

## ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FIBRAS TÊXTEIS RECICLADAS EM MATERIAIS PARA ISOLAMENTO ACÚSTICO E TÉRMICO

Melo, Genilson de Araújo<sup>1</sup>

Barros, José Marcelo H. F.<sup>2</sup>

Raupp, Fabiana<sup>1</sup>

Da Costa, Cristiane<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Têxtil, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, SC.

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

\* [cristiane.costa@ufsc.br](mailto:cristiane.costa@ufsc.br) Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, R. João Pessoa, 2750 - Velha, Blumenau - SC, 89036-002

**Resumo:** A indústria têxtil é considerada uma das indústrias que mais geram impacto ambiental, desde o cultivo da matéria-prima, passando pelos processos produtivos, até o descarte dos produtos. O problema ambiental é agravado pela indústria da moda, sua constante renovação fazendo com que as peças sejam descartadas prematuramente. Neste contexto, esse trabalho tem por objetivo explorar as estratégias de reciclagem de fibras têxteis para produção de materiais com potencial de uso para isolamento térmico e acústico. A partir de uma revisão da literatura, foram identificados os métodos mais empregados para obtenção destes materiais. Com base nessas informações, foram preparadas amostras utilizando resíduos têxteis de uma indústria local. O método de preparo escolhido foi a prensagem térmica, e foram avaliados pressão aplicada, massa de fibras, tempo de aquecimento e tempo de cura. Os materiais obtidos resultaram em discos rígidos, com densidade e estrutura adequadas para possíveis aplicações de isolamento térmico e acústico.

**Palavras-chave:** Indústria têxtil; Isolamento térmico; Absorção sonora; Fibras têxteis recicladas.

**Abstract:** The textile industry is considered to be one of the most environmental impactful industries, through the cultivation of raw materials until the discarding of products, this context is aggravated by the fashion industry that is constantly renewed, encouraging the premature discarding of usable pieces, potentially increasing the environmental degradation already existent. With that in mind, this work has the goal of exploring the recycling strategies used to produce solutions for thermal insulation and sound absorption, by bibliographic research identify the main methods applied to obtain such materials. Based on this information, were prepared samples using textile residues from the local industry. The method of choice was thermal pressing, and were evaluated a few parameters such as pressure, mass of fibers, heating time and curing time. The materials obtained were rigidi discs, with density and structure adequate for possible application on thermal and acoustic insulation.

**Keywords:** Textile industry; Thermal insulation; Sound absorption; Recycled textile fibers.

## 1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil obteve um valor de mercado global estimado em \$ 1,8 trilhões em 2023 (1). As maiores empresas produzem milhões de toneladas de fibras a cada ano e ao mesmo tempo são geradas toneladas de resíduos pós-consumo. A venda de roupas corresponde a mais de 72,4% da participação nas receitas, com os têxteis técnicos e produtos para casa constituindo os outros principais segmentos (1).

A reciclagem têxtil comumente trata do reprocessamento de resíduos pré ou pós-consumo para uso em novos produtos têxteis ou não-têxteis. As rotas de reciclagem tipicamente são classificadas em mecânica, química e menos frequentemente em térmica. No entanto, na maioria dos casos, a reciclagem é feita com base em mais de um desses processos (2). Os resíduos pré-consumo são aqueles gerados durante os processos produtivos na forma de resíduos, sendo retalhos, aparas ou até mesmo fibras; além disso, são os mais utilizados entre os pesquisadores, devido a facilidade de caracterização e rastreabilidade

Como produtos utilizados no setor de construção civil tendem a ter maior ciclo de vida, muitos estudos propõem o uso dos resíduos têxteis neste setor. Além disso, a questão estética não é tão importante para produção de compósitos, geotêxteis e soluções de isolamento térmico e acústico. Tais características tornam a integração de fibras e tecidos reciclados interessante, uma vez que o maior tempo de serviço possibilita a diluição dos impactos envolvidos na captação, limpeza, triagem e processos de produção, além de possibilitar a adição de múltiplas cores e tipos de fibras, facilitando sua reciclagem e melhorando também a qualidade final das soluções.

Fibras têxteis recicladas são uma excelente opção para serem utilizadas como proteção térmica e acústica, trazendo durabilidade, benefícios ambientais, sociais e econômicos, pois são materiais de baixo custo e ajudam na redução dos impactos ambientais causados pelo uso de energia para aquecimento e resfriamento de prédios e carros (3). Além disso, a produção de não-tecidos com base em resíduos têxteis requer menos etapas que a produção de fios, levando a materiais com baixo custo financeiro e ambiental (4).

Com isso em mente, esse estudo se propõe a verificar na literatura os principais métodos utilizados para produção de materiais de isolamento térmico

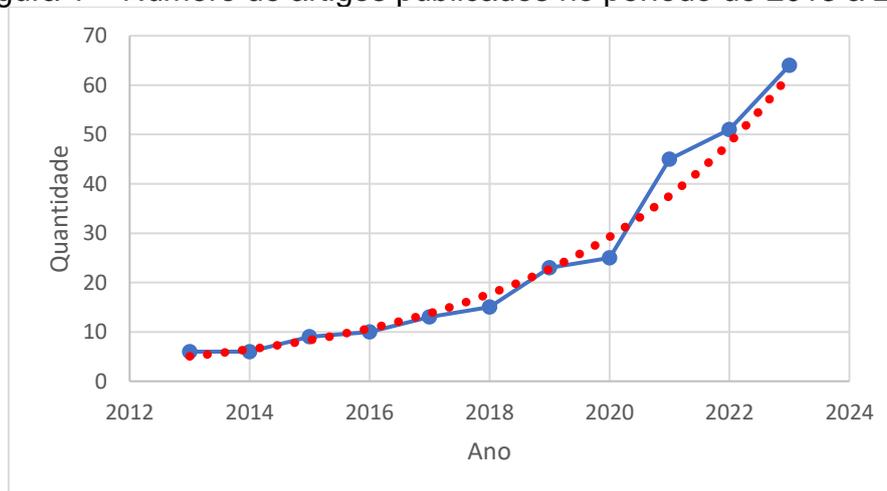
e acústico usando resíduos de fibras têxteis, e aplicá-los usando resíduos provenientes de uma indústria têxtil local, visando avaliação dos métodos e identificação de lacunas para futuros estudos relacionados ao tema.

## 2. MÉTODO DE PESQUISA E DISCUSSÃO

Com o propósito de verificar o atual estado da arte na concepção de materiais de isolamento térmico e acústico utilizando fibras têxteis recicladas, um levantamento bibliográfico foi realizado em duas plataformas: *Scopus* e *Science*. A pesquisa foi realizada de 01/04/2023 à 19/07/2024 tomando em conta publicações realizadas entre 2013 e 2023, sendo usadas as seguintes palavras-chaves: Textile AND ("recycled fibers" OR "textile waste") AND ("sound absorption" OR "sound Insulation" OR "thermal insulation").

Na figura 1 é apresentada a quantidade de trabalhos publicados durante o período em questão. Existe uma clara tendência crescente no número de publicações feitas, chegando a 64 em 2023. Isso mostra que o tema pesquisado é relevante entre pesquisadores, podendo ser efeito da maior preocupação em fornecer soluções sustentáveis para os resíduos têxteis.

Figura 1 – Número de artigos publicados no período de 2013 a 2023



Fonte: elaborado pelo autor

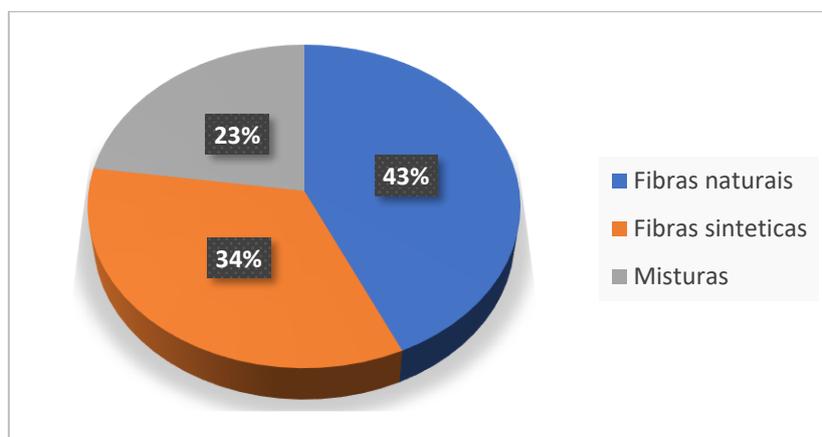
Os trabalhos obtidos foram tratados e categorizados, sendo selecionados apenas aqueles que foram feitos exclusivamente de fibras recicladas e tinham informações condizentes ao tipo de fibra, a sua origem e o processo de

consolidação utilizado. Destes, 41 trabalhos alcançaram essas condições, sendo 13 com foco em materiais de absorção sonora, 15 em isolamento térmico e 13 avaliando ambas as aplicações.

### 1.1 Categorização por tipo e origem

Inicialmente foi feita a classificação dos trabalhos levando em consideração o tipo de fibra utilizada (Figura 2), seguindo os critérios: 1) “Fibras naturais”, se o autor utilizou majoritariamente fibras de origem animal ou vegetal, mesmo que fossem misturadas com pequenas quantidades de fibras sintéticas para consolidação térmica; 2) Aqueles que foram feitas com base em fibras sintéticas ou artificiais foram categorizadas como sendo “fibras sintéticas” e 3) misturas são formadas pela junção de ambas categorias citadas acima, em condições de proporcionalidade similar.

Figura 2 – Quantidade de artigos publicados de acordo com o tipo de fibras utilizadas

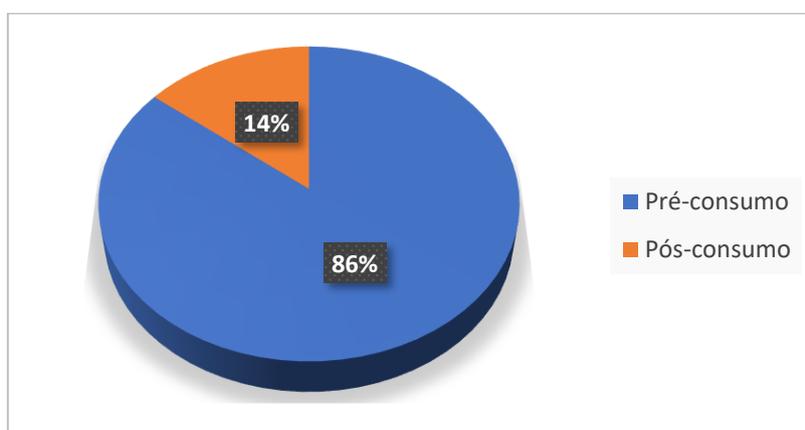


Fonte: elaborado pelo autor

As fibras que são resíduos de processos industriais, ou seja, pré-consumo ou pós-industrial, estão presentes na maior parte dos trabalhos analisados, estando em 86 % deles. Essa predominância é causada pela facilidade na rastreabilidade das suas características e propriedades, sendo elas mecanicamente melhores mesmo depois do processo de desfibramento, pois elas ainda não foram utilizadas pelo consumidor final (5).

Fibras pós-consumo são obtidas após o uso do consumidor, como as peças não servem mais seu propósito por consequência de dano, uso, estar fora de moda ou qualquer tipo de problema que leve o consumidor a perder a vontade de utilizá-la (4). Sua utilização por pesquisadores é mínima, devido à falta de meios eficientes para separá-las (manualmente), o grau de degradação das fibras, além do desafio significativo que é a caracterização do fio, pois existem misturas como algodão e poliéster amplamente usados no mercado, por exemplo. A distribuição por origem de fibras segue na figura 3.

Figura 3 – Quantidade de artigos publicados de acordo com a origem de fibras utilizadas



Fonte: elaborado pelo autor

## 1.2 Categorização por processo de consolidação

A distribuição dos artigos selecionados de acordo com os processos de consolidação usados é mostrada na Figura 4. Os processos utilizados foram classificados em:

**Colas:** é o processo químico de consolidação no qual foi utilizado algum tipo de cola (em sua maioria polímeros) para grudar e manter as fibras juntas (6);

**Resinas (compósitos):** foram consideradas como resinas, aquelas substâncias que serviram como matrizes para as fibras e tinham uma clara interface entre elas, se comportando como um compósito (7);

**Needle-punch:** é um processo mecânico onde uma certa quantidade de agulhas por unidade de área perfuram as múltiplas camadas de véus, esse

processo é repetido várias vezes por segundo. As fibras são então mecanicamente emaranhadas para produzir um não-tecido (8);

*Stich-bonding*: é também um processo mecânico usando agulhas com linhas que ponteam as múltiplas camadas de fibras, as prendendo (9);

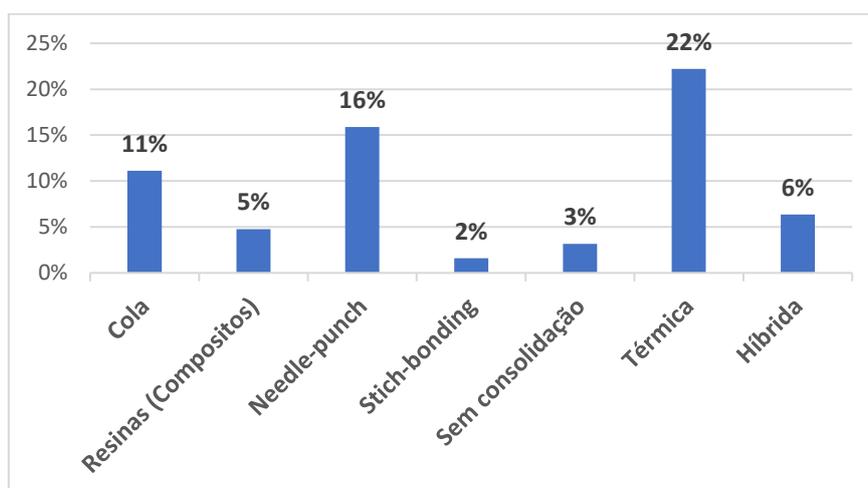
Térmica: nesse método, uma mistura de fibras é formada, em seguida aquecida até que a fibra que tenha menor ponto de fusão chegue próximo do derretimento, logo após ocorrendo sua pressurização, isso pode ocorrer simultaneamente ou após ser aquecida, induzindo as fibras com menor ponto de fusão a se comportarem como uma cola, grudando as fibras uma à outra (5);

Híbrido: são usados mais de um processo de consolidação (10);

Sem consolidação: não foi usado nenhum processo de consolidação, as fibras foram colocadas em algum tipo de recipiente e testadas (11).

A mistura de fibras com o uso de colas ou resinas são os processos mais fáceis para consolidação dos materiais produzidos, pois não é necessário nenhum equipamento específico, sendo acessível tecnicamente e financeiramente. No entanto, um processo de formação (cardagem, mistura via úmida ou por fluxo de ar) deve ser realizado previamente para distribuir igualmente as fibras pela superfície, o que ajuda consideravelmente no processo de consolidação, resultando em propriedades mecânicas melhoradas.

Figura 4 – Quantidade de artigos publicados de acordo com os processos de consolidação utilizados



Fonte: elaborado pelos autores

Ao se analisar os resultados obtidos por múltiplos autores fica claro o potencial de substituição dos materiais de isolamento comerciais pelos produzidos com resíduos têxteis, sendo em alguns casos até superiores que suas concorrentes de mercado. Entretanto, ainda faltam estudos que quantifiquem os impactos ambientais causados por essas soluções alternativas (4).

Considerando a revisão da literatura realizada, que indica o promissor desenvolvimento de materiais para isolamento térmico e acústico usando fibras têxteis recicladas, foram realizados ensaios para obtenção destes materiais a partir de resíduos de fibras. Para tanto, foram escolhidos os resíduos pré-consumo, que são os mais estudados na área (Figura 3), misturas de fibras naturais e sintéticas, que apesar de não serem a mais recorrentes nos artigos pesquisados, são a principal problemática das indústrias, e o método de consolidação térmica, também o mais estudado (de acordo com a Figura 5).

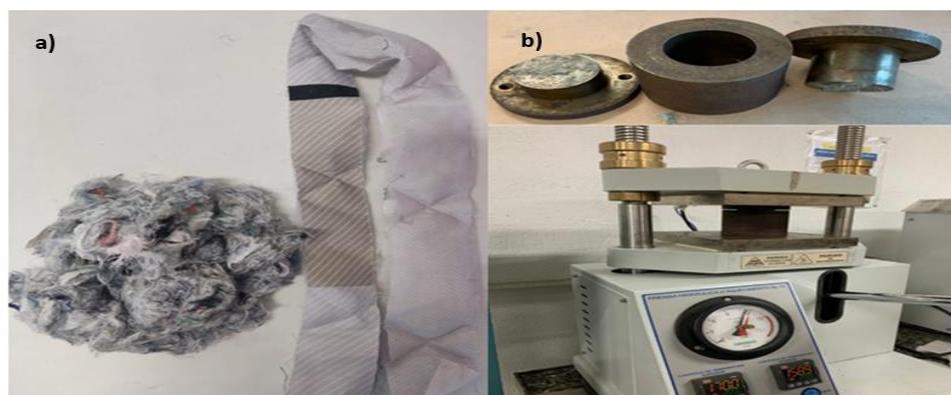
### 3. EXPERIMENTAL

#### 3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Os resíduos têxteis utilizados foram doados pela empresa Karsten S.A., situada em Blumenau – SC. O material é composto por fibras de algodão e poliéster (será chamado de PS+CO), obtidas através de processo de desfibragem das aparas de mantas que continham duas camadas de tecido 100 % algodão e camada interior de não-tecido de poliéster. Na Figura 5, é mostrado o material PS+CO antes e após a desfibragem.

Para caracterização química dos resíduos de fibras de têxteis, foi realizado ensaio de solubilidade do algodão em hipoclorito de sódio, seguido de pesagem do sólido restante para quantificação do percentual de poliéster, seguindo os métodos de análise qualitativa e quantitativa das normas AATCC 20:2021 e AATCC 20A:2021.

Figura 5 – (a) Resíduos têxteis de algodão e poliéster, antes e após desfibramento (PS+CO) e (b) o conjunto de prensa térmica com molde



Fonte: elaborado pelo autor

Para preparo dos materiais de isolamento térmico e acústico usando os resíduos de fibras têxteis, foram realizados testes para a validação do método de produção baseado no trabalho realizado por (12). Para tanto, utilizou-se a prensa hidráulica com aquecimento (modelo SOLAB SL-11 com temperatura constante em 200 °C, pressão de 10 ou 12 ton, mantendo a placa térmica ligada por 10, 15 ou 20 min, e desligada por 10 min (tempo de cura). A massa de fibras adicionadas no molde variou de 5 a 15 g. Após o tempo de prensagem e aquecimento, as amostras foram resfriadas e removidas do molde. As amostras foram então pesadas e medidas para cálculo da densidade. Medições de espessura dos materiais produzidos foram feitas em cinco pontos distintos das amostras, utilizando um paquímetro. Na Figura 5b são apresentados a prensa térmica e o molde utilizados.

### 3.2 RESULTADOS OBTIDOS

O resíduo têxtil desfibrado foi submetido a caracterização química, sendo obtidos as quantidades de 80,50 % de algodão e 19,50 % de poliéster.

Para preparo das amostras usando a prensa térmica, foram utilizadas 7 condições de processo, resultando em materiais com densidade de 0,52 a 0,60 g/cm<sup>3</sup>. As densidades estão de acordo com as obtidas por outros autores ((13)(12), utilizando resíduos têxteis de denim, algodão e poliéster. As condições testadas e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições de processo aplicadas para obtenção das amostras por prensa térmica e resultados obtidos

Amostra	Pressão (ton = 50,62 kgf/cm <sup>2</sup> )	Massa inicial (g)	Tempo de aquecimento (min)	Tempo de cura (min)	Massa final (g)	Espessura (mm)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
1	12	5	15	10	4,7	2	0,60
2	12	10	20	10	9,6	4,7	0,52
3	12	10	10	10	9,6	4,7	0,52
4	12	15	15	10	14,7	6,6	0,56
5	12	15	15	Não	14,7	6,4	0,58
6	12	15	10	Não	14,7	6,8	0,55
7	10	15	10	Não	14,7	6,6	0,57

Fonte: elaborado pelo autor

Nos primeiros quatro testes (amostras 1 a 4) foi avaliada a aparência do material, ou seja, se não haveria degradação do algodão e se manteriam sua coesão ao se variar o tempo de aquecimento e a massa da amostra. Os resultados iniciais foram satisfatórios, as amostras apresentavam aparência de discos rígidos, com consistência parecida a madeira compensada (Figura 6 a). Na figura 6 b), observa-se os resultados obtidos ao se variar novamente os parâmetros, reduzindo os tempos de trabalho e a pressão, e fazendo retirada do tempo de cura. Apesar da diferença visual destas amostras, em relação as produzidas com tempo de cura, os resultados foram bons, demonstrando que não houve perda na qualidade estrutural das amostras.

Figura 6 – a) amostras 1 a 4 e b) amostras 5 a 7, obtidas sem tempo de cura



Fonte: elaborado pelo autor

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo teve como propósito explorar e analisar a literatura atual na produção de materiais de isolamento térmico e acústico utilizando fibras têxteis recicladas, sendo categorizadas de acordo com o tipo de fibra, sua origem e os processos de consolidação utilizados.

Quanto a viabilidade técnica, as fibras recicladas demonstram resultados similares a concorrentes amplamente utilizadas no mercado, no entanto, no quesito ambiental, não foi possível identificar nenhum trabalho que fornecesse de fato algum indicativo de que a sua solução era sustentável, o que seria possível por meio de uma avaliação de ciclo de vida, possibilitando a mensuração dos impactos ambientais e possível comparação, apesar de alguns autores indicarem a necessidade de realização de tal estudo.

Uma vez identificados os principais métodos usados pela academia, foram colocados em prática visando a congregação com a necessidade da indústria. Essa abordagem possibilitou a criação de placas feitas de fibras de poliéster e algodão em formato de disco. Foi verificada sua consistência e aparência, e quantificada sua densidade, com o propósito de estabelecer um método viável e satisfatório para produção de um material promissor para isolamento térmico e acústico.

No futuro, tem-se a intenção de realizar a caracterização térmica e acústica, além do estudo de absorção d'água e uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) com o propósito de identificar os impactos ambientais do material, tal abordagem propicia uma visão holística sobre um produto que se diz sustentável, fomentando o debate sobre o reaproveitamento de resíduos têxteis.

## 5. REFERÊNCIAS

- (1) Grand View Research, “Textile Market Size, Share & Trends Analysis Report By Raw Material (Wool, Chemical, Silk), By Product (Natural Fibers, Polyester), By Application, By Region, And Segment Forecasts, 2023 - 2030”. Acessado: 21 de outubro de 2023. (Online). Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/textile-market>
- (2) G. Sandin e G. M. Peters, “Environmental impact of textile reuse and recycling – A review”, *J Clean Prod*, vol. 184, p. 353–365, maio 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.266.
- (3) A. Gounni *et al.*, “Thermal and economic evaluation of new insulation materials for building envelope based on textile waste”, *Appl Therm Eng*, vol. 149, p. 475–483, fev. 2019, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.12.057.
- (4) S. Islam e G. Bhat, “Environmentally-friendly thermal and acoustic insulation materials from recycled textiles”, *J Environ Manage*, vol. 251, p. 109536, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109536>.
- (5) D. G. K. Dissanayake, D. U. Weerasinghe, K. A. P. Wijesinghe, e K. M. D. M. P. Kalpage, “Developing a compression moulded thermal insulation panel using postindustrial textile waste”, *Waste Management*, vol. 79, p. 356–361, 2018, doi: 10.1016/j.wasman.2018.08.001.
- (6) C. Lacoste, R. El Hage, A. Bergeret, S. Corn, e P. Lacroix, “Sodium alginate adhesives as binders in wood fibers/textile waste fibers biocomposites for building insulation”, *Carbohydr Polym*, vol. 184, p. 1–8, 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.12.019>.
- (7) H. P. Lee, B. M. P. Ng, A. V Rammohan, e L. Q. N. Tran, “An Investigation of the Sound Absorption Properties of Flax/Epoxy Composites Compared with Glass/Epoxy Composites”, *Journal of Natural Fibers*, vol. 14, n° 1, p. 71–77, 2017, doi: 10.1080/15440478.2016.1146643.
- (8) L. K. Nayak, L. Ammayappan, e D. P. Ray, “Conversion of Jute Caddies (Jute Mill Waste) into Value Added Products: A Review”, *Asian Journal of Textile*, vol. 2, n° 1, p. 1–5, dez. 2011, doi: 10.3923/ajt.2012.1.5.

- (9) T. Feleke Fera, "Manufacture of Reclaimed Fiber Non-Woven for Sound Absorption", *Journal of Material Science & Engineering*, vol. 07, n° 06, 2018, doi: 10.4172/2169-0022.1000503.
- (10) C.-H. Huang, J.-H. Lin, e Y.-C. Chuang, "Manufacturing process and property evaluation of sound-absorbing and thermal-insulating polyester fiber/polypropylene/thermoplastic polyurethane composite board", *Journal of Industrial Textiles*, vol. 43, n° 4, p. 627–640, abr. 2014, doi: 10.1177/1528083712471697.
- (11) M. Neri, E. Cuerva, E. Levi, P. Pujadas, E. Müller, e A. Guardo, "Thermal, acoustic, and fire performance characterization of textile face mask waste for use as low-cost building insulation material", *Developments in the Built Environment*, vol. 14, p. 100164, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100164>.
- (12) S. Islam, M. El Messiry, P. P. Sikdar, J. Seylar, e G. Bhat, "Microstructure and performance characteristics of acoustic insulation materials from post-consumer recycled denim fabrics", *Journal of Industrial Textiles*, vol. 51, n° 4, p. 6001S-6027S, 2022, doi: 10.1177/1528083720940746.
- (13) S. Sakthivel, S. Senthil Kumar, e B. Melese, "Sound-absorbing recycled cotton/polyester thermal bonded nonwovens", *Journal of the Textile Institute*, vol. 112, n° 10, p. 1588–1595, 2021, doi: 10.1080/00405000.2020.1831149.