

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA.
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL
CURSO TÉCNICO EM QUÍMICA (MODALIDADE: INTEGRADO)**

Aline Bianchini
José Eduardo S. Olegário
Larissa Cristina. Obenaus
Lóide Marcela B. da Silva
Victor Henrique Baumgarten

**CARACTERIZAÇÃO DA FIBRA DE BANANEIRA CATURRA (*Musa Sapientum*)
EXTRAÍDA DE DIFERENTES PONTOS DO PSEUDOCAULE.**

Jaraguá do Sul, novembro de 2014.

Aline Bianchini
José Eduardo S. Olegário
Larissa Cristina Obenaus
Lóide Marcela B. da Silva
Victor Henrique Baumgarten

**CARACTERIZAÇÃO DA FIBRA DE BANANEIRA CATURRA (*Musa Sapientum*)
EXTRAÍDA DE DIFERENTES PONTOS DO PSEUDOCAULE.**

Projeto de pesquisa desenvolvido no eixo formativo diversificado “Conectando Saberes” do Curso Técnico em Química (Modalidade: Integrado) do Instituto Federal Santa Catarina - Câmpus Jaraguá do Sul.
Orientador: Dr. Jaison Vieira da Maia

Jaraguá do Sul, novembro de 2014.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Classificação das fibras.....	7
FIGURA 2 - Classificação de compósitos.....	12
FIGURA 3 - Fluxograma das etapas da pesquisa.....	19
FIGURA 4 – Corte horizontal do pseudocaule.....	20
FIGURA 5 – Bainhas do pseudocaule.....	20
FIGURA 6 – Bainha de pseudocaule de bananeira.....	21
FIGURA 7 - Processo de desfibragem manual.....	21

SUMÁRIO

1.Tema	3
2.Delimitação do tema.....	3
3.Problema	3
4.Hipóteses	3
5.Objetivo	4
5.1 Objetivo Geral:.....	4
5.2 Objetivos Específicos:	4
6.Justificativa.....	4
7.Fundamentação Teórica	6
7.1. Fibras	6
7.2. Extração da fibra	10
7.3. Compósitos.....	12
7.3.1. Compósitos Reforçados com Partículas	12
7.3.2. Compósitos Reforçados com Fibras	13
7.3.3. Compósitos Estruturais	14
7.3.4. Fase Matriz.....	15
7.4. Técnicas de Caracterização	17
7.4.1. Resistência à Tração	17
7.4.2. Degradação Térmica.....	17
7.4.3. Microscopia óptica	18
7.4.4. Absorção de água	18
8.Metodologia.....	19
9.Cronograma	23
REFERÊNCIAS	24

PROJETO DE PESQUISA

1. Tema

Caracterização da fibra de bananeira Caturra (*Musa Sapientum*) extraída de diferentes pontos do pseudocaule.

2. Delimitação do tema

Caracterização da fibra extraída da capa (camada externa) da bainha de diferentes posições do pseudocaule da bananeira Caturra (*Musa Sapientum*) da cidade de Corupá/SC, quanto à resistência à tração, à absorção de água, à degradação térmica e a estrutura da fibra.

3. Problema

Quais as propriedades mecânicas, físico-químicas e microscópicas da fibra da bananeira Caturra extraída de diferentes posições do pseudocaule?

4. Hipóteses

- As fibras extraídas de diferentes posições apresentarão resultados diferentes;
- As fibras das bainhas mais externas do pseudocaule apresentarão maior resistência à tração;
- As fibras das bainhas mais internas do pseudocaule apresentarão os resultados mais satisfatórios para a absorção de água;
- A microestrutura óptica do interior do pseudocaule apresentará estrutura mais alinhada e uniforme;
- As fibras das bainhas mais internas do pseudocaule perderão menor quantidade de massa no ensaio da degradação térmica.

5. Objetivo

5.1 Objetivo Geral:

O intuito dessa pesquisa é mensurar as principais propriedades da fibra vegetal extraída de diferentes posições do pseudocaule da bananeira Caturra (*Musa Sapientum*) da cidade de Corupá/SC. Vale ressaltar que, diante dos resultados das propriedades físico-químicas e microestruturais obtidos experimentalmente, se buscará dentro relacionar os resultados das técnicas utilizadas, e com isso espera-se inferir quais dessas características são mais relevantes nos resultados dos ensaios de tração. Para responder o problema dessa pesquisa, e assim, atingir o objetivo geral, têm-se os vários objetivos específicos a seguir.

5.2 Objetivos Específicos:

- Extrair a fibra de bananeira Caturra (*Musa Sapientum*) em diferentes posições do pseudocaule;
- Preparar as amostras da fibra;
- Analisar a propriedade mecânica de resistência à tração da fibra;
- Analisar as propriedades físico-químicas da fibra: degradação térmica (perda de massa com aumento de temperatura) e absorção de água;
- Analisar a microestrutura por microscopia óptica.

6. Justificativa

Atualmente, o interesse na utilização de fibras naturais como reforço em materiais compósitos “apresenta-se com grande potencial para melhorar o desempenho de polímeros em aplicações tecnológicas e em substituição a outros materiais”, conforme Berwig *et al* (2011).

Segundo Barbosa (2011, p.7)

o uso de recursos vegetais para produção de materiais é uma alternativa renovável, biodegradável e de baixo custo. As fibras vegetais não são abrasivas a equipamentos e geram compósitos mais baratos, com menor densidade e maior tenacidade.

Dentre as fibras naturais, Bremberger (2010, p. 1) destaca como as principais vegetais “as fibras de algodão, curauá, coco, bambu, sisal e bananeira”.

Sabe-se que o Brasil é um dos maiores produtores de bananas do mundo, assim como o estado de Santa Catarina, que é o terceiro maior produtor nacional de bananas, segundo o IBGE (2012). No estado, a cidade que apresenta a maior produção é Corupá, cidade vizinha à Jaraguá do Sul, que em 2012 produziu 165420 toneladas do fruto. Dada sua elevada produção, o município é considerado a Capital Catarinense da Banana, segundo a página oficial do município (2010).

O alto índice de produtividade do fruto em nível nacional, estadual e no município de Corupá é “uma das razões pelo estudo das fibras da bananeira, sendo uma planta de fácil cultivo no Brasil e assim trazer vantagens quanto a sua obtenção a fim de ser usada como reforço em polímeros” (BANNA *et al*, 2011, p. 1). Segundo Silva (2004), a “falta de dados científicos é uma das razões para sua pouca utilização”.

Segundo Mota (2010, p. 2), as fibras de bananeira são de fácil obtenção, já que todos os anos “várias toneladas do pseudocaule são descartadas após a colheita dos frutos, pois seu aproveitamento é quase nulo ou, mesmo quando utilizado de forma artesanal, não é valorizado ou agrega em si um valor irrisório para o produtor”.

Fibras naturais como a de bananeira, para Banna *et al* (2011, p. 1), podem substituir, em matriz poliméricas, “reforços inorgânicos obtidos de fontes não-renováveis como a fibra de vidro, com as vantagens adicionais de serem mais leves, menos abrasivas aos equipamentos de processamento e biodegradáveis”. Segundo Feriotti (2010, p. 17), “existem diversos usos para as fibras do pseudocaule da bananeira, a maioria limitada a trabalhos manuais”, como sucede no município de Corupá. “Diante disso, tem-se o grande desafio de converter as boas características das fibras celulósicas da bananeira [...] comprovadas pelos artesanatos, para a indústria, criando novas fontes de trabalho”. (BANNA *et al*, 2011, p. 1).

Dada a “necessidade de seleção adequada do material baseado no desempenho do sistema em estudo”, é crescente o interesse por análises e caracterizações de materiais. A caracterização de propriedades visa principalmente estimar o desempenho no período de “vida útil” do material, minimizando a possibilidade de degradação e falhas indesejáveis durante a utilização do produto, mencionam Mansur *et al* (2005). Os autores completam que

dependendo das solicitações a que este material ou sistema será submetido, a caracterização poderá abranger a avaliação de propriedades mecânicas, elétricas,

bioatividade, imunogenicidade, eletrônicas, magnéticas, ópticas, químicas, térmicas e até mesmos a combinação de 2 ou mais destas propriedades.

Dado o potencial bananicultor da cidade de Corupá e o aumento da utilização de fibras naturais em compósitos, optou-se desenvolver uma pesquisa que objetiva caracterizar as fibras obtidas do pseudocaule da bananeira Caturra (também chamada de Nanica, Anã ou Chorona), dando subsídios a futuros estudos da fibra dessa variedade para emprego em compósitos. Para tanto, serão avaliadas no presente estudo propriedades mecânicas, físico-químicas e microscópicas da fibra. Tais escolhas dentre as citadas por Mansur *et al* (2005) se deram pela possibilidade da execução desses ensaios na instituição.

7. Fundamentação Teórica

A História da humanidade é marcada pela “apropriação da natureza pelo processo civilizatório. Nesse processo, de um modo geral, a apropriação dos recursos naturais pela cultura humana sempre se efetivou de forma predatória”, ocorrendo de forma mais sistematizada depois da Revolução Industrial, diz Demarchi (2010, p. 12).

Nas últimas décadas, no entanto, cresce “o número de produtos considerados sustentáveis, ou seja, de produtos que são confeccionados a partir de matérias-primas naturalmente disponíveis ou descartadas”, como certas fibras vegetais. (DEMARCHI, 2010, p. 12).

Nesta seção apresenta-se uma breve discussão sobre fibras, suas classificações e importância, com enfoque nas fibras vegetais, e dessas, na fibra de bananeira. Em seguida, apresenta-se disposto no texto técnicas de extração e preparo dessas fibras, para mais tarde, apresentar-se uma discussão referente a materiais compósitos, uma das possíveis aplicações da fibra de bananeira. Por fim, apresentam-se técnicas de caracterização para a fibra de enfoque nesse projeto.

7.1. Fibras

As fibras são materiais que possuem, segundo Franco (2010 p. 23), “uma geometria aproximadamente uniforme, diâmetro minúsculo em relação ao seu comprimento, e

com natureza bastante diferenciada”, que varia em função de suas propriedades físico-químicas.

De acordo com Persson *et al* (1984) *apud* Franco (2010, p.20) as fibras podem ser divididas em dois grupos: fibras naturais e fibras feitas pelo homem, como mostra a figura a seguir.

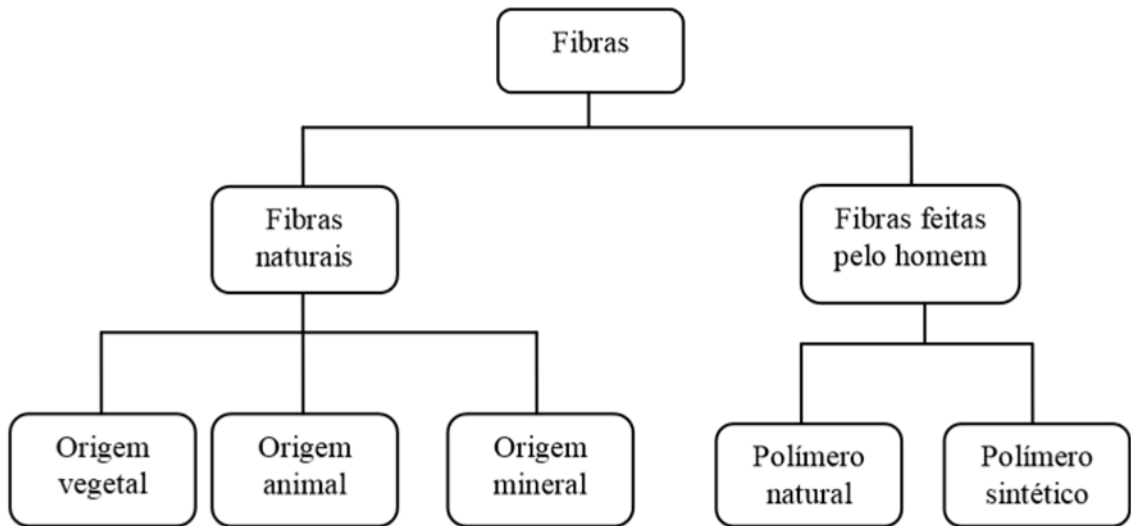


FIGURA 1 - Classificação das fibras.

FONTE: PERSSON *et al*, 1984 *apud* FRANCO, 2010, p. 23

A presente pesquisa visa à caracterização de fibras naturais de origem vegetal, extraídas de pseudocaules de bananeiras Caturra, sendo assim, alguns conhecimentos tornam-se necessários para a melhor compreensão do mesmo.

- Fibras vegetais

As fibras fazem parte da constituição anatômica de muitos vegetais, tendo como principal função a sustentação mecânica (AQUINO, 2003 p. 39). Devido a sua constituição química, as fibras vegetais são chamadas de matéria-prima de origem lignocelulósica (OLIVEIRA, 2009, p.29).

De acordo com Rowell (1998) *apud* FONSECA (2012, p. 29).

A lignocelulose é considerada um composto polimérico natural, constituída, principalmente por celulose, hemiceluloses e lignina e, apesar das fibras lignocelulósicas apresentarem diferentes composições químicas, no que diz respeito


às proporções de seus elementos constituintes, suas propriedades são semelhantes. (ROWELL, 1998 apud FONSECA, 2012, p. 29).

Conforme Fonseca (2012, p. 29), os materiais lignocelulósicos de diferentes espécies possuem determinadas propriedades que os tornam desejáveis para diferentes usos, sendo que essas propriedades dependem da estrutura anatômica e constituição química dos tecidos que as compõem.

“As fibras vegetais são classificadas de acordo com origem e podem ser agrupadas de semente, fibra de caule, fibra de folhas, fibras do fruto e fibras da raiz”. (FRANCO, 2010, p. 24). O autor destaca também que as fibras vegetais possuem formas e tamanho diferenciados.

De acordo com o Projeto Fibrenamics (2012) “as fibras vegetais apresentam como principais vantagens a abundância, o baixo custo, a baixa massa volúmica, a capacidade de absorção de dióxido de carbono do meio-ambiente e a biodegradabilidade”.

No entanto, suas principais desvantagens são: “elevada absorção de umidade, a baixa resistência a micro-organismos, a baixa estabilidade térmica e propriedades mecânicas inferiores às das fibras não naturais”. (FIBRENAMICS, 2012).

 As fibras ocorrem espontaneamente na natureza, sendo que algumas são oriundas de atividade agrícola e há aquelas que são resíduos gerados, principalmente, pela agroindústria.

Segundo Silva *et al* (2009, p. 661), “algumas fibras ocorrem espontaneamente na natureza, outras são cultivadas como atividade agrícola e ainda há aquelas que são resíduos gerados, principalmente, pela agroindústria”

De acordo com Fonseca (2012, p.7) no mundo, as fibras vegetais são empregadas em diferentes segmentos da indústria primária, secundária e terciária abrangendo desde a produção de polpa celulósica até a fabricação de artesanatos e cordoarias.

Entre as fibras vegetais mais usadas destacam-se, segundo Balzer (2007, p. 1) “as fibras de sisal, coco, curauá, bambu, pinus, bananeira, entre outras”.

A utilização de fibras sintéticas para o reforço de plásticos e borrachas (polímeros) é uma técnica extensivamente empregada na indústria para a obtenção de materiais com melhor desempenho mecânico. A substituição de fibras sintéticas por fibras vegetais é uma possibilidade bastante importante, pelo fato desta fibra ser de uma fonte renovável, biodegradável e de baixo custo e por provocar menor impacto ambiental. As fibras vegetais ou lignocelulósicas possuem menor densidade e

provocam menor desgaste do que as sintéticas nos equipamentos convencionais de processamento de polímeros. (MATTOSO *et al* 1996, p. 1).

Conforme Mattoso *et al* (1996, p. 2), “os materiais reforçados com fibras vegetais são tecnicamente possíveis de serem produzidos e economicamente viáveis, nas regiões em que a matéria-prima é abundante”. São materiais alternativos, porém com qualidade compatível à dos convencionais.

- Fibra de bananeira

Conforme Silva (2011, p. 34) a banana é uma das frutas mais importantes do mundo, tanto no que se refere à produção quanto à comercialização, constituindo o quarto produto alimentar mais produzido mundialmente, a seguir ao arroz, trigo e milho.

As bananeiras, principalmente no Brasil, são responsáveis por uma área plantada estimada em 500 mil hectares. É a segunda fruta mais produzida no país. (ESPM/SEBRAE, 2007).

As bananas formam-se em cachos na parte superior dos "pseudocaulos" da bananeira que nascem de um verdadeiro caule subterrâneo (rizoma ou cormo) que chega a ter uma longevidade de 15 anos ou mais. Depois da maturação e colheita do cacho de bananas, o pseudocaulo morre (ou é cortado), dando origem, posteriormente, a um novo pseudocaulo. (SOFNNER *et al*, 2001 *apud* SILVA, 2011).

De acordo com SEBRAE (2007) cada espécie tem suas particularidades em termos de consistência e sabor, o que torna seus usos e modos de preparo diferentes. Assim como no Japão, Paquistão, Filipinas e até no Brasil, por exemplo, onde há bananeiras que são cultivadas apenas para fins ornamentais ou por suas fibras, usadas no artesanato.

Conforme Joseph *et al*. (2002) *apud* Silva (2011, p. 35) a fibra de bananeira é uma fibra

celulósica extraída do pseudocaulo da planta, sendo classificada como uma fibra de caule com propriedades mecânicas relativamente atrativas para utilização em materiais compósitos poliméricos. No entanto, a extração da fibra de bananeira não é prática comum, sendo considerado um subproduto do cultivo da banana. (JOSEPH *et al.*, 2002 *apud* SILVA, 2011, p. 35).

Segundo Cunha (2007, p. 44), a fibra de bananeira é produzida a partir das bainhas foliares extraídas do pseudocaulo da bananeira, que equivale a seu tronco. Após a

colheita do cacho costuma-se retirar a bananeira mãe, cortando-se o pseudocaule de modo a dar espaço para o crescimento dos filhotes.

Do pseudocaule da bananeira é possível extrair vários tipos de fibras, cada uma com sua característica. A camada do pseudocaule é constituída de três partes: capa (externa), seda (interna) e renda (intermediária). A camada externa é a mais grossa e são para trabalhos que exijam resistência do material. A interna é a mais fina, indicada para **acabamentos das peças**. A camada intermediária é a ideal para ornamentar. Para facilitar o manuseio das fibras, as camadas são cortadas em tiras de cerca de dois dedos de espessura. (BASTOS, 2010, p. 27).

Dessa forma, Gomes (2010, p. 1) ressalta que o uso das fibras extraídas do pseudocaule das bananeiras pode se tornar uma fonte alternativa de renda para os agricultores, além de ser uma opção viável para reforço de resinas termoplásticas. Além disso, sua resistência à tração e módulo de elasticidade são bem próximos aos da fibra de sisal, considerada uma das mais resistentes entre fibras naturais. (SILVA, 2014).

7.2. Extração da fibra

De acordo com Soares (2010, p. 3), depois que a bananeira atinge a fase adulta e seus cachos já estejam no ponto de corte, separa-se o tronco da raiz, dos frutos e das folhas, e daí retira-se todas as capas até a última, restando apenas o palmito.

Após a colheita do cacho, são retirados os pseudocaules, que são as partes que começam depois do rizoma (parte da bananeira que se encontra a cima da raiz e abaixo do pseudocaule) e vão até o começo das folhas, afirma Demarchi (2010, p. 43).

Segundo Becker *et al* (2010, p. 5), o processo de produção de fios de fibras de bananeira é realizado em onze etapas, descritas a seguir:

- Corte do pseudocaule: pseudocaule de bananeira é cortado em tiras com facões manualmente;
- Extração de alvéolos, remoção de filé e contrafilé: realização manual, sem qualquer instrumento. Após remoção de filés, a camada de pseudocaule resultante é estendida em uma espécie de “varal”;

- Liberação de couro: as tiras passam por processo de calandragem, que lhes extrai grande quantidade de água. Após calandragem, o couro é retirado manualmente, pois não é utilizado na obtenção de fios.
- Remoção de detritos: realizada raspagem com facões. Os detritos são restos de couro, renda e mucilagem;
- Separação de fios: a camada de onde são extraídos os fios nesta etapa é visualizada.
- Obtenção de fios: uma fina escova é passada pelas fibras para maior separação de fios;
- Remoção de excessos: para remoção de detritos da separação de fios, as fibras são lavadas com mangueira;
- Chicoteamento de fios: o maço de fios é chicoteado contra o chão, auxiliando a liberação de fios e a remoção de detritos;
- Remoção de excessos: as fibras são novamente lavadas com mangueira;
- Tratamento químico: as fibras passam por tratamento químico à base de água, hipoclorito de sódio e vinagre para “cicatrização” das fibras;
- Secagem: as fibras são secadas ao sol e em seguida estão prontas para utilização nos compósitos ou para outros usos.

Os termos filé e contra filé dito por Becker (2010, p. 5), de acordo com Scalice (2009, p.1), são respectivamente, as tiras iniciais das bainhas e a segunda membrana das bainhas foliares.

A secagem das fibras extraídas, segundo Demarchi (2010, p. 59), pode ser realizada de duas formas distintas, em uma estufa à temperatura de 35°C para evitar a combustão durante 7 dias ou ao sol, durante um período de 4 dias.

Não se recomenda o armazenamento da matéria prima por muito tempo. A melhor maneira de se armazenar o pseudocaule é sobre esteios empilhados, na sombra, com proteção, para que não pegue sol para não ocorrer o ressecamento do pseudocaule. Dependendo da umidade relativa do ar, pode durar até mais de 60 dias sem ressecar. O pseudocaule da bananeira é composto pelas bainhas que, por sua vez, têm, em seu interior, uma camada de ar que faz com que o material tenha um volume maior e retenha a umidade no interior das paredes das fibras (DEMARCHI, 2010, p. 42).

7.3. Compósitos

Com o avanço tecnológico “as propriedades exigidas aos materiais convencionais sofreram alterações levando ao aparecimento de materiais capazes de responder aos requisitos pretendidos das novas tecnologias”. (VENTURA, 2009, p.3).

Shigue (2007) define materiais compósitos por “classe de materiais compostos por uma fase contínua (matriz) e uma fase dispersa (reforço ou modificador), contínua ou não, cujas propriedades são obtidas a partir da combinação das propriedades dos constituintes individuais (regra da mistura)”.



FIGURA 2 - Classificação de compósitos

FONTE: SILVA, 2013, p. 1

Como pode-se observar na FIGURA 2, compósitos são divididos baseados no material utilizado para reforço, sendo eles: Reforçados com partículas, Reforçados com Fibras e Estrutural.

7.3.1. Compósitos Reforçados com Partículas

Os Compósitos reforçados com partículas são divididos em duas subclasses: as com partículas grandes e as reforçadas por dispersão, tendo como principal distinção entre elas o mecanismo de aumento de resistência ou reforço (RENATO, 2013).

Para a maioria desses compósitos, a fase partícula é mais dura e mais rígida do que a matriz. “A matriz transfere parte da tensão aplicada às partículas, as quais suportam

uma fração da carga. O grau de reforço ou melhoria do comportamento mecânico depende de uma ligação forte na interface matriz-partícula”, diz Callister (1999, p. 384).

Um compósito com partículas grandes que nos é familiar e muito conhecido pelo seu imenso uso é o concreto, que é composto por cimento (a matriz), e areia e brita (os particulados). De acordo com Callister (1999, p. 384) “os enchimentos modificam ou melhoram as propriedades do material e/ou substituem parte do volume do polímero por um material mais barato”.

Para um reforço eficaz, as partículas devem ser pequenas e devem estar distribuídas por igual ao longo de toda a matriz. Ainda, a fração volumétrica das duas fases influencia o comportamento (CALLISTER, 1999, p. 385).

Quanto aos compósitos reforçados com partículas dispersas (dispersão), a fase dispersa pode ser metálica ou não metálica; os materiais à base de óxidos são usados com frequência. O mecanismo de aumento de resistência envolve interações entre as partículas e as discordâncias na matriz, como ocorre com o endurecimento por precipitação (RENATO, 2013).

7.3.2. Compósitos Reforçados com Fibras

Renato (2013) define compósitos reforçados com fibras por “materiais onde a fase dispersa se encontra na forma de fibras e tecnologicamente são os compósitos mais importantes”. Ainda de acordo com ele, “esses materiais são utilizados a fim de obter altas resistência ou rigidez em relação ao seu peso e são subclassificados de acordo com o comprimento das suas fibras”.

As características mecânicas de um compósito reforçado com fibras não dependem somente das propriedades da fibra, mas também do grau segundo o qual uma carga aplicada é transmitida para as fibras pela fase matriz. (CALLISTER, 1999).

De acordo com Callister (1999, p. 388) “as respostas mecânicas desse tipo de compósito dependem de diversos fatores, que incluem os comportamentos tensão-deformação das fases fibra e matriz, as frações volumétricas das fases e, a direção na qual a tensão ou carga é aplicada”.

A eficiência de reforço desses materiais, geralmente é menor, comparada com a classe de compósito de Fibras Contínuas, mas eles estão se tornando cada vez mais importantes no mercado comercial. (RENATO, 2013).

Esses compósitos com fibras curtas podem ser produzidos com melhora nos módulos de elasticidade e limites de resistência à tração que se aproximam de 90% e 50%, respectivamente, dos seus análogos com fibras contínuas. (CALLISTER, 1999, p. 592).

Normalmente, quando a orientação da fibra é aleatória, são usadas fibras curtas e descontínuas. Sob essas circunstâncias, pode ser utilizada uma expressão da “regra das misturas” para o módulo de elasticidade. (RENATO, 2013).

Para resumir, então, os compósitos fibrosos alinhados são inerentemente anisotrópicos, no sentido de que a resistência e o reforço máximos são obtidos ao longo da direção do alinhamento (longitudinal). Na direção transversal, o reforço com fibras é virtualmente inexistente: a fratura ocorre normalmente em níveis de tensões de tração relativamente baixos. Para outras orientações de tensão, a resistência do compósito se encontra entre esses extremos. (CALLISTER, 1999, p. 393.)

Características mecânicas dependem propriedades das fibras e também de como uma carga aplicada é distribuída pelo material. Um certo comprimento crítico de fibra é necessário para que exista um efetivo aumento da resistência do material compósito (RENATO, 2013).

As Orientações influenciam significativamente sobre a resistência e sobre outras propriedades dos compósitos reforçados com fibras. (RENATO, 2013)

Callister (1999, p. 388) diz que a “melhor combinação geral das propriedades dos compósitos é obtida quando a distribuição das fibras é uniforme.”

7.3.3. Compósitos Estruturais

De acordo com Callister (1999, p. 404) “um compósito estrutural é composto cujas propriedades dependem não somente das propriedades dos materiais constituintes, mas também do projeto geométrico dos vários elementos estruturais. Ainda segundo ele, “existem dois tipos de compósitos estruturais: Compósitos Laminares e Painéis em Sanduiche.”

Callister (1999, p. 404) diz que um “compósito laminar é composto por folhas ou painéis bidimensionais que possuem uma direção preferencial de alta resistência, tal como encontrado na madeira e em plásticos reforçados com fibras contínuas e alinhadas. “

Além disso, os laminados também podem ser construídos empregando-se materiais na forma de tecidos, tais como o algodão, o papel, ou fibras de vidro trançadas, os quais são inseridos no interior de uma matriz de plástico”. (CALLISTER, 1999, p. 404).

Compósitos estruturais formados por painéis em sanduíches são constituídos por Folhas externas que tem maior resistência e por uma espécie de recheio que tem uma menor resistência e densidade. (RENATO, 2013).

Os painéis em sanduíche são encontrados em uma ampla variedade de aplicações, dentre as quais telhados, pisos e paredes de prédios; e em aeronaves: nas asas, na fuselagem e nos revestimentos do leme horizontal (CALLISTER, 1999, p. 405).

7.3.4. Fase Matriz

A fase matriz de compósitos com fibras pode ser feita a partir de metais, polímeros ou cerâmicas. Em geral, de acordo com Callister (1999, p. 395) “os metais e os polímeros são usados como materiais da matriz, pois é desejável alguma ductilidade, já os compósitos com matriz à base de cerâmica, o componente de reforço é adicionado para melhorar a tenacidade à fratura”.

Como já abordado anteriormente, a fibra vegetal pode ser retirada de várias partes da planta, sendo assim, uma utilização progressiva do material lignocelulósicos.

“É crescente o interesse na utilização de materiais lignocelulósicos, principalmente de fibras vegetais (sisal, juta, coco, banana, curauá), como reforço em compósitos de matriz termofixa e/ou termoplástica”. (TITA *et al*, 2002, p. 228).

Tendo como consequência desse avanço a utilização de produtos com menor impacto ambiental, a fibra vegetal agrega vantagens para sua utilização. “Compósitos reforçados com fibras naturais, que também utilizam matrizes biodegradáveis, são considerados os materiais menos agressivos ao meio ambiente e podem ser compostados ao final de sua utilização”. (MARINELLI *et al*, 2007, p. 96).

Razera (2006) entende que,

os compósitos podem ser reforçados por fibras de tal forma que ambas, fibras e matriz, conservem suas identidades químicas e física e, ainda, produzam uma combinação de propriedades que não podem ser conseguidas com um dos constituintes agindo sozinho. Em geral, as fibras são os principais membros de transporte de cargas, enquanto as cercanias da matriz as mantém na localização e direção desejada, agindo como um transportador médio de carga e protegendo as fibras de danos ambientais (RAZERA *apud* MALLICK, 1988).

Razera ainda enfatiza quanto à reatividade química, que além de ser um material proveniente de recursos renováveis conforme já comentado, possuem também grupos funcionais capazes á reações, que possibilitam instaurar fortes interações entre a fibra e a matriz. Sendo elas: hidroxilas, ácidos carboxílicos, éter, ligação insaturada entre carbonos, anéis furfurílicos e fenólicos.

É bem conhecido que a compatibilidade do material lignocelulósico com a matriz possui um papel fundamental na determinação das propriedades do compósito. Os materiais lignocelulósicos possuem grupos hidroxila polares na superfície devido predominantemente à celulose e à lignina, sendo que estes grupos polares têm grande facilidade em interagir com matrizes poliméricas polares, como no caso de resinas fenólicas. (PAIVA *et al*, 1999, p. 170)

De acordo com Tita *et al* (2002, p. 229), “a estrutura e natureza da interface fibra-matriz desempenha um papel importante nas propriedades mecânicas e físicas dos materiais compósitos, porque é através desta interface que ocorre a transferência de carga da matriz para a fibra.”

E para deixar a ligação entre a fibra e a matriz mais ideal possível, métodos físicos e químicos, com diferentes resultados obtidos costumam ser utilizados, com o objetivo principal de intensificar o processo entre os mesmos. (TITA *et al*, 2002).

Dentre estes, pode-se destacar a modificação química da fibra por reações químicas, com a utilização de agentes de acoplamento para modificar a natureza química da fibra, que posteriormente irá interagir com a matriz polimérica. Os métodos físicos de modificação da fibra mais conhecidos são: plasma e descarga elétrica (corona, ar ionizado). (TITA *et al*, 2002).

Sendo também utilizados outros tratamentos que tem como objetivo alcançar a melhoria da resistência da fibra e adesão de compósito reforçado por fibras naturais, relata Silva (2011).

7.4. Técnicas de Caracterização

Para caracterização de fibras, foco desse trabalho, além de outros materiais, como os compósitos, existe uma série de ensaios e análises possíveis, que podem se referir a “propriedades mecânicas, elétricas, bioatividade, imunogenicidade, eletrônicas, magnéticas, ópticas, químicas, térmicas e até mesmos a combinação de 2 ou mais destas propriedades” de determinado material. (MANSUR *et al*, 2005). Nesse trabalho, foram selecionados quatro ensaios, sendo esses de tração, absorção de água, degradação térmica e microscopia óptica, conforme breve descrição a seguir.

7.4.1. Resistência à Tração

Segundo Rocha *et al* (2014, p.1) “a tração trata-se da utilização de um corpo sobre o qual são exercidos esforços com sentidos opostos, tracionando-o”. Os autores ponderam ainda que em um ensaio de tração o corpo de prova é submetido a um esforço ou cargas que são mensuradas na própria máquina. Este esforço/carga tende a alongar o corpo de prova ou esticá-lo até à ruptura.

De acordo com Costa (2000, p. 4) os ensaios de tração são realizados em corpos de prova de dimensões padronizadas por normas nacionais e internacionais, sendo que para a escolha da dimensão padronizada do corpo de prova também deve ser levada em consideração a capacidade da máquina de tração, disponível para a realização do ensaio.

7.4.2. Degradação Térmica

Quanto à degradação térmica, compreendida pela análise térmica, Rodrigues e Marchetto (2014, p. 1) dizem que a definição usualmente aceita para análise térmica

foi originalmente proposta pelo Comitê de Nomenclatura da Confederação Internacional de Análises Térmicas (ICTA) sendo, subseqüentemente, adotada tanto pela União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) quanto pela Sociedade Americana de Testes de Materiais (ASTM).

Para os autores, a análise térmica é um termo que abrange um grupo de técnicas nas quais uma propriedade física ou química de uma substância, ou de seus produtos de reação, é monitorada em função do tempo ou temperatura, enquanto a temperatura da amostra, sob uma atmosfera específica, é submetida a uma programação controlada.

Além disso, relatam que “a análise térmica tem seu campo de atuação voltado ao estudo de: processos como catálises e corrosões, propriedades térmicas e mecânicas como expansão térmica e amolecimento, diagramas de fase e transformações”.

7.4.3. Microscopia óptica

No século XVI, após a construção do microscópio, elaborado a partir do aperfeiçoamento da lupa, tem-se início a microscopia óptica. Com o passar do tempo, foram surgindo tipos de microscópios, onde atualmente, existem os microscópios compostos e os simples.

De acordo com Gaspar (2006, p. 313), “o microscópio óptico composto é obtido através da associação de uma lupa (microscópio simples) a outra lente convergente”.

No caso dessa pesquisa o objetivo da microscopia óptica é ampliar a estrutura que compõem as fibras de bananeira, propiciando na verdade, uma visão da microestrutura desse material, que poderão revelar a porosidade, organização, falhas, e outras características do material que tem relação com a resistência à tração dos corpos de prova.

7.4.4. Absorção de água

É um ensaio realizado para averiguar qual a grau de absorção de água de um material dentro de uma faixa de tempo. Esse pode ser exposto à umidade ou a meio aquoso. Esse grau dependerá da polaridade material, da habilidade de desenvolver ligações de hidrogênio, da cristalinidade, do grau de entrecruzamento de um material, entre outros fatores.

No caso das fibras vegetais, esse grau é aumentado dado à natureza hidrofílica destas fibras, aumentando essa capacidade. Dependendo da intensidade com que acontece essa absorção, o material pode sofrer perda de estabilidade dimensional e modificações nas propriedades mecânicas. (RAZERA, 2006, p. 39).

8. Metodologia

As fibras utilizadas nos ensaios serão extraídas manualmente de três pseudocaules de bananeiras da variedade Caturra (*Musa Sapientum*) coletadas na cidade de Corupá, nordeste de Santa Catarina, no primeiro semestre de 2015. As fibras extraídas serão caracterizadas quanto à resistência à tração, à absorção de água, à degradação térmica e a estrutura da fibra, conforme normas e estudos já realizados.

Os ensaios serão realizados nos laboratórios de Química I e II do IFSC – Câmpus Jaraguá do Sul. Os processos desde a extração da fibra até suas análises estão descritos na FIGURA 3.

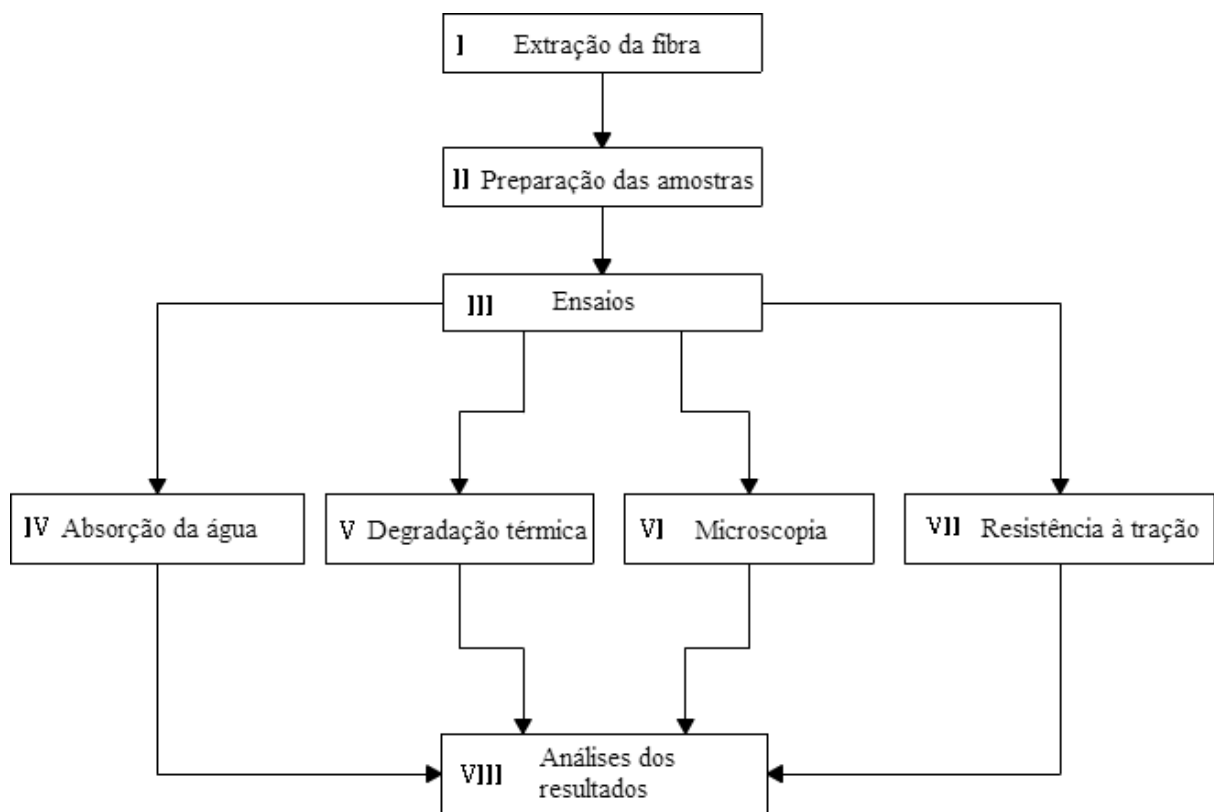


FIGURA 3 - Fluxograma das etapas da pesquisa.

FONTE: Elaborada pelo grupo.

A etapa I, que se trata do processo de extração das fibras, será adaptado de Becker *et al* (2010) conforme citado na página 10. O Corte do pseudocaule será realizado em três partes verticais de 0,5 m, isto é, dividindo-o em ponto inferior, mediano e superior, como mostra a FIGURA 4.

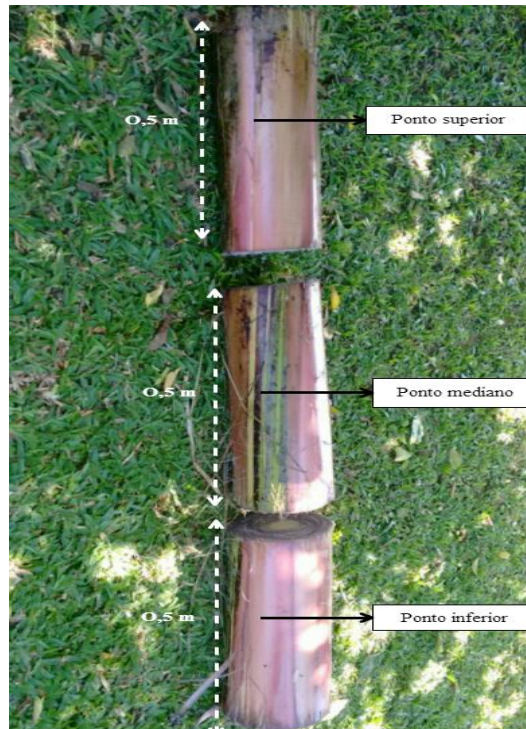


FIGURA 4 – Corte horizontal do pseudocaul

FONTE: Imagem do grupo.

Do ponto mediano serão extraídas as fibras da camada externa, intermediária e interna, como indica a FIGURA 5, pois é o ponto onde o pseudocaul apresenta diâmetro mais homogêneo. Do ponto superior e inferior serão extraídas as fibras da camada interna do pseudocaul, pois de acordo Banna *et al* (2011, p.2), essas são as fibras que apresentam os melhores resultados em outra variedade da fruta, a São Tomé.



FIGURA 5 – Bainhas do pseudocaul

FONTE: Imagem do grupo.

Em seguida, serão descamadas as bainhas do mesmo, de onde serão extraídas os couros, isto é, tiras da capa (a região mais externa da bainha), indicada na FIGURA 6.

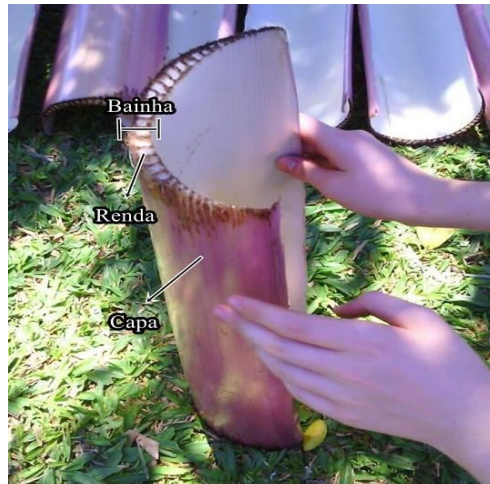


FIGURA 6 – Bainha de pseudocaulo de bananeira

FONTE: Imagem do grupo.

Para a preparação das amostras (parte II), essas palhas serão limpas com água, para a remoção de detritos, como indicado por Becker (2010). Em seguida, serão desfiadas com garfo e escova de aço, como mostra FIGURA 7, resultando assim no tipo de fibra utilizada no presente estudo. O processo de desfibragem indicado a seguir será o adotado pelo grupo.



FIGURA 7 - Processo de desfibragem manual

Fonte: GARAVELLO; MARTIRANI, 1999 *apud* SBRT, 2009.

Após a extração, a preparação das fibras segue com a secagem das amostras, que será feita em estufa, à 35° C durante 7 dias, como sucedido por Demarchi (2010).

Feita a extração das fibras, iniciam-se os ensaios (etapa III), tendo como referência normas técnicas e estudos similares.

Como já mencionado, as fibras serão extraídas de três pseudocaulis, sendo cinco pontos por pseudocaulis. Para os ensaios de tração, serão utilizadas cinco amostras de cada ponto, para conferir aos resultados maior confiabilidade, pois, como para outras fibras vegetais, que se apresentam em sua maioria heterogêneas, pressupõe-se que o desvio padrão das fibras em análise será relativamente elevado.

Os demais ensaios, isto é, a absorção de água, a degradação térmica e a microscopia serão realizados em triplicata, totalizando, com os de resistência à tração, 185 ensaios.

Para análise microscópica o grupo adotará sua própria metodologia, devido a falta de metodologias/normas que se aplicam à caracterização microscópica da fibra da bananeira Caturra. Os ensaios de resistência à tração e degradação térmica serão realizados conforme as normas atuais para fibras da Sociedade Americana de Testes de Materiais (ASTM). Quanto aos ensaios de absorção de água, o grupo adotará uma adaptação de Toledo Filho (1997), método esse utilizado para fibras vegetais.

Por fim, tendo em vista que o emprego de fibras vegetais em compósitos tem a intenção de melhorar as suas propriedades mecânicas, realizadas as análises, objetiva-se relacionar os dados dos demais ensaios aos da resistência à tração visando compreender a influências dessas características as propriedades mecânicas da fibra de bananeira.

9. Cronograma

Atividades \ Período	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho
Aprofundamento da revisão bibliográfica	X	X	X			
Extração e preparação das fibras de Bananeira		X	X			
Realização dos ensaios			X	X		
Análise dos dados				X		
Redação da 1ª versão do trabalho					X	
Redação da versão final					X	
Apresentação do trabalho de conclusão do conectando saberes.						X

REFERÊNCIAS

- AQUINO, Regina Coeli Martins Paes. “*Desenvolvimento de compósitos de fibras de piaçava da espécie Attalea Funifera Mart e matriz de resina poliéster*”. Campos dos Goitacazes - RJ.2003.
- BANNA, Wassim Raja El, *et al.* *Fibras de bananeira como material de engenharia*, 2011. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sexoestec/art1984.pdf>>. Acesso em 11/10/2013.
- BARBOSA, Anderson de Paula. *Características estruturais e propriedades de compósitos poliméricos reforçados com fibras de buriti*, 2011. Tese de doutorado apresentada ao Centro de Ciência e Tecnologia, da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Engenharia e Ciência dos Materiais. Disponível em: <http://uenf.br/pos-graduacao/engenharia-de-materiais/files/2013/07/Tese-de-doutorado-_fibras-de-Buriti_.pdf>. Acesso em 14/11/2014.
- BASTOS, Daniele Cruz. *Estudo da redução da hidrofiliabilidade de filmes biodegradáveis de amido de milho termoplástico com e sem reforço de fibra de bananeira através do tratamento por plasma de SF6*. Rio de Janeiro, RJ. 2010.
- BECKER, Daniela. PIMENTEL, Amanda Souza Oliveira. SCALICE, Regis Kovacs. *Análise de impacto ambiental da confecção de fibras de bananeira*, 2010. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STP_123_795_16163.pdf>. Acesso em 28/10/2014.
- BIOMATERIAIS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÃO. 1ed. Rio de Janeiro: Editora Cultura Médica, 2005, v. 1, p. 185-236. Disponível em: <<http://www.biomaterial.com.br/capitulo7part01.pdf>>. Acesso em 09/11/2014.
- BREMBERGER, Hanna de Lemos; LEBRÃO, Guilherme Wolf. *Caracterização mecânica e estética de compósitos de poliéster com fibras de sisal, juta e kenaf*, 2014. Disponível em: <www.maua.br/arquivos/index/h/a3b4c59da1b3f9fbd5d3dd40b66cdec3>. Acesso em 14/11/2014.
- CALLISTER, William D. *Ciência e engenharia de materiais: Uma introdução*. Salt Lake City, Utah: LTC, 1999.
- COSTA, Fernando Febeliano da. *Tração*. São Paulo, 2010. Apostila- Técnico em Mecânica, Centro Paula Souza. Disponível em: <http://www.etepiracicaba.org.br/cursos/apostilas/mecanica/3_ciclo/ensaios_tecnologicos.pdf>. Acesso em: 16/11/14.
- CUNHA, Danúbia Vigarani. *Eco- Design Pesquisa e desenvolvimento mobiliário*. Blumenau, 2007.
- DEMARCHI, Carlos Alberto. *Aplicabilidade de placas de fibra de bananeira: Produção, Caracterização e Absorção sonora*, 2010. Disponível em <<http://www.uel.br/pos/enges/dissertacoes/57.pdf>>. Acesso em 28/10/2014.

FERIOTTI, Danyelle de Godoy. *Proposta de aproveitamento de do pseudocaule da Bananeira (Musa Cavendish)*, 2010. Disponível em: <www.maua.br/arquivos/.../h/4f552d3fb7bcadd00057948a357031bb>. Acesso em 02/11/2014.

FIBRENAMICS. “*Fibras naturais*”. 2012. Disponível em: <<http://www.fibrenamics.com/pt/pages/project>>. Acesso em: 20/10/14.

FONSECA, Alessandra de Souza. “*Caracterização tecnológica das fibras do estipe de desmoncus polyacanthos mart*”. Lavras- MG, 2012.

FRANCO, Francisco José Patrício. “*Aproveitamento da fibra do epicarpo do coco babaçu em compósito de matriz epóxi : Estudo do efeito do tratamento da fibra*”. Natal-RN, 2010.

GASPAR, Alberto. *Física, Série Brasil*. São Paulo, São Paulo: Editora Ática, 2006.

GOMES, Thiago Santiago. “*Obtenção e avaliação das propriedades mecânicas e térmicas de compósitos a base de polietileno de alta densidade e fibras de bananeira*”. Rio de Janeiro-RJ, 2010.

MANSUR, H. S. ; PEREIRA, Marivalda ; ORÉFICE, Rodrigo . Cap. 7 - *Técnicas de Caracterização de Materiais*. In: Rodrigo Oréfice; Herman Mansur; Marivalda Pereira. (Org.).

MARINELLI, Alessandra L; MONTEIRO, Marcos R; AMBRÓSIO, José D. *Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma Contribuição para a Sustentabilidade Amazônica*. 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v18n2/a05v18n2>>. Acesso em 27/10/2014.

MATTOSO, Luiz Henrique Cappareli *et al.* “*Utilização de fibras vegetais para reforço de plásticos*”. São Paulo- SP. 2014.

MOTA, Rui Carlos de Souza *et al.* *Análise de viabilidade técnica de utilização da fibra de bananeira com resina sintética em compósitos*. Campina Grande, PB. 2010.

MUNICIPIO DE CORUPÁ. *Fundação do Município*, 2014. Disponível em: <<http://www.corupa.sc.gov.br/cms/pagina/ver/codMapaItem/28281#.VG8l6jQ71Tk>>. Acesso em 17/11/2014.

OLIVEIRA, Felipe Lima de. “*A adição de fibras vegetais na composição dos Polímeros com ênfase no Polipropileno adicionado à Fibra de Sisal*”. São Paulo- SP. 2009. Disponível em: <<http://fateczl.edu.br/TCC/2009-2/tcc-151.pdf>>. Acesso em: 07/11/14.

PAIVA, Jane M. F; TRINDADE, Wanderson G; FROLLINI, Elisabete. *Compósitos de Matriz Termofixa Fenólica Reforçada com Fibras Vegetais*. 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v9n4/6200.pdf>> Acesso em 26/10/2014.

RAZERA, Ilce Aiko Tanaka. *Fibras lignocelulósicas como agente de reforço de compósitos de matriz fenólica e lignofenólica*, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/.../75131/tde-25102007-105313/en.php>> Acesso em 25/10/2014.

Reforçadas com Fibras de Bagaço de Cana-de-açúcar, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/po/v12n4/a05v12n4.pdf>> Acesso em 26/10/2014.

RENATO, Francisco. *Compósitos. Trabalhos Feitos*. Abril/ 2013. Disponível em: <<http://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Compositos/72557.html>>. Acesso em: 13/10/2014.

ROCHA, Adilson Lino Edna et al. *Tração*. Montes Claros, 2009. Apostila- Engenharia Civil, Faculdades do Norte de Minas – Funorte / Soebras. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABbyoAJ/tracao>>. Acesso em: 16/11/14.

SBRT. *Fio de fibra de bananeira*, 2009. Disponível em: < www.respostatecnica.org.br>. Acesso em 12/11/2014

SCALICE, Régis Kovacs. *Projeto de Equipamentos Modulares para o Processamento de Fibra de Bananeira*. Joinville – SC. 2009. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/regis/materiais/Manual_do_Engenheiro_Chefe_v03.pdf>. Acesso em 21/11/2014.

SEBRAE. *Banana*, 2008. Apostila- estudos de mercado SEBRAE/SPM.

SHIGUE, Carlos Y. *Materiais compósitos – Introdução. Deemar USP*. 04/12/2007. Disponível em: <http://www.demar.eel.usp.br/compositos/notas_aula.html> Acesso em 13/10/2014.

SILVA, Celso Júlio da. *Processamento de Polímeros*. 15/04/2013. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFvJkAJ/processamento-polimeros>>. Acesso em 13/10/2014.

SILVA, Leando José. “*Estudo experimental e numérico das propriedades mecânicas de compósitos poliméricos laminados com fibras vegetais*”. São João Del Rei- MG. 2011.

SILVA, Rafael et al. *Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósito*. Maringá- PR. 2009.

SOARES, Graça Maria Oliveira. *Oficina de fibra de bananeira*, 2000. Disponível em <http://www.nandeva.org/sites/default/files/paginas/anexos/fibras_bananeira.pdf>. Acesso em 28/10/2014.

SOUSA, Milena Correa de. Et. Al. *Materiais Compósitos com Matriz Cerâmica*. Ebah. Março/2011. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABouwAK/materiais-compositos-com-matriz-ceramica>>. Acesso em 28/10/2014.

TITA, Sandra P. S; PAIVA, Jane M. F; FROLLINI, Elisabete . *Resistência ao Impacto e Outras Propriedades de Compósitos Lignocelulósicos: Matrizes Termofixas Fenólicas*

VENTURA, Ana Mafalda F.M. *Os Compósitos e a sua aplicação na Reabilitação de Estruturas metálicas*, 2009. Disponível em:<http://www.scielo.oces.mctes.pt/scielo.php?pid=S0870-83122009000200003&script=sci_arttext>. Acesso em 01/11/2014.