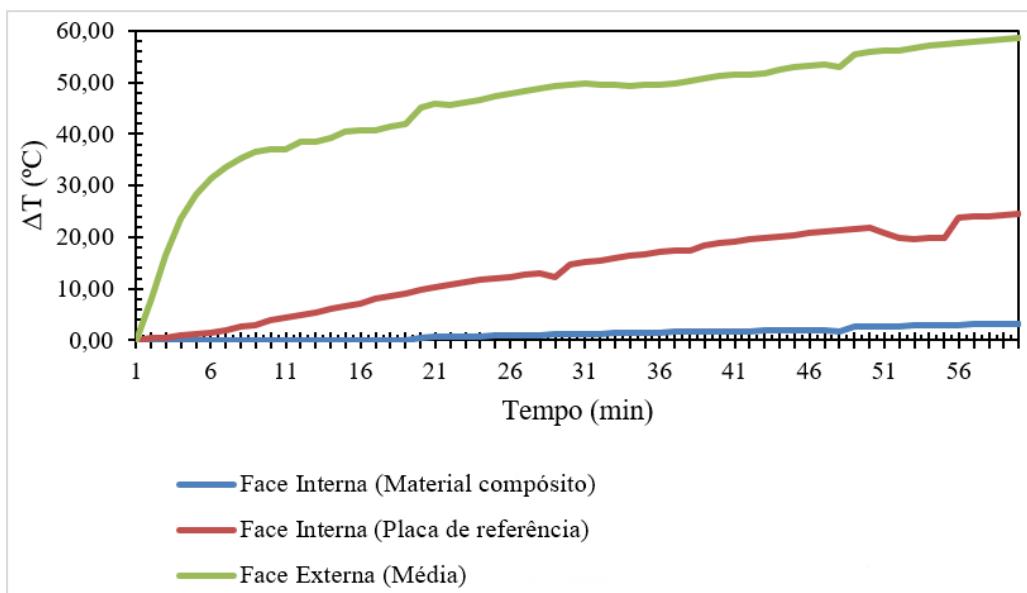


Figura 11. Isolamento com as placas do Traço 01.

Ao analisar-se o comportamento das curvas da face interna da placa de madeira na Figura 11, nota-se o início da variação de temperatura aos 20 minutos, e como na placa do Traço 01, está também não possui mudanças maiores que 3°C no decorrer do experimento. Os valores médios de ambas as placas externas, tendem ao crescimento logo nos primeiros 5 minutos, com taxa de

aquecimento de 5,6° C por minuto, quando posteriormente, a temperatura passa a aumentar significativamente até o fim do ensaio.

A Figura 12, mostra os resultados obtidos com as placas de madeira do Traço 02.

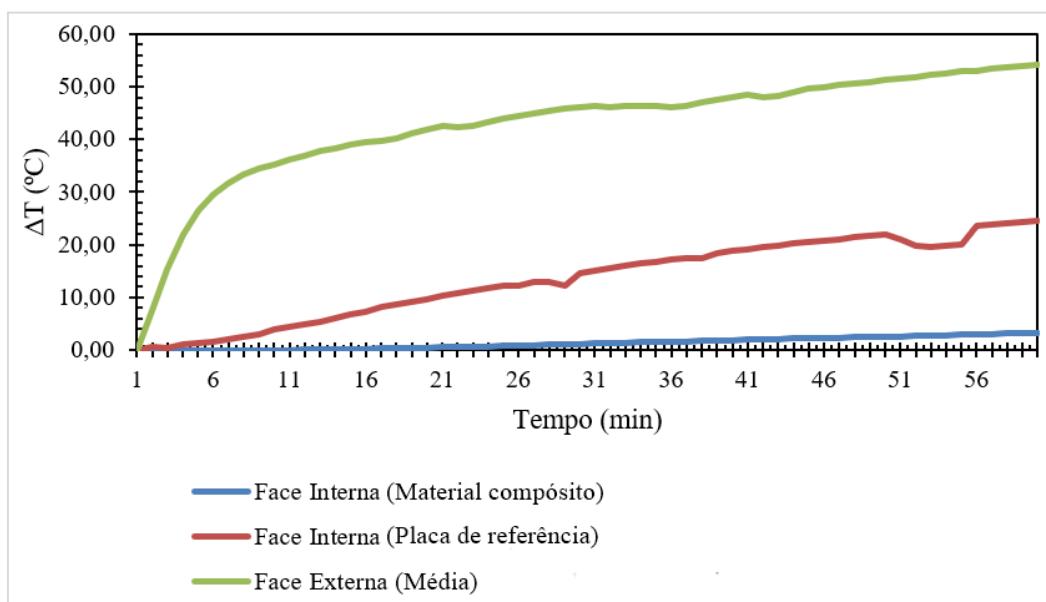


Figura 12. Isolamento com as placas do Traço 02.

Desta análise da Figura 12, a face interna da madeira começa aquecer-se aos 14 minutos de ensaio, mas uma vez não obtendo variações superiores a 3°C no decorrer de todo o experimento. Quanto aos valores das placas expostas a fonte de calor, estas apresentam crescimento constante nos primeiros 5 minutos, com taxa de aquecimento de aproximadamente 6°C por minuto. Posteriormente, ocorre uma variação crescente até os 56 minutos de ensaio, que se estabiliza nos 4 minutos finais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos nos ensaios, foi visto que as placas de madeira possuem propriedades para isolamento térmicas excelentes. Quando comparadas a placa de referência, é observado um ganho de isolamento térmico muito maior no compósito de madeira, principalmente quando este é exposto ao ambiente externo, porém em ambas as posições o compósito apresentou diferenças não significativas, com variação de não mais que 3°C. Desta forma, entende-se que tanto em ambientes externos e internos, as placas de madeira teriam praticamente a mesma capacidade de isolamento térmico.

Ressalta-se que, apesar do envergamento sofrido pelas placas de madeira, em função da secagem não uniforme ou da incidência de luz e calor durante o ensaio, não foi detectado sinais de comprometimento das propriedades de isolamento térmico. Com isso, observa-se que os dois traços

fabricados possuem forte ação de isolamento, porém o Traço 02, constituído do pó e das lascas de madeira, destaca-se por conseguir maior tempo de isolamento térmica e menores variações de temperatura.

O estudo também chama atenção a proposta de trabalhar com a fabricação de um compósito constituído inteiramente de materiais de baixo custo e com a reutilização de restos de serragem utilizadas na construção civil, com custo final de fabricação das placas de R\$ 12,33 o m².

Conclui-se que quanto aplicabilidade, as placas apresentadas neste estudo podem ser utilizadas em revestimentos que buscam isolamento térmico, principalmente em ambientes internos, garantindo a não exposição do material às intempéries de ambientes externos. Sugere-se que em trabalhos futuros, o material seja testado quanto ao seu isolamento acústico e sua aplicabilidade em outras áreas da construção civil.

Agradecimentos. Esta pesquisa foi realizada com o apoio do laboratório da *Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA* campus Angicos.

REFERÊNCIAS

- [1] Aleksendrić D, Carbone P “*Soft Computing in the Design and Manufacturing of Composite Materials: Applications to Brake Friction and Thermoset Matrix Composites*”. Woodhead Publishing, 2015
- [2] Cavalli A et al. “A review on the mechanical properties of aged wood and salvaged timber”. *Construction And Building Materials*. v. 114 , p. 681-687. abr. 2016.
- [3] Cetiner I, Shea A D “Wood waste as an alternative thermal insulation for buildings”, *Energy & Buildings*. S.l., p. 374 (2018)
- [4] Defra “*Wood waste: A short review of recent research*”. Uk Government: Department For Environment, Food And Rural Affairs, 2012.
- [5] Falk RH, McKeever D B “Recovering Wood for Reuse and Recycling a United States Perspective”. In: European cost e31 conference: management of recovered wood recycling bioenergy and other options, 31, 2004, Thessaloniki. *Proceedings*. Thessaloniki: University Studio Press, 2004. p. 39 - 40.
- [6] Forest and wildlife research center “Center for Wood Utilization Research”. U.S. Mississippi State University, 2005
- [7] Hillig É et al. “Caracterização de compósitos produzidos com polietileno de alta densidade (hdpe) e serragem da indústria moveleira”. *R. Árvore*, Viçosa, 32(2), 299 (2008)
- [8] Hines EE et al. “RF transparent thermal test chamber”. US nº 4,860,602, 18 maio 1988, 29 ago. 1989.
- [9] Leblanc R “The Importance of Wood Recycling in C&D Management”. 2018. Disponível em: <<https://www.thebalancesmb.com/wood-recycling-construction-2877760>>. Acesso em: 26 nov. 2018.
- [10] Lima AIN, Cruz CB, Silva ÉL “Impactos Provocados no Meio Ambiente Pelo uso da Madeira na Construção Civil”. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 1(2), 116 (2017)
- [11] Liu M, Sun Y, Sun C “Study on thermal insulation and heat transfer properties of wood frame walls”, *Wood Research*. S.l, 249 (2017)
- [12] Loos M “*Carbon Nanotube Reinforced Composites*”. CNR Polymer Science & Technology”. Andrew W, 2015
- [13] Maleski F et al. “Reutilização de madeira de lei no processo de fabricação de joias”. *Mix Sustentável*, Florianópolis, 3(3),78 (2018)
- [14] Nahuz M R “Resíduos da indústria moveleira: a cadeia produtiva de móveis no Brasil”. São Paulo: IPT, 2005
- [15] Suh DJ, Lim YT, Park OO, *Polymer*, 41, p.8557 (2000)
- [16] Wang Y, Fukuda H “Timber Chips as the Insulation Material for Prefabricated Office Building Environmental Simulation”, en: International conference on power, energy engineering and management, 1, 2016, Thailand. *Proceedings*. Thailand: Peem
- [17] Werner F et al. “National and global greenhouse gas dynamics of different forest management and wood use scenarios: a model-based assessment”. *Environmental Science & Policy*. 1, 72 (2010)
- [18] Wiecheteck M “*Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos*”. Curitiba: Projeto Pnud Bra 00/20 - Apoio às Políticas Públicas na Área de Gestão e Controle Ambiental, 2009