

PAINÉIS ISOLANTES TÉRMICOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS AGRÍCOLAS

THERMAL INSULATION PANELS PRODUCED WITH AGRICULTURAL WASTE

DANIELI MAEHLER NEJELISKI, M.Sc. | UFRGS

LAUREN DA CUNHA DUARTE, Dra. | UFRGS

ÉRIKA DA SILVA FERREIRA, Dra. | UFPEL

RESUMO

O aumento do consumo de energia nas edificações comerciais e residenciais é resultado do uso de sistemas de ar condicionado para garantir um ambiente com conforto térmico. O uso de materiais isolantes é uma alternativa para reduzir as perdas de energia, entretanto, alguns dos materiais convencionais apresentam riscos à saúde e ao meio ambiente. O objetivo deste trabalho é apresentar um panorama atual do uso de resíduos agrícolas para a produção de painéis isolantes. A metodologia utilizada foi a bibliométrica, a partir de pesquisa de publicações em três bases de dados. Como resultado, destacam-se os painéis produzidos a partir do bagaço de cana, da casca de arroz, da fibra de coco e do sabugo de milho. Os painéis caracterizam-se pela baixa densidade e baixos índices de condutividade térmica. Pode-se concluir que a condutividade térmica dos materiais é afetada por vários fatores, como a densidade, o tamanho das partículas e as especificações de produção.

PALAVRAS CHAVE: Resíduos agrícolas; isolantes térmicos; painéis de partículas

ABSTRACT

The increase in energy consumption in commercial and residential buildings is the result of the use of air conditioning systems to ensure an environment with thermal comfort. The use of insulating materials is an alternative to reduce energy losses, however, some of the conventional materials pose risks to health and the environment. The objective of this work is to present a current overview of the use of agricultural waste for the production of insulating panels. The methodology used was bibliometric, based on a search for publications in three databases. As a result, the panels produced from sugarcane bagasse, rice husk, coconut fiber and corncob stand out. The panels are characterized by low density and low rates of thermal conductivity. It can be concluded that the thermal conductivity of materials is affected by several factors, such as density, particle size and production specifications.

KEY WORDS: *Agricultural waste; thermal insulation; particleboard*



1. INTRODUÇÃO

A redução do consumo de energia nos sistemas é um dos principais objetivos no desenvolvimento de projetos que causem menos impactos ao meio ambiente. O aumento do consumo de energia nos setores residencial e comercial é resultado do uso de sistemas de ar condicionado para garantir um ambiente confortável e saudável (ABU-JDAYIL et al., 2019). O conforto térmico reflete diretamente sobre a qualidade de vida e saúde das pessoas e em um país como o Brasil, com climas tão diferentes e grandes oscilações de amplitude térmica, a busca por soluções para minimizar o desconforto térmico é um pré-requisito nos projetos arquitetônicos e de engenharia civil (CARVALHO et al., 2014).

Em edificações públicas, cerca de 70% da energia é utilizada em iluminação e climatização artificial, o que reforça a importância do tratamento adequado de fechamentos em paredes e aberturas, com a utilização de materiais com isolamento térmico (PROCEL, 2017). De acordo com Notarianni (2014), o desempenho energético de um edifício é influenciado em 30% pelo isolamento do invólucro arquitetônico, de modo que o emprego de padrões arquitetônicos adequados, aliado à especificação de materiais isolantes, permitem reduções significativas no consumo de energia.

Um material pode ser definido como isolante térmico quando possui propriedades que possibilitam a manutenção das condições climáticas internas do edifício, independentemente das variações das temperaturas e das condições climáticas externas (NOTARIANNI, 2014). O uso de materiais de isolamento térmico em construções residenciais e comerciais pode ser um meio de reduzir as perdas de energia durante o ano inteiro, maximizando a eficiência dos sistemas de refrigeração e aquecimento. Além disso, o uso de materiais isolantes na construção resulta em uma redução no custo do consumo de eletricidade, bem como uma redução nos custos fixos iniciais de instalação (ABU-JDAYIL et al., 2019).

A lã de rocha, a lã de vidro, o poliestireno expandido e a espuma de poliuretano são isolantes térmicos convencionais, muito utilizados em virtude de suas excelentes propriedades isolantes e do custo acessível. Entretanto, estes materiais podem causar riscos à saúde e impactos ao meio ambiente. As lãs, de rocha e de vidro, se não forem manuseadas corretamente, podem causar problemas respiratórios e intoxicação. Os materiais isolantes à base de polímeros, como espuma de poliestireno e poliuretano, embora tenham um alto desempenho em isolamento térmico, causam significativos impactos ambientais ao longo do ciclo de vida (ABU-JDAYIL et al., 2019).

Neste contexto, pesquisas estão sendo realizadas na busca de materiais isolantes com enfoque sustentável, que sejam atóxicos, seguros, biodegradáveis e com ciclo de vida com menor impacto ao meio ambiente quando comparados aos produtos similares. Uma alternativa são os resíduos da produção agrícola, que vêm sendo testados para o desenvolvimento de novos materiais a serem utilizados na construção civil, principalmente para isolamento térmico e conforto acústico (SPINELLI; CAMBEIRO; KONRAD, 2018). Asdrubali et al. (2015) esclarecem que o uso dessas matérias-primas ainda não é generalizado e, em alguns casos, é limitado a um estágio experimental e laboratorial. Os autores reforçam que a sustentabilidade real destas matérias-primas está ligada à sua disponibilidade, ao fato de serem utilizados, preferencialmente, onde são colhidos, produzidos ou fabricados.

Nas últimas décadas o Brasil se consolidou como um dos maiores produtores agrícolas a nível mundial. Nos últimos quarenta anos, o país saiu da condição de importador de alimentos e se tornou um dos grandes produtores. A produção e a produtividade aumentaram significativamente, hoje se produz mais em cada hectare de terra. Entre 1975 e 2017, a produção de grãos, que era de 38 milhões de toneladas, cresceu mais de seis vezes, enquanto a área plantada apenas dobrou (EMBRAPA, 2018).

Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE sobre os principais resultados da safra de 2019 mostram que a produção da cana-de-açúcar foi de mais de 660 mil toneladas, a safra de soja foi de mais de 110 mil toneladas e a de arroz foi mais de 10 mil toneladas (IBGE, 2019). O volume de resíduos agrícolas gerados aumenta na mesma proporção em que aumenta a produção. Alguns tipos de resíduos aumentam o potencial poluidor em função da disposição inadequada, poluindo os solos, os corpos hídricos e acarretando problemas de saúde. Ainda, o elevado custo de tratamento e armazenamento dos mesmos tem efeito sobre o preço final dos produtos (ROSA et al., 2011). A utilização de subprodutos agrícolas ajuda na preservação da terra e dos recursos naturais necessários para o cultivo de novas plantas, assim, é benéfica para a agricultura e contribui para solucionar o problema da eliminação dos resíduos agrícolas (SCANDOLA, 2011).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar um panorama atual do uso de resíduos agrícolas para a produção de painéis isolantes para a construção civil. A pesquisa foi realizada por meio da metodologia bibliométrica, a busca de dados se deu a partir do servidor Proxy da

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pesquisando em artigos científicos, dissertações e teses publicados nas bases Periódicos CAPES, Science Direct e Scopus.

A pesquisa foi realizada no período de 01 a 03 de maio de 2020, as palavras-chave utilizadas foram: *particleboard*, *thermal insulation* e *agricultural waste*, foram selecionados apenas trabalhos publicados nos últimos 10 anos. Como resultado, foram selecionados 98 trabalhos no Periódicos CAPES, 87 no Science Direct e 93 no Scopus, totalizando 278 trabalhos selecionados. Após a filtragem, para eliminação de trabalhos repetidos e não relevantes, foram selecionados 27 artigos para análise final.

Na primeira parte do trabalho são apresentadas informações sobre materiais isolantes térmicos, como definição, classificação, materiais mais utilizados e suas propriedades. Na segunda parte são apresentados dados sobre materiais isolantes desenvolvidos a partir do uso de resíduos agrícolas, como bagaço de cana, fibra de coco e sabugo de milho. Na terceira parte é realizada a discussão dos resultados levantados nos artigos.

2. MATERIAIS ISOLANTES TÉRMICOS

Os materiais isolantes podem ser aplicados de três maneiras distintas nas estruturas: entre duas superfícies, na parte externa da construção ou na parte interna do ambiente. Navroski et al. (2010) avaliaram a eficiência do isolamento térmico por meio da construção de quatro estruturas: parede simples, parede dupla sem isolamento, parede dupla com isolamento de lâminas de isopor e outra com isolamento de casca de arroz. Como resultado, a estrutura com isolamento térmico de isopor foi a que obteve a menor variação térmica interna. Malanho & Veiga (2014) destacam que a reabilitação de edifícios pode ser efetuada através da aplicação de sistemas de isolamento térmico pelo exterior, que permitem corrigir as pontes térmicas, melhoram o desempenho térmico no verão e protegem a estrutura e a alvenaria dos choques térmicos. Para aplicação no exterior de edifícios, o material precisa ter propriedades específicas, como baixos índices de absorção de água e alta resistência às intempéries. Os materiais isolantes instalados na parte interna dos ambientes possuem função isolante e decorativa e as exigências quanto à durabilidade e à absorção de água são menores, o que favorece a utilização de materiais de origem vegetal.

Os materiais isolantes são produzidos e comercializados na forma de painéis, fibras, espumas ou grânulos. Galbusera & Mammi (2008) propõem uma classificação que considera a estrutura do material, o processo de transformação e o tipo de matéria-prima. Com relação

à estrutura, o material pode ser fibroso, celular ou poroso. Nos materiais fibrosos, as propriedades isolantes derivam da rede de fibras que permite manter o ar dentro do material, pertencem a esta categoria a lã de vidro, a lã de rocha e as fibras poliméricas. Nos materiais celulares, a presença de elementos fechados aprisionam o ar dentro deles, o que os torna leves e eficientes isolantes térmicos, pertencem a esta categoria o poliestireno e o poliuretano. Nos materiais porosos, as cavidades e túneis presentes no interior do material garantem que o ar permaneça dentro deles, permitindo bons níveis de isolamento, pertencem a esta categoria a cortiça e a argila expandida.

Com relação ao processo de transformação, os materiais podem ser naturais ou sintéticos. Os materiais naturais são aqueles utilizados da maneira próxima da qual são encontrados na natureza, que não passam por processos industriais representativos, como é o caso da casca de arroz, das placas e dos grânulos de cortiça natural. Já os materiais sintéticos são aqueles produzidos em laboratório ou que passam por processos industriais para adquirir a forma e as propriedades finais, como é o caso da lã de rocha, lã de vidro, polietileno, poliuretano. Quanto ao tipo de matéria-prima, podem ser orgânicos ou inorgânicos. Os materiais orgânicos são aqueles derivados de matérias-primas de origem vegetal, animal e os derivados do petróleo. Os materiais inorgânicos são derivados dos minerais, como a lã de rocha (GALBUSERA; MAMMI, 2008).

Para que um material possa ser considerado isolante, deve possuir propriedades específicas, determinadas pelas normas vigentes. No Brasil, a NBR 15220 trata sobre o desempenho térmico de edificações, com as definições e os cálculos das principais propriedades dos materiais isolantes (ABNT, 2005). A condutividade térmica (λ) é o principal parâmetro para determinar a eficiência do material quanto ao poder isolante, definida como a propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de 1 W/m^2 , quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro, e sua unidade de medida é W/m.K (ABNT, 2005). Um material pode ser considerado isolante se o seu índice de condutividade térmica for inferior a $0,1 \text{ W/m.K}$. Os materiais isolantes convencionais são aqueles comumente utilizados, cujas características seguem padrões estabelecidos por normas, como é o caso da lã de rocha, da lã de vidro, do polietileno e do poliuretano.

O processo produtivo da lã de rocha e da lã de vidro é similar. A lã de rocha é produzida a partir da fusão de rochas, como o diabásio, em temperaturas de cerca de 1500°C , onde a massa aquecida é expelida em um disco,

criando as fibras. A lã de vidro é produzida a partir de vidro borossilicato a uma temperatura em torno de 1400°C, onde a massa aquecida é puxada através de bocais rotativos, criando as fibras. Tanto na lã de vidro quanto na lã de rocha, é adicionado óleo de redução de pó e resina fenólica para unir as fibras e melhorar as propriedades do produto. O material resultante é leve e macio, as fibras são aplicadas para preencher estruturas com cavidades (ABU-JDAYIL et al., 2019). A figura 01 mostra a instalação de um painel de lã de vidro entre duas paredes.



Figura 01 – Instalação de painel de lã de vidro
Fonte: GESSO SUL, 2020

O poliuretano (PU) é um polímero formado pela reação entre isocianatos e polióis, durante o processo de expansão, os poros fechados são preenchidos com gases. O PU pode ser usado como uma espuma em expansão no local da construção, para vedar em torno de janelas e portas e para preencher várias cavidades (figura 02). O material de isolamento também pode ser produzido como placas ou contínuo, em uma linha de produção. (ABU-JDAYIL et al., 2019).



Figura 02 – Aplicação de espuma de poliuretano como isolante entre duas paredes
Fonte: INTONACO, 2020

O poliestireno expandido (EPS) é mais conhecido pelo seu nome comercial, Isopor. É um termoplástico resultante da polimerização do estireno em água. Composto por 2% de matéria-prima e 98% de ar, possui densidade extremamente baixa, o que resulta em excelentes propriedades isolantes. O baixo custo e a facilidade de manuseio também favorecem o uso do material como isolante na parte interior das paredes (NAVROSKI et al., 2010). A tabela 01 mostra as propriedades térmicas dos principais materiais isolantes convencionais.

Isolante térmico	ρ (kg/m ³)	λ (W/m.k)	c (kJ/(kg.K))
Lã de rocha	20 - 200	0,045	0,75
Lã de vidro	10 - 100	0,045	0,70
EPS	15 - 35	0,040	1,42
Espuma de PU	30 - 40	0,030	1,67

Tabela 01: Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais isolantes térmicos convencionais
Fonte: ABNT, 2005

A cortiça é o revestimento do tronco e dos ramos do sobreiro (*Quercus suber* L.), foi um dos primeiros materiais isolantes utilizados pelo homem e suas aplicações na construção civil remontam à Pré-história, utilizada em sua forma natural ou em pranchas. Os primeiros povos que a utilizaram foram os situados no Mediterrâneo Oriental, de onde é originária. O registro mais antigo do uso da cortiça na arquitetura tradicional é dos séculos I e II a.C., na Sardenha, ilha italiana. Em Portugal, o registro mais antigo é como revestimento para silos de grãos. Na civilização romana era utilizada como revestimento no telhado das casas (PEREIRA, 2007).

A produção de rolhas deu origem a uma grande quantidade de resíduos, logo surgiram processos para a reutilização dos mesmos. Os granulados podem ser produzidos a partir de resíduos ou de cortiça virgem, são utilizados principalmente como matéria-prima para a produção dos aglomerados. Os granulados de cortiça também são usados diretamente como produtos para isolamento térmico e acústico, como preenchimento (MESTRE; GIL, 2011). O aglomerado expandido de cortiça, também conhecido como aglomerado preto, é produzido pelo processo de autoclave, onde as partículas são submetidas a calor e pressão, com vapor superaquecido. É um produto natural, sem adição de resinas sintéticas (PEREIRA, 2007). Já o aglomerado composto ou branco, é o mais conhecido e utilizado, é produzido em um processo de aglutinação dos grânulos de cortiça através de compressão,

temperatura e um agente aglutinante. Podem ser moldados, transformados ou cortados, adaptando-se para muitos propósitos diferentes (MESTRE; GIL, 2011). A figura 03 mostra painéis de aglomerado branco de cortiça como revestimento isolante em ambiente interno.



Figura 03 – Revestimento interno de painéis de cortiça
Fonte: OMA, 2020

A cortiça é um material leve devido à suas células ocas e paredes finas, a densidade do tecido seco é baixa, em média 150 kg/m^3 e 160 kg/m^3 . A densidade da cortiça varia de acordo com a geometria e a dimensão das células, o que altera a porcentagem de material sólido (PEREIRA, 2007). Os valores típicos de condutividade térmica para cortiça estão entre $0,040$ e $0,050 \text{ W/m.K}$. (ABU-JDAYIL et al., 2019). No processo produtivo das rolhas e dos aglomerados, é utilizado 100% da matéria-prima e os resíduos gerados são reutilizados para a produção de aglomerados (MESTRE; GIL, 2011).

O cultivo e o uso de matérias-primas de origem vegetal trazem muitas vantagens quando comparadas com os materiais sintéticos. Durante o desenvolvimento das plantas há uma redução substancial das emissões de CO_2 . Já na etapa de desenvolvimento de novos produtos, são um incentivo a novas indústrias e ao desenvolvimento local. O ciclo de vida do produto é menos agressivo ao meio ambiente, o gasto de energia ao longo da cadeia é menor e são biodegradáveis (NEJELISKI; DUARTE, 2020). Por outro lado, os materiais isolantes sintéticos são eficientes, duráveis e de custo acessível, entretanto, podem causar problemas de saúde e são poluentes.

O desgaste da lã de rocha e da lã de vidro em ambientes fechados faz com que os materiais fibrosos entrem em contato com o ar. O perigo é em função das características físicas do pó e das fibras, da concentração de ar e do tempo de exposição. Se inaladas ou ingeridas, são substâncias irritantes e tóxicas (NOTARIANNI, 2014). Com relação aos polímeros, deve-se notar que, mesmo que o PU seja seguro no uso, ele levanta sérios problemas de saúde e riscos em caso de incêndio, quando libera cianeto

de hidrogênio e isocianatos durante a queima, que são muito venenosos (ABU-JDAYIL et al., 2019).

O ciclo de vida dos materiais isolantes sintéticos convencionais é menos sustentável se comparado ao ciclo de vida dos materiais naturais. A começar pela extração da matéria-prima, sendo os polímeros derivados do petróleo, recurso não-renovável, e a lã de rocha derivada de minérios. Ao longo de todo o processo há gasto com transporte e deslocamento. O processo produtivo dos materiais sintéticos gera resíduos poluentes na forma sólida, líquida e gasosa. Ao final da vida útil, a reciclagem e o descarte de materiais como lã de rocha, lã de vidro, poliestireno expandido e espuma de poliuretano é mais problemático do que de materiais naturais.

Na busca por soluções sustentáveis, eficiência energética e segurança são conceitos que expressam a necessidade de substituir os materiais isolantes convencionais por novos materiais que respeitem o meio ambiente e resultem em uma redução de materiais e consumo de energia (ABU-JDAYIL et al., 2019). Neste contexto, pesquisas estão sendo realizadas com foco no desenvolvimento de materiais isolantes a partir de resíduos agrícolas, como uma solução para o gerenciamento de resíduos, reutilizando os resíduos em vez de destiná-los ao descarte ou combustão.

3. PAINÉIS ISOLANTES DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS

O uso de materiais de origem vegetal como isolantes acompanha a história do desenvolvimento das residências. O junco pode ser considerado um dos materiais de construção mais antigos utilizados para isolamento térmico, desde o período Neolítico para isolar edificações em períodos de frio (ASDRUBALI et al., 2015). Resquícios do uso de resíduos agrícolas para este fim também foram encontrados, de acordo com Paiva et al. (2012), um conjunto de edifícios portugueses antigos localizados no norte de Portugal apresentou recentemente espigas de milho em suas paredes externas.

De modo geral, materiais isolantes desenvolvidos a partir de resíduos agrícolas são denominados de materiais não convencionais, pelo fato de que a produção, as propriedades e a instalação não são regidos por normas técnicas bem estabelecidas, aceitas e difundidas mundialmente. Entretanto, Notarianni (2014) destaca a importância destes materiais, que podem ser considerados ecologicamente corretos porque são materiais tradicionais disponíveis na natureza, muitos dos quais são renováveis, envolvem menos gasto energético que os industrializados e podem ajudar na redução do problema de moradias nos países em desenvolvimento.

No processo de seleção de materiais isolantes sustentáveis, devem ser observados indicadores relacionados aos impactos ambientais, os quais devem ser amplos e considerar a totalidade do sistema em que estão envolvidos. Estes indicadores também servem como referência para critérios de desenvolvimento de novos materiais. De acordo com Notarianni (2014), os indicadores de sustentabilidade para materiais isolantes são os seguintes:

- Conteúdo reciclado: o material pode ser constituído por resíduos, através da reciclagem, as partes constituintes de um material podem ser separadas ou eventualmente originar novos produtos, que podem cumprir funções iguais ou diversas do primeiro material;
- Desempenho térmico: os parâmetros de conforto térmico visam proporcionar edificações adequadas ao clima da região, economia de energia e a promoção da sensação de conforto ao usuário;
- Emissões: existem diferentes tipos de emissões responsáveis pela poluição do solo, água e ar, como radiações, materiais particulados, emissões gasosas e químicas;
- Energia incorporada: parâmetro utilizado para comparar materiais em termos ambientais, quantifica a energia consumida durante o ciclo de vida do material, incluindo também outros fatores, como o transporte;
- Geração e gestão dos resíduos: reduzir a geração de resíduos e adotar sistemas de gestão são iniciativas que podem ser decididas não só por normas e legislações, mas por decisões projetuais;
- Reaproveitável: característica do material que tem sua vida útil prolongada por meio de aplicações iguais ou diferentes das originais, garantindo que não percam as suas propriedades;
- Reciclável: característica do material que pode ser coletado, separado e recuperado dos resíduos sólidos para passar por um processo de transformação para originar outro produto, por meio de tecnologia adequada;
- Renovável: significa que a reposição ou a regeneração do material acontece de forma contínua, sem a necessidade de passar por processos de transformação tecnológica, e o material pode ser utilizado sistematicamente sem risco de se esgotar.

Em geral, os painéis isolantes produzidos a partir de resíduos agrícolas contemplam mais indicadores de sustentabilidade do que os materiais isolantes sintéticos utilizados convencionalmente. Costa et al. (2014) destacam que as fibras vegetais, oriundas de resíduos agrícolas, possuem características que tornam seu uso vantajoso como: baixo custo, massa específica reduzida, resistência e módulo específico elevados, são menos abrasivas, portanto

reduzem os desgastes dos equipamentos de processo, são atóxicas, são abundantes e provêm de fontes renováveis. A diversidade de resíduos agrícolas é tão grande quanto a variedade de espécies cultivadas. Entretanto, no contexto brasileiro, algumas culturas se destacam em termos de volume de produção e, conseqüentemente, de resíduos produzidos, como é o caso da cana-de-açúcar, do arroz, do coco verde e do milho.

3.1. Bagaço de cana

O Brasil é o principal produtor mundial de cana-de-açúcar (figura 04a), responsável por mais de 30% da área de plantio mundial, equivalente a 6,15 milhões de toneladas colhidas. Para cada tonelada de cana processada, é produzido aproximadamente 71 kg de açúcar e 42 litros de etanol, gerando como subproduto o bagaço (figura 04b).

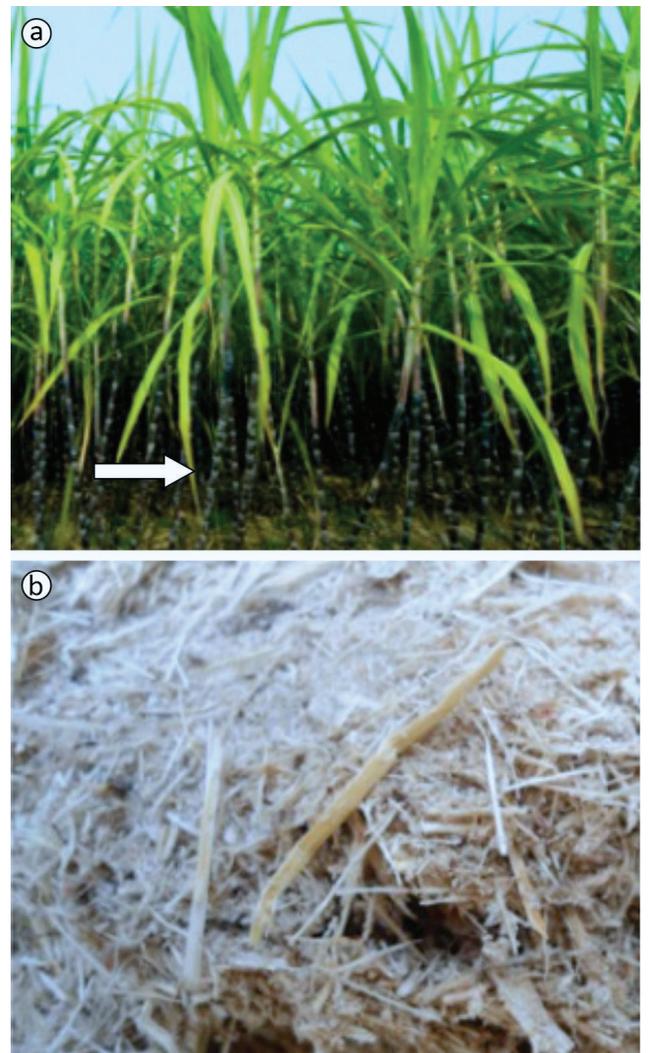


Figura 04 – Cana-de-açúcar: a) Plantação de cana (no detalhe, caule da cana, de onde deriva o bagaço); b) Bagaço de cana.

Fonte: ASDRUBALI et al., 2015

Parte do resíduo do bagaço vem sendo utilizado como biomassa para geração de energia (SPINELLI; CAMBEIRO; KONRAD, 2018). Para Carvalho et al. (2014), o desenvolvimento de novos materiais eficientes e ecológicos que utilizam matérias-primas alternativas como o bagaço de cana deve ser considerada, uma vez que o Brasil é o maior produtor e domina toda a tecnologia de produção com uma cadeia produtiva bem organizada.

O bagaço de cana possui propriedades de baixa densidade e baixa condutividade térmica, caracteriza-se como material isolante, podendo ser utilizado entre paredes duplas, como preenchimento de pisos, elevados, divisórias e subcoberturas, com a função de promover a inércia térmica em ambientes (CARVALHO et al., 2014). Panyakaew e Fotios (2011) produziram painéis de isolamento térmico de baixa densidade com bagaço de cana, sem o uso de aditivos químicos de ligação, com método de prensagem a quente. O objetivo do trabalho foi de analisar o efeito da densidade dos painéis e das condições de prensagem nas propriedades finais dos materiais.

O bagaço é poroso e absorve facilmente a umidade durante o armazenamento, portanto, foi secado em forno a 80°C até alcançar o teor de umidade de 6 a 7%. Para a produção dos painéis, foram trituradas partículas grandes com cerca de 20 a 40 mm, e partículas pequenas de 8 a 9 mm, sendo utilizada a proporção de partículas de 50:50 em massa. Os painéis foram produzidos com 25 mm de espessura, nas densidades de 250, 350 e 450 kg/m³. Para a prensagem, foram utilizadas duas configurações de temperatura (180 °C e 200 °C) e três durações (7, 10 e 13 minutos). Como resultado, as propriedades mecânicas foram mensuradas e verificou-se que o painel com densidade de 350 kg/m³, com tempo de prensagem de 13 minutos a uma temperatura de 200 °C, atendeu a todos os requisitos, exceto o inchamento em espessura. A condutividade térmica dos painéis apresentou valores que variavam de 0,046 a 0,068 W/m.K., próximos aos materiais de isolamento convencionais (PANYAKAEW; FOTIOS, 2011).

Com relação ao aspecto estético dos painéis de bagaço de cana sem adição de aglutinante, Panyakaew e Fotios (2011) colocam que a cor escura e o cheiro indicam uma modificação dos componentes químicos durante a prensagem a quente. Os painéis isolantes de bagaço sem aglomerado possuem superfícies lisas semelhantes às do painel MDP típico, como resultado da baixa espessura das partículas e da forte ligação gerada pela reação química das partículas.

3.2. Casca de arroz

O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor de arroz do Brasil, no ano de 2018 a colheita foi de aproximadamente 8,25 milhões de toneladas. Esta escala de produção gera uma grande quantidade de resíduos, que podem ser aplicados na composição de novos materiais (SPINELLI; CAMBEIRO; KONRAD, 2018). Buratti et al. (2018) produziram painéis de resíduos de casca de arroz e avaliaram o desempenho térmico, acústico e ambiental dos novos materiais (figura 05).



Figura 05 – Painel isolante de casca de arroz
Fonte: BURATTI et al., 2018

O desempenho acústico e térmico foi comparado aos de seis painéis compostos por outros materiais reciclados: sobras de cortiça, pneus, palha de café, resíduos de papel, tapetes de fibra têxtil e sobras de lã. Os painéis foram produzidos com casca de arroz aglutinada com cola de poliuretano à base de água, sendo o percentual de adesivo de 2,5% do peso total. Foram produzidos painéis com duas espessuras, 16,4 mm e 41,13 mm, com densidade de 170 kg/m³. Os valores encontrados para a condutividade térmica ficaram na faixa de 0,70 a 0,84 W/m.K., dependendo da espessura dos painéis.

Antônio et al. (2018) combinaram a casca de arroz com grânulos de cortiça expandida (figura 06) e de borracha de pneu reciclado, com o objetivo de melhorar o desempenho isolante do material. Foram produzidos dois compostos diferentes, um com casca de arroz e grânulos de cortiça expandida e outro com casca de arroz e grânulos de borracha reciclada.

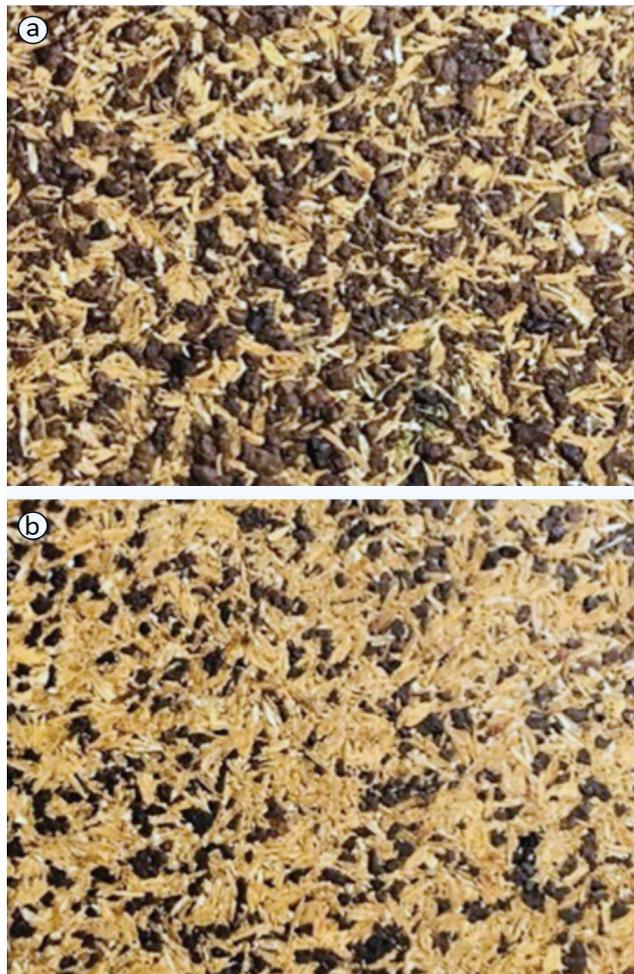


Figura 06 – Painéis de casca de arroz com cortiça: a) Proporção de 50:50, b) Proporção de 75:25.
Fonte: ANTÔNIO et al., 2018

Foram feitas duas misturas com cada compósito: a primeira com 50% de casca de arroz e 50% da carga adicional, e a segunda com 75% de casca de arroz e 25% da carga adicional. Foi utilizado adesivo de poliuretano à base de TDI na proporção de 20% da massa sólida das cargas, foram moldadas placas de 1 x 1 m em uma prensa térmica, com 17 mm e 25 mm de espessura. Os painéis resultantes possuem baixa densidade, entre 298 a 433 kg/m³, e condutividade térmica entre 0,06 a 0,07 W/m.K.

3.3. Fibra de coco

A água do coco verde é consumida em todo o litoral brasileiro, cerca de 70% do lixo gerado nas praias tem origem no descarte dos cocos. Estima-se que a área plantada no Brasil é de cerca de 90 mil hectares. As cascas dos frutos representam 80% a 85% do peso total, percentual transformado em resíduo (ROSA et al., 2011). Oliveira et al. (2015) produziram painéis isolantes de fibra de coco e resina poliuretana de óleo de mamona. Foi utilizada prensa manual, sob força de 15 kN, os painéis secaram por três horas para então

desmoldar. Foram produzidos painéis com espessuras de 5, 8, 15, 28 mm e diferentes proporções de fibra de coco e resina. Os resultados dos coeficientes de condutividade térmica variaram entre 0,040 a 0,058 W/m.k., de modo que quanto menor a proporção de resina em relação à massa de fibra, menor foi a condutividade. Os valores obtidos para as amostras de maior razão fibra/resina ficaram bem próximos dos valores dos coeficientes da fibra de vidro e da lã. A espessura não interferiu nos resultados.

Panyakaew e Fotios (2011) produziram painéis de isolamento térmico de baixa densidade com resíduos de casca de coco, sem o uso de aditivos químicos de ligação, através do método de prensagem a quente. Os autores analisaram o efeito da densidade e das condições de prensagem nas propriedades dos painéis. As cascas de coco foram secas em estufa a 80°C, até atingir o teor de umidade de 11 a 13%. As fibras foram trituradas com comprimentos de 8 a 10 mm, a proporção de fibra/miolo foi de 80:20 em peso. Foram produzidos painéis com 25 mm de espessura e densidades de 250, 350 e 450 kg/m³. Para a produção foram utilizadas três configurações de temperatura (180°C, 200°C e 220°C) e três durações de prensagem (7, 10 e 13 minutos). Os resultados mostram que as propriedades mecânicas dos painéis aumentaram na medida em que aumentaram a densidade, o tempo e a temperatura de prensagem. A condutividade térmica dos painéis apresentou valores entre 0,046 a 0,068 W/m.K., próximos aos materiais de isolamento convencionais.

3.4. Palha

A palha pode ser classificada como um subproduto do cultivo de cereais, e está disponível em grandes quantidades, a baixo custo e em um grande número de países. Tem sido um dos primeiros materiais utilizados mundialmente em edificações sustentáveis (SPINELLI; CAMBEIRO; KONRAD, 2018). Wei et al. (2015) produziram painéis isolantes de palha de arroz, com cinco tipos de partículas, desenvolvidos usando prensagem quente, com o objetivo de investigar o efeito do aquecimento, da densidade, do tamanho das partículas e da temperatura ambiente nas propriedades.

Os resultados indicaram que as propriedades físicas e mecânicas ideais dos painéis foram obtidas com um teor de umidade de partículas de 14% e uma densidade de 250 kg/m³. Além disso, os índices encontrados para a condutividade térmica foram relativamente baixos, variando de 0,051 a 0,053 W/m.K. Um aumento na ligação interna e nos valores do módulo de ruptura foi observado com o aumento da densidade dos painéis, em contrapartida, o inchamento em espessura diminuiu com o aumento da densidade. As amostras de baixa densidade possuem

mais espaços vazios, o que fez com que a água penetrasse mais facilmente no material. Portanto, a densidade dos painéis influenciou o inchamento em espessura, de modo que a densidade ideal foi de 250 kg/m^3 (WEI et al., 2015).

3.5. Sabugo de milho

Milho e soja representam quase 90% dos grãos produzidos no país (SPINELLI; CAMBEIRO; KONRAD, 2018). Na colheita do milho, a espiga com os grãos é removida do caule da planta, na sequência os grãos são extraídos da espiga, gerando como resíduos os sabugos (figura 07a). Para a produção de painéis, os sabugos são triturados e transformados em partículas (figura 07b).



Figura 07 – Resíduos do milho: a) Sabugos; b) Partículas dos sabugos triturados
Fonte: PAIVA et al., 2012

Binici, Aksogan e Demirhan (2016) produziram painéis isolantes de sabugo de milho e resina epóxi, e avaliaram a influência da proporção de partículas, da quantidade de adesivo e da pressão nas propriedades dos painéis. Os sabugos de milho foram transformados em partículas com tamanhos entre 1,6 e 6,3 mm, as quais foram misturadas com resina epóxi por 5 min, nas proporções 60 g partículas para 30 g de resina e 60 g partículas para 45 g resina. Os painéis foram prensados por 1 min a 20°C , sob

pressões específicas, entre 0,07 e 0,27 Mpa. Os menores valores de absorção de água foram obtidos para as amostras preparadas com pressão de compactação mais alta, resultando em compósitos com estrutura mais compacta e menos vazios. Com relação à condutividade térmica, a maioria das amostras obteve valores acima do limite para ser considerado material isolante, o menor valor de condutividade térmica foi de $0,075 \text{ W/m.K}$.

Paiva et al. (2012) produziram painéis de sabugo de milho e cola de madeira, com o objetivo de avaliar o desempenho térmico do isolamento dos painéis por meio do uso de uma sala confinada capaz de garantir uma temperatura interna constante. A proporção de partículas de sabugo de milho e de cola de madeira utilizadas não foi especificada. A produção dos painéis se dá em quatro etapas: mistura dos componentes, moldagem, cura natural e desmoldagem. Foram produzidos painéis com dimensões de $25 \times 25 \text{ cm}$, com quatro espessuras diferentes, 3, 5, 6 e 8 cm, com densidade média de 334 kg/m^3 . Como resultado, os valores mensurados para as propriedades físicas e mecânicas foram de acordo com as normas, o valor para a condutividade térmica foi de $0,101 \text{ W/m.k}$, no limite do máximo estabelecido pela norma. Os painéis de sabugo de milho com maior espessura foram os que obtiveram os menores valores para o coeficiente de transmissão térmica.

4. DISCUSSÃO

Os resíduos agrícolas apresentam vantagens como o baixo custo, a biodegradabilidade e, principalmente, a baixa densidade, diretamente relacionada com a baixa condutividade térmica, propriedade essencial para a caracterização de um material como isolante. Carvalho et al. (2014), sobre o bagaço de cana, explica que as propriedades de baixa densidade e baixa condutividade térmica do resíduo faz com que possa ser caracterizado como material isolante. Para tanto, no desenvolvimento de painéis isolantes a partir de resíduos agrícolas, a baixa densidade é um pré-requisito. A tabela 02 mostra informações sobre a densidade, a condutividade térmica e a espessura dos painéis de resíduos agrícolas apresentados.

Iwakiri (2005) classifica a densidade dos painéis aglomerados em três categorias: baixa, média e alta densidade. Os painéis de baixa densidade vão até 590 kg/m^3 , de média densidade vão de 600 kg/m^3 até 790 kg/m^3 e alta densidade é acima de 800 kg/m^3 . Com relação aos valores apresentados na tabela 02, todos os painéis de resíduos agrícolas pesquisados se enquadram na categoria de baixa densidade.

Isolante térmico	ρ (kg/m ³)	λ (W/m.k)	e (mm)
Bagaço de cana	350	0,046 a 0,068	25
Casca de arroz	170	0,70 a 0,84	16,4 e 41,13
	298 a 433	0,06 a 0,07	17 e 25
Fibra de coco	---	0,040 a 0,058	5, 8, 15, 28
	250	0,046 a 0,068	25
	350		
450			
Palha	250	0,051 a 0,053	---
Sabugo de milho	334	0,101	3, 5, 6 e 8

Tabela 02: Densidade aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e espessura (e) dos painéis isolantes de resíduos agrícolas

Fonte: autoras

As espessuras dos painéis são diversas e, de acordo com Oliveira et al. (2015), não interferem nos resultados de condutividade térmica. Para ser considerado um material isolante térmico, o índice de condutividade térmica deve ser inferior a 0,1 W/m.k. De todos os materiais, apenas o painel derivado de sabugo de milho obteve valores acima da norma, o que não quer dizer que a matéria-prima não possa ser utilizada como material isolante, já que as propriedades dependem de outros fatores relacionados à produção dos painéis.

Como material de isolamento térmico, a condutividade térmica é uma das propriedades mais importantes que devem ser investigadas. De acordo com Wei et al. (2015), a condutividade térmica de materiais de isolamento produzidos a partir de resíduos agrícolas é afetada por vários fatores básicos: densidade, teor de umidade, temperatura e tamanho de partícula. Nasir et al. (2019) pesquisaram a influência do efeito do tamanho das partículas, da temperatura de prensagem e do tempo de pressão nas propriedades físicas, mecânicas e térmicas dos painéis sem o uso de aglutinantes. Os autores concluíram que a absorção de água e o inchamento em espessura são uma grande preocupação e precisam de mais estudos e melhorias nos painéis de resíduos agrícolas (NASIR et al., 2019).

Em geral, a condutividade térmica aumenta com o aumento da temperatura de prensagem, do teor de umidade das fibras e da densidade dos painéis. De acordo com Wei et al. (2015), essa variação se origina da estrutura porosa dos materiais de isolamento fibrosos e da diferença na condutividade térmica de um sólido, líquido e gás, que se acredita ser causado pelas diferentes distâncias intermoleculares da matéria em diferentes estados. Para os autores, a maior densidade das chapas está associada à maior condutividade térmica pois, à medida que a densidade aumenta, as

substâncias sólidas aumentam e os vazios diminuem. Além disso, a condutividade térmica de uma substância sólida é muito maior que a do ar dentro dos vazios, isso leva a uma maior condutividade térmica de todo o material, e à redução das propriedades isolantes (WEI et al., 2015).

Para Binici, Aksogan e Demirhan (2016), a principal razão para a baixa transferência de calor é a presença de vazios nas amostras compostas que podem reter o ar dentro da estrutura. Os painéis de baixa densidade têm mais espaços vazios, o que faz com que a água penetre mais facilmente nas estruturas, de modo que a densidade dos painéis influencia também o inchamento em espessura (WEI et al., 2015). Painéis de baixa densidade também apresentam atratividade quanto ao transporte, utilização na confecção de móveis, maior leveza na composição com outros produtos estruturais, menor estrutura de sustentação quando utilizados em forros ou vedações, bem como vantagens logísticas em processo de exportação via container para o mercado externo (BELINI et al., 2014).

A densidade dos painéis influencia os índices de absorção de água, de modo que quanto maior a densidade, menor a absorção de água. Os menores valores de absorção de água foram obtidos para as amostras preparadas com pressão específica mais elevada, resultando em compósitos com estrutura mais compacta e menos vazios. Os elevados valores de absorção de água das amostras foram, naturalmente, acompanhados por menores coeficientes de condutividade térmica (BINICI; AKSOGAN; DEMIRHAN, 2016). Assim, à medida que a densidade aumenta, ocorre uma diminuição na absorção de água e um aumento no valor da condutividade térmica do painel.

Com relação ao tamanho das partículas, Wei et al. (2015) constataram que a diminuição no tamanho das partículas resultou em um aumento na condutividade térmica das placas. Sobre o tipo de resina utilizado, Doosthoseini, Taghiyari e Elyasi (2014) utilizaram ureia-formaldeído e melamina-uréia-formaldeído na produção dos painéis e os resultados obtidos indicaram que o tipo de resina não teve efeito significativo nas propriedades físicas ou mecânicas. Oliveira et al. (2015) observaram que quanto menor a proporção de resina em relação à massa de fibra, menor é a condutividade. Os valores obtidos para as amostras de maior razão fibra/resina ficaram bem próximos dos valores dos coeficientes da lã de vidro.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado da pesquisa demonstra o potencial dos resíduos agrícolas como matéria-prima para a produção de painéis isolantes. Todos os painéis apresentados possuem

propriedades para serem caracterizados como isolantes térmicos. O painel produzido com casca de arroz foi o que apresentou a densidade mais baixa, 170 kg/m³. Com relação aos índices de condutividade térmica, o painel de bagaço de cana e os painéis de fibra de coco apresentaram os menores índices, 0,040 a 0,046 W/m.k. O painel de sabugo de milho foi único que apresentou condutividade térmica no limite do máximo aceitável pela norma para ser caracterizado como material isolante. As espessuras dos painéis variaram muito, entre 3 e 41 mm, entretanto, independente da espessura, os painéis obtiveram propriedades de baixa densidade e baixa condutividade térmica.

A condutividade térmica do material depende de vários fatores, como a densidade do painel, o tamanho das partículas, a temperatura e o tempo de prensagem e o tipo de resina. Painéis com menores índices de condutividade térmica, possuem densidade mais baixa, entretanto, maior índice de absorção de água e de inchamento em espessura. De modo geral, a melhoria nas propriedades isolantes dos painéis, acompanha uma redução nas propriedades físicas e mecânicas. Nos painéis de resíduos agrícolas, a redução no índice de absorção de água é um dos principais problemas a serem superados.

Os principais resíduos agrícolas utilizados como matéria-prima na produção de painéis isolantes são o bagaço de cana, a casca de arroz, a fibra do coco e o sabugo de milho, o que coincide com os cultivos mais representativos em termos de volume de produção e, consequentemente, de geração de resíduos. Entretanto, estes são apenas quatro alternativas dentre todas as opções disponíveis. A variedade de resíduos agrícolas é proporcional à diversidade de cultivos, resíduos dos cultivos de algodão, café, girassol, canola, trigo, entre tantos outros, também estão sendo pesquisados como alternativas às matérias-primas madeireiras na produção de painéis de partículas.

Por fim, destaca-se a posição do Brasil como grande produtor de grãos e outros cultivos, o que configura uma grande possibilidade de aproveitamento dos resíduos no desenvolvimento de produtos com maior valor agregado, sendo a produção de painéis isolantes térmicos uma das alternativas.

REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ABU-JDAYIL, Basim; MOURAD, Abdel-Hamid; HITTINI, Waseem; HASSAN, Muzamil; HAMEEDI, Suhaib. Traditional, state-of-the-art and renewable thermal building insulation materials: na overview. *Construction and Building Materials*, n. 214, p. 709 – 735, 2019.
- ANTÓNIO, Julieta; TADEU, António; MARQUES, Beatriz; ALMEIDA, João S. S.; PINTO, Vasco. Application of rice husk in the development of new composite boards. *Construction and Building Materials*, v. 176, p. 432 – 439, 2018.
- ASDRUBALI, Francesco; D’ALESSANDRO, Francesco; SCHIAVONI, Samuele. A review of unconventional sustainable building insulation materials. *Sustainable Materials and Technologies*, v. 04, p. 01 – 17, 2015.
- BELINI, Ugo L.; SAVASTANO JR., Holmer; BARRERO, Núbia G.; LEITE, Marta K.; FILHO, Mario T.; FIORELLI, Juliano. Reforço fibroso em painel de baixa densidade. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, Guimarães, Portugal, 2014.
- BINICI, Hanifi; AKSOGAN, Orhan; DEMIRHAN, Ceyda. Mechanical, thermal and acoustical characterizations of na insulation composite made of bio-based materials. *Sustainable Cities and Society*, v. 20, p. 17 – 26, 2016.
- BURATTI, C.; BELLONI, E.; LASCARO, E.; MERLI, F.; RICCIARDI, P. Rice husk panels for building applications: Thermal, acoustic and environmental characterization and comparison with other innovative recycled waste materials. *Construction and Building Materials*, v. 171, p. 338 – 349, 2018.
- CARVALHO, Sylvia T. M.; CÉSAR, Antônia A. da S.; MENDES, Lourival M.; TADAYUKI, Yanagi J. Avaliação do fluxo de calor em painéis aglomerados de bagaço de cana visando o conforto térmico de edificações. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, Guimarães, Portugal, 2014.
- COSTA, Deibson S. da; CUNHA, Edinaldo J. de S.; SOUZA, José A. da S. Processamento simples de compósitos vegetais reforçados com fibras de sisal e juta. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, Guimarães, Portugal, 2014.
- DOOST-HOSEINI, Kazem; TAGHIYARI, Hamid R.; ELYASI, Abdollah. Correlation between sound absorption coefficients with physical and mechanical properties of insulation board made from sugar cane bagasse. *Composites: part B*, v. 58, p. 10 – 15, 2014.
- EMBRAPA. Trajetória da agricultura brasileira. 2018. Disponível em < <https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em 26 nov. 2019.
- GALBUSERA, G.; MAMMI, S. Limiti di legge per i

materiali isolanti, Arquetipo Il sole 24 ore, 2008.

GEDSO SUL. Isolamento acústico de lã de vidro. Disponível em: < <http://www.gessosul.com.br/isolamento-acustico-la-de-vidro>>. Acesso em: 25 maio 2020.

IBGE. Levantamento sistemático da produção agrícola: principais resultados. 2019. Disponível em < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=destaques>>. Acesso em 26 nov. 2019.

INTONACO. Schiuma per isolamento termico pareti. Disponível em: < <http://intonacotermaisolante.blogspot.com/2014/07/schiuma-per-isolamento-termico-pareti.html>>. Acesso: 25 maio 2020.

IWAKIRI, Setsuo. Painéis de madeira reconstituída. 1. ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2005.

MALANHO, Sofia; VEIGA, Rosário. Análise do comportamento de sistemas de isolamento térmico com cortiça. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, Guimarães, Portugal, 2014.

MESTRE, Ana; GIL, Luís. Cork for sustainable product design. *Ciência e Tecnologia dos Materiais*, v. 23, n. 3/4, 2011.

NASIR, M.; KHALI, D. P.; JAWAID, M.; TAHIR, P. M.; SIAKENG, R.; ASIM, M.; KHAN, T. A. Recent development in binderless fiber-board fabrication from agricultural residues: a review. *Construction and Building Materials*, v. 211, p. 502 – 516, 2019.

NAVROSKI, Marcio C.; LIPPERT, Diogo B.; CAMARGO, Lucas; PEREIRA, Mariane de O.; HASELEIN, Clóvis R. Avaliação do isolamento térmico de três diferentes materiais usados na construção e preenchimento de paredes externas. *Ciência da Madeira*, v. 01, n. 01, p. 41 – 51, 2010.

NEJELISKI, Danieli M.; DUARTE, Lauren da C. Valorização das propriedades sensoriais de materiais de origem vegetal no design de superfície. *Educação Gráfica*, v. 24, n. 01, p. 396 – 411, 2020.

NOTARIANNI, Flávia. Elaboração de banco de dados de materiais isolantes térmicos não convencionais. 2014. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

OLIVEIRA, Warlen L.; XAVIER, Alexandre A. B.; SOUZA, Pollyanna M. de; CHAVES, Renata C. F.; SILVA, Letícia O. Determinação do coeficiente de condutividade térmica de compósitos constituídos a partir da fibra de

coco. VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Porto Alegre, Brasil, 2015.

OMA. Isolamento acústico em apartamento. Disponível em: < <https://www.oma.com.br/br/blog/arquitetura-e-decor/isolamento-acustico-em-apartamento>>. Acesso em: 25 maio 2020.

PAIVA, Anabela; PEREIRA, Sandra; SÁ, Ana; CRUZ, Daniel; VARUM, Humberto; PINTO, Jorge. A contribution to the thermal insulation performance characterization of corn cob particleboards. *Energy and Buildings*, v. 45, p. 274 – 279, 2012.

PANYAKAEW, Satta; FOTIOS, Steve. New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy and Buildings*, v. 43, p. 1732 – 1739, 2011.

PEREIRA, Helena. Cork: biology, production and uses. Amsterdam: Ed. Elsevier, 2007.

PROCEL. Relatório de resultados do Procel 2017 – ano base 2016. Disponível em: < http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2017/docs/rel_procel2017_web.pdf>. Acesso em: 05 maio 2020.

ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. II Simpósio Internacional sobre o Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, Foz do Iguaçu, PR, 2011.

SCANDOLA, E. Z. M. Green Composites: An Overview. *Polymer Composites*, p. 1906 - 1915, 2011.

SPINELLI, Rodrigo; CAMBEIRO, Faustino P.; KONRAD, Odorico. Estudo de materiais naturais para aplicação em isolamento térmico de edificações. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v. 09, n. 03, 2018.

WEI, Kangcheng; LV, Chenglong; CHEN, Minzhi; ZHOU, Xiaoyan; DAI, Zhenyu; SHEN, Da. Development and performance evaluation of a new thermal insulation material from rice straw usign high frequency hot-pressing. *Energy and Buildings*, v. 87, p. 116 – 122, 2015.

AUTORES

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4487-539X>

DANIELI MAEHLER NEJELISKI, M.Sc. | Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM), Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. | Correspondência para: Av. Osvaldo Aranha, 99 - sala 604, Centro Histórico - Porto Alegre – RS CEP 90035-190 | e-mail: danielinejeliski@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5690-0794>

LAUREN DA CUNHA DUARTE, Dra. | Laboratório de Design e Seleção de Materiais (LdSM), Programa de Pós-graduação em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, RS, Brasil. | Correspondência para: Av. Osvaldo Aranha, 99 - sala 604, Centro Histórico - Porto Alegre – RS CEP 90035-190 | e-mail: lauren.duarte@ufrgs.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3507-1461>

ÉRIKA DA SILVA FERREIRA, Dra. | Laboratório de Painéis de Madeira (LAPAM), Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas, RS, Brasil. | Correspondência para: Rua Conde de Porto Alegre, 873, Sala 003, Prédio Engenharia Industrial Madeireira, Pelotas – RS CEP 96010-290 | e-mail: erika.ferreira@ufpel.edu.br

COMO CITAR ESTE ARTIGO

NEJELISKI, Danieli Maehler; DUARTE, Lauren Da Cunha; FERREIRA, Érika Da Silva. Painéis Isolantes Térmicos Produzidos Com Resíduos Agrícolas. **MIX Sustentável, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 47-60, dez. 2020.** ISSN 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. Acesso em: dia mês. ano. doi: <https://doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2020.v7.n1.47-60>.

DATA DE ENVIO: 08/07/2020

DATA DE ACEITE: 10/09/2020

