



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

FAGNER SALES DOS SANTOS

**ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM
FIBRAS DE BAMBU E RESÍDUO DE COBRE**

ANANINDEUA-PA

2022

FAGNER SALES DOS SANTOS

**ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM
FIBRAS DE BAMBU E RESÍDUO DE COBRE**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Ciência e Tecnologia com ênfase em tecnologia mecânica, pela Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro José Gomes dos Santos

ANANINDEUA-PA

2022

FAGNER SALES DOS SANTOS

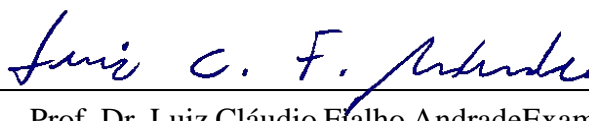
ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM FIBRAS DE BAMBU E RESÍDUO DE COBRE

Trabalho de conclusão de curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia com ênfase em tecnologia mecânica, pela Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro José Gomes dos Santos.

APROVADO EM: 16/12/2022

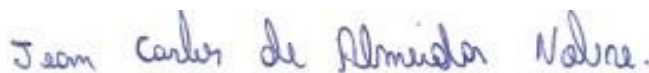
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Luiz Cláudio Fialho Andrade Examinador
– FACT/UFPA



B.Sc. David Lohan Pereira de Sousa
Examinador – FACT/UFPA



B.Sc. Jean Carlos de Almeida Nobre
Examinador – FACT/UFPA

ANANINDEUA-PA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237a Santos, Fagner Sales dos.
Análise de Resistência a Flexão de Compósitos Poliméricos com Fibras de Bambu e Resíduo de Cobre /Fagner Sales dos Santos. — 2019.
15 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Alessandro José Gomes dos Santos
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Ananindeua, Curso de Ciência e Tecnologia, Ananindeua, 2019.

1. Compositos. 2. Bambu. 3. Ecológico. 4. Flexão. 5. Cobre. I. Título.

CDD 620.118

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, que através dos obstáculos me deu força e sabedoria para superá-los.

A meu pai Rubens Mendonça dos Santos (in memoriam) que deu a mim, minha irmã, minha mãe e sobrinha, tudo que foi necessário para uma saúde e educação e mostrou a importância dos mesmos e a valorização à família.

A minha família; mãe, irmã e sobrinha que me apoiaram de todas as formas, nos momentos difíceis durante essa caminhada no meio acadêmico.

Agradeço a Universidade Federal do Pará pela oportunidade de ingressar na educação pública e participar da grande experiência com ensino superior de qualidade.

A Faculdade de Ciência e Tecnologia e todos os membros do seu corpo técnico e docente.

Ao meu orientador Professor Dr. Alessandro José Gomes dos Santos pela oportunidade de trabalhar com ele em seu projeto, assim desenvolvendo experiência universitária na pesquisa, estudo e produção.

Ao Professor Dr. Luiz Claudio Fialho Andrade pela paciência e disposição em ajudar nessa fase de formando.

A turma de CeT 2019 que com união, suporte e entendimento, passamos juntos por essa jornada.

Aos veteranos da turma de CeT 2018 que dividiram a sabedoria e deram apoio, em especial para, hoje Bachareis; Jean C. A. Nobre e David L. P. Sousa.

Agradeço a todos os meus amigos e familiares que de alguma forma, direta ou indiretamente, colaboraram com essa jornada na graduação e para elaboração do presente trabalho, em especial ao Leonardo Souza Muzy.

RESUMO

A busca por sustentabilidade, reaproveitamento e baixo custo faz parte da área pesquisa da engenharia dos materiais, além de minimizar dano ecológico utilizando materiais biodegradáveis, também visamos a diminuição de rejeitos no meio ambiente, ré-utilizando materiais como o cobre. Neste estudo reunimos essa busca, com teste mecânico de ensaios de flexão a um polímero com associação de resíduo de cobre (RCU), fibras curtas (15 mm) de bambu (FB) tratadas (TR) e não tratadas (NT), em compósitos de matriz polimérica (MP), realizados segunda a norma ASTM D790, utilizando as medidas de 3,0x127x12,5 mm.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Bambu; Ecológico; Flexão.

ABSTRACT

The search for sustainability, reuse and low cost is part of the materials engineering research area, in addition to minimizing ecological damage using biodegradable materials, we also aim to reduce waste of material in the environment, re-using materials such as copper. In this study, we gathered this search, with a bending (Flexion) mechanical testing of a association polymer with copper waste (CUW), short (15 mm) bamboo fibers (BF) treated (TR) and untreated (NT), in composites of polymeric matrix (PM), made according to the ASTM D790 standard, using the measures of 3.0x127x12.5 mm.

Keywords: Sustainability; Bamboo; Ecological; Flexion.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Peneira de 100 MESH e Agitador de Peneira	12
Figura 2 – Estufa	13
Figura 3 – Balança Analítica	13
Figura 4 – Molde de Silicone	13
Figura 5 – Máquina de Ensaio	13
Figura 6 – Fibras de Bambu	13
Figura 7 – Resíduo de Cobre	13
Figura 8 – Esquemático das dimensões (em mm) para ensaios de flexão	13
Figura 9 – Gráfico da Fração Mássiva / Tensão de Flexão	14

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultados do ensaio de flexão dos resíduos decobre e as fibras de bambu de 15 mm não tratadas.....14

Tabela 2 – Resultados do ensaio de flexão dos resíduos de cobre e as fibras de bambu de 15 mm tratadas.....14

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
FB	Fibras de Bambu
MP	Matriz Polimérica
NaOH	Hidróxido de Sódio
NT	Não Tratadas
RCU	Resíduos de Cobre
TR	Tratados

SUMÁRIO

1	RESUMO	12
2	INTRODUÇÃO.....	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1	Matérias Primas	13
3.2	Materiais Sintéticos	13
3.3	Métodos	13
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5	CONCLUSÃO	14
6	AGRADECIMENTOS	15
7	REFERÊNCIAS	15

ANÁLISE DE RESISTÊNCIA A FLEXÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM FIBRAS DE BAMBU E RESÍDUO DE COBRE

Santos F.S.¹, Santos A.J.G.², Costa D.S.³, Morais D.T.P.¹, Silva E.T.S.¹, Silva Júnior V.J.¹

¹Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua, Faculdade de Ciência e Tecnologia
– FCET/UFPA, Ananindeua, Brasil (fagner.pa@hotmail.com)

²Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Recursos Naturais da Amazônia – PRODERNA/UFPA, Belém, Brasil

³Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua, Faculdade de Engenharia de
Materiais – FEMat/UFPA, Belém, Brasil.

Resumo: A grande área de engenharia dos materiais busca a todo o momento uma alternativa sustentável e de baixo custo para a produção de novos itens, trazendo vantagens a sociedade e o meio ecológico. Almejando trazer uma solução viável para o problema citado e assim minimizar os impactos referentes dele, o presente trabalho conseguiu pormenorizar mecanicamente ensaios de Flexão em compósitos de matriz polimérica (MP) com inserção de resíduo de cobre (RCU) e fibras de bambu (FB) de tamanho 15mm não-tratadas (NT) e tratadas (TR).

Palavras-chave: Sustentável; Bambu; Ecológico; Flexão;

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico aponta para a necessidade de novos materiais, de modo a atender características necessárias para uma boa aplicação. Diante disso, os materiais compósitos apresentam propriedades fundamentais que buscam agregar valores como segurança, meio ambiente e economia. (Daniel et al., 2020)

Do ponto de vista de impactos ambientais, a construção civil é uma das maiores geradoras seja na produção da matéria prima, transporte de materiais, ruídos, impermeabilização do solo ou até na geração de resíduos de construção e demolição (SPADOTTO et al., 2011).

A preocupação ambiental tem gerado interesse na pesquisa de novos materiais que estejam alinhados com os princípios da sustentabilidade. Entre esses materiais, atualmente, encontram-se os compósitos produzidos a partir de recursos de fontes renováveis. (Calegari e Oliveira, 2016)

Sendo assim, diante do panorama supracitado, entende-se a importância da produção de novos compósitos atrelados a eminentes alternativas sustentáveis. Foi pensando nessa perspectiva, que o presente artigo, optou por elaborar de forma técnico-científica, propostas de intervenção a fim sanar a problemática em questão.

MATERIAL E MÉTODOS

Materiais:

Equipamentos utilizados:

- Agitador de Peneiras

- Peneira manual 100 MESH - Fabricante Tyler;
- Estufa - Fabricante DE LEO Equipamentos Laboratoriais;
- Balança analítica – Fabricante URANO RASIL;
- Serra de bancada – Laboratório de Engenharia Química
- Máquina de ensaio universal – Fabricante KRATOS
- Molde de Silicone



Figura 1. Peneira de 100 MESH e Agitador de Peneira.



Figura 2. Estufa.



Figura 3. Balança Analítica.



Figura 4. Molde de Silicone.

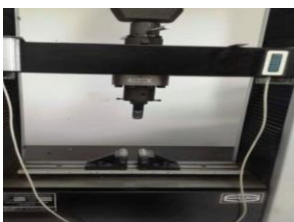


Figura 5. Máquina de ensaio.

Matérias primas:

Fibras de Bambu

As fibras de Bambu foram extraídas no campus profissional I da Universidade Federal do Pará, em seguida foram cortadas com uma tesoura metálica, no tamanho de 30 mm e posteriormente, algumas delas, foram tratadas em solução alcalina de hidróxido de sódio 5% durante o período de 2h, após o período a solução foi drenada e as fibras foram lavadas com água destiladas para retirar o excesso de NaOH, e colocadas para secarem na estufa a 60 °C.



Figura 6. Fibras de Bambu

Resíduo de Cobre

O resíduo de Cobre fornecido pela empresa Vale S.A, oriundo da Mina do Sossego, localizada em Canaã dos Carajás, foi submetido a secagem em estufa por 24 horas à temperatura de 105°C. Em seguida sofreu peneiramento manual em peneira de granulometria 100 Mesh da série Tyler.



Figura 7. Resíduo de Cobre.

Materiais sintéticos:

Matriz polimérica

Para a matriz foi utilizada a Resina Poliéster Isoftálico (AM 910 AEROJET), de média reatividade, amarelada, não acelerada, baixa viscosidade. O acelerador de Cobalto CAT MET UMEDECIDO 1,5% (Solução de Octoato de cobalto 1,5%) e o Catalisador BUTANOX M-50 (MEK-P).

Métodos:

Confecção dos Corpos de Prova

Para a produção dos compósitos foi utilizado um molde de silicone no qual cada corpo de prova foi confeccionado nas dimensões de 12,7 de largura e 3,0 de espessura, o método aplicado foi o manual, sendo o resíduo de cobre utilizado com a granulometria de 100 Mesh, variando em 10%, 20% e 30%, as fibras de bambu sendo cortadas com auxílio de uma tesoura metálica nos comprimentos de 15 mm, algumas dessas fibras sendo previamente separadas e colocadas em solução alcalina de hidróxido de sódio 5%. Os corpos de prova foram produzidos no molde e após 24h de cura foram levados ao teste de flexão. Foram gerados um total de 8 corpos de provas ao total.

Ensaio de Flexão

Com base nas curvas carga-deslocamento e conhecendo as dimensões dos corpos de prova é possível determinar a resistência do compósito a flexão (σ) e o módulo de elasticidade na flexão (E). Conforme descrito na equação a seguir.

$$\sigma = \frac{3PL}{2EW^2} \quad (1)$$

Os ensaios de Flexão foram realizados segundo a norma ASTM D790 e utilizaram as seguintes medidas como apresentado na figura 8.

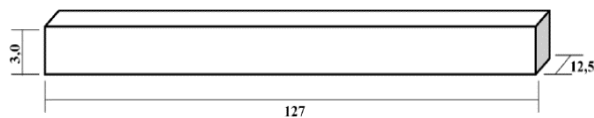


Figura 8. Esquemático das dimensões (em mm) para ensaios de flexão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados de resistência à flexão dos compósitos com inserção de resíduo de cobre e fibra de bambu 15 mm não tratadas

Foram avaliadas quanto a sua resistência mecânica por meio de ensaio de flexão, onde foram obtidos os resultados expressos na tabela 1:

Tabela 1. Resultados do ensaio de flexão dos resíduos de cobre e as fibras de bambu de 15 mm não tratadas.

Fração mássica (%)	Tensão de Flexão (MPa)	Deflexão (mm)	Módulo de flexão (GPa)
MP	82,86(±3,19)	1,25(±0,38)	13,80 (±1,22)
RCU10% FB15mmNT	86,86 (±3,11)	1,64(±0,18)	14,04(±1,69)
RCU20% FB15mmNT	92,91 (±3,64)	1,65(±0,17)	14,68(±1,76)
RCU30% FB15mmNT	104,35(±3,09)	3,18(±0,72)	17,24(±1,98)

Observa-se através dos resultados da tabela 1 que a resistência à flexão dos compósitos poliméricos com adição de resíduo de cobre e fibra de bambu não tratada, apresenta um aumento gradativo na resistência a flexão. A diferença pode ser destacada na figura 9.

Resultados de resistência à flexão dos compósitos com inserção de resíduo de cobre e fibra de bambu 15 mm tratadas

Foram avaliados quanto a sua resistência mecânica através do ensaio de flexão, onde foram obtidos os resultados da tabela 2:

Tabela 2. Resultados do ensaio de flexão dos resíduos de cobre e as fibras de bambu de 15 mm tratadas.

Fração mássica (%)	Tensão de Flexão (MPa)	Deflexão (mm)	Módulo de flexão (GPa)
MP	82,86(±3,19)	1,25(±0,38)	13,80(±1,22)
RCU10% FB15mmTR	101,28(±2,62)	3,47(±0,88)	17,13(±1,23)
RCU20% FB15mmTR	115,04(±5,36)	3,90(±0,76)	20,80(±2,09)
RCU30% FB15mmTR	123,13(±6,34)	3,55(±0,55)	23,02(±2,78)

Na tabela 2, quando se adiciona fibras tratadas quimicamente na matriz polimérica nota-se um gradativo aumento da resistência à flexão, superior à matriz polimérica não tratada da tabela 1. A diferença pode ser destacada na figura 9:

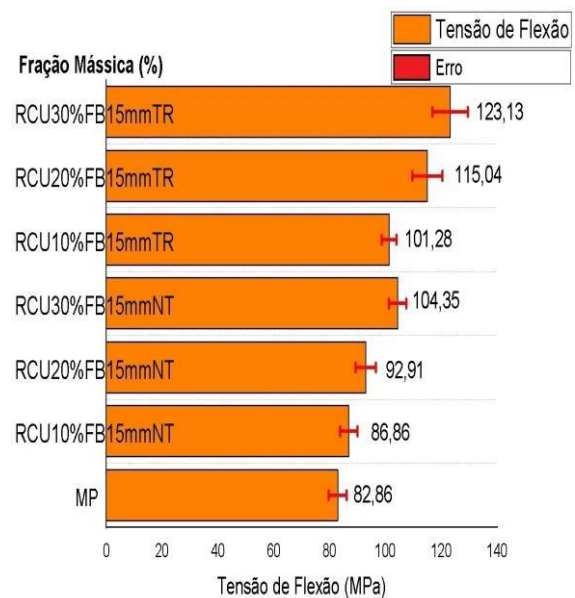


Figura 9: Gráfico da Fração Mássica / Tensão de Flexão.

CONCLUSÃO

Os compósitos polímeros com reforço da fibra de bambu 15mm quando tratada quimicamente e a inserção de resíduos de cobre, houve um aumento na resistência mecânica quanto a de flexão. Chegando ao valor de 123,13 MPa de resistência com RCU30% FB15mmTR.

Isso não aconteceu quando os processos de flexão foram com compósitos polímeros não-tratados com adição de resíduo de cobre. Mas com valores ainda superiores quando comparados a MP, chegando a 104,35 com adição de RCU30%/FB15mmNT. Mostrando um resultado satisfatório e viáveis, dos compósitos utilizados no trabalho, visto o baixo custo e o manuseio do mesmo.

AGRADECIMENTOS

A CAPES, ao Laboratório de Engenharia Química (LEQ), Laboratório de Engenharia Mecânica (LABEM), localizados na Universidade Federal do Pará (UFPA).

REFERÊNCIAS

ASTM D790, Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, ASTM International, 2017.

CALEGARI, E. P.; OLIVEIRA, B. F. DE. Compósitos a partir de materiais de fontes renováveis como alternativa para o desenvolvimento de produtos. *Sustentabilidade em Debate*, v. 7 n.1, p. 140-155, 2016.

DANIEL, B. T. F. et. al. Efeito da incorporação de resíduo mineral de calcário nas propriedades físicas e de resistência mecânica em compósitos poliméricos. *Brazilian Journal of Development*, v. 6 n.2, p. 6493-6505, 2020.

SPADOTTO, A. et. al. Impactos ambientais causados pela construção civil. In: *Unoesc & Ciência-ACSA*, v. 2 n.2, p. 173-180, 2011.