

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MINAS E MATERIAIS



MICHAEL JOSÉ BATISTA DOS SANTOS
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MINAS E MATERIAIS



MICHAEL JOSÉ BATISTA DOS SANTOS
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Amanda Kelly da Costa Veiga
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Michael José Batista dos Santos

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia de minas e materiais / Organizador Michael José Batista dos Santos. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-641-3

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.413211211>

1. Engenharia de minas. 2. Engenharia de materiais. I. Santos, Michael José Batista dos (Organizador). II. Título.

CDD 622

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A obra “Coleção desafios das engenharias: Engenharia de minas e materiais” versa sobre áreas interdisciplinares inerentes a extração e concentração mineral, além do aproveitamento dos recursos naturais alternativos, de biopolímeros, e avaliação de microestruturas em ligas metálicas.

A coleção reúne trabalhos, estudos de caso, pesquisas e análises desenvolvidas em laboratório, capazes de contribuir com o desenvolvimento científico e tecnológico na mineração, através de metodologias passíveis de implementação de melhorias de processos produtivos nas etapas de lavra e beneficiamento mineral. Da mesma forma, a obra traz compreensão da engenharia de materiais referente ao comportamento de materiais metálicos e o desenvolvimento de novos materiais provenientes de recursos renováveis e ambientalmente amigáveis.

Estes são trabalhos que tem como foco principal oferecer soluções de engenharia pertencentes da indústria mineral e de materiais, as quais são discutidos cientificamente de forma objetiva e eficiente nos capítulos desta coleção.

Em suma, parabênizo os autores dos capítulos não unicamente pelo conhecimento científico compartilhado, como também pela abordagem concisa e didática nesta publicação.

Ademais, desejo que esta seja uma leitura técnica e reflexiva, que sirvam de pilar e provocação pela busca de melhoria contínua de processos e do desenvolvimento científico-tecnológico nas engenharias, e que contribua na construção de novas soluções para os grandes desafios, sobretudo das área de mineração e de materiais.

Michael José Batista dos Santos

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DA MAIOR PILHA DE ESTÉRIL DO COMPLEXO MINERADOR DE FERRO CARAJÁS

Michael José Batista dos Santos
Glauce Wivyanne Oliveira Costa
Denilson Andrade Torres
Irineu Antônio Schadach de Brum

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4132112111>

CAPÍTULO 2..... 14

AVALIAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS EM UM DEPÓSITO MINERAL DE CALCÁRIO CALCÍTICO

Nayara Augustino Amorim
Júlio César de Souza
Jorge Luiz Valença Mariz
Suelen Silva Rocha
Gabriel Filinkoski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4132112112>

CAPÍTULO 3..... 27

DESIGN OF A SELECTIVE FLOTATION SYSTEM FOR A CU-ZN ORE, ASSOCIATED TO HIGH PYRITE-PYRRHOTITE CONTENTS (>25%)

Prieto-Díaz Ma. de J.
Hernández-Salazar Ma. M.
Corona-Arroyo M.A.
Elorza-Rodríguez E.

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4132112113>

CAPÍTULO 4..... 35

COMPARAÇÃO DA MICROESTRUTURA E MICRODUREZA DE LIGAS DE AL-SI FUNDIDAS SOB GRAVIDADE, ALTA E BAIXA PRESSÃO

Margarete Sabino de Moura
Josiel Bruno de Oliveira
Debora Silva Costa
Roger Hoel Bello
Adalberto Gomes de Miranda
José Costa de Macêdo Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4132112114>

CAPÍTULO 5..... 43

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA, QUÍMICA E MORFOLÓGICA DAS FIBRAS DE CIPÓ TITICA (*Heteropsisriedeliana Schott*) E POLIPROPILENO RECICLADO, VISANDO A APLICAÇÃO EM COMPOSITOS POLIMÉRICOS

Talisson Sousa Oliveira
Josiel Bruno de Oliveira

Roger Hoel Bello
Adalberto Gomes de Miranda
José Costa de Macêdo Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4132112115>

SOBRE O ORGANIZADOR	55
ÍNDICE REMISSIVO.....	56

CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA, QUÍMICA E MORFOLÓGICA DAS FIBRAS DE CIPÓ TITICA (*Heteropsisriedeliana Schott*) E POLIPROPILENO RECICLADO, VISANDO A APLICAÇÃO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Data de aceite: 01/11/2021

Talisson Sousa Oliveira

Universidade do Estado do Amazonas
Departamento de Engenharia de Materiais
Manaus-Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/0503115851532364>

Josiel Bruno de Oliveira

Universidade do Estado do Amazonas
Departamento de Engenharia de Materiais
Manaus-Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/1440636625327539>

Roger Hoel Bello

Universidade do Estado do Amazonas
Departamento de Engenharia de Materiais
Manaus-Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/0479686945106210>

Adalberto Gomes de Miranda

Universidade do Estado do Amazonas
Departamento de Engenharia de Materiais
Manaus-Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/0031798088948641>

José Costa de Macêdo Neto

Universidade do Estado do Amazonas
Departamento de Engenharia de Materiais
Manaus-Amazonas
<http://lattes.cnpq.br/7868540287547126>

RESUMO: A caracterização das fibras de Cipó Titica e Polipropileno reciclado tem por motivação a busca por fontes alternativas para o desenvolvimento de novos materiais, que causam menor impacto na produção, utilização

e disposição final. Os principais pontos dizem a respeito ao meio ambiente, já que as fibras naturais são fontes renováveis, recicláveis e biodegradáveis; à economia, uma vez que as fibras possuem preços muito mais acessíveis quando comparadas as fibras sintéticas. Dessa forma, devido a tantas vantagens, faz-se jus a estudos mais aprofundados utilizando o uso de fibras naturais em substituição às fibras sintéticas como reforço em compósitos. Nesta pesquisa foram realizados ensaios de tração, identificação dos componentes orgânicos a partir da Espectroscopia na Região de Infravermelho (FTIR), análise dos constituintes químicos, e análise morfológica na superfície das fibras na fratura a partir da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). Os resultados obtidos demonstraram que as fibras de cipó titica apresentaram valores significativos de lignina, que lhe confere resistência a compressão. Além disso, as mesmas mostraram uma rugosidade superficial e a presença protuberâncias superficiais, que podem auxiliar na ancoragem das fibras na matriz.

PALAVRAS-CHAVE: Fibras Lignocelulósicas; resistência mecânica; composição química; compósitos.

MECHANICAL CHEMICAL AND
MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION
OF FIBERS OF VINEPOLY
(*Heteropsisriedeliana Schott*) AND
RECYCLED POLYPROPYLENE, AIMING
THE APPLICATION IN POLYMERIC
COMPOSITES

ABSTRACT: The characterization of the fibers of

Cipó Titica and recycled polypropylene is motivated by the search for alternative sources for the development of new materials, which cause less impact on production, use and final disposal. The main points concern the environment, since natural fibers are renewable, recyclable and biodegradable sources; to the economy, since the fibers have much more affordable prices when compared to synthetic fibers. Thus, due to so many advantages, more in-depth studies are carried out using the use of natural fibers to replace synthetic fibers as reinforcement in composites. In this research, tensile tests were carried out, identification of organic components from Infrared Spectroscopy (FTIR), analysis of chemical constituents, and morphological analysis on the surface of fibers in the fracture using Scanning Electron Microscopy (SEM). The results obtained showed that the titica vine fibers presented significant lignin values, which gives it resistance to compression. Furthermore, they showed a surface roughness and the presence of superficial protuberances, which can help in anchoring the fibers in the matrix.

KEYWORDS: Lignocellulosic fibers; mechanical strength; chemical composition; composites.

1 | INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações da atualidade tem sido com as questões ambientais, o que tem motivado a pesquisa e o desenvolvimento de materiais provenientes de recursos renováveis e ambientalmente amigáveis.

Além da necessidade de conservação do meio ambiente, as fibras vegetais apresentam uma série de vantagens sobre as fibras de origem sintéticas, que são elas: baixo custo, baixa densidade, resistência específica e módulo elevados, não são abrasivas (portanto não desgastam os equipamentos de processo), não são tóxicas, podem ser facilmente modificadas por agentes químicos, são um material de fonte renovável e sua disponibilidade é praticamente ilimitada (PRASAD, PAVITHRAN e ROHATGI, 1983).

As fibras naturais, também chamadas de fibras lignocelulósicas ou vegetais, morfologicamente são células esclerenquimatosas de forma tipicamente prosenquimatosas, ou seja, de comprimento igual a muitas vezes a largura (JOSEPH, MEDEIROS e CARVALHO, 1999).

As fibras naturais são um recurso renovável por excelência, onde absorvem a mesma quantidade de dióxido de carbono que produzem. Durante seu processamento, geram resíduos essencialmente orgânicos e deixam escórias que podem ser utilizados na geração de energia elétrica e, ao final de seu ciclo de vida, são 100% biodegradáveis (BRITO, AGRWAL e ARAÚJO, 2011; ARAÚJO, 2009;).

O reforço tipo fibra tem despertado grande interesse em aplicações na indústria de diversos setores como automotiva, da construção mecânica, metalúrgica, farmacêutica, naval, aeronáutica, aeroespacial entre outras. Uma vez que a forma fibrosa de um material possui elevada resistência à tração e alto módulo de elasticidade. Assim, este tipo de material vem sendo usado como material de engenharia em combinação com uma matriz que, além de envolver e proteger a fibra deforma sob a ação de uma força e lhe distribui a

tensão, impedindo a propagação de falhas (CARMONA, 2011).

Há uma tendência mundial em buscar recursos naturais alternativos, que sejam ecologicamente corretos, gerando emprego e renda, além de promover o desenvolvimento de novas tecnologias (FERRANTE, 2002).

A constante implementação de melhorias e de otimização do processo produtivo avançou também para o uso de métodos que reduzam o desperdício, melhorem o uso de insumos, o reaproveitamento de resíduos, a reciclagem, a conservação e o aumento da eficiência energética (SANTOS, ANDREOLI e SILVA, 2009).

A obtenção de compósitos reforçados com fibras naturais tem como objetivo o aproveitamento de recursos renováveis na obtenção de novos materiais (ARAÚJO, 2009). A adesão entre esses componentes é tal que as cargas são transferidas para os elementos com maior resistência mecânica, como as fibras que estão geralmente dispersas no componente que atua como matriz (FERRANTE, 2002).

As fibras celulósicas por possuírem baixo custo, baixa densidade, não serem abrasivas, não serem tóxicas, por serem facilmente modificadas por agentes químicos, além de abundantes e provenientes de fontes renováveis tornam seu uso vantajoso como reforço em compósitos (JOSEPH, MEDEIROS e CARVALHO, 1999).

No Brasil, o cipó-titica é uma planta típica da Floresta Amazônica que ocorre em áreas de terra-firme. Trata-se de uma trepadeira que, apesar de iniciar sua vida como plântula terrestre, projeta-se na busca de luz, utilizando, como apoio os troncos e as copas das árvores. Esta planta se alimenta por meio das raízes aéreas que são emitidas em direção ao solo, também conhecidas por raízes alimentares adventícias, e quando atingem o solo são grossas, lenhosas, resistentes e duráveis. Assim, em relação a outras plantas, as raízes do cipó-titica são atrativas para fins econômicos pelo fato de serem fortes e também porque sua epiderme e córtex escuros são facilmente removidos, permitindo a confecção de peças resistentes (PLOWDEN, UHL e OLIVEIRA 2003).

A maior parte de produtos poliméricos comercialmente encontrados hoje são sintéticos, sendo que na maioria das vezes são derivados de fontes não renováveis, como o petróleo. A utilização dessa fonte é explicada pelas suas excelentes propriedades mecânicas e térmicas juntamente com a sua grande versatilidade (CALABRIA, 2010).

Os polímeros sintéticos podem ser considerados como uma inovação tecnológica, devido às propriedades, como: resistência química e mecânica, leveza e por serem utilizados em diversas aplicações como, por exemplo, em embalagens, próteses, peças automotivas, tintas, entre outras. Esses polímeros são encontrados hoje em quase todos os produtos comerciais (ALMEIDA, 2012).

Em termos gerais, esses tipos de polímeros são geralmente hidrocarbonetos, portanto as ligações químicas encontradas apresentam apenas átomos de carbono e hidrogênio, podendo possuir ramificações ou não (linear). Esse tipo de ligação química nos materiais oferece resistência à degradação, pois são mais difíceis de serem quebradas

(CARR, 2012).

Neste trabalho o objetivo principal foi abordar a caracterização mecânica (resistência a tração), química, e morfológica de duas fibras naturais (cipó titica) e uma fibra sintética (polipropileno reciclado), além de fazer uma análise comparativa entre as fibras e avaliar a viabilidade da utilização das fibras naturais em compósitos poliméricos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

As fibras utilizadas neste trabalho foram o Cipó Titica (*Heteropsisriedeliana* Schott), oriundas dos municípios de Novo Airão-AM e Paritins-AM. A fibra sintética de PP reciclado é um monofilamento ondulado de PP 0,80 que segundo a norma ABNT NBR 12744 é classificada como uma fibra têxtil manufaturada sintética. A mesma é composta de Polipropileno (PP), Polietileno tereftalato (PET) e Polietileno (PE) fabricada pela empresa Duplás, Piracicaba-SP.



Figura 1: Fibras:a) cipó titica de Novo Airão; b) cipó titica de Paritins, e polipropileno reciclado, respectivamente.

2.2 Métodos

2.2.1 Preparação dos corpos de prova para o ensaio de tração

Para a preparação dos corpos de prova, primeiramente, as fibras foram secas à temperatura ambiente por três meses e seguida foram cortadas com dimensões de 2,0 mm de largura e 120 mm de comprimento. O ensaio de tração seguiu a norma ASTM D 3822-07. Os testes de tração das fibras foram realizados utilizando uma máquina de ensaios universal de ensaios mecânicos (5982, Instron) com célula de carga 1 kN e velocidade de ensaio em 5,0 mm/min em cinco testes de tração em cada fibra. A confecção dos corpos de prova foi baseada na literatura (FONSECA, 2012).

2.2.2 Espectroscopia na região do infravermelho – FTIR

Foi utilizado um equipamento de espectrofotômetro na faixa do infravermelho (IR Affinity - 1S, Shimadzu). As medidas foram efetuadas na faixa de 4000-400 cm^{-1} e resolução nominal de 4 cm^{-1} . Os dados foram obtidos utilizando o software IR solution. A medição do espectro de infravermelho das amostras foi obtida pelo método reflexão total atenuada (ATR) utilizando um acessório (MIRACLE-10, Shimadzu) acoplado ao equipamento.

2.2.3 Análise dos constituintes químicos

As partículas foram submetidas ao método de Van Soest (1963) para a identificação dos teores dos constituintes celulares - Celulose e Lignina, onde as partículas foram filtradas e lavadas.

2.2.4 Morfologia superficial

Para a obtenção das imagens foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (IT500 HR, Jeol, Japão). Para a obtenção das imagens as amostras vindas do ensaio tração foram levadas ao metalizador de alto vácuo (DII-29010SCTR Smartcoater, JEOL) por cinco minutos para tornar a amostra condutora e obter uma melhor imagem no MEV.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos ensaios mecânicos, isto é, de tração das fibras estão ilustrados na Tabela 1.

Fonte	Fibra	Resistência à tração (MPa)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Deformação (%)
Autor	Polipropileno reciclado	38,90	1,39	4,50
Autor	Titica (Novo Airão)	12,74	1,66	1,40
Autor	Titica (Parintins)	24,15	2,21	2,50
Faruk et al., (2012)	Sisal	511-635	9,4-22	2,0-2,5
Faruk et al., (2012)	Carauá	500-1150	11,8	3,7-4,3
Faruk et al., (2012)	Juta	393-773	26,5	1,5-1,8
Pereira (2012)	Coco verde	65	NC	10,2

NC: Nada consta.

Tabela 1. Comparação das propriedades obtidas no teste de tração das fibras de polipropileno reciclado, cipó titica e outras fibras vegetais.

Os resultados obtidos de resistência à tração do cipó titica de Novo Airão (12,74) e Parintins (24,15) foram inferiores ao polipropileno reciclado (38,39). Os mesmos também estão abaixo dos valores obtidos por outras fibras vegetais demonstradas na tabela como o sisal, carauá, juta e coco verde, que pode ser explicado pelos teores superiores de celulose contidas nas fibras comparadas. O módulo de elasticidade obtido pelas fibras vegetais também foi inferior ao das demais fibras comparadas. Pelo resultado obtido na deformação das fibras, conclui-se que a fibra de polipropileno reciclado (4,50) apresenta maior ductilidade que fibras vegetais, com uma deformação superior as demais fibras. No entanto nas demais propriedades estudadas, como química e morfológica, o cipó titica obteve resultados satisfatórios para uma possível aplicação em compósitos poliméricos.

As Figuras 1,2 e 3 apresentam as bandas espectrais de infravermelho das fibras de Cipó Titica (Novo Airão e Parintins) e Polipropileno reciclado.

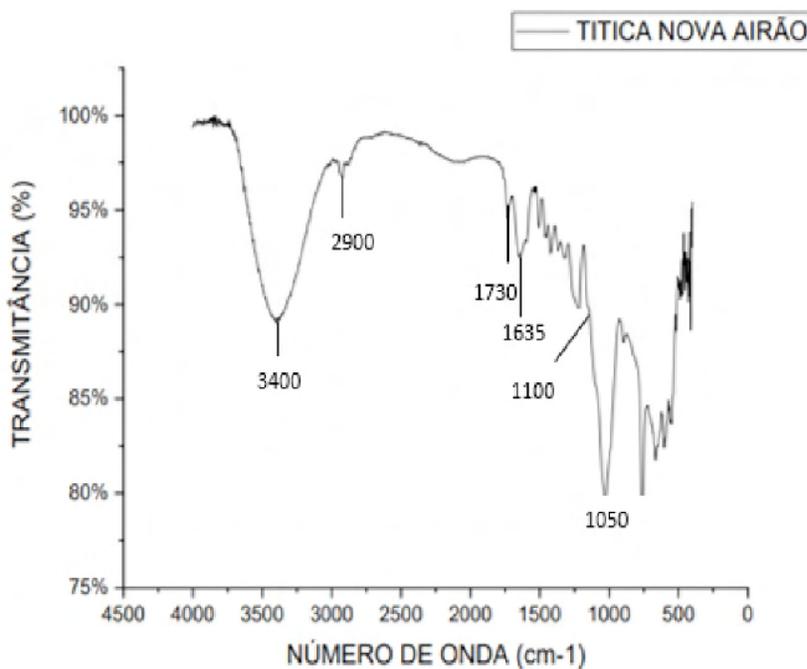


Figura 1 – Infravermelho da fibra de Cipó Titica (Novo Airão).

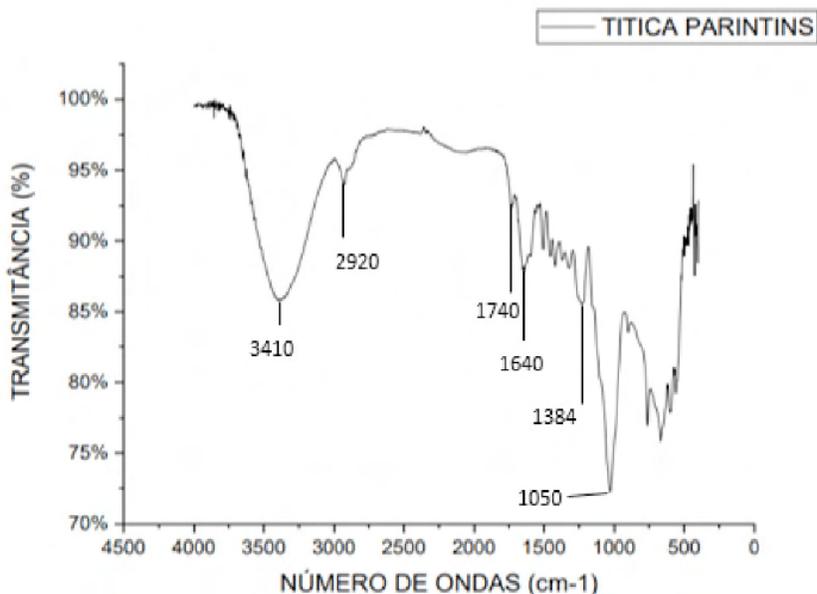


Figura 2 – Infravermelho da fibra de Cipó Titica (Parintins).

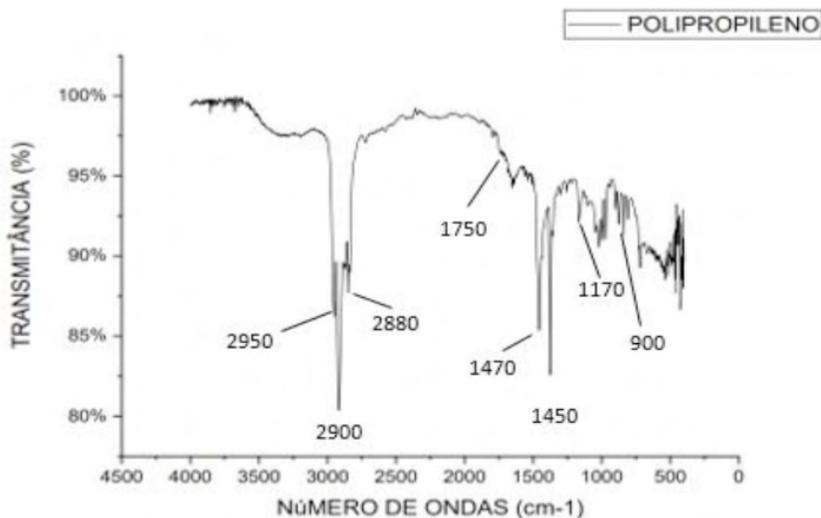


Figura 3 – Infravermelho da fibra de Polipropileno reciclado.

Com os valores da Espectroscopia na Região do Infravermelho-FTIR, obteve-se valores de espectros nas fibras a partir das bandas como 3400 cm^{-1} da fibra de Cipó Titica (Novo Airão), 3410 cm^{-1} da fibra de Cipó Titica (Parintins), referente ao estiramento vibracional dos grupos OH presentes na celulose. As bandas de 2900 cm^{-1} e 2920 cm^{-1} das fibras naturais estão relacionadas ao estiramento C-H alifático dos grupos metila (CH_3) e

metileno (CH₂), respectivamente. Observa-se que os valores 1635,1640 cm⁻¹ refere-se ao estiramento dos grupos carbonílicos (C=O) presentes na lignina. Já as bandas 1383 cm⁻¹, 1384 cm⁻¹ estão relacionadas ao estiramento do grupo álcool C-OH da celulose presente nas fibras vegetais. As bandas em 1100 cm⁻¹ da vibração de C-O-C e C-OH a 1060 – 1050 cm⁻¹ são referentes à cadeia da celulose surgem de componentes polissacarídeos. Esses resultados são semelhantes às fibras vegetais já conhecidas (TOMCZAK, 2010).

No Polipropileno reciclado os valores de espectros obtidos foram 2950, 2900 cm⁻¹, que estão relacionadas ao estiramento C-H alifático dos grupos metila (CH₃) e metileno (CH₂), respectivamente presentes no polipropileno e polietileno; 2880 cm⁻¹ estão relacionados ao grupo CH (carbono terciário) presente no polipropileno; 1750 cm⁻¹ estão relacionados aos grupos carbonílicos (C=O) presentes nos ésteres do PET; 1470 cm⁻¹ e 1450 cm⁻¹ ao CH₂ presente no PET; 1170 cm⁻¹ ao C-O do éster alifático do PET. E finalmente a 900 cm⁻¹ ao anel aromático presente no PET (TOMCZAK, 2010).

Na Tabela 2 encontram-se as composições químicas das fibras submetidas ao método de Van Soest para a identificação dos teores dos constituintes celulares.

Fonte	Fibra	Lignina (%)	Celulose (%)
Autor	Titica (<i>Heteropsisriedeliana</i> Schott) Novo Airão-Am.	NC	NC
Autor	Titica (<i>Heteropsisriedeliana</i> Schott) Parintins-Am.	28,63	49,96
Caetano et. al (2018)	Juta (<i>Corchoruscapsularis</i>)	6	89,57
Caetano et. al (2018)	Periquiteira (<i>Cochlospermumorinocense</i>)	12,03	60,15
Caetano et. al (2018)	Piaçava (<i>Attaleafunifera</i>)	53,47	34,65
Mesquita (2013)	Açaí (<i>Euterpe oleraceae</i> Mart)	30,35	46,51
Fonseca et.al (2013)	Jacitara (<i>Desmoncus polyacanthos</i> Mart.)	14,20	66,10
Faruk et. al (2012)	Sisal (<i>Agave sisalana</i>)	9,90	65
Faruk et. al (2012)	Carauá	7,50	73,60
Dias et. al (2017)	Piaçava (<i>Leopoldiniapissaba</i>)	60,16	26,05

NC: Nada consta.

Tabela 2. Dados experimentais da composição química das fibras de cipó titica (*Heteropsisriedeliana* Schott) de Novo Airão e Parintins e dados comparativos de algumas fibras vegetais.

É amplamente conceituado que os principais componentes químicos das fibras vegetais são substâncias polares, tais como a celulose, a hemicelulose e a lignina, com menores proporções de outros componentes como pectina, cera e substâncias solúveis em água. A composição química da fibra varia ligeiramente de acordo com a região extraída (caule, fruto ou folha), da região de cultivo, do tipo de solo e das condições climáticas

(MESQUITA, 2013).

A composição química de fibras lignocelulósicas influencia suas propriedades mecânicas e estrutura física, sendo que o conteúdo de lignina e hemicelulose presente em fibras têm efeito sobre a resistência à tração [15,29]. A resistência a tração e a rigidez das fibras dependem também do conteúdo de celulose e do ângulo da espiral de microfibrilas da parede celular secundária interna faz em relação ao eixo da fibra (BISANDRA & ANSELL, 1992).

Em um estudo feito por Fonseca et al.,(2013), concluiu-se que as propriedades anatômicas, químicas, físicas e mecânicas da fibra de jacitara são positivas para seu futuro desenvolvimento tecnológico e aproveitamento como reforço em compósitos. Os autores afirmaram que o elevado teor de celulose pode contribuir para a resistência à tração das fibras e que as microfibrilas de celulose (estrutura da parede celular da planta) da jacitara exercem grande influência sobre as propriedades físicas e mecânicas da mesma. Além disso, a lignina confere resistência à compressão e rigidez à parede celular (HORTAL, 2007).

Neste trabalho verificou-se que o teor de celulose na fibra do cipó titica é 49,96% e lignina 28,63%. Dessa forma comparando os resultados com de outros trabalhos efetuados sobre fibras lignocelulósicas, sua resistência à tração é baixa, mas a mesma poderá apresentar boa resistência e grande proteção ao esforço compressivo em compósitos poliméricos devido a ao percentual razoável de lignina. Dessa forma tais valores são relevantes, e sua aplicabilidade como reforço em compósitos é satisfatório.

As Figuras 4 (a-c) são da microscopia eletrônica de varredura (MEV) obtidas da superfície de fratura das fibras de cipó titica (Novo Airão e Parintins) e do polipropileno reciclado após o ensaio de tração. De acordo com as Figuras 4(a-c), as fibras de cipó titica (Novo Airão e Parintins) apresentaram uma rugosidade superficial, o que pode auxiliar a ancoragem das fibras na matriz. Também é possível notar as diversas microfibrilas que compõe a fibra e que se encontram aglomeradas pelas lamelas intercelulares (lamela média) e, também, suas lacunas (cavidades) (PEREIRA, 2012).

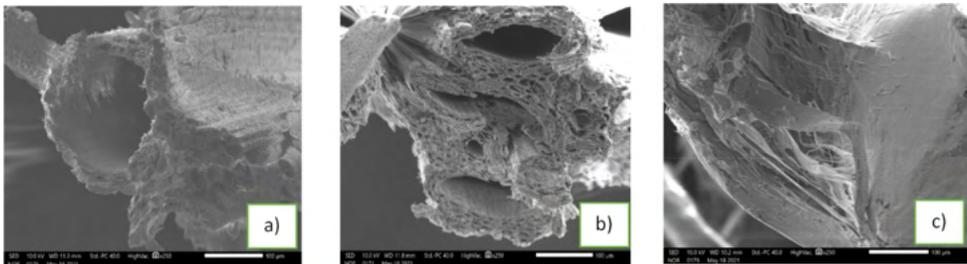


Figura 4 - Micrografia eletrônica de varredura da superfície da fibra na fratura, a) Cipó titica (Novo Airão), b) Cipó titica (Parintins), c) Polipropileno reciclado.

Savastano Junior et al. (2000), ao pesquisar compósitos reforçados com fibra de coco maduro, relatou a existência de protuberâncias superficiais, que provavelmente auxiliam a ancoragem da fibra nas matrizes reforçadas. Essas mesmas protuberâncias podem ser observadas nas fibras de cipó titica aqui estudadas. É possível observar a presença do lúmen, da parede celular e da interface das microfibrilas, formações típicas das fibras lignocelulósicas. O lúmen é um pequeno orifício de formato circular, responsável pelo transporte de água e nutrientes na planta [8]. Na fibra de polipropileno reciclado é possível verificar que após o ensaio de tração fica nítida a ductilidade (deformação mais elevada que as demais fibras comparadas) da mesma, pelos feixes fibrosos bem alongados até a ruptura.

4 | CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos das análises feitas nas duas fibras lignocelulósicas e na fibra de polipropileno reciclado, pode-se concluir que as fibras vegetais confirmam-se como potenciais reforços em compósitos poliméricos. Quando observado o ensaio de tração (12,74 e 24,15) as mesmas apresentaram resultados (resistência à tração) relativamente reduzidos, que pode estar relacionado ao teor inferior de celulose em relação as demais fibras comparadas. Entretanto as fibras de cipó titica apresentaram valores de lignina bem maiores que as outras fibras (sisal, carauá, jacitara), que confere uma boa resistência a compressão, ótima propriedade quando pensamos em reforçadores de compósitos poliméricos. Com relação a Espectroscopia na Região de Infravermelho, obteve-se as bandas características de cada componente orgânico. Quanto a morfologia na fratura, as fibras de cipó titica apresentaram uma rugosidade superficial e protuberâncias superficiais, que podem auxiliar na ancoragem das fibras na matriz.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12744**: Fibras têxteis: Classificação. Rio de Janeiro: 1992.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 3822 – 07**. Standard Test Method for Tensile Properties of Single Textile Fiber, 2007.

ALMEIDA, L. L. de. **Síntese e propriedades do copolímero anfílico poli(3- hidroxibutirato)-Bloco-poli(óxido de Etileno) e preparação de nanopartículas**. 2012, 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.

ARAÚJO, J. R. **Compósitos de Polietileno de Alta Densidade reforçados com fibra de curauá obtidos por extrusão e injeção**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Estadual de Campinas Instituto de Química, Campinas, 2009.

BARBOSA A. DE P. **Características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de buriti**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Campos dos Goytacazes – RJ Dez, 2011.

BISANDRA, E. T. N.; ANSELL, M. P. **Properties of sisal-CNSL composites**. Journal of Material Science, New York, v. 27, p. 1690-1700, 1992.

BRITO, G. F.; AGRAWAL, E. M.; ARAÚJO, T. A. J. **Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes**. Departamento de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Campina Grande. REMAP – Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6.2, p. 127- 139, 2011.

CAETANO N.M. et al., **Fibras vegetais branqueadas para aplicações em reforços de materiais compósitos poliméricos**. In: 23º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2018, Foz do Iguaçu - PR. Fibras vegetais branqueadas para aplicações em reforços de materiais compósitos poliméricos, 2018.

CALABRIA, L. **Blendas de biopolímeros para liberação controlada de agroquímicos**. 2010. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Materiais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2010.

CARMONA, V. B. **Desenvolvimento de compósitos biodegradáveis a partir de amido termoplástico e fibras vegetais**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos, São paulo, p.22. 2011.

CARR, L. G. **Desenvolvimento de embalagens biodegradável tipo espuma a partir de fécula de mandioca**. 2007. 107 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

CHAND, N. TIWARY, R. K., ROGHATI, P. K. **Resource structure properties of natural cellulosic fibres**. Journal of Materials Science, v.23, p. 381-387, 1988.

DIAS W.S. et al., **Caracterização Termoquímica da fibra de Piaçava para uso em compósitos poliméricos**. In: 14º Congresso Brasileiro de Polímeros – Águas de Lindóia, SP, 2017. Caracterização Termoquímica da fibra de Piaçava para uso em compósitos poliméricos, 2017.

FARUK, O. et al. **Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010**. Progress in Polymer Science, London, v. 37, n. 11, p. 1552-1596, 2012

FERRANTE, M. **Seleção de Materiais**. 2ª Ed. São Carlos. 2002.

FONSECA, A. S. **Caracterização tecnológica das fibras do estipe de *Desmoncuspolyacanthos Mart***. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras. Lavras, Minas Gerais, 2012.

FONSECA, A.S. et al. **Properties of na Amazonian vegetable fiber as a potencial reinforcing material. Industrail Crops and products**. V.47, p 43 – 50, 2013.

HORTAL, J. A. G. **Fibras papeleras**. Barcelona UPC, 243p, 2007.

JOSEPH, K.; MEDEIROS, E.S.; CARVALHO, L.H. **Compósitos de Matriz Poliéster Reforçados por Fibras Curtas de Sisal**, Polímeros: Ciência e Tecnologia, v 9 n 4, 136-141p. 1999.

MEDINA, J. C. **Plantas Fibrosas da Flora Mundial**. Instituto Agronômico de Campinas, p. 787-792, 1959.

MESQUITA, A. L. **Estudos dos processos de extração e caracterização de fibras do fruto do açai (*Euterpe oleracea* MART.) da Amazônia para a produção de ecopainel de partículas de média densidade (MDP)**. Dissertação (Faculdade de Engenharia Química – Instituto de Tecnologia). Universidade Federal do Pará, Pará, 2013.

PEREIRA, L.C. **Aproveitamento do resíduo do coco verde para produção de compósitos destinados a construção rural**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. 137 f. Pirassununga, 2012.

PLOWDEN C.; UHL, C.; OLIVEIRA, F. A. **The ecology and harvest potential of titica vine roots (*Heteropsis flexuosa*: Araceae) in the eastern Brazilian Amazon**. Forest Ecology and Management, Amsterdam, v. 182, n. 1-3, p. 59–73, 2003.

PRASAD, S. V.; PAVITHRAN, C.; ROHATGI, P. K. **Alkali treatment of coir fibres for coir-polyester composites**. Journal of Materials Science, v.18, p.1443-1454, 1983.

ROWELL, R. **Utilization of natural fibers in plastic composites: problems and opportunities**. In: LEÃO, A.; CARVALHO, F. X.; FROLINI, E. (Eds.). Lignocellulosic: Plastic Composites São Paulo: USP, UNESP, p. 23-25. 1997.

SANTOS, S.E.; ANDREOLI, C.V.; SILVA, C.L. **O desempenho ambiental das empresas do setor automotivo na região metropolitana de Curitiba. Planejamento e Políticas públicas**, v.32, p.149-172, 2009

SAVASTANO JUNIOR, H., WARDEN, P. G.; COUTTS, R.S.P. **Brazilian waste fibre as reinforcement for cement based composites**. Cement and Concrete Composites, v. 22, p. 379-384, 2000.

TOMCZAK, Fabio. **Estudo Sobre A Estrutura e Propriedades de fibra de Coco e Curauá do Brasil**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

VAN SOEST, P.J. **Use of detergents in the analysis of fibrous foods. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin**. Journal of the Association of the Official Analytical Chemists, v.46, p.829-835, 1963.

SOBRE O ORGANIZADOR

MICHAEL JOSÉ BATISTA DOS SANTOS - Entusiasta da mineração desde a adolescência, recebeu o título de bacharel em engenharia de minas pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), com graduação sanduíche pelo programa ciências sem fronteiras, estudante de Engenharia de Minas pela Universidade de Adelaide (The University of Adelaide) por 18 meses na Austrália. Realizou estágios em mineradoras multinacionais durante a graduação nas áreas de operação, planejamento estratégico e geotecnia de mina. Tornou-se palestrante Internacional no 24º congresso mundial da mineral em 2016 onde palestrou em inglês sobre simulação (carregamento e transporte) e produtividade de mina. Concluiu especialização em segurança do trabalho pela Universidade Cruzeiro do Sul no mesmo ano que defendeu o mestrado em engenharia com área de concentração em tecnologia mineral, ambiental e metalurgia extrativa pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2019). Neste mesmo programa de pós-graduação, deu início em seus estudos de doutorado (UFRGS) no ano de 2020. Durante a pandemia de COVID-19 tem se dedicado ao ensino online, à publicação relevantes relacionadas a lavra mineral, segurança e geotecnia de mina, além de desenvolver projetos de pesquisa em planejamento minerário e trabalho extensionista de ensino da língua inglesa aplicada ao conhecimento técnico em mineração, projeto de extensão vencedor do 2º lugar do prêmio de comunicação dos sindicatos das indústrias minerais do Pará (SIMINERAL) na categoria conteúdos para redes sociais, desenvolvido em seu canal “Prof. Michael Will Santos” na plataforma YouTube, em dezembro de 2020. Atualmente é professor efetivo de magistério superior em engenharia de minas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) onde atua ativamente na função de coordenador do curso de bacharelado em engenharia de minas da instituição, além de compor o conselho do Campus Regional de Juruti.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Análise microestrutural 38

Avaliação de estabilidade 1

B

Biopolímeros 53

C

Carajás 1, 2, 7, 12, 13

Cipó titica 43, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52

E

Engenharia de Materiais 35, 42, 43, 53

Engenharia de Minas 14, 25, 55

Engenharia geotécnica 1

Engenharia Química 54

F

Fator de segurança 2, 3, 4, 5, 10, 11

Fibras Lignocelulósicas 43, 44, 51, 52

Fibras sintéticas 43

Fundição 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42

G

Geologia de engenharia 12

Geotecnia 55

H

Heteropsisriedeliana Schott 43, 46, 50

L

Lavra 2, 10, 14, 15, 18, 21, 25, 26, 55

Lignina 43, 47, 50, 51, 52

M

Magnetic susceptibility 27, 33

Materiais 4, 16, 35, 36, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 53

Meio ambiente 12, 43, 44
Metalurgia extrativa 55
Mineração 1, 3, 11, 12, 15, 19, 55

N

NBR 13029 12
NBR 30284 35, 36

P

Pilha de disposição de estéril 1, 2, 3, 6, 7
Polímeros Verdes 53
Poropressão 5, 9, 10, 11
Prevenção da corrosão 42
Propriedades mecânicas 35, 37, 42, 45, 51
Pyrite-Pyrrhotite 27, 29, 31

R

Reaproveitamento de resíduos 45
Recursos naturais alternativos 45

S

Selective flotation 27, 33

T

Teoria do equilíbrio limite 4
Tratamento térmico de precipitação 36, 38

W

Waste dumps 12

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MINAS E MATERIAIS

- 
- 🌐 www.atenaeditora.com.br
 - ✉ contato@atenaeditora.com.br
 - 📷 @atenaeditora
 - 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA DE MINAS E MATERIAIS

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br