

FIBRAS NATURAIS EMPREGADAS PELA INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

NATURAL FIBERS USED BY THE AUTOMOTIVE INDUSTRY: A BIBLIOGRAPHICAL REVIEW

SOUZA, Raphael Rodrigues de¹

LOPES, Diego Meireles²

Resumo: O trabalho apresenta a importância do emprego de fibras naturais, na fabricação de peças e acessórios internos do setor automobilístico, no intuito de contribuir à matriz energética mundial, mitigando o impacto ambiental ocasionado pela emissão de poluentes de origem fóssil, contribuinte ao efeito estufa e o aquecimento global. A redução gradativa do uso de polímeros, para a utilização de compósitos – materiais formados por dois ou mais componentes, como vidro e metal - na produção de componentes internos dos automóveis proporcionam veículos mais leves e eficientes energeticamente; assim como, a diminuição do uso de minérios pelas fibras naturais acarreta menor densidade, redução da massa veicular e, por conseguinte, consumo menor de combustível. Há fatores limitantes para o uso, em larga escala e produção global, dos materiais compósitos agregados de componentes naturais: A baixa resistência das fibras à umidade, a suscetibilidade a fungos e sua longevidade. O objetivo do trabalho é apontar soluções à conservação do meio-ambiente, por meio de alternativas mais limpas e renováveis, capazes de sanar as demandas do setor automobilístico, garantindo o abastecimento e locomoção da sociedade em geral.

Palavras-Chave: Fibras Naturais; Setor Automobilístico; Matriz Energética; Compósitos.

Abstract: The work aims to present the growing importance of using natural fibers in the manufacture of internal parts and accessories for the automobile sector, with the aim of contributing to the global energy matrix, mitigating the environmental impact caused by the emission of pollutants of fossil origin, contributing to the greenhouse effect. and global warming. The gradual reduction in the use of polymers, towards the use of composites – materials formed by two or more components, such as glass and metal – in the production of internal car components provides lighter and more energy efficient vehicles; as well as, the reduction in the use of ores by natural fibers leads to lower density, reduced vehicle mass and, consequently, lower fuel consumption. There are limiting factors for the use, on a large scale and global production, of composite materials made of natural components: The low resistance of fibers to humidity, susceptibility to fungi and their longevity. The objective of the work is to identify solutions for environmental conservation, through cleaner and more renewable alternatives, capable of meeting the demands of the automobile sector, guaranteeing the supply and transportation of society in general.

Keywords: Natural Fibers; Automotive Industry; Energy Matrix; Composites.

¹ Bacharelado em Engenharia de Produção – Universidade Santa Úrsula – raphael.souza@souusu.com.br

² Mestre em Engenharia Mecânica e Tecnologia dos Materiais – CEFET/RJ – diego.lopes@usu.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado no consumo de recursos materiais, tais como o petróleo, o ferro, o alumínio, o níquel, o ouro, o zinco e os naturais como os corpos hídricos, solo e floresta, comparado à renovação em progressão aritmética destes recursos é um tema que tem recebido atenção constante da sociedade científica.

O aumento populacional em progressão geométrica associado às atividades antrópicas ao estilo de vida moderno, cujo consumo de material sintético per capita é elevado, destacam a necessidade de introduzir a utilização de recursos de origem renovável na fabricação de componentes.

Atualmente, a utilização de fibras naturais na indústria automobilística para a confecção das peças de automóveis permite a reciclagem de materiais e redução de emissão de carbono na atmosfera.

Diante do agravamento de fenômenos climáticos do Planeta Terra, tais como Efeito Estufa, Aquecimento Global, *El Niño*, *La Niña*, ocasionando escassez de água potável, elevação do nível do mar, extinção de seres vivos e insegurança alimentar, reciclar se tornou uma atividade primordial para dar continuidade à produção de maneira a não prejudicar intensivamente o meio ambiente.

Os setores vinculados à mobilidade intensificam uma busca ininterrupta por novas tecnologias capazes de minimizar custos e elevar o desempenho.

Neste cenário, o foco na relação massa-consumo é imprescindível e existe uma crescente inserção de fibras naturais e compósitos na diminuição de massa dos produtos.

As variações na temperatura global decorrentes de poluentes lançados à atmosfera fazem com que novas tecnologias para desenvolver fontes de energia alternativa ganhem relevância. O uso de recursos naturais para a produção de materiais é uma opção renovável, biodegradável e de baixo custo. As fibras naturais não são abrasivas à equipamentos e podem produzir materiais compósitos com preço mais baixo, densidade mais alta e maior resistência (CASTRO, 2020).

As indústrias marítima, de aviação e, sobretudo a automobilística já utilizam destas inovações e as fibras e os compósitos são recursos com potencial de melhorar a eficiência energética, priorizando a questão sustentável.

A grande representatividade do setor automobilístico fez com que fosse elaborado o programa Rota 2030, a fim de incentivar as companhias do ramo para investirem em inovação, segurança veicular e proteção ao meio ambiente. Os indicativos sugerem que as fibras naturais e os compósitos podem, no futuro próximo, suceder os insumos convencionais, em geral, não renováveis.

1.1. Objetivo

O objetivo principal do trabalho foi realizar um breve estudo teórico, a fim de compreender a aplicação de fibras de origem natural agregadas à polímeros, formando compósitos com propriedades específicas e adequadas para serem empregadas pela indústria automobilística, na fabricação de peças e equipamentos de veículos.

1.2. Metodologia

A metodologia empregada foi uma pesquisa teórica exploratória, a partir da revisão bibliográfica de artigos acadêmico-científicos encontrados em diversas bases nacionais e internacionais, assim, visando avaliar os tipos de fibras naturais empregadas na indústria automotiva e propor futuros trabalhos experimentais ou por simulação numérica computacional.

2. DESENVOLVIMENTO

A partir dos estudos dos trabalhos acadêmicos e científicos pesquisados, considerando a relevância do tema, iniciou-se o desenvolvimento do presente artigo, a partir revisão da literatura sobre fibras naturais aplicadas em compósitos para fabricação de peças e equipamentos na indústria automotiva e ao final está apresentado um estudo de caso concreto e sua viável solução.

2.1. Revisão da literatura

2.1.1. Fibras Naturais

As fibras naturais são estruturas alongadas, de secção transversal arredondada, que podem ser classificadas, de acordo com a sua origem, em fibras da semente, do caule, das folhas e dos frutos.

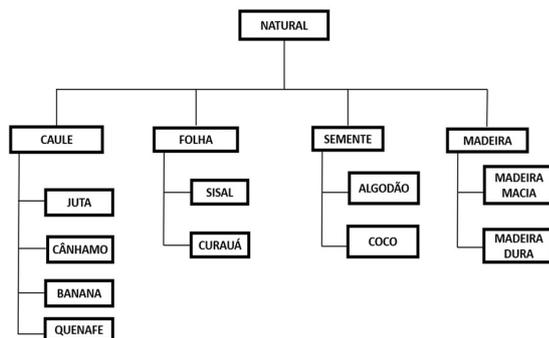
As fibras naturais são alternativas menos danosas ao meio ambiente, uma vez que a produção está intimamente ligada ao plantio que, por conseguinte, gera créditos de carbono, biomassa com o material residual, como também podem ser convertidas em energia térmica por meio da combustão em fornos e caldeiras, além de fazer parte da fonte de renda da população rural, diminuindo assim o grande fluxo do campo para a cidade, presenciado nas regiões Norte e Nordeste do Brasil.

As fibras mais utilizadas para reforços em compósitos vêm das plantas, em particular as fibras do caule, folhas e sementes.

Fibras vindas do caule como o cânhamo, juta e quenafe são as mais utilizadas como reforço, pois as fibras possuem um maior comprimento, resistência e rigidez. Estes tipos de fibras são compostos principalmente de uma combinação de celulose, hemicelulose e lignina, estas fibras são biodegradáveis e recicláveis (SILVA, 2017).

As fibras vegetais são obtidas e classificadas de acordo com as diversas partes das plantas, como por exemplo: caule (juta, bambu, banana), folhas (sisal, banana), fruto (coco verde, coco marrom), sementes (algodão) e madeira (madeira macia, madeira dura) (SILVA, 2017), conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Tipos de Fibras Naturais Existentes.



Fonte: Elaborada pelo Autor, 2024.

2.1.2. Desenvolvimento de Polímeros Sustentáveis

Materiais fabricados a partir de materiais poliméricos sintéticos, provenientes de fontes fósseis, têm se tornado um problema devido ao descarte sem finalidades úteis, e acúmulo em aterros sanitários e lixões improvisados gerando problemas ambientais consideráveis.

Os plásticos ou polímeros sintéticos contribuem sobremaneira para esses problemas, por causa da alta resistência à degradação, levando décadas para se decompor totalmente.

Para isso, a sociedade científica e a indústria vêm buscando alternativas para mitigar os impactos ambientais causados pelo descarte inadequado de produtos fabricados com plásticos.

Dentre as alternativas estão o reaproveitamento e a reciclagem, a conscientização de um descarte e destino adequados, e a produção e utilização de polímeros sustentáveis se apresentam como mais uma alternativa, por conta da viabilidade técnica e econômica.

As fontes renováveis possuem um ciclo vital menor comparado com fontes fósseis como o petróleo, o qual leva milhares de anos para se formar novamente.

Alguns fatores ambientais e socioeconômicos que estão relacionados ao crescente interesse pelos polímeros sustentáveis são os grandes impactos ambientais causados pelos processos de extração e refino utilizados para produção dos polímeros provenientes do petróleo, a sua escassez, o aumento de seu preço e a dependência existente pelo recurso natural finito.

2.1.3. Biocompósitos

Os biocompósitos são materiais que combinam uma matriz polimérica com material biológico, como fibras naturais, tecidos ou células.

Esses materiais são projetados para ter propriedades específicas que os tornam adequados para aplicações na área médica, como implantes, dispositivos biomédicos ou tecidos artificiais, e na indústria, sobretudo, automobilística, como matéria prima alternativa e sustentável para fabricação de peças de veículos. São desenvolvidos para serem biocompatíveis e biodegradáveis, reduzindo o impacto ambiental e melhorando a integração com o corpo humano.

O primeiro incentivo do estado surge por meio da Lei Federal nº 12.715/2012, que dispõe sobre o Programa de Incentivo à Inovação Tecnológica e Adensamento da Cadeia Produtiva de Veículos Automotores (Inovar-Auto) e altera algumas leis de incentivos fiscais para impulsionar a indústria a melhorar a eficiência energética e aumentar a produção em cadeia (BRASIL, 2020).

Quando há uma combinação de dois ou mais produtos que não são solúveis entre si denomina-se compósitos. (PARDAL, 2016),

Compósitos podem ser definidos como materiais de moldagem estrutural, formados por uma fase contínua polimérica (matriz) e reforçada por uma fase descontínua (fibras) que se agregam físico-quimicamente.

O material utilizado na fase descontínua é selecionado dependendo da aplicação final. Podem ser usados como matéria para fase descontínua diversos materiais, como fibra de vidro, fibra de carbono ou fibras naturais. (ALMACO, 2024).

Os compósitos mais simples possuem dois componentes denominados como matriz e reforço, o primeiro fornece proteção do reforço com o meio envolvente, o segundo garante a resistência ao compósito. Sendo assim as propriedades dos compósitos dependem não só da natureza, mas também do grau de ligação dos materiais. (PARDAL, 2016).

Estes materiais conjugados, quando combinados, almejam propriedades específicas de resistência, tenacidade e densidade, que não são encontrados em matérias originais individualmente.

2.1.4. Evolução dos materiais na indústria automobilística

No passado, em meio a efervescência da Revolução Industrial, Ford foi um dos pioneiros no estudo de produção de materiais com menor custo e mais sustentável.

Henry Ford (1863-1947) fundou a Ford Motor Company e esteve envolvido no desenvolvimento da primeira linha de montagem de produção em massa. Ele viu uma ligação entre a agricultura e a indústria e foi pioneiro no uso de bioplásticos na indústria automotiva, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Henry Ford com o "Carro de Soja" de corpo plástico na sua inauguração em 13/08/1941



Fonte: ADAPT (2020)

Em 1930, a Ford queria usar bioplásticos de soja para reduzir o peso dos carros e aumentar a eficiência quilométrica. Algumas peças de carro são feitas de bioplásticos de soja. Em 1941, a primeira carroceria feita de bioplásticos de soja foi revelada, contudo, a produção foi interrompida devido à 2ª Guerra Mundial (1939-1945).

Em 2000, a Ford começa a usar e testar polímeros feitos com fibras renováveis. Uma década depois, a empresa começa a usar headliners feitos a partir de misturas de espuma de soja. Um forro de teto é um material composto que é aderido ao teto interno dos automóveis.

A Ford inclui espumas BIO-PU à base de soja em todos os seus veículos norte-americanos. A Ford está usando Bio-PP a partir de palha de trigo para o armazenamento interior de silos no Ford Flex e PP a partir de coco para o piso de carga no Focus BEV. Em 2018, a Ford anuncia o teste de bioplásticos feitos de fibras vegetais de sisal.

A General Motors (GM) utiliza BIO-PP à base de madeira para os encostos dos bancos do Cadillac DeVille e bio-PP à base de linho feito para guarnição e prateleiras no Chevrolet Impala. Em 2001, a Chrysler foi o primeiro fabricante de automóveis a utilizar EcoCor, um composto de base biológica desenvolvido pela Johnson Controls que continha Kenaf, cânhamo e polipropileno para os painéis das portas da Sebring.

Em 2006, a Mazda começa a desenvolver bioplásticos sob a marca Mazda Biotech-material. Teijin & Mazda codeveloped Biofront™, o primeiro PLA estereocomplexado produzido em massa. É utilizado em tecido para bancos de automóveis (Mazda Premacy), mas também para tapetes de chão, cobertura de pilares, revestimento de portas, painel frontal e material de teto.

A Mazda afirma ser a primeira a atingir um conteúdo derivado de plantas acima de 80% para acessórios interiores (Premacy Hydrogen RE Hybrid) e um bio-tecido 100% derivado de plantas para coberturas de assentos.

Em 2014, a Mazda Motor Corporation e a Mitsubishi Chemical Corporation anunciaram sua colaboração na produção de bioplásticos, no ano seguinte, o plástico de base biológica fez a sua estreia para peças interiores com o Mazda MX-5, composto de 88% de milho e 12% de petróleo.

Em 2016, a Mazda lançou um roadster revestido em bioplástico. Muitos carros usam uma mistura de metal, policarbonatos à base de óleo e resina pintada para formar o seu invólucro exterior. A Mazda conseguiu eliminar as emissões de tintas nocivas através dos seus bioplásticos. (ADAPT, 2020)

A Toyota tem usado bio-poliésteres, bio-PET, e PLA. Eles afirmam ter sido os primeiros a usar PET à base de cana-de-açúcar em revestimentos de veículos e outras superfícies interiores. O Toyota SAI e o Toyota Prius foram os primeiros modelos a apresentar uma série de aplicações bioplásticas, tais como cabeceiras, pára-sóis e tapetes de chão.

Em 2003, eles utilizaram fibras e tecidos PLA para os tapetes e biocompósitos PLA/kenaf para a roda de reserva da cobertura e teto translúcido de Prius e Raum.

A Toyota estabeleceu seus objetivos de ter 20% de todos os componentes plásticos em seus veículos feitos de bioplásticos até 2015. Alguns carros Toyota têm até 60 % dos tecidos interiores feitos de poliésteres biobaseados.

Eles misturam PLA com PET para material de estofamento em guarnições de portas e bagagens, e PLA com polipropileno (PP) para peças moldadas por injeção, tais como placas de raspagem e guarnições interiores. Muitos veículos Toyota têm almofadas de assento à base de soja (Prius, Corolla, Matrix, RAV4, e Lexus RX 350).

A Toyota utilizou DuPont™ Sorona®EP (polímero à base de 20-37% de amido) para as persianas de ventilação do Toyota Prius 'A' Alfa. Em 2017, a empresa utilizou os bioplásticos Denso para o seu sistema de navegação. (ADAPT, 2020)

Em 2006, a Mitsubishi Chemical e Faurecia (FR) co-desenvolveram um bioplástico chamado BioMat que poderia ser produzido em massa e utilizado para peças interiores automotivas como painéis de portas, guarnições e faixas, painéis de instrumentos estruturais, inserções de console, dutos de ar e inserções de painéis de portas. BioMat foi feito a partir do ácido bio-succínico fornecido pela BioAmber e pela bio-PBS. (ADAPT, 2020)

Apresentado em 2010, o carro conceito Uno Ecology revelou ao mercado uma série de soluções de mobilidade com materiais alternativos, reutilizáveis e não poluentes, muitas das quais estão sendo estudadas por pesquisadores da Fiat e poderão ser aplicadas nos modelos futuros da marca (FIAT, 2010), conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 – Uno Ecology, fabricado com materias renováveis



Fonte: FIAT (2010)

As peças plásticas de acabamento interno e externo do veículo, como para-choques, painel, painéis de porta e revestimentos externos, foram produzidas a partir do bagaço de cana-de-açúcar.

O novo material possibilitou uma redução do peso das peças de cerca de 8% em relação ao material convencional, feito a partir de petróleo.

O estofamento dos bancos foi feito de fibra de coco e látex, eliminando-se o uso de poliuretano. Garrafas PET foram recicladas para serem utilizadas no tecido dos bancos e tapetes. (FIAT, 2010)

Em 2012, a Fiat utilizou poliamidas derivadas do óleo de mamona e poliuretanos derivados da soja em mais de um milhão de veículos. Os carros Fiat para o Brasil continham espumas de poliuretano para assentos com 5% de poliálcool de soja. (ADAPT, 2020)

Em 2022, a BMW anunciou a colaboração no desenvolvimento do DESERTTEX®, um biomaterial automotivo exclusivo desenvolvido pela empresa ADRIANO DI MARTI à base de cactos como alternativa ao couro para alguns dos interiores de seus carros.

Partindo da matéria-prima, o cacto é uma das plantas mais resistentes, não necessita de irrigação, tolera seca e altas temperaturas. (DESSERTO, 2022). Um tecido feito para ambientes extremos, como o deserto.

3. IMPORTÂNCIA DAS FIBRAS NATURAIS PARA MATRIZ ENERGÉTICA MUNDIAL

A indústria automobilística vem ao longo dos anos tentando melhorar seus modelos/projetos em função da economia, redução de impactos ao meio ambiente e barateamento dos processos fabris. O automóvel concentra em sua carroceria parte dessa problemática, visto que os compostos são escassos e pesados, como é o caso dos metais (SILVA, 2017).

As fibras naturais são renováveis e conseguem absorver toda a emissão de carbono gerada por elas. Os resíduos produzidos podem ser usados para gerar eletricidade, tornando-se alternativa para hidrelétricas e termelétricas, e após seu ciclo útil total, são biodegradáveis.

O setor automobilístico segue investindo no desenvolvimento de novas tecnologias capazes de deixar os carros mais leves, com melhor absorção de impacto e econômicos. Utilizando as fibras contribui-se diretamente para preservação dos recursos ambientais e redução do custo de fabricação. (BRESSIANI, JUNIOR et. Al, 2020).

Já os compósitos, são materiais constituídos de produtos distintos, que possuem pelo menos duas fases distintas entre si. Uma fase, denominada reforço, possui a função de gerar resistência ao material, enquanto a outra fase, denominada matriz, corresponde ao meio recebedor deste reforço.

Além da necessidade de conservação dos recursos ambientais, as fibras naturais possuem virtudes quando comparadas aos materiais sintéticos não renováveis. O baixo custo, a densidade baixa, o grau mínimo de abrasividade, ou seja, baixa capacidade de desgastar os equipamentos de processo, o baixo poder de toxicidade, a disponibilidade ilimitada, devido a origem natural e renovável são algumas das vantagens das fibras naturais em comparação aos materiais plásticos.

As fibras naturais também podem ser denominadas de fibras celulósicas, porque a celulose compõe seu principal conteúdo químico, e, há as fibras lignocelulósicas que possuam lignina, um polímero polifenólico natural, como conteúdo químico principal em sua estrutura. Algumas fibras convencionais, como o curauá, sisal e a juta, ricos em celulose, estão sendo cada vez mais utilizados como material de reforço em compósitos para peças internas de automóveis, e no âmbito militar, para coletes e componentes bélicos, devido às suas propriedades mecânicas, térmicas e acústicas.

As fibras naturais apresentam características relacionadas à renovabilidade, biodegradabilidade, reciclagem e neutralidade em relação à emissão de CO₂, assim como maior resistência à tração, à fissura e à flexão, maior ductilidade, e conseqüentemente, maior resistência ao impacto e dureza, características positivas e muito exploradas na indústria petrolífera.

A respirabilidade, isto é, capacidade de absorver a umidade produzida a partir da transpiração humana, gera conforto e qualidade, principalmente, para os motoristas profissionais de táxi, Uber, ônibus e caminhões que labutam por longas jornadas, sentados à frente do volante. A geração de empregos rurais e industriais é outro aspecto importante do uso de fibras naturais.

Um assento de carro com fibra natural utiliza pelo menos quatro vezes mais mão-de-obra do que o feito de espuma. Como exemplo têm-se os automóveis da Mercedes Benz, companhia alemã do setor automotivo, utilizam estofamentos com fibras naturais. Como comparação, a espuma de poliuretano à base de isocianato, material sintético não renovável, libera durante a sua combustão o gás cianídrico, altamente tóxico.

4. FIBRAS NATURAIS USADAS PELO SETOR AUTOMOBILÍSTICO

4.1. Sisal (*Agave sisalana*)

O sisal possui origem na América Central, especificamente, o território do México, e o Brasil é um dos principais produtores mundiais, e o estado da Bahia é um dos principais produtores nacionais. No Brasil, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2019), o cultivo de sisal está concentrado no semiárido do Nordeste e sua produção anual é de aproximadamente 156 mil toneladas, empregando mais de 700 mil agricultores familiares.

O sisal se destaca entre as fibras foliares por possuir um dos maiores valores de módulo de elasticidade, e podem ser utilizadas como reforço para o polietileno e a borracha natural, polímeros comerciais.

Algumas aplicações podem ser em revestimentos internos da cabina (teto, parede traseira e portas), apoio de cabeça e encosto de banco, pára-sol externo, painel de instrumentos, bolsa de ferramentas, encapsulamento de cabina/motor e pára-choque. Estudos comprovam que a fibra do sisal pode ser utilizada como reforço para polímeros comerciais, tais como o polietileno e a borracha natural. (BRESSIANI, JUNIOR, *et. al.*, 2020).

No Brasil, a espécie cultivada é a *Agave Sisalana*, sendo que o Estado da Bahia contribui com 85% do total da produção. A cultura do sisal existe no Brasil desde a década de 40, quando foi trazida da região de Yucatán – México, para ser cultivado nos estados da Bahia, Paraíba e Rio Grande do Norte, tendo em vista que essas regiões apresentam um clima propício para o desenvolvimento da cultura sisaleira. (MAXWELL, 2024)

Compósitos reforçados de fibras de sisal tem sido utilizado em indústrias como a automobilística em capacidade não-estrutural como painéis de portas etc. (SENTHILKUMAR, K., ET AL, 2018). As figuras a seguir ilustram a planta de sisal (Figura 4), o plantio (Figura 5), a fibra natural extraída da folha da planta (Figura 6) e a autopeça fabricada com a fibra natural de sisal (Figura 7).

Figura 4 – Sisal



Fonte: REVISTA CASA E JARDIM (2023)

Figura 5 – Plantio do Sisal



Fonte: BARROCAS – BAHIA (2011)

Figura 6 – Fibra de Sisal



Fonte: MIRANDA (2023)

Figura 7 – Forro de Porta (Fibra de sisal)



Fonte: FAPESQ (2019)

4.2. Curauá (*Ananaserectifolius L. B. Smith*)

O curauá é uma planta nativa da Amazônia paraense e sua fibra é utilizada para diversas finalidades, tais como substituta da fibra de vidro na indústria automotiva, devido às facilidades de obtenção, à baixa densidade e elevada resistência mecânica.

As folhas rígidas e eretas da planta do curauá possuem superfície plana e espinhos em seus frutos, podendo ser encontradas nas regiões do rio Xingu, Tocantins, Tapajós, Marcuru, Trombetas, Paru, Acará e Guamá, nas partes altas da Ilha do Marajó e no Amapá.

Levando em consideração a densidade da fibra do curauá nos compósitos podem apresentar uma diminuição de massa em comparação com os materiais reforçados com fibras de vidro, com a possibilidade de melhorarem ou manterem as propriedades mecânicas (BRESSIANI, JUNIOR, *et. al.*, 2020).

Relacionado à densidade, os compósitos com fibra de curauá apresentam redução de peso, comparado com os materiais reforçados com fibras de vidro, mantendo as propriedades mecânicas.

O curauá é uma fibra atraente do ponto de vista econômico e tecnológico, é de fácil acesso e possui mão de obra de baixo custo e não necessita de grandes equipamentos tecnológicos (da plantação a colheita), do ponto de vista científico possui baixa densidade e elevada resistência mecânica (DOS SANTOS, 2013).

Pelo fato de possuir uma significativa capacidade de absorver impacto, a fibra de curauá é aplicada na indústria automotiva para painéis dos veículos. As figuras a seguir ilustram a planta de curauá (Figura 8), o plantio (Figura 9), a fibra natural extraída da folha da planta (Figura 10) e a autopeça fabricada com a fibra natural de curauá (Figura 11).

Figura 8 - Curauá



Fonte: SUFRAMA (2022)

Figura 9 – Plantio do Curauá



Fonte: ECODEBATE (2008)

Figura 10 – Fibra de Curauá



Fonte: GALLO (2021)

Figura 11 – Tampa de Porta-malas (Fibra de Curauá)



Fonte: PEMATEC (2017)

4.3. Juta (*Corchorus capsularis*)

A Juta é uma fibra natural que floresce de 4 a 5 meses depois de semeada. Originária da Índia, seu cultivo predomina em regiões de altas temperaturas, com clima quente e úmido, o que favorece sua fermentação e conseqüentemente a maceração, que acontece entre 8 e 10 dias (SILVA, 2014).

A Índia é o maior produtor mundial e há importante produção na região norte do Brasil, em comunidades ribeirinhas, contribuindo para a manutenção destas populações, evitando o êxodo rural (BRESSIANI, JUNIOR *et. al.*, 2020).

É uma fibra de baixo custo e atualmente representa a fibra com o maior volume de produção. A juta é endêmica ao Mediterrâneo, porém, hoje em dia Bangladesh, Índia, China, Nepal, Tailândia e Brasil são grandes produtores. Possuem baixa resistência à umidade, ácidos e luz UV. Porém, a sua textura fina juntamente com sua resistência ao calor e fogo geram uma gama de aplicações em indústrias têxteis, civil e automotiva (SINGH, H., ET AL, 2018).

O cultivo da Juta é uma das principais atividades econômicas da região amazônica, evitando o êxodo rural e sendo responsável por mais de 200 mil famílias no campo (MITTAL et al, 2016). As figuras a seguir ilustram a planta de juta (Figura 12), o plantio (Figura 13), a fibra natural extraída do caule da planta (Figura 14) e o Poubel, protótipo de automóvel desenvolvido, utilizando a fibra natural de juta (Figura 15).

Figura 12 – Juta



Fonte: MARIO (2020)

Figura 13 – Plantio da Juta



Fonte: VERSI (2021)

Figura 14 – Fibra de Juta



Fonte: MIRANDA (2023)

Figura 15 – Protótipo Poubel (Fibra de Juta)



Fonte: AL- QURESHI (1999)

4.4. Caroá (*Neoglaziovia variegata*)

O caroá é mais encontrado no semiárido nordestino nacional, sendo que sua fibra é característica de plantas de caatinga, produzida principalmente no Ceará.

As fibras, retiradas das folhas, são responsáveis por geração de trabalho e renda para diversas famílias, pois, com elas, podem-se fabricar vários produtos artesanais: cordas, chapéus, bolsas, tapetes, redes, redes de pesca e tecidos (BEZERRA, 2014).

Ainda segundo Bezerra (2014), a planta é colhida na caatinga, cortada manualmente e exposta a céu aberto para secar, o que facilita o desfibramento das fibras das folhas, para, em seguida passar pelo desfibrador, onde sua casca é retirada e sua fibra exposta. Aproximadamente 40% do resíduo ainda molhado é moído, na etapa de tesouramento, para, junto com o material desfibrado, ser exposto ao sol por cerca de dois dias.

O resíduo desta etapa é utilizado para ração e adubo. A fibra passa, então, pelo batedor para a retirada da poeira e logo é prensada em fardos de 100 kg, que são armazenados e transportados. As figuras a seguir ilustram a planta de caroá (Figura 16), o plantio (Figura 17), a fibra natural extraída da folha da planta (Figura 18) e a autopeça fabricada com a fibra natural de caroá (Figura 19).

Figura 16 – Caroá



Fonte: NEMA/UNIVASF (2021)

Figura 17 – Plantio de Caroá



Fonte: SERTÃO MAMOEIRO (2022)

Figura 18 – Fibra de Caroá



Fonte: SALES (2014)

Figura 19 – Tampa de Porta-Mala (Fibra de Caroá)



Fonte: REDAÇÃO AB (2012)

4.5. Coco Verde (*Cocos nucifera*)

A planta é uma palmeira tropical originária do Sudeste Asiático, tendo um cultivo em diversos países ao redor do mundo, sendo melhor cultivado em solos arenosos, sujeitos a intensa radiação solar, umidade e boa precipitação.

Uma significativa parte da produção de coco mundial advém de pequenos agricultores, cuja produção é praticamente consumida internamente nos países produtores.

Apesar do cultivado coqueiro ser estimulado e introduzido em várias regiões do Brasil, as maiores plantações e produções concentram-se na faixa litorânea do Nordeste e parte da região Norte (BEZERRA, 2014).

As fibras curtas e grossas são utilizadas para enchimento de colchões e assentos. As vantagens da utilização de fibras de coco em relação às fibras sintéticas se dão pelo baixo custo, baixa densidade, e boas propriedades térmicas, e geração de empregos em áreas de baixo IDH .

As principais características técnicas da fibra de coco que lhe garantem vantagens para a utilização industrial são: sua resistência à umidade, o fato de ser inodora, não ser atacada por roedores, não apodrecer e não produzir fungos.

O rejeito da indústria convencional do coco maduro pode ser usado como combustível para caldeiras ou na manufatura de cordoalha, tapetese estofamentos (MENCHISE, 2021). As figuras a seguir ilustram o coco verde (Figura 20), o plantio (Figura 21), a fibra natural extraída da semente do coco (Figura 22) e o estofado do banco do automóvel fabricado com a fibra natural de coco verde (Figura 23).

Figura 20 – Coco Verde



Fonte: CEAGESP (2024)

Figura 21 - Plantio de Coco Verde



Fonte: AUGUSTO (2022)

Figura 22 – Fibra de Coco Verde



Fonte: EBEL (2020)

Figura 23 – Estofado (Fibra de Coco)



Fonte: INVENÇÕES BRASILEIRAS (2020)

4.6. Banana (*Musa cavendishii*)

A banana é uma fruta considerada tropical, cultivada durante todo o ano pelo território nacional, principalmente no Nordeste e Sudeste.

Estudos relatam que seu cultivo se dá desde antes da chegada dos portugueses no Brasil.

Dentre as vantagens conhecidas dos compósitos com esse reforço destaca-se a biodegradabilidade, não abrasividade, baixo consumo de energia e custo de produção baixo, resistência a temperaturas e por último e não menos importante a oferta de empregos rurais. (AMARAL et al 2016).

As fibras da banana apresentam densidade menor em relação as fibrassintéticas, como como a de vidro, quando usadas para reforço em materiais compósitos. As figuras a seguir ilustram a banana (Figura 24), o plantio (Figura 25), a fibra natural extraída da folha do coco (Figura 26) e o Manacá, protótipo de automóvel fabricado com a fibra natural de banana (Figura 27).

Figura 24 – Banana



Fonte: CEAGESP (2019)

Figura 25 - Plantio de Banana



Fonte: EMBRAPA (2014)

Figura 26 – Fibra de Banana



Fonte: BRESSIANI, JUNIOR *et al.* (2020)

Figura 27 – Protótipo Manacá (Fibra de Banana)



Fonte: AL-QURESHI (1999)

4.7. Açaí (*Euterpe oleracea mart*)

O açaí é uma palmeira abundante nos estuários de rios, em terrenos de várzea, igapós e terra firme da região Norte e na parte Amazônica Nordeste, na transição da área de divisa territorial dos estados do Pará e Maranhão, tendo suas maiores reservas naturais no estado do Pará (REVISTA ESPACIOS, 2018).

Os subprodutos da extração do suco ou polpa do açaí, segundo Junior Lima (2017), são bastante consumos na Região Norte, até por conta da abundância, baixo custo, tornando-se representação da cultura local, influenciando diretamente na economia, nas paisagens, nos cartões postais, nos dizeres populares, nas manifestações artísticas, na gestão pública estrutural.

Pesquisas realizadas para destinar corretamente os resíduos fibrosos do açaí aferiram o aproveitamento de insumos para geração energética e produção de adubo.

As fibras e o caroço do açaí possuem capacidade estrutural térmica alinhada às aplicações na indústria automobilística, como também as fibras de sisal e coco que já vêm sendo utilizadas. As figuras a seguir ilustram o açaí (Figura 28), o plantio (Figura 29), a fibra natural extraída da semente do açaí (Figura 30) e a autopeça fabricada com a fibra natural do açaí (Figura 31).

Figura 28 – Açaí



Fonte: EMBRAPA (2017)

Figura 29 - Plantio de Açaí



Fonte: SEVILHA *et al.* (2021)

Figura 30 – Fibra de Açaí



Fonte: COSTA *et al.* (2013)

Figura 31 – Maçaneta externa (Fibra de Açaí)



Fonte: JORGE (2022)

4.8. Abacaxi (*Ananas comosus L. Merril.*)

Atualmente, o Brasil é o terceiro produtor mundial de abacaxi, com quase 1,5 bilhão de frutos colhidos em cerca de 60 mil hectares, sendo a quinta espécie frutífera mais cultivada no país, com importante papel econômico e social de geração de emprego e renda.

No estado do Pará, os dados mostram a produção de 320 milhões de abacaxis produzidos e uma área plantada de 10.777 hectares, tornando assim o estado como maior produtor (ADEPARÁ, 2017).

Segundo a Revista Espacios (2018), O abacaxi apresenta como resíduo da produção a coroa da fruta, esta é um excedente que não apresenta nenhuma utilidade econômica e, neste contexto, as indústrias de alimentos enfrentam o desafio de encontrar formas viáveis de

aproveitamento dos seus resíduos para que os mesmos possam ser revertidos em benefícios financeiros. As figuras a seguir ilustram o abacaxi (Figura 32), o plantio (Figura 33), a fibra natural extraída da folha de abacaxi (Figura 34) e o estofado do banco do automóvel fabricado com a fibra natural de abacaxi (Figura 35).

Figura 32 – Abacaxi



Figura 33 – Plantio de Abacaxi



Fonte: NUTRIÇÃO PRÁTICA&SAUDÁVEL (2013) Fonte: OLIVEIRA (2021)

Figura 34 – Fibra de Abacaxi



Figura 35 – Estofado (Fibra de Abacaxi)



Fonte: MARCON *et al.* (2009) Fonte: TEIXEIRA, L. (2018)

4.9. Bambu (*Bambusa vulgaris*)

Segundo Gonçalves (2020), no Brasil existem mais de 200 espécies de bambu e aproximadamente 18 milhões de hectares de florestas nativas da planta estão na Amazônia. Beraldo (2016) o Brasil possui, atualmente, 36 gêneros e 254 espécies nativas de bambu distribuídas entre a Mata Atlântica (62%), Amazônia (28%) e Cerrado (10%).

O Bambu possui capacidade de fixar carbono no solo, auxiliando o combate ao efeito estufa de maneira contundente, resguardando o solo de erosões, podendo ser plantado em terrenos degradados, por não necessitar de solos altamente férteis.

Associado à sua resistência, a flexibilidade do bambu amplia ainda mais a sua gama de possíveis usos. Como uma alternativa eficiente e eficaz ao substituir madeiras nobres, o uso do bambu supre praticamente todos os campos de utilização das madeiras comuns, até mesmo em casos onde são necessárias peças muito robustas ou de grande porte (SILVA, 2021).

Uma característica negativa do bambu é que ele pode ser consumido pelo fogo com muita rapidez, principalmente se estiver com teor de umidade interna reduzido. Suas características geométricas também facilitam a proliferação de chamas, que por ter cavidades ocas, em determinado ponto as labaredas queimam externa e internamente (LUDWIG; SOUZA, 2019).

Segundo Barbalho e Silva (2018) o cultivo do bambu é simples, podendo ser através do plantio de sementes ou mudas, uma vez que respeite um espaçamento considerável para não manter as mudas muito próximas umas da outra. Embora o ideal seja o cultivo no período chuvoso, o bambu se adapta em diversos climas, sendo, porém, típico de locais tropicais, conforme mencionado. As figuras a seguir ilustram a planta de bambu (Figura 36), o plantio (Figura 37), a fibra natural extraída da gramínea do bambu (Figura 38) e o Bamgoo, protótipo de automóvel fabricado com a fibra natural de bambu (Figura 39).

Figura 36 – Bambu



Fonte: SVRCEK (2023)

Figura 37 – Plantio de Bambu



Fonte: YVYPORA (2012)

Figura 38 – Fibra de Bambu



Fonte: BTN EUROPE (2018)

Figura 39 – Bamgoo, Carro Elétrico (Fibra de Bambu)



Fonte: G1 (2008)

4.10. Cânhamo (*Cannabis ruderalis*)

O cânhamo é o nome que recebe uma variedade da planta *Cannabis* e tem seu uso, entre outros, nos produtos têxteis e como reforço em autopeças, sendo que na Europa há incentivos fiscais para seu cultivo visando extração de fibras do caule. (BRESSIANI, JUNIOR et. Al, 2020).

Dentre as aplicações na indústria automotiva, as marcas conhecidas, como: Audi, BMW, Chrysler, Fiat, Mercedes e Volvo já a utilizam como um composto para a produção de seus automóveis (MANAIA; MANAIA; RODRIGES, 2019).

A mistura do cânhamo com outros materiais, sejam eles sintéticos ou naturais, é uma alternativa para suprir as fragilidades da sua fibra, visto que esse processo é capaz de aumentar a resistência delas, pois além de proporcionar maior rigidez e tenacidade, expande a aplicabilidade da planta (MANAIA; MANAIA; RODRIGES, 2019).

Os biocompósitos de cânhamo atuam na substituição de materiais plásticos mais resistentes, principalmente na indústria automotiva, e por sua vez, representam 14% de todas as fibras de Cannabis produzidas na Europa (CARUS; SARMENTO, 2016).

O uso do cânhamo na indústria automotiva está presente há bastante tempo. Henry Ford, em 1941, fez uso de cânhamo para a produção de portas e outras estruturas (DELFINO, 2021). Suas características como peso leve, densidade baixa e propriedades térmicas e mecânicas benéficas fazem com que o cânhamo tenha tal atratividade pelo setor automobilístico. As figuras a seguir ilustram a planta de cânhamo (Figura 40), o plantio (Figura 41), a fibra natural extraída do caule do cânhamo (Figura 42) e a base dos bancos do automóvel fabricado com a fibra natural do cânhamo (Figura 43).

Figura 40 – Cânhamo



Fonte: GREEN (2023)

Figura 41 – Plantio de Cânhamo



Fonte SMOKE BUDDIES (2019)

Figura 42 – Fibra de Cânhamo



Fonte: ADWA CANNABIS (2024)

Figura 43 – Base dos bancos (Fibra de cânhamo)



Fonte: QUATRO RODAS (2018)

4.11. Urtiga (*Urtica dioica* L.)

A urtiga é uma planta lignocelulósica encontrada abundantemente em regiões tropicais devastadas da América, Ásia e Europa, no Brasil, seu cultivo se encontra presente em todo território, com maior presença nas regiões Sudeste e Sul. O nome “Urtiga” pode ter origem na palavra anglo-saxônica “noedl” que significa agulha, e Urtica é uma palavra latina que significa “queimar”, que se refere à queimação provocada ao tocar na planta.

As razões econômicas e ecológicas para cultivar a urtiga como cultura de fibra se dão pela cultura perene com baixas necessidades de fertilizantes e pesticidas, com capacidade de melhorar solos sobrecarregados com nitratos e fosfatos, visto que a urtiga é uma planta herbácea nitrófila (DI VIRGILIO et al. 2015), isto é, plantas de pequeno porte, com caule macio e raízes superficiais, que preferem os solos ricos em nitrogênio.

As fibras de urtiga possuem excelentes propriedades como alta tenacidade de ruptura e flexibilidade (KICÍNSKA-JAKUBOWSKA et al. 2012), contudo, as fibras de urtiga possuem algumas desvantagens, como baixa condutividade elétrica e térmica, menos resistência ao fogo e menor resistência à umidade (T. GURUNATHAN, 2015).

O composto de fibras de urtiga é adequado para a indústria automobilística para a fabricação de diversas peças automotivas, como isolamento de cabos, tampas de rodas, pára-choques automotivos, fibras de carpete, tampas de caixas de câmbio, tanques de produtos químicos e aparelhos externos e internos leves (F. OMAR, 2012).

As figuras a seguir ilustram a planta de urtiga (Figura 44), o plantio (Figura 45), a fibra natural extraída do caule da urtiga (Figura 46) e autopeça fabricada com a fibra natural de urtiga (Figura 47).

Figura 44 – Urtiga



Fonte: PAULO (2021)

Figura 45 – Plantio de Urtiga



Fonte: LEITE (2016)

Figura 46 – Fibra de Urtiga



Fonte: CUNHA (2017)

Figura 47 - Painel de Porta (Fibra de Urtiga)



Fonte: WELLBROCK *et al.* (2018)

4.12. Linho (*Linum usitatissimum*)

O linho, *Linum usitatissimum* e suas subespécies, é uma planta herbácea pertencente à família Linaceae, nativa da Turquia e do Irã e introduzida na Ásia, Europa, América do Norte e regiões do norte da África e sul da América do Sul, sua fibra é obtida a partir do caule da planta (DIJIGOW, 2021).

O linho tem sido uma das poucas plantas que chamam a atenção por produzir produtos muito valiosos. O cultivo adequado e o ambiente favorável ao linho é temperado e, ultimamente, os principais países produtores de linho são Bielorrússia, França, e China (RAMESH, M., 2019).

Na indústria automobilística, a fibra de linho pode ser usada no reforço de peças estruturais, como painéis de porta, consoles, para-choques e capôs.

Sua combinação com resinas termoplásticas ou termofixas permite a fabricação de compósitos leves e resistentes, capazes de atender às exigências de segurança e desempenho dos veículos, aumentando sua eficiência energética, possui propriedades isolantes, reduzindo a emissão de ruídos e melhorando o conforto térmico no interior dos veículos e por ser de origem natural e renovável, é uma opção mais sustentável do que materiais sintéticos.

Além disso, o cultivo do linho é menos agressivo ao meio ambiente do que o cultivo de outras fibras.

Em contrapartida, a fibra de linho pode ser mais cara do que os materiais sintéticos já utilizados, como o plástico ou a fibra de vidro, menos resistente a impactos, mais frágil, com tendência a absorver umidade, e pouco disponível em algumas regiões, dificultando a produção em larga escala na indústria automobilística. As figuras a seguir ilustram a planta de linho (Figura 48), o plantio (Figura 49), a fibra natural extraída do caule da linho (Figura 50) e a Scooter Elétrica Bee fabricada com a fibra natural de linho (Figura 51).

Figura 48 – Planta de Linho



Fonte: FLORISTIK24.PT (2024)

Figura 49 – Plantio de Linho



Fonte: MADS JAKOBSEN (2020)

Figura 50 - Fibra de Linho



Fonte: MADS JAKOBSEN (2020)

Figura 51 – Scooter Elétrica Bee (Fibra de Linho)



Fonte: WAARMAKER (2013)

5. PRINCIPAIS APLICAÇÕES COM FIBRAS NATURAIS

A SABIC, companhia pública saudita presente em Campinas-SP, utiliza o composto PX07444 com fibra de curauá como substituição da poliamida 6 com fibra de vidro para aplicações no interior dos veículos por proporcionar diminuição de peso na peça final e nos acabamentos.

A mesma SABIC utiliza o composto MX7442 com farinha de madeira para substituir o polipropileno sem reforço ou reforçado com carga mineral, pois apresenta resistência a fungos, menor peso específico, podendo ser utilizados nos processos de extrusão e moldagem por injeção, oferecendo uma superfície com aparência natural da madeira e a possibilidade de ser colorizada.

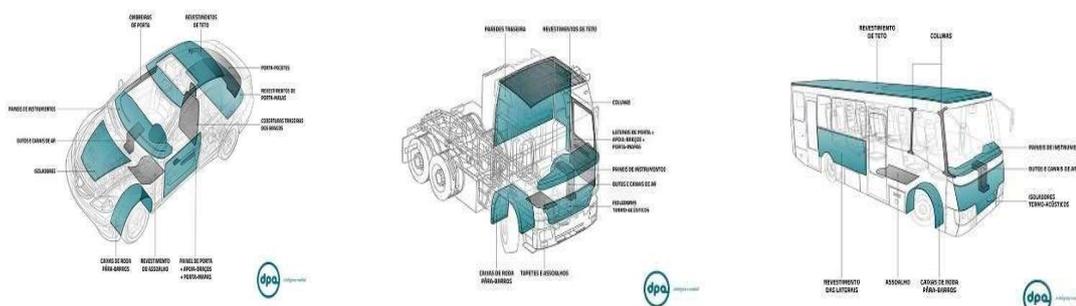
A empresa Ford vem aplicando à sua produção automotiva a fibra do sisal no lugar do plástico à base de petróleo por apresentar melhores resultados mecânicos, quando comparada ao material sintético, e maior rentabilidade no processo de cultivo, necessitando de uma área plantada menor e a colheita pode ser feita no tempo inferior a três anos.

Em paralelo, há estudos em desenvolvimento para utilizar as fibras da casca de tomate para produção de porta-objetos internos aos carros, no lugar do plástico, material não renovável.

A empresa Volkswagen vem aplicando as fibras de curauá em compósitos para revestimentos laterais de portas, maçanetas, estofamentos, forros internos e na tampa do compartimento de bagagens, como reforço da matriz de polipropileno em compósitos na tentativa de substituir a fibra de vidro.

A empresa Mercedes-Benz vem aplicando linho, sisal e cânhamo para revestir internamente as portas, e utiliza as fibras de coco com látex para fabricação dos assentos dos caminhões. A montadora Fiat também utilizou a fibra de coco nos bancos do Uno Ecology para substituir as espumas de poliuretano, pelo fato de ser biodegradável e menos volumosa em relação à sintética. A figura 52 ilustra as aplicações das fibras naturais em autopeças veiculares.

Figura 52 – Exemplo de Aplicações de Fibra Natural nos Automóveis



Fonte: DPA MOLDADOS (2024)

As fibras têm pouca utilidade estrutural se não estiverem aglutinadas e estabilizadas numa matriz. Isoladas, somente resistem a esforços de tração (NETO; PARDINI, 2016, p.77). A utilização de fibras naturais como reforço em compósitos vem ganhando espaço, devido serem materiais recicláveis e de baixo custo comparado com as fibras sintéticas (NETO; PARDINI, 2016, p.118).

O uso de fibras naturais como reforço em compósitos está relacionado com a busca de matérias-primas sustentáveis e de baixo custo para Engenharia, com baixo impacto ao meio ambiente, e que tenha aspectos sociais e econômicos positivos (NETO; PARDINI, 2016, p.118).

Pesquisas e aplicações com compósitos reforçados com fibras naturais estão crescendo nos meios acadêmicos e industriais (BRAGA; MAGALHAES, 2015; GURUNATHAN; MOHANTY; NAYAK, 2015; LAU et al., 2018; MONTEIRO et al., 2011).

As fibras naturais vêm se destacando devido a diversas vantagens: baixa massa específica, baixo custo, são ecologicamente sustentáveis, estimulam empregos de muitas regiões e podem ser fornecidas em grandes quantidades (NETO; PARDINI, 2016; SAHU; GUPTA, 2017; TOMCZAK; SATYANARAYANA; SYDENSTRICKER, 2007).

Uma vantagem a mais das fibras vegetais é que em algumas aplicações não estruturais podem substituir fibras sintéticas (ex.: fibra de vidro) (WAMBUA; IVENS; VERPOEST, 2003). Podem ser citadas como desvantagens e limitações do uso das fibras vegetais a variação das propriedades mecânicas (devido a idade e espécie da planta, situação do solo, clima e época da colheita), alta absorção de umidade, entre outros fatores (JUNIOR, 2017, p. 21 e 42) (NETO; PARDINI, 2016, p. 119).

Para diminuir essas limitações existem métodos diferentes descritos na literatura: tratamentos químicos, combinações de polímeros, adição de nanopartículas e hibridização (SHESAN et al., 2019, p. 7-13).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Estudo de Caso

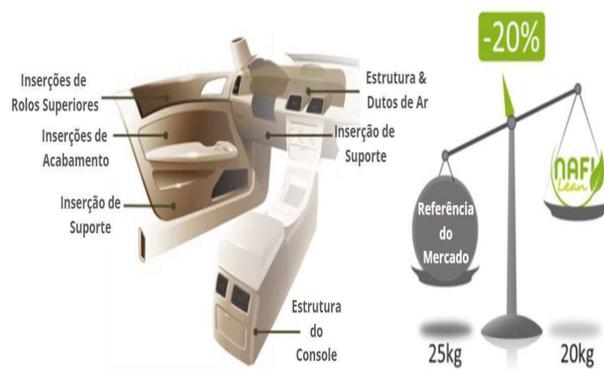
O estudo de caso foi realizado com base na atividade industrial de uma empresa francesa, fabricante de peças internas dos veículos Peugeot e Citroen, utilizando fibras de cânhamo (*Cannabis ruderalis*).

A joint-venture francesa APM desenvolveu o NAFILean - PF2 555. Trata-se de um composto de polipropileno reforçado com 20% de fibras de cânhamo, que foi projetado para peças automotivas internas leves em máquinas injetoras convencionais.

O cânhamo usado no composto é totalmente produzido na cooperativa agrícola em Dijon-FRA, o que permite uma importante redução do impacto ambiental ao mesmo tempo que aumenta as propriedades mecânicas dos materiais.

A figura 53 mostra o uso do NAFILean na confecção de peças internas do Peugeot-Citroen, a figura 54 ilustra o processo de fabricação das autopeças veiculares, desde a colheita do cânhamo, passando pelas etapas de transformação, incluindo a adição de propileno e aditivos à fibra natural.

Figura 53 – Uso do NAFILean na confecção de peças internas do Peugeot-Citroen



Fonte: APM, 2024

Figura 54 – Cadeia de Valor do NAFILean



Fonte: APM, 2024

6.2. Resultado da pesquisa

O resultado do presente trabalho foi a apresentação das principais fibras naturais empregadas na indústria automobilística, a partir da pesquisa da revisão bibliográfica de artigos acadêmico-científicos internacionais e trabalhos nacionais, assim, visando avaliar os tipos de fibras empregadas como solução de fabricação de peças internas de veículos na indústria automotiva.

O NAFILean já foi incorporado com sucesso nos painéis das portas do veículo 308 da Peugeot-Citroen, já que os um quilo e duzentos gramas do material proporcionaram uma redução 25% na massa. Posteriormente foi utilizado no painel do modelo 508, da mesma Peugeot-Citroen, que propiciou a redução de massa de um quilo por veículo.

O NAFILean é utilizado para aplicações visíveis ou não cobertas em painéis de instrumentos, painéis de portas e consoles centrais. Proporcionado um potencial de redução de peso de 5 kg por veículo, e um potencial de economia de peso de até 25% em comparação com peças injetadas com materiais convencionais.

A ação gera sustentabilidade e uma influência positiva na avaliação do ciclo de vida, menos dependência do mercado petrolífero, benefícios para os usuários, uma reciclabilidade validada, com a vantagem de ser processável com máquinas de injeção tradicionais (APM, 2024).

O processo de produção do composto NAFILean passa desde a colheita das folhas de cânhamo no ambiente rural, separado em fardos, a fim de facilitar a logística e o transporte, sendo levado para o ambiente fabril para início da transformação, a partir do processo de desfibração, para separação, esmagamento e peneiração das fibras de cânhamo, após esse procedimento segue à composição, quando é adicionado propileno, além de outros aditivos, depois segue à fase de granulação e injeção para formar os compósitos utilizados na indústria automobilística nas peças e equipamentos internos dos veículos. A figura 55 apresenta as aplicações do NAFILean em painéis de porta do veículo 308 da Peugeot-Citroen.

Figura 55 – Aplicações do NAFILean em Painéis de Porta



Fonte: APM, 2024

O NAFILean é incorporado com sucesso nos painéis de instrumentos do novo veículo de produção 508 da PSA Peugeot-Citroën. Podendo ser usado em máquinas injetoras tradicionais, e se destaca como uma solução única de mercado da APM. A estreia mundial do NAFILean está presente nos painéis de instrumentos do novo Peugeot 508 apresentado ao público no Salão Automóvel de Frankfurt (APM, 2024). A figura 56 apresenta as aplicações do NAFILean em painéis de instrumentos do veículo 508 da Peugeot-Citroen.

Figura 56 – Aplicações do NAFILean em Painéis de Instrumentos



Fonte: APM, 2024

O NAFILean está maduro para aplicações em painéis de instrumentos. O conceito NAFILean totalmente otimizado foi validado em aplicações interiores críticas, como peças grandes sujeitas a requisitos de segurança drásticos (impacto na cabeça e nos joelhos, acionamento de airbags), juntamente com requisitos severos de envelhecimento a longo prazo (APM, 2024).

Em suma, o NAFILean foi desenvolvido para introduzir conteúdo verde em materiais de alto desempenho para painéis de instrumentos injetados, painéis de portas e consoles centrais em componentes como peças de acabamento, tampas superiores, desembaçadores e dutos de fechamento (APM, 2024).

6.3. Principais Fibras Naturais utilizadas em trabalhos acadêmico-científicos

A seguir estão apresentados principais trabalhos analisados durante a pesquisa.

Tabela 1 – Fibras naturais empregadas na indústria automobilística:

Nº	FIBRA NATURAL	NOME CIENTIFICO	TIPO DE FIBRA NATURAL	DENSIDADE (g/cm ³)	MODULO DE ELASTICIDADE (GPa)	TENSÃO DE RUPTURA (Mpa)	ALONGAMENTO (%)	TRABALHOS ACADÊMICOS	AUTORES	PUBLICAÇÃO
1	Sisal	<i>Agave sisalana</i>	Folha	1,33-1,45	9,4-38	468-700	2,0-7,0	Effect of chemical treatment on the thermal properties of hybrid natural fiber-reinforced composites	Neto, J., et al.	Journal of Applied Polymer Science, 2019
2	Curauá	<i>Ananasrectifolius L. B. Smith</i>	Folha	1,4	11,8	500-1150	3,7-4,3	Effect of chemical treatment on the thermal properties of hybrid natural fiber-reinforced composites	Neto, J., et al.	Journal of Applied Polymer Science, 2019
3	Juta	<i>Corchorus capsularis</i>	Caule	1,3	26,5	393-773	1,5-1,8	Effect of chemical treatment on the thermal properties of hybrid natural fiber-reinforced composites	Neto, J., et al.	Journal of Applied Polymer Science, 2019
4	Caroá	<i>Neoglaziovia variegata</i>	Folha	1,3	20-70	300	0,8-1,3	Compósito de matriz poliéster com fibras de caroá neoglazioviavariegata: caracterização mecânica e sorção de água.	NÓBREGA, M	2007, 123f, Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) Universidade Federal de Campina Grande
5	Coco	<i>Cocos nucifera</i>	Semente	1,2	4,0-6,02	175	3,0	Machinability of natural fiber reinforced composites: a review.	NASSAR, M. M. A.; ARUNACHALAN, R.; ALZEBDEH, K. I.	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 88, p.2985-3004, Londres, jun. 2016.
6	Banana	<i>Musa cavendishii</i>	Folha	0,75-0,95	20-24	392-677	1,0-3,0	A Review on Composition and Properties of Banana Fibres	RAVI BHATNAGAR; GOURAV GUPTA; SACHIN YADAV.	International Journal os Scientific & Engineering Research, ISSN 2229-5518. Vol. 6, Issue 5, May/2015
7	Açaí	<i>Euterpe oleracea Mart</i>	Semente	1,374	15,70	17,80	1,8-2,9	Technological performance of açai natural fibre reinforced cement-based mortars	Afonso R.G. de Azevedo, Markssuel Teixeira Marvila, Bassam A. Tayeh, Daiane Cecchin, Artur Camposo Pereira, Sergio Neves Monteiro	Journal of Building Engineering 33 (2021) 101675
8	Abacaxi	<i>Ananas comosus (L.) Merril.</i>	Folha	1,25-1,6	5,51-6,76	166-175	2,78-3,34	Processing of Hybrid Polymer Composites-a Review.	M. Assim, M. Jawaid, N. Saba, Ramengawii, M. Nasir, M.T.H. Sultan	Elsevier, 2017.
9	Bambu	<i>Bambusa vulgaris</i>	Gramínea	0,6-1,1	22,2-54,2	360,5-590,3	4,0-7,0	Processing of Hybrid Polymer Composites-a Review.	M. Assim, M. Jawaid, N. Saba, Ramengawii, M. Nasir, M.T.H. Sultan	Elsevier, 2017.
10	Cânhamo	<i>Cannabis ruderalis</i>	Caule	1,48	70	690	1,6-4,0	A Review on Mechanical Performance of Hybrid Natural Fiber Polymer Composites for Structural Applications.	N.M.Nurazzi et al.	Polymers, Vol. 37, nº 11, MDPI AG. 01/Jul/2021
11	Urtiga	<i>Urtica dioica L.</i>	Caule	0,72	87	650-1594	1,7-2,11	Machinability of natural fiber reinforced composites: a review.	NASSAR, M. M. A.; ARUNACHALAN, R.; ALZEBDEH, K. I.	The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 88, p.2985-3004, Londres, jun. 2016.
12	Linho	<i>Linum esitatissimum</i>	Caule	1,5	26,5	345-1035	2,7-3,2	The pull-out behavior of chemically treated lignocellulosic fibers	OUSHABI, A.	polymeric matrix interface (LF/PM): A review. 2019: p. 107059

Fonte: Próprio Autor, 2024.

A tabela 1 apresenta as principais fibras naturais utilizadas no setor automobilístico e suas respectivas propriedades mecânicas, analisadas em laboratório com testagens empíricas em ensaios de tração e resistência, registradas e publicadas em trabalhos nacionais e em artigos acadêmico-científicos internacionais.

De acordo com as propriedades específicas de cada fibra natural, elas podem ser utilizadas para reforço em matriz de polímeros, formando materiais combinados entre si com características ideais para fabricação de autopeças veiculares.

Para cada finalidade industrial, utiliza-se ensaios mecânicos para testagem de cada fibra natural, optando por aquela que atenda as demandas de cada veículo, particularmente.

Tabela 2 – Vantagens e Desvantagens das Fibras Naturais

Vantagens	Desvantagens
- Baixo peso específico resulta em uma maior resistência específica e rigidez do que o vidro;	- Menor resistência, especialmente resistência ao impacto;
- Fontes renováveis, produção necessita de pouca energia e baixa emissão de CO ₂ ;	- Qualidade varia em função do tempo;
- Processo não desgasta ferramentas e não irrita a pele;	- Baixa resistência à umidade, o que faz com que as fibras inchem;
- Bom isolamento acústico e térmico;	- Temperatura máxima de processamento restrita;
- Biodegradável;	- Menor durabilidade, baixa resistência ao fogo;
- Reciclagem é possível;	- Baixa adesão fibra/matriz;

Fonte: SREEKUMAR (2008)

A tabela 2 explicita a aplicação de fibras naturais para fabricação de peças e equipamentos internos de veículos, como sendo uma alternativa para diminuição do uso em larga escala de recursos finitos, e oportunidade de utilização de matérias primas de menor valor e maior abundância na natureza.

As principais vantagens do uso das fibras naturais se dão pela reciclagem, biodegradabilidade, renovabilidade, maior resistência sem desgaste das ferramentas, além do isolamento térmico e acústico.

Já as principais desvantagens se dão pela baixa resistência à umidade, à temperatura e ao impacto, além da exposição às intempéries que ocasiona uma depreciação do material em um período de tempo menor, quando comparado ao materiais produzidos por fibras sintéticas.

Importante ressaltar que ainda o desenvolvimento do uso das fibras naturais é muito incipiente em todo o mundo, porém segundo as previsões do professor Mohini Sain, da Universidade de Toronto no Canadá, em 2033 cerca de 50% dos materiais utilizados na fabricação dos carros serão feitos de fibras naturais (O MUNDO EM MOVIMENTO, 2016).

6.4. Discussão

Um artigo de revisão intitulado "*A Review of Multifunctional Nanocomposite Fibers: Design, Preparation, and Applications*" ou "Uma revisão de fibras nanocompostas multifuncionais: design, preparação e aplicações" foi publicado pelo Departamento de Ciência de Polímeros da Universidade de Zhejiang em Materiais de Fibra Avançados, apresentando o processo de desenvolvimento industrial das fibras nanocompósitas multifuncionais (LIU, L., CHANG, D. & GAO, C, 2024).

Como contexto histórico, em 1891, o rayon de nitrato de celulose foi produzido industrialmente pela empresa francesa chamada Societe anonyme pour la fabrication de la Chardonnet, que foi a primeira comercialização de fibras químicas (KAMIDE K., 2003).

Em 1958, fibras de carbono à base de rayon com resistência a altas temperaturas foram produzidas pela Union Carbide Corporation, indicando o surgimento de fibras funcionais (ROGER, B., 1960).

Em 2019, fibras de nanocompósitos de grafeno com propriedades ecológicas, de saúde e de proteção do corpo humano foram produzidas pela Hangzhou Gaoxi Technology Corporation, abrindo caminho para fibras ecológicas de saúde (GAO C, HAN Y, CHEN C, 2018). As fibras modernas e inteligentes ainda estão no estado de pesquisa científica (ZENG SN, PIAN SJ, SU MY, *et al*, 2021).

Conforme mostrado na Figura 57, a evolução das fibras pode ser dividida em 6 (seis) gerações: fibras naturais (WENG W, YANG J, ZHANG Y, 2020), fibras químicas (KAMIDE K., 2003), fibras funcionais (ROGER, B., 1960), fibras ecológicas para a saúde (GAO C, HAN Y, CHEN C, 2018), fibras modernas (ZENG SN, PIAN SJ, SU MY, *et al*, 2021) e fibras inteligentes. As fibras naturais referem-se a substâncias fibrosas existentes na natureza, como algodão, cânhamo, bicho-da-seda e seda de aranha, além da lã.

As fibras químicas incluem fibras artificiais, produzidas pela fiação e processamento de polímeros naturais, como fibras de viscose, fibras Tencel, fibras Lyocell, fibras de quitina e fibras de alginato, e as fibras sintéticas, fabricadas por fiação de polímeros sintetizados a partir de monômeros orgânicos, como fibras de náilon, poliéster, acrílico e aramida (ZHU MF, 2014).

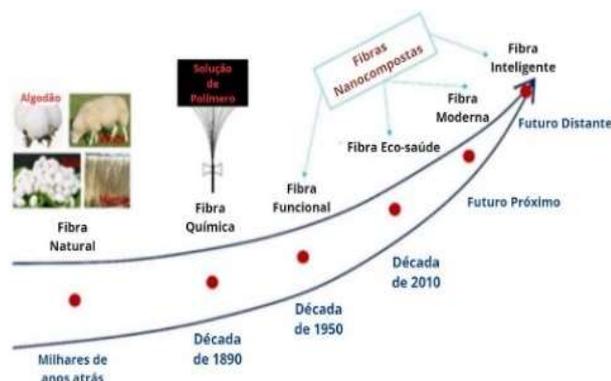
As fibras funcionais vêm depois das fibras químicas, exibindo funções específicas, como condutividade elétrica, térmica ou óptica, bem como propriedades antimicrobianas ou retardadoras de chama, como exemplo, têm-se as fibras de nanotubos de carbono, fibras de carbono, fibras de grafeno, fibras cerâmicas e fibras ópticas. (LIU, L., CHANG, D. & GAO, C, 2024).

As fibras químicas modificadas por íons metálicos são dotadas de propriedades antimicrobianas. As fibras ecológicas são definidas como fibras que atendem a 3 (três) requisitos simultaneamente: proteger o corpo humano, promover a saúde do corpo humano e

ser inofensivas à vida e ao meio ambiente. As fibras modernas podem detectar mudanças ambientais, como força, calor, química, luz, umidade, eletricidade e magnetismo.

As fibras inteligentes denotam fibras capazes de formar uma percepção integrada do ambiente, direção autônoma e autoreparação, promovendo a produção industrial e a aplicação da nova geração de fibras nanocompósitas preparadas pela introdução de nanomateriais, à base de polímeros, com características de fácil processamento, estrutura ajustável, excelentes propriedades mecânicas e diversas funcionalidades (LIU, L., CHANG, D. & GAO, C, 2024).

Figura 57 – Evolução das Fibras



Fonte: Tradução de *A Review of Multifunctional Nanocomposite Fibers: Design, Preparation and Applications* (2023)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se então que este trabalho atendeu ao objetivo principal de realizar um breve estudo teórico sobre a utilização de fibras de origem natural aplicadas na fabricação de peças e equipamentos, empregadas na indústria automotiva.

Isto posto, foi possível apresentar o estado da arte e incluir uma lista de fibras utilizadas em recentes trabalhos acadêmicos-científicos, visando demonstrar a eficiência da utilização de compósitos fabricados com fibras naturais.

O foco central é a mitigação dos impactos ambientais, como o Efeito Estufa e Aquecimento Global, que ocasionam severos desequilíbrios à vida no Planeta, contribuição à agenda ESG (Ambiental, Social e Governamental) das empresas, a diminuição da dependência de metais, minerais e matérias primas de origem fóssil, principalmente o petróleo, proporcionam para o meio ambiente fôlego e tempo hábil para renovação.

Em suma, a utilização das fibras naturais proporciona veículos mais leves, gerando economia de combustível, redução de custos, elevando a lucratividade na produção, sobretudo, no setor industrial, servindo de alternativa para as fibras sintéticas tradicionais e não-biodegradáveis, agregando à transição energética. Por conseguinte, recomenda-se a continuidade dos estudos teóricos e empíricos acerca do tema abordado, tendo em vista o rápido avanço no desenvolvimento de novas tecnologias na produção de autopeças veiculares.

8. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS:

Avaliar a metodologia de aplicação de diferentes fibras naturais, com variação de proporcionalidade em compósitos, através dos ensaios mecânicos e análises macroscópicas para a seleção da fibra que atenda a um determinado projeto experimental ou a realização de trabalhos teóricos por modelagem computacional.

REFERÊNCIAS

- ADAPT. **História dos Bioplásticos na Indústria Automotiva**. Advanced Plastic Technologies, 29 jan. 2020. Disponível em: <https://adapt.mx/pt/history-of-bioplastics-in-the-automotive-industry/> ..Acesso em: 12 maio. 2024
- ADWA CANNABIS. **Cânhamo: uma fonte renovável de fibras**. 23 mar. 2024. Disponível em: <https://adwacannabis.com.br/canhamo-uma-fonte-renovavel-de-fibras/>. Acesso em: 5 maio. 2024.
- ALBERNAZ, C. M. R. M.; LEMOS, M. A.; VALE, M. S. **FIBRAS NATURAIS E SUA UTILIDADE NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**. Exatas & Engenharias, v. 5, n. 13, 16 out. 2015.
- ALMACO. **Associação Latino-Americana de Materiais compósitos**. Compósitos – Conhecendo o compósito. Disponível em: <http://www.almaco.org.br>. Acesso em: abril/2024
- AL-QURESHI, H. A. *The design and development of automotive body from natural fiber reinforced composites*. ITA (Instituto Tecnológico da Aeronáutica), São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 1999.
- AMARAL, T.B; TEIXEIRA, L.C.M; FILHO, J.N. CONGRESSO INTERNACIONAL - WORKSHOP DESIGN & MATERIAIS, 2016, São Paulo. **Compósito com fibra natural para a produção de vasos para plantas visando uma alternativa sustentável aos resíduos da bananicultura**. São Paulo: Anhembi Morumbi, 2016. 916 p.
- APM. *What is NAFILean?* Disponível em: <https://www.apmplanet.com/products/nafilean/what-is-nafilean>. Acesso em abril/2024
- AUGUSTO, Fernando. **Do Platô de Neópolis vem quase todo coco verde do estado 3o maior produtor, 15 fev 2022**. Disponível em: <https://coderse.se.gov.br/do-plato-de-neopolis-vem-quase-todo-coco-verde-do-estado-3o-maior-produtor/> .Acesso em: 2 maio. 2024.
- BARBALHO, G.H. N.; SILVA, J.R. **Bambu, um material alternativo para trilhar caminhos conscientes e sustentáveis**. Iniciação - Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, v. 8, n. 1, p.1-9, 2018.
- BARROCAS - BAHIA: **Política: Barrocas E O Sisal, 2011**. Disponível em: <https://barrocasbahia.blogspot.com/p/barrocas-e-o-sisal.html> .Acesso em: 30 abr. 2024.
- BEZERRA, A. F. C.; CARVALHO, L. H.; SANTANA, L. N. L.; CAVALCANTI, W. S. **Comportamento mecânicos de compósitos reforçados com fibra de coco**. In: **Simpósio Latino-Americano de Polímeros SLAP, 2014**, Porto de Galinhas - Pernambuco. Congresso Ibero Americano de Polímeros - CIP, 2014.

- BRAGA, R. A.; MAGALHAES, P. A. A. *Analysis of the mechanical and thermal properties of jute and glass fiber as reinforcement epoxy hybrid composites*. Materials Science and Engineering C, v. 56, p. 269–273, 1 nov. 2015.
- BRASIL. **Inovar-Auto.2020**. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/competitividade-industrial/setor-automotivo/inovar-auto>. Acesso em: 8 de abril de 2024.
- BRESSIANI JÚNIOR, I. *et al.* **Fibras vegetais e compósitos na indústria automotiva**. Mix Sustentável, Florianópolis, v.6, n.4, p.129-138, 2020
- BTN EUROPE. *Fabricación ecológica de la fibra de bambú - BTN Europe e.V. - Bamboo Technology Network, 2018*. Disponível em: <https://es.btn-europe.com/fabricacion-ecologica-de-la-fibra-de-bambu.php>. Acesso em: 9 maio. 2024.
- CARUS, M.; SARMENTO, L. *European hemp industry: cultivation, processing and applications for fibres, shivs, seeds and flowers*. v. 1994, n. March, p. 1–9, 2016.
- CASTRO, Rafael Gomes de. **Influência do comprimento de fibra em compósito reforçado com piaçava. 2020**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2020.
- CEAGESP. **Principais Variedades de Coco-Verde comercializadas na CEAGESP, 02 mai. 2024**. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/coco-verde/>. Acesso em: maio. 2024.
- CEAGESP. **Conheça os benefícios da banana prata, o produto da semana. 3 dez. 2019**. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/comunicacao/noticias/conheca-os-beneficios-da-banana-prata-o-produto-da-semana-312/>. Acesso em: 3 maio. 2024.
- COSTA; EL BANNA; LIMA; ALMEIDA; DOS SANTOS; LOPES; FUJIYAMA. **COMPOSITOS DE FIBRA DE AÇAÍ E RESINA POLIESTER**. ISSN 1516-392X. 68º Congresso Anual da ABM, Belo Horizonte, MG, 2013.
- DPA MOLDADOS. **Aplicações de fibras naturais na produção de peças**. Disponível em: <http://www.dpamoldados.com.br/aplica%c3%a7%b5es.html>. Acesso em abril/2024.
- DELFINO, LUCAS. **Análise do cânhamo como alternativa sustentável para um Modelo de produção e consumo circular**. Universidade de Brasília, 2021.
- DESSERTO. *Bmw X Deserttex® Cactus-Based Biomaterial, 18 oct. 2022*. Disponível em: <https://desserto.com.mx/news/f/bmw-x-deserttex%C2%AE-cactus-based-biomaterial>. Acesso em: 12 maio. 2024.
- DIJIGOW, Patrícia. **Linho: a planta que conquistou o Antigo Egito. Escola de Botânica, 14 jul. 2021**. Disponível em: <https://www.escoladebotanica.com.br/post/linho>. Acesso em: 11 maio. 2024.
- DI VIRGILIO, N.; PAPAZOGLU, E.; JANKAUSKIENE, Z.; LONARDO, S.; PRACZYK, M.; WIELGUSZ, K. *The Potential of Stinging Nettle (Urtica dioica L.) as a Crop with Multiple Uses*. Ind. Crops Prod. 2015, 68, 42–49
- DOS SANTOS, F. R. S. *et al.* (2013) **Desenvolvimento e aplicação de compósitos à base de matriz polimérica reforçado com fibras de curauá (Ananas erectifolius) e resíduos de madeiras amazônicas**.

EBEL, I. **Indústria investe na casca de coco como matéria-prima.** Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/ind%C3%BAstria-investe-na-casca-de-coco-comomat%C3%A9ria-prima/a-16724261> .Acesso em: 5 mai. 2024.

ECODEBATE. **Projeto de cultivo do curauá (Ananas erectifolius) transforma realidade da agricultura familiar na Amazônia, 2008.** Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2008/08/12/projeto-de-cultivo-do-curaua-ananas-erectifolius-transforma-realidade-da-agricultura-familiar-na-amazonia/> .Acesso em: 30 abr. 2024.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultivo do sisal no Nordeste Brasileiro. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPA-2009-09/22318/1/CIRTEC123.pdf>. Acesso em fevereiro/2019

EMBRAPA. **Plantação de banana em Terra Indígena Kaxinawá. 8 out. 2014.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/1877001/plantacao-de-banana-em-terra-indigena-kaxinawa> .Acesso em: 3 maio. 2024.

EMBRAPA. **Detalhe do açaí em Humaitá – AM.** Unidade: Embrapa Rondônia. 09 mar. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-imagens/-/midia/3717001/acai> .Acesso em: 3 maio. 2024.

ENGENHARIA AUTOMOTIVA CARRO COM FIBRA. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2023/01/064-067_fibras-automotivas_323.pdf. Acesso em abril/2024.

FAPESQ. **Material biodegradável em peças de carros. 5 jul. 2019.** Disponível em: <https://fapesq.rpp.br/noticias/material-biodegradavel-em-pecas-de-carros> .Acesso em: 5 maio. 2024.

FIAT. **Produto: Uno Ecology, 2010.** Disponível em: https://www.fiat.com.br/institucional/uno_ecology.html#:~:text=Apresentado%20em%202010%2C%20o%20carro,nos%20modelos%20futuros%20da%20marca .Acesso em: 12 maio. 2024.

FIBRAS VEGETAIS: **Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação Tecnológica e uso em Compósitos, Plant Fibers: General Aspects, Utilization, Technological Innovation and use in Composites** A Los, Vol Year: 2018 Volume: 39 Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p12.pdf>

FLORISTIK24.PT. **Erva Seca Linho Seco Natural H50-55cm 80g.** Disponível em: <https://www.floristik24.pt/erva-seca-linho-seco-natural-h50-55cm-80g> .Acesso em: 12 maio. 2024.

F. OMAR, K. ANDRZEJ, F. BLEDZKI, F. HANS-PETER, S. MOHINI, *Biocomposites reinforced with natural fibers*, Prog. Polym. Sci. 37 (11) (2012) 1552–1596.

GAO C, HAN Y, CHEN C. *Graphene/nylon 6 fabric with permanent far-infrared health care function and its preparation method.* Chinese Patent CN201710134838.3. 2018.

GALLO, Marcio. **Fibra do Curauá 001 – Suframa (Jul/2021)**. Disponível em: https://www.gov.br/suframa/pt-br/zfm/cba/banco-de-imagens/20210702_100756.jpg/view .Acesso em: 5 maio. 2024.

GONÇALVES, M. T. T. et al. **Ensaio de resistência mecânica em peças laminadas de bambu**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Fortaleza, 2020.

GUIMARÃES JÚNIOR, M; NOVACK, K. M; BOTARO, V. R. **Caracterização anatômica da fibra de bambu (*Bambusa vulgaris*) visando sua utilização em compósitos poliméricos**. Revista Iberoamericana de polímeros, v. 11, n. 7, p. 442-456, 2010.

GREEN, G. IN. **Cânhamo no Brasil: O que pode e o que não pode**. Disponível em: <https://girlsingreen.net/canhamo-no-brasil/> .Acesso em: 3 maio. 2024.

G1, globo.com. **Japoneses lançam carro de bambu Carro ecológico foi chamado de 'BamGoo' e é movido a eletricidade. Ele tem independência de 50 km com uma carga de energia, 02 nov. 2008**. Disponível em: <https://g1.globo.com/Noticias/Carros/0,,MUL846317-9658,00-JAPONESES+LANCAM+CARRO+DE+BAMBU.html> .Acesso em 11 maio. 2024.

INVENÇÕES BRASILEIRAS. **Encosto de Fibra de Coco, 2020**. Acesso em: <http://www.invencoesbrasileiras.com.br/encosto-de-fibra-de-coco/> .Acesso em: 05 mai. 2024.

JORGE, Marcos do Amaral. **Unesp firma convênio com Volkswagen para desenvolver tecnologia de materiais para fabricação de autopeças. Set/2022**. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2022/09/01/unesp-firma-convenio-com-volkswagen-para-desenvolver-tecnologia-de-materiais-para-fabricacao-de-autopecas/> .Acesso em: 5 maio. 2024.

JUNIOR, C. C. M. F. **Fibras vegetais para compósitos poliméricos**. 1. ed. Ilhéus - Bahia: Editus - Editora da UESC, 2017.

KAMIDE K. *First commercialization, dead rock, and quick decay after temporary prosperity of cellulose nitrate rayon industry as predecessor of chemical fiber industry*. Nara Sangyo Univ J Ind Econ. 2003;18(3):313.

KICINSKA-JAKUBOWSKA, A., E. BOGACZ, AND M. ZIMNIEWSKA. 2012. *Review of natural fibers. Part I—vegetable fibers*. Journal of Natural Fibers 9:150–167

LAU, K. TAK et al. *Properties of natural fibre composites for structural engineering applications*. Composites Part B: Engineering, v. 136, n. October 2017, p. 222–233, 2018.

LEITE, Romildo de Paula. **A urtiga poderá se tornar um dos tecidos sustentáveis do futuro. 25 jan. 2016**. Disponível em: <https://textileindustry.ning.com/forum/topics/a-urtiga-poder-se-tornar-um-dos-tecidos-sustent-veis-do-futuro?overrideMobileRedirect=1> .Acesso em: 5 maio. 2024.

LIU, L., CHANG, D. & GAO, C. *A Review of Multifunctional Nanocomposite Fibers: Design, Preparation and Applications*. Adv. Fiber Mater. 6, 68–105 (2024). <https://doi.org/10.1007/s42765-023-00340-1>

LUDWIG.A.H.; SOUZA, L.D. **Estudo de caso: casa de bambu na ecovila mãe terra. 2019.** 74f. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Anápolis Unievangélica, Anápolis.

LUIZ, H. et. Al. **UTILIZAÇÃO DE FIBRAS VEGETAIS PARA REFORÇO DE PLÁSTICOS.** Disponível em:

https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA/9817/1/PA03_96.pdf. Acesso em abril/2024.

MANAIA, J. P.; MANAIA, A. T.; RODRIGES, L. *Industrial hemp fibers: An overview. Fibers*, v. 7, n. 12, p. 1–16, 2019.

MONTEIRO, S. N. et al. *Natural Lignocellulosic Fibers as Engineering Materials — An Overview.* Metallurgical and Materials Transactions A, v. 42, n. 10, p. 2963, 2011.

MARCON, Juliana S.; MULINARI, Daniella R.; CIOFFI, Maria Odila H.; VOORWALD, Herman J.C. **ESTUDO DE MODIFICAÇÃO DA FIBRA PROVENIENTE DA COROA DE ABACAXI PARA A FORMAÇÃO DE COMPOSITOS POLIMERICOS.** Universidade Estadual Paulista – UNESP. 10º Congresso Brasileiro de Polimeros – Foz do Iguaçu, PR – Out/2009

MARIO. **Juta Castanhal, 100% sustentável, 13 abr. 2020.** Disponível em: <https://revistadeagronegocios.com.br/juta-castanhal-100-sustentavel/>. Acesso em: 2 maio. 2024.

MAXWELL. **FIBRAS NATURAIS.** PUC-Rio – **Certificação Digital N° 0210646/CA.** Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/5271/5271_3.PDF. Acesso em 27. Maio. 2024.

MENCHISE, C. A. **Desenvolvimento e Caracterização de Material Compósito com Matriz Polimérica Reforçado com Fibra de Coco. 2020.** Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Fundação Oswaldo Aranha. Centro Universitário de Volta Redonda, 2021.

MIRANDA, Eber Nogueira. **Comparação de propriedades mecânicas dos compósitos reforçados com fibras de juta e de sisal: Materiais Compósitos.** TCC - Graduação em Engenharia Mecânica - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2023.

MITTAL, V.; SAINI, R.; SINHA, S. *Natural fiber-mediated epoxy composites - a review. Composites Part B: Engineering*, v. 99, p. 425–435, ago. 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359836816309660?vi%3Dihub>. Acesso em: 03 ago. 2022.

NEMA / UNIVASF. **Espécie do mês: Caroá. 29 jan. 2021.** Disponível em: https://nema.univasf.edu.br/site/index.php?page=newspaper&record_id=73. Acesso em 02 maio 2024.

NETO, F. L.; PARDINI, L. C. **Compósitos Estruturais: ciência e tecnologia.** 2a ed. São Paulo: Blucher, 2016.

Norma ABNT NBR 15448-1. Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis Parte 1: Terminologia.

NUTRIÇÃO PRÁTICA&SAUDÁVEL. **Bem-Estar: Abacaxi e seus benefícios. 29 jul. 2013.** Disponível em: <https://www.nutricaoopraticaesaudavel.com.br/bem-estar/abacaxi-e-seus-inumeros-beneficios/> .Acesso em 3 maio. 2024.

OLIVEIRA, Raquel. **Abacaxi do Tocantins: Qualidade e Sabor à Mesa. Fruto tocantinense é apreciado aqui e em muitos estados como Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo e Goiás Governo do Tocantins. 15 mai. 2021.** Disponível em: <https://www.to.gov.br/noticias/abacaxi-do-tocantins-qualidade-e-sabor-a-mesa/4ohoervpw8oh> .Acesso em 3 maio. 2024.

O MUNDO EM MOVIMENTO. **Em busca da mobilidade sustentável.** Disponível em: <https://omundoemmovimento.blogosfera.uol.com.br/2016/08/10/em-busca-da-mobilidade-sustentavel/>, 2016. Acesso em: 28 maio. 2024.

PARDAL, Ana Cristina. **Materiais Compósitos. 2016.** Disponível em: Acesso em: 07 abr. 2024.

PAULO, B. DE S. **A urtiga é uma importante planta para as borboletas. 2021.** Disponível em: <https://borboletariodesapaulo.com.br/importante-planta-para-as-borboletas/> .Acesso em: 5 maio. 2024.

PEMATEC TRIANGEL. Disponível em: <http://www.pematec.com.br/curaua.htm> .Acesso em 7 mai. 2024.

QUATRO RODAS. **Dez materiais inusitados utilizados em automóveis. 18 abr. 2018.** Disponível em: <https://quatrorodas.abril.com.br/noticias/dez-materiais-inusitados-utilizados-em-automoveis> .Acesso em: 5 maio. 2024.

RAMESH, M., “*Flax (Linum usitatissimum L.) fibre reinforced polymer composite materials: A review on preparation, properties and prospects*”, *Progress in Material Science*, 102: 109–166, (2019).

REDAÇÃO AB, *Business Automotive*. **Hyundai também adota materiais verdes no Brasil Artecola fornece para a Hyundai o porta-pacotes (tampa removível sobre o porta-malas) do HB20, 07 Nov. 2012.** Disponível em: <https://automotivebusiness.com.br/pt/posts/noticias/hyundai-tambem-adota-materiais-verdes-no-brasil/>.Acesso em 11. Maio. 2024.

REVISTA COMPOSITES & PLASTICOS DE ENGENHARIA. Disponível em: https://www.tecnologiademateriais.com.br/consultas_tm/pdf/pr72/20_21.pdf. Acesso em abril/2024

REVISTA CASA E JARDIM. **Sisal: você sabia que o material é proveniente de uma planta?** Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com/paisagismo/noticia/2023/09/sisal-voce-sabia-que-o-material-e-proveniente-de-uma-planta-saiba-mais.ghtml> .Acesso em: 30 abr. 2024.

REVISTA ESPACIOS. **Fibras Vegetais: Aspectos Gerais, Aproveitamento, Inovação Tecnológica e uso em Compósitos.** Vol. 39 (nº 06) Ano 2018. Pág. 12 ISSN 0798 1015. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p12.pdf> .Acesso em: 03 maio. 2024.

ROGER B. *Filamentary graphite and method for producing the same.* U.S. Patent 2957756. 1960.

SAHU, P.; GUPTA, M. K. *Sisal (Agave sisalana) fibre and its polymer-based composites: A review on current developments*. Journal of Reinforced Plastics and Composites, v. 36, n. 24, p. 1759–1780, 16 dez. 2017.

SALES, J.C. de; MATOS, C.F; MIRANDA, C.S.; GUIMARÃES, D.H.; GONÇALVES, A.P.B.; JOSE, N.M. **CARACTERIZAÇÃO DE FIBRA DE CAROÁ (Neoglaziovia Variegata)**. Universidade Federal da Bahia. Grupo de Energia e Ciência dos Materiais, GECIM. 21º CBECIMAT – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiaba, MT, 2014.

SENTHILKUMAR, K., ET AL., *Mechanical properties evaluation of sisal fibre reinforced polymer composites: A review*. Construction and Building Materials, 2018. 174: p. 713-729.

SERTÃO MAMOEIRO. **A História Da Usina De Caroá Um Vegetal Da Caatinga No Sítio Tordilho Salgueiro Sertão Pernambucano, 20 ago. 2022**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=Tamn-YGP1VA>. Acesso em: 2 maio. 2024.

SEVILHA, A. C.; SCARIOT, A.; MATIAS, R. A. M.; ÁVILA, J. C. C.; NASCIMENTO, M. M; VIUDES, P. **Projeto Bem Diverso Sustenta e Inova: integrando conservação e uso sustentável da biodiversidade às práticas produtivas de produtos florestais não madeireiros e sistemas agroflorestais em paisagens florestais de múltiplo uso e alto valor de conservação**. Brasília, DF: Projeto Bem Diverso - Embrapa/Pnud/GEF. 2021. Disponível em: <http://www.bemdiverso.org.br/>. Acesso em: 3 maio. 2024.

SILVA, Déborah Ferraz da; SILVA, Luiz Gustavo Faria. **Estudo do bambu aplicado na construção civil**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis, GO, 57p. 2021.

SILVA, I. L. A. **Propriedades e estrutura de compósitos poliméricos reforçados com fibras contínuas de juta**. 2014. Monografia do Curso de Graduação de Engenharia Química. Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.

SILVA, J.A. et al. **Furacão em materiais compósitos: Polímeros reforçado com fibra**. São Paulo: Novas Edições Acadêmicas, 2017.

SILVA, João Antonio Nery da. **O uso de fibras vegetais na fabricação de componentes automobilísticos: uma avaliação sob a ótica da sustentabilidade**. / João Antonio Nery da Silva. – 2017

SINGH, H., ET AL., *A Brief Review of Jute Fibre and Its Composites*. Materials Today: Proceedings, 2018. 5(14, Part 2): p. 28427-28437

SUFRAMA. **Curauá é exemplo de potencial comercial do bionegócio, 2022**. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br/publicacoes/noticias/curaua-e-exemplo-de-potencial-comercial-do-bionegocio> .Acesso em: 30 abr. 2024.

SHESAN, O. J. et al. *Improving the Mechanical Properties of Natural Fiber Composites for Structural and Biomedical Applications*. In: Renewable and Sustainable Composites. [s.l.] IntechOpen, 2019.

SMOKE BUDDIES. **Cânhamo: a colheita de entrada para jovens agricultores dos EUA. 23 out. 2019.** Disponível em: <https://smokebuddies.com.br/canhamo-a-colheita-de-entrada-para-jovens-agricultores-dos-eua/> .Acesso em: 3 maio. 2024.

SREEKUMAR, P. A. (2008). *Matrices for natural-fibre reinforced composites*. In K. L. Pickering (Ed.), *Properties and performance of natural-fibre composite* (p. 541). UK: Brimingham, Woodhead Publication Limited.

SVRCEK, R. **Bambu: conheça tudo sobre a planta.** Disponível em: <https://blog.cobasi.com.br/bambu/> .Acesso em: 3 maio. 2024.

TEIXEIRA, L. **Empresa faz sucesso com aposta em couro de abacaxi, Revista Forbes. 27 dez. 2018.** Disponível em: <https://forbes.com.br/colunas/2018/12/empresa-faz-sucesso-com-aposta-em-couro-de-abacaxi/> .Acesso em: 11 maio. 2024.

TOMCZAK, F.; SATYANARAYANA, K. G.; SYDENSTRICKER, T. H. D. *Studies on lignocellulosic fibers of Brazil : Part III – Morphology fibers and properties of Brazilian curaua*. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, v. 38, p. 2227–2236, 2007.

T. GURUNATHAN, S. MOHANTY, S.K. NAYAK, *A review of the recent developments in biocomposites based on natural fibres and their application perspectives, Compos. A Appl. Sci. Manuf. 77 (2015) 1–25.*

VERSI. **A história da Juta no Brasil, 05 out. 2021.** Disponível em: <https://www.versitextil.com/post/a-hist%C3%B3ria-da-juta-no-brasil> .Acesso em 2 maio 2024

WAARMAKER, *Bee, 2013*. Disponível em: <https://www.wa-armakers.nl/bee> .Acesso 11 maio. 2024.

WAMBUA, P.; IVENS, J.; VERPOEST, I. *Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?* Composites science and technology, v. 63, n. 9, p. 1259–1264, 2003.

WELLBROCK, WANJA & LUDIN, DANIELA & RÖHRLE, LINDA. (2018). *Sustainability in automotive interior: comparion of volume and premium brand manufacturers. Journal of Advances in Tecnology and Engineering Research. 4. 197-206. 10.20474/jater-4.5.3*

WENG W, YANG J, ZHANG Y, et al. *A route toward smart system integration: from fiber design to device construction*. Adv Mater. 2020;32(5):1902301.

YVYPORA. Inverno: **época do manejo do bambu. 24 ago. 2012.** Disponível em: <https://yvypora.wordpress.com/2012/08/24/inverno-epoca-do-manejo-do-bambu/> .Acesso em: 3 maio. 2024.

ZENG SN, PIAN SJ, SU MY, et al. *Hierarchical-morphology metafabric for scalable passive daytime radiative cooling*. Science. 2021;373:692.

ZHU MF. *Nanocomposite fiber materials*. Science Press; 2014.