

FIBRAS DO CURAUÁ NA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO CIVIL: POSSÍVEIS APLICAÇÕES

Eduardo Gadelha Guimarães (IC) Karen Niccoli Ramirez (Orientador)

PIVIC Mackenzie

RESUMO

A construção civil, como indústria de relevante influência em relação ao uso de matérias-primas e exploração natural, apresenta elevados impactos no meio ambiente agravando processos como o aquecimento global e poluição mundial. Assim, a busca por novos materiais como intuito de reformular os métodos de aquisição de matéria-prima se mostram de importante relevância. O curauá, *ananás erectifolius*, é uma planta de origem amazônica com intensa presença no território brasileiro, cujas propriedades físico-químicas apresentam variadas aplicações em diversas indústrias, principalmente para o mercado da construção, podendo ser aplicado em variadas técnicas construtivas e trazendo benefícios de reforço estrutural e resistências mecânicas à tração e resistência à ruptura. Atualmente as pesquisas sobre a fibra do curauá, tratando-se especificamente sobre a construção civil, são poucas, mas com um visível crescimento ao longo dos anos, e portanto, a presente pesquisa busca evidenciar, com uma coletânea e revisão de literatura, possíveis usos da fibra na arquitetura e construção civil. Contextualiza-se ademais análises acerca dos impactos socioeconômicos da planta no mercado construtivo, reconhecendo que seu cultivo, produção e tratamento são geradores de empregos para pequenos e grandes produtores, tendo resultados lucrativos e de retorno financeiro positivo. Notou-se que, atualmente, não foram encontradas aplicações da fibra em construções, sendo ainda necessários certos estudos para que tal aplicação possa ocorrer em escalas industriais e comerciais, embora a literatura atual já apresente resultados promissores, sendo uma possibilidade de alta probabilidade.

Palavras-chave:

Fibra de Curauá. Sustentabilidade. Materiais de Construção.

ABSTRACT

Civil construction, as an industry of relevant influence regarding the use of feedstock and natural exploitation, presents high impacts on the environment aggravating process such as global warming and world pollution. Therefore, the search for new materials with the intention to reformulate methods of acquiring feedstock are shown to be of important relevancy. Curaua, *ananás erectifolius*, is a plant originated from Amazon, with intense presence on Brazilian territory, whose physicochemical properties presents various applications on many industries, principally for the construction market, been able to be applied in many constructive

techniques, bringing structural reinforcement benefits, tensile strength, and resistance to breaking forces. Currently, the researches about curauá fiber, especially regarding civil construction, are few, but with visible growth over the years, so the present work seeks to show, with a collection e revision of literature, possible uses of the fiber in architecture and civil construction. It also contextualizes analysis of the social economic impacts the plant on the constructive market, recognizing that it's harvest, production and treatment are employment generators for small and big producers, having profitable results and positive financial feedback. It has been noted that currently, it hadn't been found applications of the fiber in constructions, being still necessary studies for such application to happen in industrial and commercial scales, although the current literature already presents promising results, being a possibility of high probability.

Keywords:

Curauá fiber. Sustainability. Construction materials.

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa apresenta sua importância uma vez que considerando o existente processo histórico de poluição ambiental decorrente das atividades, direta e indiretamente, ligadas ao mercado da construção civil há a necessidade de uma ampliação no repertório de materiais utilizados nos processos construtivos, visando a redução nos impactos socioambientais já presentes.

Stachera (2008), reconhece o mercado construtivo com uma indústria de magnitude significativa, sendo responsável pela geração de empregos, receita e movimento de grandes quantidades de recursos naturais e financeiros, mas que embora, também apresente alto consumo de energia, matéria prima e recursos físico-ambientais, agravando processos como aquecimento global e esgotamento de matérias-primas. A percepção do ambiente como um reservatório inesgotável de matéria-prima é resultado da valorização exacerbada do comércio, que visa crescimento econômico sem restrições, maior produtividade e o apreço por materiais industrializados (STACHERA, 2008) , sendo um pensamento mundial e presente há muitas décadas, que se intensificou nos períodos de Revolução Industrial no século XIX e revoluções técnico científicas do século XX. Tais períodos, somados aos processos de crescimento populacional, levaram os processos exploratórios à um ritmo irreversível de consumo exacerbado e exploração de jazidas naturais.(HELENE e BICUDO, 1994).

A consequência desse processo histórico foi a redução extrema, de forma recorde, das reservas naturais e grandes impactos ambientais, como derrames de petróleo no mar,

extinção de diversas espécies vegetais e animais, destruição da camada de ozônio e aceleração do efeito estufa e aquecimento global (STACHERA, 2008). Analisando de forma mais específica os processos construtivos existentes, se reconhece que os materiais tradicionalmente utilizados, somados ao seu transporte e métodos de produção são responsáveis por grandes quantidades de emissões dos gases do efeito estufa, dentre eles o CO₂, tendo o Brasil entre os top 10 maiores emissores do gás, de acordo com Freitas (2007).

Entende-se, portanto, que o problema supracitado apresenta uma magnitude histórica cuja presença precede a limites de atualidade, sendo de extrema necessidade a busca por estratégias de redução e reversão de tais impactos. Assim, a presente pesquisa traz como proposta o curauá, planta de origem amazônica, presente em grande parte do território brasileiro, principalmente o Norte e Nordeste, como um material de grande interesse mercadológico, científico e industrial (SILVA, 2013), cuja relevância já está presente para as industriais têxteis, automobilística, náutica, farmacêutica e construtiva (OLIVEIRA, *et al.*, 1991). A pesquisa, portanto, tem como objetivo compreender como o curauá pode ser utilizado como fonte de matéria prima, viável ao substituir os materiais tradicionalmente utilizados na arquitetura, buscando melhoras nos âmbitos sociais e ambientais, incentivando processos construtivos mais sustentáveis, menos poluentes e gerando uma economia baseada no cultivo e transformação da fibra vegetal. Consequentemente, trazendo impactos positivos tanto para o mercado construtivo quanto para o meio ambiente.

Portanto, utilizou-se como metodologia de pesquisa a leitura de artigos, periódicos e teses de mestrados, tendo uma abordagem ao tema de forma qualitativa e de revisão de literatura, visando elencar os possíveis usos da fibra, apresentando desde sua origem, composição, métodos de cultivo, processos de tratamento, vantagens ambientais e sociais. A análise a respeito dos usos aplicados da fibra visa por se limitar apenas ao mercado construtivo, uma vez que tal temática vem sendo estudada apenas recentemente (FREITAS *et al*, 2020). Agregado a tais análises será estudada a viabilidade econômico-financeira do curauá, uma vez que essa apresenta alta rentabilidade econômica, sendo um incentivo tanto para os produtores, como para o próprio mercado construtivo (CASTRO; MATOS, 2008).

O presente trabalho divide-se por contextualizar desde o problema vigente, a apresentação da solução proposta, o como, onde e vantagens da implementação da fibra, e por fim uma breve conclusão das discussões abordadas. Tal estrutura de pesquisa e literatura referenciada objetiva-se por, realizar uma coletânea de dados e análises focadas no uso da fibra do curauá no mercado construtivo. Foram selecionados em principal estudos realizados por engenheiros, que se utilizaram de estudos de caso ou laboratoriais, visando maior proximidade com a temática construtiva e aplicabilidade.

2. DESENVOLVIMENTO DO ARGUMENTO

2.1. Referencial teórico

Considerando as informações supracitadas, em união aos objetivos descritos, é de suma importância a busca por fontes cujos estudos permitem uma compreensão aprofundada dos temas necessários para a melhor entender tanto a problemática quanto a solução proposta acerca do tema abordado. Portanto, visando tais ideias foram selecionados como fontes principais de pesquisa sete artigos, que serviram de principal base de estudo, englobando três tópicos que guiaram o trabalho, compreensão da problemática e sua origem, aplicabilidade nos campos construtivos e industriais, e viabilidade econômica produtiva da planta.

Desta forma, utilizou-se a dissertação do engenheiro civil Theodozio Stachera Junior (2006) “Avaliação de Emissões de CO₂ na Construção Civil: um Estudo de Caso da Habitação de Interesse Social no Paraná”, como base principal para analisar o processo histórico de desenvolvimento do mercado da construtivo, visando compreender seus impactos, e analisar os materiais tradicionais de maior destaque, dentre eles o cimento, cal, aço, areia, brita e tijolos cerâmicos, analisando o impacto desses no meio ambiente, desde porcentagens de CO₂ emitidas, até sua composição química e porcentagens de uso no mercado brasileiro e mundial.

Uma vez compreendido o problema, se torna necessária a análise da solução proposta, sendo essa planta do curauá, cuja fonte principal de estudo sobre sua origem, composição físico-química, métodos de cultivo, e oportunidades de aplicação da fibra num contexto industrial, foi a tese de pós-graduação “Desenvolvimento e aplicação de compósitos à base de matriz polimérica reforçado com fibras de curauá (*Ananás erectifolius*) e resíduos de madeiras amazônicas” da engenheira Flavia Regina Silva dos Santos (2013).

A tese “Avaliação Econômico-financeira da Cultura de Curauá (*Ananás comosus* var. *erectifolius* (L. B. Smith) Coppins & Leal: Um Estudo de Caso no Município de Santo Antônio do Tauá, Estado do Pará.” de Iracema Castro e Ismael Matos da Silva (2008), serviu de grande importância para se evidenciar o potencial mercadológico do cultivo do curauá, aplicando cálculos e conceitos econômicos em propriedades rurais de pequenos produtores do município de Santo Antônio do Tauá, comprovando a viabilidade produtiva do curauá.

Por fim, foram utilizadas diversas fontes de pesquisa ao analisar a aplicabilidade da fibra do curauá nos âmbitos industriais com o foco voltado para o mercado da construção, podendo elencar processos de tratamento e implementação da mesma para variadas aplicações construtivas. Variando desde telhas e placas de fibrocimento até o reforço de solos e vigas, as fontes de pesquisa principais utilizadas foram “Avaliação de fibras naturais de

curauá e sisal para reforço de vigas de madeira laminada colada” de Buno F. Donadon; Nilson T. Mascia; Renato S. Vitor; Leandro M. Trautwein (2017); as dissertações de mestrado “Fibra de curauá como reforço em matriz cimentícia para a fabricação de telhas e placas de fibrocimento” da engenheira Cintia Gama Sales (2015), “Comportamento mecânico de solo reforçado com fibra de curauá (*ananás erectifolius*” do engenheiro Érico Rafael da Silva (2020), e “Laminados de fibra de curauá/epóxi obtidos a partir de pré-impregnados” do engenheiro Vilson Dalla Libera Junior (2019).

2.2. Resultados e discussão

A seguir serão organizadas as análises realizadas baseando-se nos artigos, dissertações, teses e estudos previamente apresentados no referencial teórico. Os próximos tópicos buscam organizar os pensamentos de tais autores com o intuito de realizar uma coletânea que garanta a compreensão da fibra do curauá e sua presença no âmbito mercadológico-industrial do mercado da construção civil.

O objetivo principal deste capítulo é o de explicar a todo aquele que se entende por leigo, em relação a presença do curauá na construção, buscando comprovar sua viabilidade econômica, produtiva, e industrial, exaltando seus pontos positivos mas ao mesmo tempo evidenciando suas deficiências. Assim, o intuito é de estruturar uma fonte de relevância para futuros estudos que busquem a aplicação concreta do curauá no meio construtivo.

2.2.1. A construção civil e seus impactos

As consequências decorrentes das atividades industriais foram se intensificando ao longo das décadas, agravando o aquecimento global, processo responsável pelo aumento proporcional de terras áridas e semiáridas, de acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO (2005), e o aumento na quantidade, duração e intensidade de furacões e tempestades, de acordo com Emanuel (2005). Se reconhece, portanto, a relevância de novos estudos e movimentos voltados a redução e futura retração de tais impactos.

Porém, abordando a indústria construtiva, especificamente, essa apresenta influência e responsabilidade nos índices de poluição do meio ambiente e esgotamento de matérias-primas, sendo apontada como uma das de maior impacto de acordo com Girngoletti e Sattler (2003), consumindo por volta de 75% dos recursos naturais do planeta (JOHN *et al.* 2001).

A pesquisa realizada por Stachera (2006), em relação a construção de habitações sociais no Paraná, permite analisar as quantidades de CO₂ emitidas dos materiais de maior presença nos processos construtivos, especificamente o cimento, cal, aço, areia, brita e

cerâmica vermelha. Evidenciando o impacto desses materiais na poluição atmosférica e sua emissão dos gases causadores do efeito estufa, em especial o gás carbônico.

O cimento, primeiramente, sendo um dos materiais mais comuns na arquitetura moderna, teve de acordo com o SNIC - Sindicato Nacional da Indústria do Cimento - um aumento de 6,6% de vendas em 2021, equivalendo a 64,7 milhões de toneladas vendidas no ano totalizando em média 38,82 milhões de toneladas de CO₂ lançados na atmosfera brasileira, dado que pode ser comprovado baseando-se nos dados de Deamboro *et al.* (2003) em que se destaca que para cada tonelada de cimento são lançados 0,6 t de CO₂ na atmosfera. O cimento, somente, é responsável por 10% das emissões de CO₂ no Brasil (JOHN, 2005).

A cal, por outro lado, produzida pela calcinação do calcário apresenta em seu processo de produção ($\text{CaCO}_3 + \text{calor} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$); cada 1000 kg de calcário liberam o equivalente a 400 kg de CO₂ (JOHN, 2005) tendo uma perda de peso de 44% (STACHERA, 2006). O aço, adquirido pela extração do ferro pela fusão dos minérios em altos-fornos, em que se utiliza o coque ou carvão vegetal como combustível, na combustão do coque é produzido calor e CO₂, sendo a reação química: $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{CO} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}_2$ (STACHERA, 2006).

A areia e a brita, que são utilizadas em variadas obras no Brasil, são provenientes dos leitos dos rios, e das pedreiras, respectivamente, essas são extraídas com maquinaria e explosões que requerem combustíveis fósseis para seu funcionamento. Os impactos mais diretos desses materiais da construção são as degradações das áreas onde são retirados, geração de rejeitos e a emissão de gases resultantes dos maquinários utilizados. (STACHERA, 2006).

Por fim, a maior parte da indústria da cerâmica vermelha se utiliza da energia da queima de combustíveis de biomassa, no entanto, produz 21% a menos gases do efeito estufa do que a indústria do cimento (MANFREDINI e SATTLER, 2004). Essa biomassa é proveniente do consumo da lenha, aproximadamente 1.400.00m³/ano somente em Santa Catarina segundo o Relatório Parcial I/IV (2002), equivalendo a 8.000 eucaliptos, sendo 78% de mata nativa.

Com o intuito de analisar os valores de CO₂ presentes na atmosfera e os valores aceitáveis pelo corpo humano, utilizou-se o estudo “Concentração de Dióxido de Carbono em Salas de Aula da UFGG, Climatizadas Artificialmente” (ARAÚJO *et al.* 2018). Seguindo medições do observatório Mauna Loa no Havaí em 2018, a atmosfera está composta de 408 ppm (partes por milhão) de CO₂, tendo esse valor aumentado dentro de ambiente fechados, variando de 500 a 5000 ppm de acordo com Alfano *et al.* (2010). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA -, determinou na resolução nº9 de 2003, que o valor máximo

da concentração de CO₂ é de 1000 ppm, ou seja 0,1% da composição do ar. Tal valor já afeta a saúde humana podendo ocasionar dores de cabeça, sonolência, falta de concentração e desconforto (Silva *et al.* 2014), sintomas que se agravam conforme os níveis se elevem; pode ocasionar convulsões ou a morte ao se aproximar de 30.000 ppm, ou seja 3% da composição do ar (ODISI, 2013).

Conclui-se então a necessidade de implementar mudanças nas fontes produtores de tais gases com o intuito de amenizar os impactos decorrentes destes. Se entende, portanto como proposta para solucionar o problema vigente, a implementação de materiais alternativos nos processos tradicionais de construção, buscando matérias primas renováveis, de baixa agressão ao meio ambiente. Tal aplicação apresenta caráter de mudança duradouro, sendo essencial na construção civil, uma vez que tal ramo industrial tem significativa influência sobre o meio ambiente e economia mundial.

2.2.2. O curauá

Compreendendo os dados e questionamentos citados previamente na apresentação da problemática buscou-se a implementação da fibra da planta curauá (*ananás erectifolius*), como componente estrutural de reforço para variadas aplicações construtivas, buscando reduzir a quantidade dos materiais utilizados atualmente e consequentemente os valores de poluição dos mesmos.

O curauá, herbácea, da família das bromeliáceas de nome científico *Ananás erectifolius*, é nativa da região amazônica e tem se mostrado, em diversos estudos, uma promissora alternativa para diversos setores industriais. Encontrando-se em diversas regiões do Brasil, a planta demonstra uma vantagem ao questionar sua implementação em larga escala no mercado construtivo brasileiro, podendo ser encontrando em regiões do rio Xingu, Tocantins, Tapajós, Marcuru, Trombetas, Paru, Acará e Guamá, e também na Ilha do Marajó, Amapá, Goiás, Mato Grosso e Acre (MEDINA, 1959).

Oliveira (2010) e Medina (1959) classificam o curauá como uma planta terrestre e superficial, que se desenvolve bem em solos silicosos, argilo-silicosos e silício-humosos, não se adaptando bem a terrenos muito úmidos ou impermeáveis. Embora seja uma planta pouco exigente se adaptando facilmente a mudanças climáticas, é mais típica das regiões tropicais, e tratando-se do seu plantio, este apresenta diversas vantagens, como sua velocidade, o adensamento mínimo das mudas e seu processo positivamente rentável. Apresenta crescimento rápido, levando em média apenas 8 meses para que as folhas mais velhas alcancem até 1,5 metros de comprimento (MEDINA, 1959), e seu adensamento, mais adotado pelos produtores é o de 1m x 1m, gerando desta forma 10.000 plantas por hectare, tendo

variações como 1m x 0,4m (24.000 plantas por hectare) e 1,5m x 0,5 m (13.300 plantas por hectare).

Das características físico-químicas da fibra, foram analisadas por Santos (2013), os dados de teor de umidade, teor de extrativos, teor de cinzas, determinação de holocelulose, teor de celulose, teor de hemicelulose, e teor de lignina, resultados que foram comparados com os estudos de Pinto (2008) e Castro (2010) para função de concordância, buscando evitar resultados fora do padrão. Tais análises definem a fibra como rica em celulose, com média de 73% a 78% de teor, fator diretamente relacionado as propriedades mecânicas (CARASCHI *et al.*, 2000), sendo o curauá de 5 a 9 vezes mais resistente à tração do que o sisal e a juta (JUNIOR, 2019).

As análises térmicas da fibra, feitas por Santos (2013), constataam três estágios de degradação, desde a perda de massa de água, para a perda de massa de hemicelulose e, por fim, a degradação da celulose, tendo seu primeiro estágio por volta de 190°C e o último estágio, da degradação, por volta dos 368°C. O curauá também é considerado uma fibra lignocelulosica, o que o define como de caráter hidrofílico apresentando trocas frequentes de umidade com o meio ambiente, variando de 5% a 20% (SANTOS, 2013).

Portanto, pode-se compreender o curauá como uma planta de fácil cultivo e produção, de significativa presença no Brasil, especificamente no Norte e Nordeste do país, utilizada há gerações por diversos grupos de diferentes culturas e origens. Suas características permitem cultivo em grandes quantidades, com baixo custo e vantagens ambientais, ao mesmo tempo que se mostram de grande relevância e viabilidade ao serem implementadas com intuitos e interesses industriais.

2.2.3. Aplicabilidade no mercado da construção civil

Tratando-se da aplicabilidade do Curauá, a planta sempre foi utilizada pelos índios da Amazônia, principalmente na confecção de redes de pesca, balaios, barbantes e cordas finas, uma vez que apresentava ótima qualidade (MEDINA, 1959). Por apresentar grande potencial industrial e mercadológico, foi atualmente implantada em variadas industriais. A presente pesquisa busca discorrer sobre algum destes possíveis usos do material, focando principalmente no mercado da construção civil.

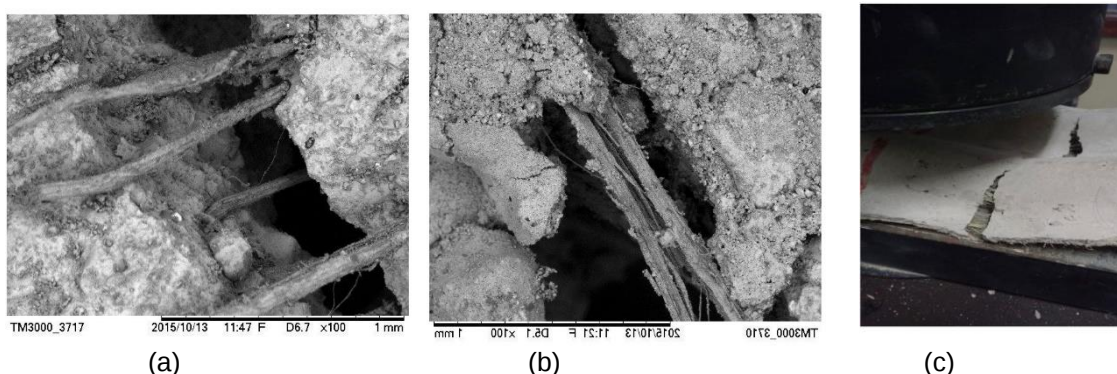
Após cuidadosa análise por variadas fontes de pesquisa, foram selecionados seis usos da fibra, dentre eles o fabrico de placas e telhas de fibrocimento com reforço da fibra, produção de painéis indústrias reforçadas com o curauá e resíduos de madeiras amazônicas e resina de mamona, compósitos laminados obtidos a partir de pré-impregnados, e reforço de solos e vigas de madeira.

2.2.3.1. Placas e telhas

Tratando-se de placas e telhas de fibrocimento com o reforço de fibra de curauá, a autora, Sales (2015), pôde confirmar a partir de variados estudos e testes que a composição de argamassa com 1% de fibras de 10 mm de curauá apresentou melhor desempenho em ensaios como, módulos de elasticidade da mistura, tração à flexão nas placas e nas telhas, podendo suportar até 46% a mais de energia na primeira e 49% na segunda. A fibra do curauá também apresentou aumento na resistência de compressão de 64%. A fibra em si, não estando ainda misturada com argamassa, se mostrou superior em testes de resistência à tração quando comparada a fibra do sisal e o polipropileno, tendo valores aproximados de 570 MPa (TOLEDO FILHO, 1997) enquanto as outras duas apresentavam valores aproximados de 380 MPa e 250 MPa (SAVASTANO, 2005), respectivamente.

Portanto, pôde-se concluir que a argamassa misturada com a fibra do curauá apresenta boa trabalhabilidade e demonstra resultados promissores ao se trabalhar, principalmente no que se trata da resistência a ruptura, evitando comportamento explosivo, garantindo maiores deformações antes do rompimento completo (Figura 1). Embora, de acordo com a própria autora, sejam necessários testes adicionais, como ensaios de absorção de água, variação dimensional e permeabilidade, ensaios de durabilidade, análises de conforto térmico e, também, estudos de custo de produção de placas e telhas reforçadas com o curauá para que de fato a eficiência da fibra seja comprovada por norma e comparada com as presentes opções do mercado tradicional da construção (SALES, 2015).

Figura 1 – (a) Microscopia do compósito após ensaio de flexão ampliado 500x. (b) ampliação de 750x. (c) ponte fibra-matriz nas telhas.



Fonte: Sales (2015, p 73 - 74)

2.2.3.2. Painéis industriais

A aplicação do Curauá em painéis industriais, estudada por Santos (2013), fornece uma segunda análise a respeito dos possíveis usos da fibra no mercado da construção civil.

Utilizando-se as instalações da Universidade de São Paulo - USP de São Carlos no laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira - LaMEM e adaptando, para todas as

análises, segundo a norma NBR 14810/2006: “Painéis de partículas de média densidade Parte 2 : Requisitos e métodos de ensaio” para painéis de madeira aglomerada, Santos (2013) produziu 12 painéis industriais compostos de fibra de curauá, resina poliuretana a base de mamona e Pré-Polímero a base de petróleo, resultando em três tipologias de corpos de prova divididas igualmente, sendo painéis com 100% de curauá, com 50% curauá e 50% de resíduo de amapá-doce, e painéis de 50% curauá e 50% de louro-inhamuí.

Os painéis passaram por ensaios, dentre eles físicos e mecânicos que englobam, análise de densidade, inchamento e absorção de água, flexão estática, e tração perpendicular. Após tais análises realizadas pela autora, foram elencados os resultados.

Quanto a densidade, tendo como média baseada a norma NBR 141810/2006 valores entre 551 e 750 kg/m³, todos os painéis são considerados de alta densidade, sendo o painel produzido de 100% de curauá considerado o menos denso, com valor de 811,91kg/m³. Para os ensaios de inchamento a NBR define como valor máximo 8% para 2h em painéis de 14 mm. Os resultados de Santos (2013) evidenciaram que nove painéis ficaram abaixo deste valor, sendo exceção de 3 painéis de 100% de curauá. Painéis de curauá com o amapá-doce e o louro inhamuí tiveram valores de 5,9% e 6,2% respectivamente.

Em relação a absorção de água os painéis de 100% de curauá se encontraram acima dos valores máximos estabelecidos pela norma, enquanto painéis resultantes das misturas com resíduos de madeiras tiveram 2/3 das misturas abaixo dos limites estabelecidos. Para a flexão estática, a NBR 141810/2006 define como media os valores de 18 MPa para módulos de ruptura (MOR), sendo alcançados 33,37 MPa pelos painéis de curauá. As análises de modulo de elasticidade (MOE) apresentaram valores de 355,23 MPa. Classificados pela ANSI (1993) como H3, ou seja de alta densidade e resistência, sendo indicados para usos industriais e comerciais. Curauá se mostrou superior quando comparado a outras fibras como a da semana de açaí, que alcançou valores de 15,23 MPa e 997,4 MPa, para MOR e MOE, respectivamente, de acordo com Quirino (2010).

Para ensaios de tração perpendicular, o valor de 0,40 MPa definido pela NBR, todos os painéis apresentaram resultados positivos. Sendo 0,83 MPa para painéis de 100% curauá, 0,94% para os misturados com amapá-doce, e 1,19 MPa para o louro-inhamui.

Por fim, pôde-se concluir que, os painéis produzidos se classificam como de alta densidade, baseando-se nas normas utilizadas NBR 141810-2 (2006): “Painéis de partículas de média densidade Parte 2 : Requisitos e métodos de ensaio” e ANSI (1993), tendo, porém, resultados que divergem do esperado para análises de absorção e inchamento, comprovando o caráter hidrofílico do curauá. Por outro lado as análises de caracterização mecânica, dentre elas o MOR e MOE, apresentaram resultados promissores, em principal dos painéis de 100%

de curauá. O processo de produção dos painéis é simples e de fácil replicação industrial, comprovando sua viabilidade construtiva e podendo ser identificado como alternativa de potencial para fabricação de painéis industriais.

2.2.3.3. Laminados de fibra de curauá

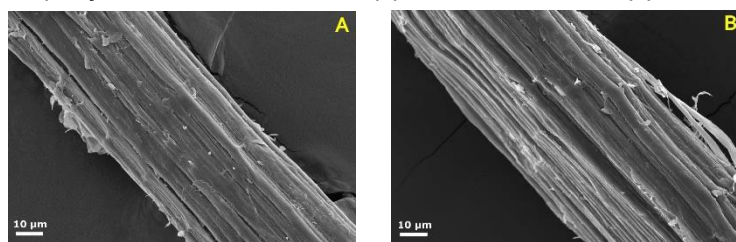
Primeiramente, ao tratar do estudo dos laminados de fibra de curauá obtidos a partir de pré-impregnados, também denominados prepregs são de acordo com Junior (2019) materiais semiacabados que consistem na mistura entre um reforço de fibras, e matriz polimérica parcialmente curada e utilizadas principalmente na indústria de compósitos e finalização de superfícies e acabamentos.

Tratando-se da experimentação, foram realizados oito ensaios feitos em duplicata, resultando em 16 experimentos com o intuito de analisar a melhor alternativa em relação as temperaturas de estabilidade térmica (T_{onset}) e transição vítrea (T_g). Os ensaios foram realizados com diversas variações, a fibra em natura e fibras tratadas, fibras com concentrações de 10 e 12 phr (*parts per hundred*) de agente de cura, e por fim variações de 15% e 20% de massa de fibras presente no prepreg (JUNIOR, 2019).

Após ensaios iniciais, concluiu-se que a T_{onset} é influenciada pelo agente de cura, enquanto o tratamento químico e agente de cura, novamente, apresentaram influência direta na T_g . Assim, Junior (2019) propõem como a melhor metodologia de pré-impregnadas a composição de 12 phr de agente de cura, e 20% da massa de fibras como reforço.

Uma vez definidos os parâmetros para a confecção dos prepregs a serem utilizados, há necessidade do tratamento das fibras para tal. O estudo utilizou de 3 composições de prepregs, sendo elas, in natura (Figura 2), tratada com hidróxido de potássio (KOH), e de sódio (NaOH) (Figura 3). As fibras em natura apresentam processo de tratamento mais simplificado, sendo desfibriladas em moinho, escovadas com rasqueadeiras e secas em estufa por 3h a 80°C. Fibras mercerizadas em KOH, são inicialmente cortadas, submersas em água destilada, imersas em solução de KOH, agitadas manualmente, lavadas até neutralização do ph e secas em temperatura ambiente, as fibras secas são escovadas e desfibriladas, por fim passam por outra secagem. Fibras tratadas com NaOH, tem processo similar, sendo cortadas, lavadas em água destilada, secas, e mercerizadas em solução de NaOH com agitação manual, por fim são lavadas para neutralização de ph, secas, escovadas, desfibriladas, e o processo de secagem final (JUNIOR, 2019).

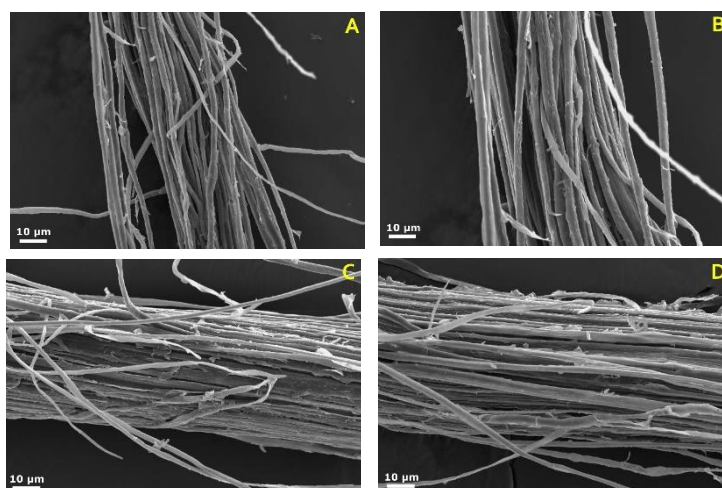
Figura 2 – Ampliação das fibras in natura (a) aumento de 500x (b) aumento de 750x.



Fonte: Junior, (2019, p 47)

O ataque químico feito com os tratamentos de KOH e NaOH (Figura 3) tem como função promover a desfibrilação e remoção de ceras e graxas da superfície da fibra, tornando-a mais rugosa e de melhor interação com os compósitos, pois a natureza polar e hidrofílica da fibra in natura gera dificuldades na união do reforço com a matriz, ocasionando compósitos pouco resistentes (JUNIOR, 2019).

Figura 3 – Ampliação das fibras tratadas: (a) fibra com KOH ampliada 500x. (b) fibra com KOH ampliada 750x. (c) fibras com NaOH ampliada 500x. (d) fibra com NaOH ampliada 750x.



Fonte: Junior (2019, p. 48).

Tendo as três composições de pré-impregnados definidas e tratadas, estas foram submetidas a variados estudos, entre eles o de caracterização térmica, cinética de cura, e análise dinâmico mecânica. Concluiu-se que para todas as análises os prepgs que utilizaram fibras tratadas objetivaram melhores resultados, apresentando melhor estabilidade térmica, menor perda de massa, maior grau de cura, maiores módulos de armazenamento na região vítrea, ou seja, no geral, melhorando propriedades térmicas e dinâmico-mecânicas.

Os laminados formados pelos prepgs, posicionados de variadas maneiras, sendo eles unidirecionalmente, transversalmente, angular e multidirecional foram os compósitos. Estes, tiveram suas características térmicas, mecânicas e morfológica avaliadas, respectivamente, pelos critérios, de TGA (análise termogravimétrica), DSC (calorimetria

exploratória diferencial), e DMA (análise dinâmico-mecânica), estudos de tração, flexão, impacto, e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Conclui-se por fim que os compósitos formados por fibras do curauá tratadas com hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio (NaOH) apresentam melhores resultados na totalidade dos testes, sendo o compósito curauá KOH/epóxi com maior estabilidade térmica, armazenamento na região vítrea, e maior grau de desfibrilamento garantindo melhor união reforço/matriz. Por outro lado, o compósito curauá NaOH/epóxi apresentou melhores índices de temperatura de transição vítrea, grau de cura e ensaio de flexão, tendo também altos níveis de desfibrilamento assim como o compósito curauá KOH/epóxi (JUNIOR, 2019).

2.2.3.4. Reforço de solos

O solo é um importante fator presente na construção, tendo sua relevância muito além de somente a fundação e base de um projeto. Porém, muitas vezes as propriedades dos solos não se adequam aos parâmetros necessários, sendo consideradas insatisfatórias. Desta forma é necessário o reforço do solo com diferentes materiais, sendo essa combinação entre solo e reforço denominada de “Terra Armada” por Vidal (1969). A aplicação de fibras vegetais com o intuito de reforço dos solos é uma técnica presente a milhares de anos, como pelos mesopotâmicos há cerca de 5.000 anos (SILVA, 2020), ou até mesmo na Muralha da China, em certos trechos da construção de reforço da sua barragem (PALMEIRA, 1992).

A fibra do curauá, por sua vez, ao apresentar alta resistência mecânica, no geral, se mostra um importante material a ser incorporado para melhoria das propriedades mecânicas dos solos, principalmente a resistência à tração. Por outro lado, fibras vegetais, no geral, apresentam altos índices de absorção de água e tendem a degradação por micro-organismos com o tempo, mas que evidenciado por Santiago (2011) tais deficiências podem ser solucionadas com tratamentos químicos e mecânicos.

Compreendendo tais dados a respeito das problemáticas existentes nas fibras vegetais, como o curauá, é de grande importância analisar brevemente, os métodos de tratamento das mesmas. E entendem-se as fibras vegetais como tendo uma composição de grupos de hidroxila (OH), assim são vulneráveis a efeitos de degradação principalmente por fungos e bactérias (SILVA, 2020). Torna-se necessário o tratamento das fibras com o intuito de prolongar sua vida útil, ao que pode ser realizado a partir da a adição de sílica com um polímero de tratamento superficial (SILVEIRA, 2018), utilização de poliestireno expandido (EPS) (SANTIAGO, 2011), o uso do óleo de linhaça e terebina (TAN *et al.*, 2019), e tratamento alcalino em alta concentração (GOMES *et al.*, 2007). Os variados tratamentos tem impactos positivos em relação a durabilidade dos compósitos, tração por compressão diametral e

tensão de ruptura, evidenciando as vantagens das fibras tratadas, embora seja reconhecido a falta de estudos em relação a tratamentos para ambientes úmidos (SILVA, 2020).

Para critérios de experimentação do estudo, Silva (2020), coletou amostras de solo argiloso e silicoso, proveniente de uma área de obra nas mediações do Campus Ecoville da UTFPR Na cidade de Curitiba-PR, Brasil. A fibra do curauá foi utilizada em diferentes comprimentos e quantidades, sendo medidas de 6, 15 e 30mm e teores de 0,25%, 0,5% e, 75% da massa de solo seca. Foi aplicado em adição o EPS para o tratamento de impermeabilização.

As fibras, que foram dispersas de forma aleatória pelo solo, de onde foram retirados os corpos de prova cilíndricos de 100 mm de comprimento e 50 mm de diâmetro, dos quais foram avaliados os critérios de compressão simples e tração de compressão. Concluiu-se após os estudos a melhora na resistência resultante da aplicação das fibras, apresentando melhores resultados as fibras com 6 mm e 50% de teor da fibra. Os estudos de tratamento químico nas mesmas apresentaram aumento de 5% na resistência a tração da fibra, e redução de 10% da absorção de água (SILVA, 2020).

2.2.3.5. Reforço de vigas de madeira

A madeira, tradicionalmente utilizada no âmbito construtivo, apresenta elevada resistência estrutural e flexibilidade, o que permite sua implementação em variados sistemas construtivos. Porém, independente de tais características vantajosas apresenta limitações, uma vez que grande parte das peças produzidas tem dimensões comerciais limitadas, desta forma recorre-se ao método de composição denominado MLC, que consiste em placas de madeira laminada colada. ‘

Mas, mesmo aplicando tal forma de uso da madeira, está ainda necessita de reforços estruturais, visando a melhora em suas propriedades mecânicas, em especial resistência à ruptura e rigidez, desta forma, o curauá e o sisal se apresentam como materiais cujas propriedades garantem tal aperfeiçoamento.

Donadon *et al.* (2017) realizou um ensaio utilizando cinco vigas de MLC que foram posicionadas com um sistema biapoado de vão livre de 2800 mm. O curauá foi aplicado de três maneiras em três das cinco vigas, a aplicação direta da fibra com resina, produção e aplicação de uma manta, e produção e aplicação de cordões. Após submeter as vigas a testes e cálculos especificados pelos autores, conclui-se que em todos os ensaios houve aumento da rigidez e redução dos deslocamentos verticais, dando destaque aos compósitos que eram compostos por manta, isso se explica segundo Neto e Pardini (2006), pois compósitos com reforço de fibras contínuas e unidirecionais apresentam melhor resistência a tração.

As resistências às forças de ruptura, apresentaram um aumento, gerando redução na variabilidade das mesmas, indicando que o reforço com as fibras ajuda no controle de padronização e variação dos valores de ruptura, tendo como valor médio das vigas de referência 22500 N e uma variação de 10,62% para aquelas reforças com fibras de curauá. Ainda tratando dos modos de ruptura presente nas vigas de madeira, pode-se concluir, a aplicação das fibras garante reservas de segurança uma vez que ocorrem movimentos de grandes deformações antes da ruptura final (DONADON *et al.*, 2017)

Portanto, conclui-se que a fibra de curauá é um importante material para reforços estruturais, uma vez que tal técnica garantiu melhora na rigidez de 8% até 20% e aumento da força de ruptura de 4% a 22% quando comparado as vigas de referência. Concluiu-se também que o curauá, embora com maior dificuldade de manuseio, apresenta eficiência mecânica superior ao Sisal, pois a primeira chegou-se a resultados similares no ganho de rigidez a segunda, utilizando menor gramatura (DONADON *et al.*, 2017).

2.3. Análise econômico-financeira e viabilidade de cultivo

Tendo em mente a possibilidade de utilização do curauá como fonte de matéria prima natural, como substituta para materiais tradicionalmente utilizados na construção civil, com a finalidade de reduzir impactos ambientais e sociais, é de extrema importância a análise de sua viabilidade econômico-financeira. Desta forma foi utilizado o trabalho “Avaliação Econômico-financeira da Cultura de Curauá (*Ananás comosus var. erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal: Um Estudo de Caso no Município de Santo Antônio do Tauá, Estado do Pará” (CASTRO e MATOS, 2008), que por meio de variadas fórmulas busca comprovar a rentabilidade do cultivo do curauá.

Utilizando-se como área de estudo, o município de Santo Antônio do Tauá, Estado do Pará, com temperaturas médias de 25° e precipitação pluviométrica anual de 2350 mm, de acordo com Bastos (1987). As fontes dos dados estudados são originárias de fonte primária, a partir das informações elencadas por Silva (2004), que englobam 6 propriedades rurais de microprodutores, totalizando em torno de 53 famílias.

Para efeito de cálculo foram usadas, fórmulas de Valor Presente Líquido - VPL, Taxa Interna de Retorno - TIR, Relação Custo/Benefício, e Ponto de Equilíbrio - PE. Para efeito de análise, todos os valores calculados apresentam resultados positivos, como um retorno financeiro líquido por hectare/ano superior a R\$ 13.000,00 para o cultivo manual e R\$ 12.000,00 para o cultivo mecanizado no VPL, e ao se tratar do TIR, os sistemas manuais apresentam retorno de 122% e os mecanizados de 103%. A relação Custo/Benefício somente confirma esses valores tendo a cada R\$1,00 investido no cultivo do curauá um retorno de R\$ 2,18 no cultivo manual e R\$2,03 no mecanizado (CASTRO e MATOS, 2008).

Tais resultado comprovam a viabilidade e implementação promissora do curauá no mercado de forma a assegurar renda para seus produtores. Embora tal estudo tenha sido baseado na região de Tauá e suas especificidades, o autor continua por submeter ainda o cultivo da fibra a possíveis cenários de variação nos aspectos de aumento do custo de produção e redução no preço da folha de curauá, e conclui que mesmo com um valor de 60% para tais cenários simultâneos a produção do curauá continua por apresentar retorno positivo. Percebe-se também que, uma vez tendo uma produção com poucos insumos modernos, o cultivo da fibra é mais sensível a redução dos preços de venda do que ao aumento do custo de produção.

Pode-se concluir que para todos os critérios de avaliação considerados, o curauá e a exploração de suas folhas são positivamente rentáveis economicamente, trazendo resultados benéficos tanto para produtores como para a indústria construtiva, uma vez que os custos de aquisição da matéria prima reduzem. Desta forma evidencia-se a viabilidade de utilizar fibras do curauá em processos industriais e construtivos.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, portanto, após os dados apresentados na discussão que o curauá é uma planta de grande facilidade de cultivo e presente de forma abrangente no território brasileiro, estando presente em diversos estados do país. Sua produção se comprova como rentável e lucrativa, evidenciando impactos sociais que sua presença na indústria da construção civil traria, gerando empregos tanto nos processos plantio e colheita, como processos de transformação e tratamento da fibra.

Analisando sua viabilidade e aplicabilidade no mercado construtivo, a fibra do curauá é compreendida pela totalidade dos autores apresentados, como uma importante ferramenta para reforços estruturais, apresentando significativa melhora nas propriedades mecânicas de variados materiais, como madeira, cimento e, também solos, no geral aumentando principalmente fatores de ruptura, evitando estilhaçamentos e, também, fatores de rigidez e resistência à tração e à compressão.

Por outro lado, foram apresentadas as deficiências da fibra, como altos índices de absorção de água, consequência de seu caráter hidrófilo e, também, sua degradação decorrente de microrganismo e bactérias. Porém tais deficiências podem ser contornadas facilmente, como apresentado por diversos autores, com tratamentos químicos que reduzem a absorção da fibra, aumentam sua durabilidade e em certos casos apresentaram aumento em suas propriedades termomecânicas.

3.1. SUGESTÕES DE FUTURAS PESQUISAS

Evidenciado no capítulo “Possibilidades de aplicações da espécie amazônica curauá (*ananás erectifolius*): mapeamento temático da espécie” de Freitas *et al.*, publicado nos Anais do 7º. Encontro Brasileiro de Bibliometria e Cientometria de 2020, conclui-se que o estudo do curauá é algo recente, que vem apresentando um crescimento significativo a partir da metade da primeira década do século XXI. Porém, o foco para o mercado da construção ainda se encontra nos seus estágios iniciais e em virtude disso, sugerem-se novos assuntos a serem abordados, a respeito da fibra, como a análise de tratamentos químicos aplicados no curauá, visando testes de tempo de degradação ambiental para fibras em natura e fibras tratadas, estudos dos aspectos de impermeabilização de fibras e alterações em suas propriedades termomecânicas, análise das características de conforto acústico e térmico das fibras quando aplicadas em construções residenciais, e também pesquisas a respeito dos aspectos econômico-financeiros dos processos de tratamento da fibra.

4. REFERÊNCIAS

AGOPYAN, V.; SAVASTANO Jr., H.; JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Developments on vegetable fiber – cement based materials.** São Paulo: an overview. Cement and Concrete Composites, v. 27, p.527 – 536, 2005.

ALFANO, F. R. A.; BELLIA, L.; BOERSTRA, A.; DIJKEN, F. V.; IANNIELLO, E.; LOPARDO, G.; MINICHIELLO, F.; ROMAGNONI, P.; SILVA, M. C. G. da. **Ambiente Interior e Eficiência Energética nas Escolas.** (1ª Parte – Princípios), Ingenium Edições: Lisboa, 2010.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. ANSI A208.1-1999: **mat-formed wood particleboard: Specification.** Gaithersburg: National Particleboard Association, 1993. p.1-9.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 9:** Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior em Ambientes Climatizados Artificialmente de Uso Público e Coletivo. 2003.

ARAÚJO, Silvia Noelly R.; FARIAS, Soahd Arruda R.; FARIAS, Débora Samara C. R. **Concentração de dióxido de carbono em salas de aula da UFCG, climatizadas artificialmente.** Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Maceió, Alagoas. ago. 2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 141810-2 – **Chapas de Madeira aglomerada, Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 141810-3 – **Chapas de Madeira aglomerada, Métodos de Ensaio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

BASTOS, T. X. **O clima da Amazonia brasileira segundo Köppen.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1982. 42p. (EMBRAPA-CPATU). Pesquisa em andamento, 1987.

CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L. Characterization of curauá fiber. **Molecular Crystal and liquid Crystals**, 353, pp. 149-152, 2000.

CASTRO, D. O. C. **Biocompósitos a partir de Biopolietileno de alta densidade reforçado por fibras de curauá.** Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo – USP/São Carlos-SP, 2010.

CASTRO, Iracema; MATOS, Ismael. **Avaliação econômico-financeira da cultura de curauá (*ananás erectifolius* (L. B. Smith) Coppus & Leal: um estudo de caso no município de Santo Antônio do Tauá, Estado do Pará.** Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco, Acre. 2008. 16 p.

DEMANBORO, A. C., FERRÃO, A. M. A., MARIOTONI, A., **Desafios da sustentabilidade sob o enfoque do estoque de recursos naturais.** 2003. Disponível em <http://www.cori.unicamp.br/IAU/completos/Desafios%20da%20Sustentabilidade%20sob%20o%20Enfoque%20do%20Estoque%20de%20Recursos%20Naturais.doc>. Acesso em: 23 dez. 2021.

DONADON, Bruno F.; MASCIA, Nilson T.; VITOR, Renato S.; TRAUTWEIN, Leandro M. **Avaliação de fibras naturais de curauá e sisal para reforço de vigas de madeira laminada colada.** Congresso Latino Americano de Estructuras de Madera. mai. 2017. 12p.

EMANUEL, K. **Aquecimento global aumenta furacões.** Disponível em: <http://www.valeverde.org.br/html/clipp2.php?id=3254&categoria=Efeito+Estufa%3E>. Acesso em: 02 ago. 2022.

FREITAS, M. K., **Mudanças Climáticas e o papel das Cidades nas Políticas Públicas.** 2007. Disponível em: <https://noticias.ambientebrasil.com.br/artigos/2007/05/21/31213-mudancas-climaticas-e-o-papel-das-cidades-nas-politicas-publicas.html>. Acesso em 18 ago. 2022.

FREITAS, Simone S.; SOUZA, Cleiton da M.; QUEIROZ, Layde Dayelle dos S.; PADILHA, Felipe de J. **Possibilidades de aplicações da espécie amazônica curauá (*ananás erectifolius*): Mapeamento temático da espécie.** Encontro Brasileiro de Bibliometria e Cientometria. Salvador, Bahia. p. 161 – 168. jul. 2020.

GOMES, A.; MATSUO, T.; GODA, K.; OHGI, J. **Development and effect of alkali treatment on tensile properties of curaua fiber green composites.** Composit Part. v.38, n. p. 1811-1820. 2007.

GRIGOLETTI, G.C., SATTler, M.A., **Estratégias ambientais para indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul.** jul. 2003. XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Disponível em: www.antac.org.br/ambienteconstruido/pdf/revista/artigos/Doc11390.pdf . Acesso em: 03 ago. 2022.

HELENE, M. E. M.; BICUDO, M. B. **Cenário mundial: sociedades sustentáveis.** São Paulo: Scipione, 1994.

JOHN, V.M., ANGULO, S. C., ZORDAN, S. E., **Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem de Resíduos na Construção Civil.** 2001. Disponível em http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/artigo%20IV_CT206_2001.pdf. Acesso em: 15 jun. 2022.

JOHN, V.M., **Trabalho apresentado no Seminário de Construção Sustentável da FGV.** São Paulo, 21 jun. 2005. Disponível em: http://www.ces.fgvsp.br/arquivos/Moacyr_John.pdf. Acesso em: 06 jul. 2022.

JUNIOR, Vilson Dalla Libera. **Laminados de fibra de curauá/epóxi obtidos a partir de pré-impregnados**. 2019. 108p. Dissertação (Mestrado de Engenharia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

MANFREDINI, C. & SATTler, A.M. **O consumo de energia de cerâmica vermelha no RS: aspectos qualitativos e quantitativos**. Disponível em: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construtivo. São Paulo. 2004

MEDINA, J. C.; **Plantas fibrosas da flora mundial**. Campinas/SP, 1959.

NETO, Levy F.; PARDINI, L. C. **Compósitos estruturais: Ciência e tecnologia**. São Paulo: Edgar Blücher, p.313, 2006

ODISI, F. **Avaliação da evolução e estratégias para controle da concentração do dióxido de carbono em uma sala de aula**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Regional de Blumenau, 2013.

OLIVEIRA, J.; ALMEIDA, S. S. de; VILHENA-POTYGUARA, R.; LOBATO, L. C. B. **Espécies vegetais produtoras de fibras utilizadas por comunidades Amazônicas**. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Botânica, v. 7, n. 2, p. 393-428,1991.

OLIVEIRA, M. L. S. **Indicadores da qualidade de solos sob diferentes sistemas de cultivo com as espécies Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* Huber ex Ducke) e curauá (*Ananas comosus* var. *erectifolius* [L. B. Smith] Coppens & Leal) no município de Aurora do Pará (PA)**”. Tese. Ciências Agrárias. Universidade Federal Rural da Amazônia e Embrapa – Belém, 2010.

ONU. FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Degradação Ambiental. Aquecimento global deve aumentar fome**. Disponível em: http://agenciact.mct.gov.br/index.php?action=/content/view&cod_objeto=26109. Acesso em 17 ago. 2022.

PALMEIRA, E. M. **Geossintéticos: Tipos e evolução nos últimos anos**. In: 1º SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE GEOSSINTETICOS – GEOSSINTETICOS'92, 1992, Brasília. Anais [...] São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, 1992. v. 1. p. 1-20.

PINTO, A. R. A. G. **Fibra de curauá e sisal como reforço em matrizes de solo**. Dissertação Engenharia. PUC, Rio de Janeiro, 2008.

QUIRINO, M. G. **Estudo de matriz polimérica produzida com resina natural e fibra da semente do açaí (*Eutrepe precatória*)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2010.

SALES, Cintia Gama. **Fibra de Curauá como reforço em matriz cimentícia para fabricação de telhas e placas de fibrocimento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Instituto de Tecnologia, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Pará, 2015.

SANTIAGO, Gislene A. **Estudo do Comportamento Mecânico de Compósitos Solo-Fibras Vegetais Impermeabilizadas com Solução de Poliestireno Expandido (EPS) e Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP)**. Tese (Doutorado em Engenharia de Materiais) - Rede Temática de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Ouro Preto, 2011.

SANTOS, Flávia Regina Silva. **Desenvolvimento e aplicações de compósitos à base de matriz polimérica reforçado com fibras de curauá (*Ananás erectifolius*) e resíduos de**

madeiras amazônicas. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2013.

SILVA, B. L. da. Odisi, F.; NORLIER, D.; REINEHR, E. L. **Estudo da distribuição e evolução da concentração de dióxido de carbono em uma sala de aula.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química. São Paulo, 2014.

SILVA, Érico Rafael. **Comportamento mecânico de solo reforçado com fibra de curauá (*ananás erectifolius*).** Dissertação Engenharia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2020.

SILVA, R. de N. P. da. **Curauá (*ananás erectifolius* B Smith), uma cultura empreendedora.** (Monografia) - Belém, UEPA, 2004. 62p.

SILVEIRA, Mariana Vela. **Análise do comportamento mecânico e da durabilidade em compósitos de areia reforçada com fibras naturais de curauá e sisal.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2018.

SOARES, S. R. (Coord.). **Análise do ciclo de vida de produtos (revestimentos, blocos e telhas) do setor cerâmico da indústria de construção civil.** Relatório Parcial I/IV. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro tecnológico, Engenharia Sanitária-Ambiental. 2002.

STACHERA, T. **Avaliação de Emissões de CO2 na Construção Civil: Um Estudo de Caso da Habilitação de Interesse Social no Paraná.** 2006. 179p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2006.

STACHERA, T. **Avaliação de Emissões de CO2 na Construção Civil: Um Estudo de Caso da Habilitação de Interesse Social no Paraná.** 2008. 13p. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2008.

TAN, T.; HUAT, B.B.K.; ANGGRAINI, V.; SHUKLA, S.K. **Improving the engineering behaviour of residual soil with fly ash and treated natural fibres in alkaline condition.** International Journal of Geotechnical Engineering. v.14, n.1, p.1-14, jan. 2019.

TOLEDO FILHO, R. D. **Materiais compósitos reforçados com fibras naturais: Caracterização experimental.** Rio de Janeiro, 1997, vol. 1 e 2, Tese. Engenharia Civil. Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. (PUC – Rio). 1997. 483p.

VIDAL, Henri. **The Principle of Reinforced Earth.** Highway Research Record. 1969. pp. 1-16.

Contato: eduardogguimaraes@gmail.com e karen.ramirez@mackenzie.br;
kniccoli@gmail.com