



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS DE MARABÁ
FACULDADE DE ENGENHARIA DE MATERIAIS**

CAMILA YURI NEGRÃO KONNO

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE COMPÓSITOS DE MATRIZ
POLIMÉRICA REFORÇADOS COM RESÍDUO SÓLIDO “PÓ DO BALÃO”
COM E SEM FIBRA DO CAROÇO DO AÇAÍ.**

MARABÁ-PA

2013

CAMILA YURI NEGRÃO KONNO

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE COMPÓSITOS DE MATRIZ
POLIMÉRICA REFORÇADOS COM RESÍDUO SÓLIDO “PÓ DO BALÃO”
COM E SEM FIBRA DO CAROÇO DO AÇAÍ.**

**Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do grau
de Bacharel em Engenharia de
Materiais, Campus de Marabá,
Universidade Federal do Pará.
Orientador: Prof. Esp. Márcio Paulo
de Araújo Mafra.**

MARABÁ-PA

2013

Ficha catalográfica

CAMILA YURI NEGRÃO KONNO

**CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DE COMPÓSITOS DE MATRIZ
POLIMÉRICA REFORÇADOS COM RESÍDUO SÓLIDO “PÓ DO BALÃO”
COM E SEM FIBRA DO CAROÇO DO AÇAÍ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado para obtenção do
grau de Bacharel em Engenharia
de Materiais, Campus de Marabá,
Universidade Federal do Pará.
Orientador: Prof. Esp. Márcio
Paulo de Araújo Mafra.

_____/_____/_____

Conceito: _____
Banca Examinadora

Prof. Esp. Márcio Paulo Araújo Mafra
Orientador – UFPA

Prof. Me. Luís Fernando Nazaré Marques
Examinador – UFPA

Prof. Dr. Ednaldo Texeira
Examinador – UFPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Janete e Toshio, à minha madrinha Betânia, aos meus tios Marcelo, Margareth e Uile, além dos meus “irmãos” Eduardo, Bianca e Brenda e à minha prima Letícia.

AGRADECIMENTOS

- Primeiramente agradeço à Deus. Aos meus pais, por ter incentivado nos estudos desde o início. Aos meus familiares, em especial, meus tios Betânia, Marcelo, Margareth e Uile, que desempenharam papel importante na minha formação.
- Aos meus colegas de turma, principalmente à minha “pré-banca de avaliação” composta por amigas especiais e inesquecíveis, Juliana, Juliana, Katiane e Rafaela. Com enfoque à Juliana dos Santos por ser minha co-orientadora, co-autora e co-produtora.
- Aos meus colegas Mário Eduardo, Milton Adalberto e Kérlon Klayo pela disponibilidade e auxílio ao longo da confecção deste trabalho.
- Aos professores da FEMAT, especialmente Luis Fernando pelo apoio e ajuda sempre que solicitado e Márcio Mafra pela disponibilidade e orientação.
- Aos técnicos e funcionários da UFPA.
- À população de Marabá e região pela receptividade.
- E a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

RESUMO

A destinação adequada de resíduos, de modo geral, é um dos maiores desafios das indústrias da atualidade. Na indústria siderúrgica, cerca de 74% do resíduo sólido “pó do balão” depositados em localidades indevidas, acarretando em graves problemas ambientais, com os quais o setor deve lidar. Por outro lado, na indústria alimentícia, toneladas de resíduos decorrentes do processamento de açaí são geradas por ano sem fim propício. Diferentes métodos têm sido estudados para a utilização desses resíduos. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo desenvolver e realizar a caracterização mecânica de compósitos com matriz de resina poliéster insaturada, reforçada por “pó do balão” e compósitos híbridos reforçados com o resíduo siderúrgico e fibras do mesocarpo do caroço do açaí, tendo para os dois tipos, amostras com 15g, 20g, 25g e 30g de pó e, para os híbridos, quantidade fixa de 20g de fibra. Resultados indicam que o resíduo siderúrgico possui desempenho potencial como reforço na resina utilizada, e para os híbridos, melhorias nas propriedades mecânicas não foram observadas.

PALAVRAS-CHAVE: Compósitos poliméricos, pó de balão, fibra de açaí, caracterização mecânica.

ABSTRACT

The adequate destination of residues, generally is one of the largest challenges of the industry today. In the steel industry, about 74% of solid waste "powder flask" deposited in improper locations, resulting in severe environmental problems, with which the industry must deal with. Moreover, in the food industry, tons of waste arising from açai process are generated annually endless conducive. Different methods have been studied for the use of such waste. Accordingly, this work had as objective develop and mechanical characterization of composites with unsaturated polyester resin as matrix, reinforced by "powder flask" and hybrid composites reinforced with the siderurgical residue and fiber of mesocarp of the lump of açai, and for both types, samples of 15g, 20g, 25g and 30g of powder and, for hybrids, fixed amount of 20g of fiber. Results indicate that siderurgical residue has potential performance as a reinforcement in the resin employed, and for hybrids, improvements in the mechanical properties were not observed.

KEY-WORDS: Polymeric composites, poder flask, lump of açai, mechanical characterization.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Diagrama esquemático das reações durante o processo de cura de resinas de poliéster insaturado.....	19
FIGURA 2: Fluxograma da metodologia básica da parte prática do trabalho.....	21
FIGURA 3: Amostra de pó do balão.....	22
FIGURA 4: Amostra de fibras do caroço do açai.....	22
FIGURA 5: Molde metálico para a moldagem dos compósitos.....	24
FIGURA 6: Placas de compósito produzidos: a) compósitos particulados com reforço de pó de balão; b) compósitos híbridos com reforço de pó de balão e fibra de açai.....	24
FIGURA 7: Prensa hidráulica utilizada para a moldagem por compressão.	25
FIGURA 8: Dimensões do corpo de prova.....	25
FIGURA 9: Amostras preparadas para os ensaios de flexão, a) compósito polimérico reforçado apenas com pó do balão; b) compósito polimérico reforçado com pó do balão e fibras de açai.....	26
FIGURA 10: Máquina universal EMIC DL 10kn realizando ensaio de flexão.	26
FIGURA 11: Microdutômetro digital proceq.....	27
FIGURA 12: Endentações no corpo de prova.....	27
FIGURA 12: Resistência à flexão dos compósitos particulados em função do peso em massa de reforço.....	29
FIGURA 13: Resistência à flexão dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.....	30
FIGURA 14: Força de ruptura dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.....	31
FIGURA 15: Força de ruptura dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.....	32
FIGURA 16 - Microdureza dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.....	34
FIGURA 17-Microdureza dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.....	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: FAIXA DE COMPOSIÇÃO GERAL DO PÓ DO BALÃO.....	20
TABELA 2: QUANTIDADE EM MASSA DE PÓ, TANTO PARA PLACAS COM QUANTO PARA PLACAS SEM FIBRAS.	23
TABELA 3: PRINCIPAIS PROPRIEDADES MECÂNICAS OBTIDAS PELO ENSAIO DE FLEXÃO DOS COMPÓSITOS PARTICULADOS.	28
TABELA 4: PRINCIPAIS PROPRIEDADES MECÂNICAS OBTIDAS PELO ENSAIO DE FLEXÃO DOS COMPÓSITOS HÍBRIDOS.....	28
A TABELA 5 APRESENTA OS RESULTADOS OBTIDOS, PARA FORÇA DE RUPTURA E TENSÃO DE RUPTURA, A PARTIR DOS ENSAIOS DE FLEXÃO E SEUS DESVIOS PADRÕES PARA AS AMOSTRAS DE COMPÓSITOS PARTICULADOS E HÍBRIDOS, VARIANDO NA CARGA PARTICULADA EM GRAMAS.	33
TABELA 5: VALORES DE MICRODUREZA VICKERS DOS COMPÓSITOS PRODUZIDOS DE ACORDO COM OS REFORÇOS.....	33
TABELA 6: PERCENTUAIS DE CADA ELEMENTO ENCONTRADO PELA ANÁLISE.	36

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	11
2 – OBJETIVOS.....	13
2.1 – OBJETIVO GERAL	13
2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 – MATERIAIS COMPÓSITOS.....	14
2.1.2 – Compósitos Poliméricos	14
2.1.2.1 – Compósitos poliméricos reforçados por partículas ou compósitos	15
2.1.2.2 – Compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais.	16
2.1.2.3 – Compósitos híbridos.....	17
2.1.3 – Matriz Poliéster Para Compósitos.....	17
2.1.4 – Agentes de cura.....	18
2.1.5 – Pó do balão	19
2.1.6 – Fibra do açaí	20
3 – MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1 – MATRIZ POLIMÉRICA.....	21
3.2 – PÓ DO BALÃO	21
3.3 – FIBRAS DE AÇAÍ	22
3.4 – CONFECÇÃO DOS COMPÓSITOS.....	22
3.5 – CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA ENSAIOS DE FLEXÃO	25
3.6 – ENSAIOS MECÂNICOS	26
3.6.1 – Ensaio de flexão	26
3.6.2 – Ensaio de microdureza	27
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1 – QUANTO À RESISTÊNCIA À FLEXÃO.....	28
4.2 – QUANTO À FORÇA DE RUPTURA	31
4.3 – QUANTO À MICRODUREZA.....	33
4.4 – QUANTO À ANÁLISE QUÍMICA DO PÓ.....	35
2.1.7 – Análise no EDS.....	35
5 – CONCLUSÃO	37
6 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	38
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1 – INTRODUÇÃO

À medida que o mundo evolui, a questão ambiental está sendo discutida de maneira cada vez mais ampla, de tal forma que o interesse em se utilizar o natural no lugar do sintético tem crescido significativamente. Com isso, as pesquisas na área de novos materiais ambientalmente corretos, tanto no que diz respeito à matéria-prima e processamento quanto ao funcionamento e degradabilidade dos mesmos, tem se tornado necessário, especialmente os materiais compósitos que estão em destaque.

Neste sentido, a junção de propriedades através dos materiais compósitos adquiriu tamanha importância que o futuro de sua aplicação está baseado no desenvolvimento de novos compósitos, constituídos de um sistema de materiais pela mistura ou combinação de dois ou mais constituintes diferindo em forma e/ou composição química e que sejam essencialmente insolúveis entre si. [1]

Por outro lado cerca de 74% do resíduo sólido “pó do balão” do processo siderúrgico são depositados a céu aberto nos pátios das empresas, ocasionando a contaminação de solo e água locais, e a falta de políticas e diretrizes para o gerenciamento de resíduos sólidos industriais constitui um dos problemas ambientais mais graves, com o qual o setor siderúrgico tem se deparado nos últimos tempos. [2]

No que diz respeito à poluição, decorrente da produção de ferro gusa, por exemplo, são feitos estudos sobre meios de tornar esse resíduo, de modo a ser aplicável, tanto na indústria siderúrgica ou como um insumo para outras indústrias, dando ao mesmo um destino adequado. Desta forma, reduz custos para as empresas e torna a produção menos poluente e mais eficiente, para minimizar o prejuízo econômico e ambiental. [3]

Além disso, nas últimas décadas, a importância das fibras naturais como aditivos ou reforços para produtos poliméricos tem aumentado significativamente, devido aos fatores como o alto preço das fibras sintéticas e à busca crescente por materiais de baixo custo, que sejam provenientes de fontes renováveis e biodegradáveis, que possuam boas propriedades mecânicas e térmicas, e minimizem os danos ambientais. Assim, devido a esta

nova tendência mundial, muitos estudos têm sido realizados para a utilização destas fibras em indústrias de materiais, construção civil, automobilística e aeronáutica. [1]

No entanto, apesar de ser uma fonte de material orgânico renovável, este resíduo representa, atualmente, um grave problema ambiental [4;5]. Para se ter uma ideia, somente na cidade de Belém são comercializados de 100.000 a 120.000 toneladas de frutos de açaí por ano, o que gera cerca de 300 toneladas por dia de lixo orgânico constituído de caroço [4]. E para reduzir o lixo, diferentes métodos têm sido estudados para a utilização do resíduo da agroindústria do açaí, como a sua utilização para geração de energia [6;7], e para produção de adubo [8].

E dada a necessidade desses estudos, a proposta deste trabalho é produzir uma série de compósitos utilizando o pó do balão como reforço e outra utilizando, além do resíduo siderúrgico, fibras do mesocarpo do caroço do açaí, realizar caracterização mecânica em amostras de cada tipo de compósito produzido, analisar e comparar os resultados averiguando as possíveis aplicações dos compósitos obtidos.

2 – OBJETIVOS

2.1 – OBJETIVO GERAL

Desenvolver e realizar a caracterização mecânica de compósitos a base de resina poliéster insaturada, reforçada por pó de balão (resíduo da lavagem de gases envolvidos no processo siderúrgico) e compósitos híbridos reforçados com o resíduo e fibras do mesocarpo do caroço do açaí.

2.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar as propriedades mecânicas dos compósitos confeccionados a partir dos ensaios de flexão e microdureza para diferentes teores de pó;
- Avaliar e comparar os resultados obtidos;
- Levantar possíveis aplicações para os compósitos obtidos;

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – MATERIAIS COMPÓSITOS

Compósitos são materiais resultantes da combinação de dois ou mais componentes sendo que um forma a fase contínua, ou seja, a matriz, e os demais funcionam como reforço (fase descontínua) que pode ser denominado de carga. Essa mistura, como consequência, apresenta a junção das propriedades individuais destes componentes.

“Uma filosofia-chave na seleção de materiais compósitos é de que eles devem fornecer o ‘melhor dos dois mundos’, ou seja, as propriedades atraentes de cada componente.” (SHACKELFORD, 2008, p. 315).

Desta forma, as combinações e as faixas das propriedades dos materiais foram, e ainda são ampliadas pelo desenvolvimento de materiais compósitos. Assim, de maneira geral, um compósito pode ser como qualquer material multifásico que exibe uma proporção significativa das propriedades de ambas as fases que o constituem, de modo tal que é obtida uma melhor combinação judiciosa de dois ou mais materiais distintos. [10]

Além disso, os compósitos podem ser classificados a partir do tipo de matriz: metálica, cerâmica ou polimérica. Existe também, uma variedade de compósitos que ocorrem na natureza, como a madeira, formada por fibras de celulose resistentes e flexíveis, que são envolvidas e mantêm-se unidas por meio de uma matriz de lignina. [11]

Neste trabalho, serão discutidos acerca dos compósitos poliméricos, os quais serão explanados a seguir, com observações sobre os compósitos poliméricos reforçados por partículas ou compósitos particulados, por fibras naturais e os compósitos híbridos. Além disso, falaremos sobre a matriz poliéster para compósitos, os agentes de cura, e finalmente sobre o pó do balão e a fibra do açaí como reforço em materiais compósitos, que é o tema deste trabalho.

2.1.2 – Compósitos Poliméricos

Em compósitos produzidos com matriz polimérica, a fase contínua é, normalmente, constituída por uma resina termofixa do tipo poliéster insaturada (ortoftálica, tereftálica isoftálica ou bisfenólica), dissolvida em solvente reativo com o estireno ou ainda uma resina éster vinílica ou epóxi. Já o reforço pode

ser feito com partículas, fibras ou lâminas. Vale ressaltar que a escolha de cada componente difere de acordo com a finalidade da pesquisa realizada e a aplicação requerida. Assim, na elaboração deste tipo de compósito, ocorre um processo de cura, que pode ser definido basicamente pelo endurecimento da resina e união definitiva de seus componentes. [12]

“Propriedades como leveza, flexibilidade, durabilidade, resistência e adaptabilidade, transformam os compósitos poliméricos nos materiais do futuro” (SILVA, R. V. da, 2010)

2.1.2.1 – Compósitos poliméricos reforçados por partículas ou compósitos particulados.

Os compósitos Particulados são constituídos por partículas de um ou mais materiais dispersos numa matriz de outro material, podendo ser não metálicos e/ou metálicos, com variedade nas possibilidades de combinação.

E os compósitos reforçados com partículas apresentam, em sua maioria, uma fase particulada mais dura e mais rígida do que a matriz. De tal forma que as partículas de reforço tendem a restringir o movimento da fase matriz na vizinhança de cada partícula. Além disso, o grau de ligação na interface matriz – partícula, a proporção entre eles e a uniformidade da distribuição do reforço na matriz interferem no comportamento mecânico do produto final. [13]

Neste contexto, ressalta-se que as cargas tendem a aumentar a viscosidade da resina e, geralmente, são misturadas a mesma junto com corantes e pigmentos. Outra utilidade das cargas vale lembrar, que, em quantidades adequadas, podem reduzir os efeitos da contração das resinas durante a cura [14.]. Assim, as cargas inertes geralmente diminuem a resistência ao impacto e muitas vezes contribuem para a maior propagação de trincas, diminuindo também a resistência à fadiga [15]. Por outro lado a presença de cargas pode melhorar algumas propriedades da matriz polimérica como, por exemplo, estabilidade dimensional, menor retração no resfriamento durante o processamento e maior temperatura de distorção térmica.

Conseqüentemente, muitos estudos tem sido desenvolvidos no que diz respeito à incorporação de resíduos sólidos em materiais compósitos, proporcionando a expansão de sua utilização em vários segmentos da indústria. Como exemplos, tem-se estudos sobre resíduos sólidos oriundos da

indústria calçadista como agregado para concreto que permitiu associar leveza à função de vedação da alvenaria comum, [16], sobre a utilização de cargas minerais em materiais industriais alternativos, tendo como uma das principais vantagens, a redução de custo benefício, e sobre concretos poliméricos fabricados com areia pura e areia servida (rejeito de fundições) verificando-se acréscimos na resistência à flexão e na tenacidade da fratura.

2.1.2.2 – Compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais.

Compósitos poliméricos reforçados por fibras naturais estão em destaque nos estudos nas últimas décadas, visto que a preocupação em preservar o meio ambiente é cada vez mais evidente.

Dessa forma, observa-se que, em trabalhos realizados neste sentido, o uso das fibras naturais em materiais compósitos poliméricos se torna promissor para a indústria, tanto pelo fator econômico, quanto pelo fator ambiental, além da geração de renda para comunidades produtoras. Em consequência, dependendo da composição e de tratamentos realizados nas fibras, elas podem somar boas propriedades mecânicas ao compósito, de tal forma que, são cotadas a ser estudadas e usadas como elementos de reforço às matrizes poliméricas.[17]

Vale ressaltar que o uso de fibras naturais tem como principais vantagens: o baixo custo; baixa abrasividade; atoxicidade, baixa densidade; baixo consumo de energia; propriedades mecânicas e termoacústicas adequadas. Além disso, este tipo de fibra apresenta algumas vantagens sobre as sintéticas, as quais referem-se aos aspectos ecológicos e sociais, em razão da reciclabilidade e biodegradabilidade e do aumento da qualidade de vida dos habitantes de regiões onde é realizado o cultivo [18]

A título de informação, tem-se como exemplos de trabalhos sobre fibras naturais utilizadas como reforço em matriz polimérica: “Comportamento Mecânico e Características Estruturais de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras Contínuas e Alinhadas de Curauá” [19] e “Propriedades de Compósitos de Tecido de Juta Descartado Reforçando Matriz de Polietileno Reciclado” [20].

2.1.2.3 – Compósitos híbridos.

Compósitos híbridos são materiais produzidos pela combinação de dois ou mais tipos de carga em uma única matriz. Nesses, o uso de fibras ou cargas híbridas possibilita a combinação de propriedades que muitas vezes não podem ser obtidas utilizando somente um dos reforços individualmente. [21] “*Os híbridos possuem melhor combinação global de propriedades do que os compósitos que contém um único tipo de reforço*”. (CALLISTER, 2008, p. 445) [10]

Trabalhos com compósitos híbridos tem sido realizados de maneira que novos materiais neste ramo estão sendo testados para aplicação posterior. A fibra de coco, por exemplo, no contexto de materiais compósitos, é a mais famosa, estudada e já aplicada no mercado, no trabalho de Silva, R. V; 2010, [22] no qual foi desenvolvido um compósito híbrido combinando a fibra de coco com a fibra de vidro, onde verificou-se que o laminado híbrido mostrou maior ductilidade devido ao efeito de descolamento e escorregamento da fibra de coco, que é um indicativo de fraca aderência interfacial fibra/matriz. Há ainda a associação de um bom desempenho mecânico a um baixo custo obtidos pelo compósito, aplicações em painéis, reservatórios e divisórias, em substituição aos compósitos apenas com fibras de vidro ou à madeira.

Outro exemplo é o estudo que também vem sendo realizado com fibra de juta, fazendo um composto híbrido com adição de fibra de vidro obtendo uma camada de juta e uma de fibra de vidro, e um compósito só de juta para poder então realizar um estudo comparativo, como descreve o trabalho de Penha, 2006 [23]. A partir dessa pesquisa, foi constatado melhor rendimento do composto híbrido em relação ao composto normal.

2.1.3 – Matriz Poliéster Para Compósitos

Os grupos funcionais que caracterizam os ésteres são elementos fundamentais em suas cadeias moleculares do poliéster. Estes resultam da reação de condensação de moléculas de um poliálcool com outras de um ácido poli carboxílico. Assim, dependendo do tipo do ácido policarboxílico empregado, o poliéster pode resultar em um termoplástico ou termofixo [24]. E quando o ácido em questão é um diácido saturado, o resultado é um éster saturado, onde as ligações entre os átomos de carbono da cadeia são simples.

Porém, se for insaturado, forma-se um pré-polímero, em que ligações simples e duplas interceptam os átomos de carbono. Ressalta-se que o pré-polímero é diluído num monômero vinílico inibido para facilitar sua estocagem e posterior utilização. Vale lembrar ainda que, inicialmente, o sistema encontra-se no estado líquido e após a adição de um agente de cura, as ligações duplas no pré-polímero são ativadas e o monômero vinílico polimeriza formando “pontes” entre as cadeias do pré-polímero se solidificando e formando uma estrutura termofixa irreversível, reticulada e infusível. [24;25]

2.1.4 – Agentes de cura

As resinas de poliéster são fornecidas ao moldador na forma de um líquido viscoso o qual se transforma em um sólido rígido infusível (termorrígido) por meio de uma reação química exotérmica de polimerização ou cura promovida por um catalizador. [26]

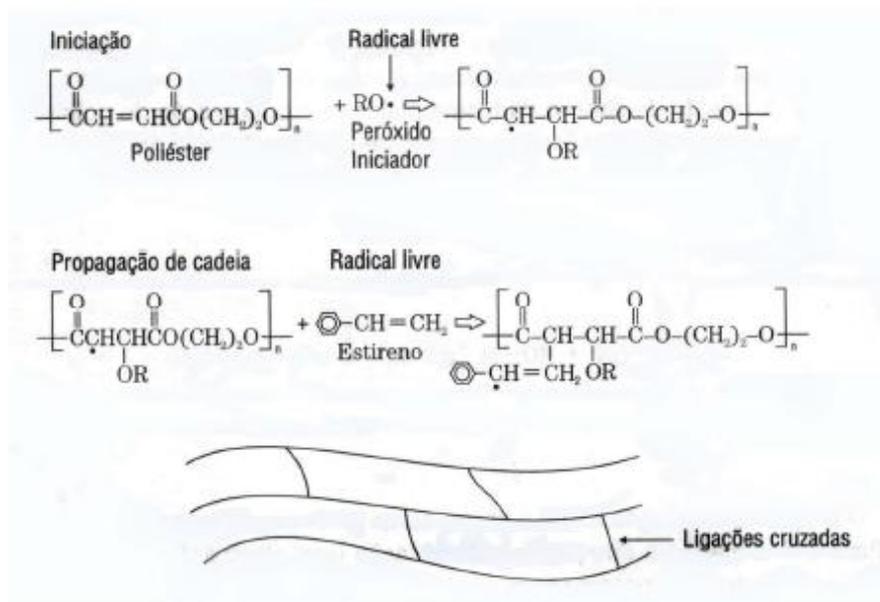
Assim, os "agentes de cura" são os catalizadores que proporcionam a polimerização adequada para cada tipo de resina, diferindo na composição de acordo com as características desta e processos de diferentes de cura.

Os radicais livres deste atacam as insaturações do poliéster ou nos monômeros de baixa massa molar, estireno, por exemplo, para iniciar a reação de polimerização de cadeia, a qual dá origem um copolímero estireno-poliéster, formando assim uma rede tridimensional termorrígida, conforme a Figura 1.

Para cura à temperatura ambiente, o catalisador mais utilizado é o peróxido de metil-etil-cetona (MEKP), utilizado juntamente com os aceleradores naftenato de cobalto (CoNap), ou Dimetilnilina (DMA), na proporção de 0 a 0,3 % em massa. Ressalta-se que esse peróxido de MEKP é, na realidade, uma mistura de peróxidos, que possibilita variar a reatividade do produto modificando as proporções de cada componente. Assim, as resinas de poliéster insaturado são comercializadas com acelerador de tal forma que o sistema reativo seja obtido pela mistura pré-acelerada com o catalisador. Nesta mistura, a quantidade de acelerador, e catalisador controla a velocidade de reação e, portanto, o tempo de gel e a temperatura máxima atingida durante a reação. Portanto, na prática, sistemas de cura à temperatura ambiente não atingem cura total, sendo necessário efetuar uma pós cura, a uma determinada temperatura e em um determinado tempo para completar a reação. [26]

Finalmente, deve-se esclarecer que o catalizador MEKP (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*), utilizado neste trabalho, não possui fórmula quimicamente definida, sendo conhecido comercialmente como uma mistura de vários peróxidos e hidroperóxidos. Assim a diferença de atividade entre os iniciadores se dá pela diferença de proporção desses peróxidos e hidroperóxidos, que varia de fabricante para fabricante.

Figura 1: Diagrama esquemático das reações durante o processo de cura de resinas de poliéster insaturado.



Fonte: [27]

2.1.5 – Pó do balão

O sistema de limpeza de gases no processo de fabricação do ferro gusa gera um resíduo sólido conhecido como pó de balão, que pode ser considerado um subproduto do processo siderúrgico. Ele é recolhido em um coletor gravitacional denominado como balão de pó durante o processo de lavagem de gás de alto forno com a finalidade de reutilização do mesmo. É importante notar que a composição deste pó varia de acordo com a matéria prima usada. Desta forma, a faixa de composição geral desse pó está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Faixa de composição geral do pó do balão.

Fe %	C %	SiO ₂ %	CaO%
25 – 40	40 – 45	5 – 7	2 – 4

Fonte: [28]

Conseqüentemente, pesquisas para a destinação adequada deste resíduo estão sendo elaboradas. Como exemplo, estudos voltados para a utilização do resíduo na agricultura e na indústria cerâmica, sendo que, para a primeira aplicação, este é utilizado diretamente no solo para a plantação de milho e para a segunda, é incorporado à massa de argila, auxiliando na coloração dos tijolos, devido à quantidade existente de óxidos de ferro nos resíduos e contribuindo com um ganho energético de até 50% no processo. Outros trabalhos são desenvolvidos visando a reutilização do pó no processo siderúrgico, com a confecção de pellets. [3]

2.1.6 – Fibra do açaí

A palmeira *Euterpe oleracea* Mart., conhecida como açazeiro, pode ser considerada como a palmeira de maior importância econômica, social e cultural da região Norte do Brasil[29;30], onde o Estado do Pará se destaca como o maior produtor e consumidor [31]. Segundo o IBGE [32], o Brasil produziu em 2005, aproximadamente, 105.000 toneladas de frutos de açaí, sendo que cerca de 90% deste volume corresponde aos resíduos gerados após o processamento agroindustrial do fruto. [1]

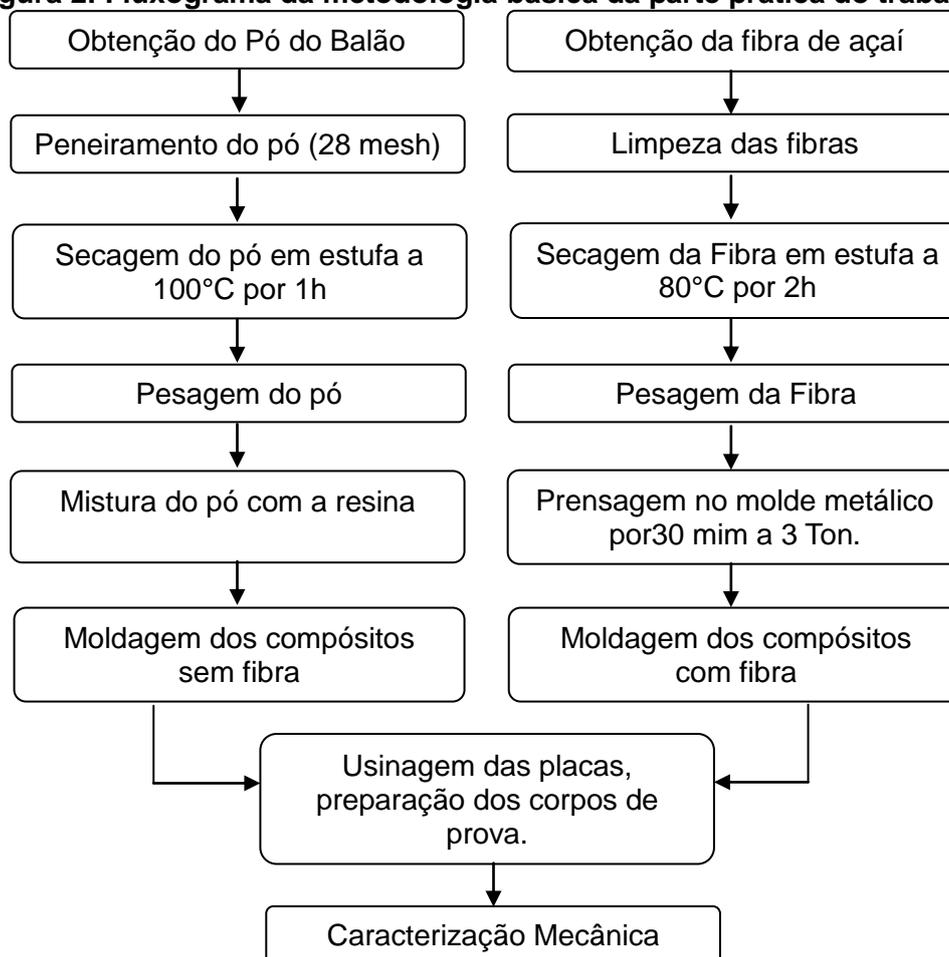
Por outro lado, os resultados do comportamento térmico da fibra e do caroço sugerem que as fibras de açaí podem ser utilizadas industrialmente, em áreas como a indústria automobilística e de materiais, como estão sendo usadas as fibras de sisal e coco para reforço em materiais compósitos. Além disso, o resíduo gerado pela agroindústria do açaí, a fibra e o caroço, também poderão ser usados para a produção de energia. Assim, a alternativa para a utilização do caroço é seu uso como biocombustível na forma de briquetes. [6; 7]

Dessa forma, diferentes métodos têm sido investigados para a utilização do resíduo da agroindústria do açaí, como a sua utilização para geração de energia [6; 7], para produção de adubo [8] e para extração de antioxidante. [1]

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma apresentado na Figura 2, ilustra a metodologia básica empregada para a realização das práticas essenciais para a elaboração deste trabalho.

Figura 2: Fluxograma da metodologia básica da parte prática do trabalho.



Fonte: Autora, 2013

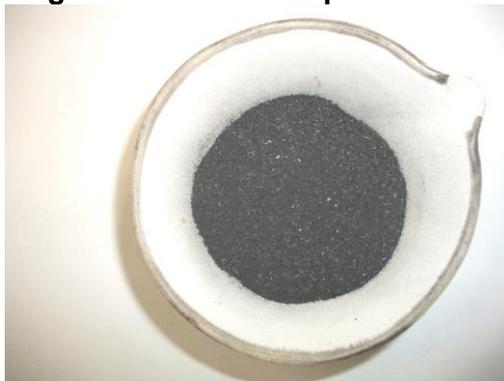
3.1 – MATRIZ POLIMÉRICA

Para a resina poliéster GAMA 313, insaturada do tipo ortoftálica pré-acelerada e reticulada com estireno, fabricada pela Embrapol, utilizou-se o catalisador MEK-P (Metil-Etil-Cetona) com 1% de concentração.

3.2 – PÓ DO BALÃO

O pó do balão adquirido para a execução deste trabalho foi doada pela empresa Sinobrás, peneirada em uma peneira de 28 mesh e colocado para diminuição de umidade durante uma hora em estufa a 100°C. A Figura 3 apresenta uma amostra deste material.

Figura 3: Amostra de pó do balão.



Fonte: Autora, 2013

3.3 – FIBRAS DE AÇAÍ

Fibras curtas de açaí foram obtidas a partir de caroços de açaí já processados para a retirada de polpa. Foram lavadas em água corrente para retirada de impurezas e restos de casca e colocadas em estufa para secagem por duas horas a 80°C. O aspecto geral destas fibras estão ilustradas pela Figura 4.

Figura 4: Amostra de fibras do caroço do açaí.



Fonte: Autora, 2013

3.4 – CONFECÇÃO DOS COMPÓSITOS

Compósitos, que variavam a quantidade de pó de acordo com a Tabela 2, com quantidade fixa de fibra de açaí, 20 gramas para cada quantidade de pó, resultaram em quatro compósitos híbridos, e sem fibra formando quatro outros compósitos, porém estes classificados como particulados.

Tabela 2: Quantidade em massa de pó, tanto para placas com quanto para placas sem fibras.

Varição de peso em massa de resíduo (g)
15
20
25
30

Fonte: Autora, 2013

O resíduo siderúrgico foi pesado nas quantidades requeridas, já citadas acima, e para cada uma foram feitas duas placas poliméricas, uma com fibra e outra sem fibra. Cada quantidade de pó do balão foi misturada manualmente com a resina e o catalizador, utilizando-se um molde metálico (Figura 5) de dimensões internas de 140 x 170 x 3 mm para dar formato e dimensões desejadas aos compósitos, untado com cera de carro como desmoldante.

Os compósitos sem fibra (Figura 6.a) não precisaram de grande prensagem, de modo que a mistura foi despejada no molde, o qual foi fechado com pequenas compressões manuais.

Para os compósitos com fibra (Figura 6 b), utilizando-se o mesmo molde de aço, foi feita uma pré-moldagem, prensando-as por trinta minutos a três toneladas na prensa hidráulica (Figura 7) apenas com as fibras (20 g) para diminuição do volume e melhor manuseio. Após esta etapa, a mistura de pó com resina e catalizador foi despejada, pouco antes do ponto de gelificação da matriz, no molde com as fibras e prensadas na mesma prensa a oito toneladas por oito horas.

Todas as placas foram submetidas à pós-cura por 48 horas a 80°C, para posterior usinagem dos corpos de prova.

Figura 5: Molde metálico para a moldagem dos compósitos.



Fonte: Autora, 2013

Figura 6: Placas de compósito produzidas: a) compósitos particulados com reforço de pó de balão; b) compósitos híbridos com reforço de pó de balão e fibra de aço.



Fonte: Autora, 2013

Figura 7: Prensa hidráulica utilizada para a moldagem por compressão.



Fonte: Autora, 2013

3.5 – CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA ENSAIOS DE FLEXÃO

As oito placas de compósito, sendo quatro híbridas e quatro particuladas, foram usinadas, para os ensaios, seis corpos de prova de cada placa totalizando quarenta e oito, vinte e quatro para cada tipo de compósito. As dimensões dos corpos de prova recomendadas pela Norma ASTM D790 para o ensaio de flexão (Figura 8). A Figura 9 mostra exemplos de corpos de prova confeccionados.

Figura 8: Dimensões do corpo de prova.



Fonte: [33]

Figura 9: Amostras preparadas para os ensaios de flexão, a) compósito polimérico reforçado apenas com pó do balão; b) compósito polimérico reforçado com pó do balão e fibras de aço.



Fonte: Autora, 2013

3.6 – ENSAIOS MECÂNICOS

Para avaliação da influência do resíduo na composição do compósito nas propriedades mecânicas, foram realizados ensaios mecânicos de flexão e de microdureza.

3.6.1 – Ensaios de flexão

Os ensaios flexão foram conduzidos em uma máquina universal EMIC DL 10KN (Figura 10), em temperatura ambiente com uma velocidade de 1 mm/min tendo como base a norma ASTM D 790 [33].

Figura 10: Máquina universal EMIC DL 10KN realizando ensaio de flexão.



Fonte: Autora, 2013

3.6.2 – Ensaio de microdureza

Os ensaios de Microdureza foram realizados para determinar a dureza dos compósitos em questão. Foi utilizado um corpo de prova de cada composição diferente para realização do ensaio. As endentações foram feitas em um microdutômetro digital PROCEQ, modelo EQUOTIP 3 (Figura 11), com dispositivo de impacto D, com uma pré-carga de 10N e carga final de 50 N. Os testes foram realizados na direção vertical, resultando em seis endentações de maneira aleatória ao longo de cada corpo de prova, como mostra a Figura 12.

Figura 11: Microdutômetro digital PROCEQ.



Fonte: Autora, 2013

Figura 12: Endentações no corpo de prova.



Fonte: Autora, 2013

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – QUANTO À RESISTÊNCIA À FLEXÃO

As tabelas 3 e 4 apresentam os resultados obtidos, para força de ruptura e tensão de ruptura, a partir dos ensaios de flexão e seus desvios padrões para as amostras de compósitos particulados e híbridos, variando na carga particulada em gramas.

Tabela 3: Principais propriedades mecânicas obtidas pelo ensaio de flexão dos compósitos particulados.

Carga Particulada (g)	Força de Ruptura (N)	Desvio Padrão	Tensão Força de Ruptura (MPa)	Desvio Padrão
0	15,60	1,00	0,90	2,56
15	43,75	17,08	1,25	0,50
20	58,60	13,69	1,80	0,82
25	63,80	15,35	1,60	0,45
30	68,80	92,28	1,80	0,84

Fonte: Autora, 2013

Tabela 4: Principais propriedades mecânicas obtidas pelo ensaio de flexão dos compósitos híbridos.

Carga Particulada (g)	Força de Ruptura (N)	Desvio Padrão	Tensão Força de Ruptura (MPa)	Desvio Padrão
0	15,60	1,00	0,90	2,56
15	44,33	16,13	1,80	0,41
20	65,5	18,38	1,17	1,05
25	36,13	4,79	1,00	0,00
30	33,75	5,91	1,00	0,00

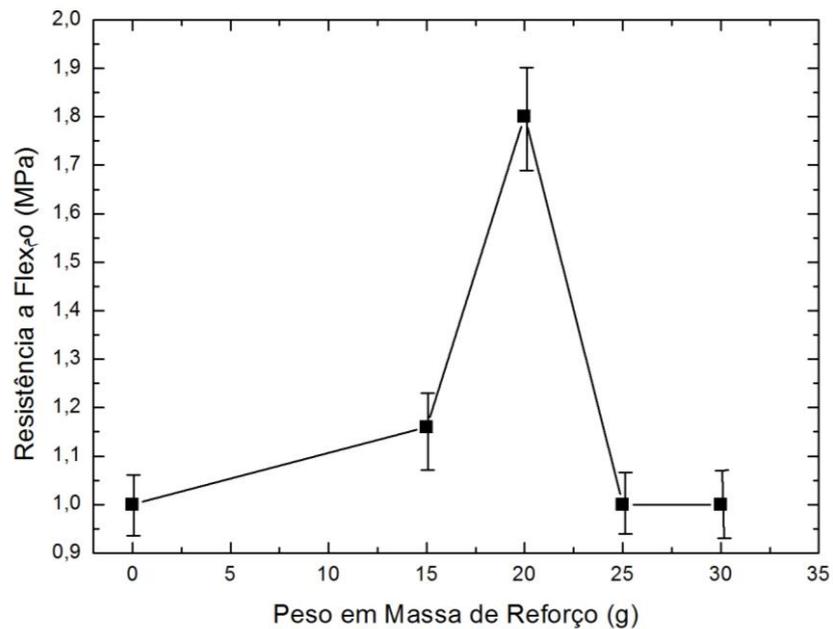
Fonte: Autora, 2013

Nas figuras 12 e 13 estão apresentados valores de resistência à flexão, obtidos pelos ensaios de flexão realizados nos compósitos reforçados por partículas do pó do balão e por fibras de açaí além do resíduo, respectivamente.

No primeiro caso, observa-se um aumento significativo na resistência dos compósitos com 20g de resíduo na sua composição a partir do valor atribuído para o que possui 15g e diminuição brusca entre os resultados obtidos pelos que possuem 20g e 25g. Por outro lado, nota-se uma pequena variação entre as resistências dos da resina sem reforço e o compósito que possui 15g de pó, e entre os valores obtidos pelos que contém 25g e 30g de resíduo na composição.

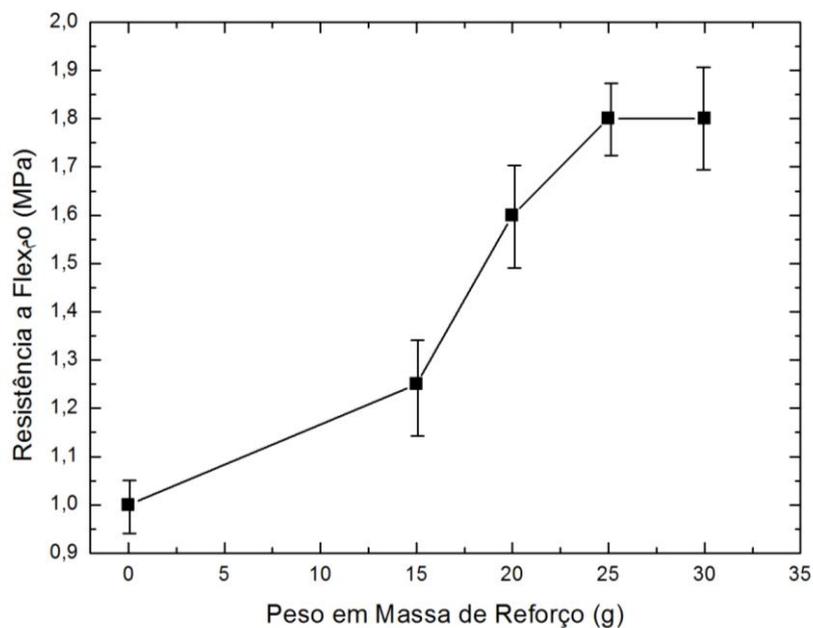
No segundo caso, foi percebida a diminuição drástica da resistência à flexão com relação ao primeiro caso. Nota-se o aumento dos valores obtidos de acordo com o peso em massa de rejeito na composição das amostras, destacando-se a maior variação entre os resultados dos que possuem 15g e 20g. A diferença entre os resultados obtidos na Figura 14 pode ser atribuída à incorporação das fibras de açaí aos compósitos reforçados apenas com o resíduo.

Figura 12: Resistência à flexão dos compósitos particulados em função do peso em massa de reforço.



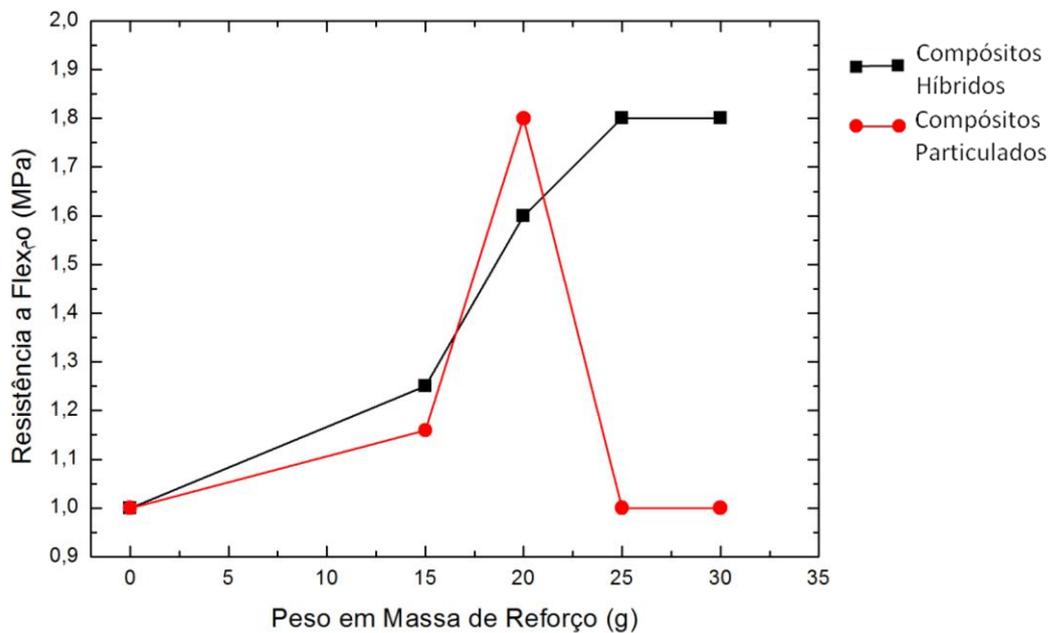
Fonte: Autora, 2013

Figura 13: Resistência à flexão dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.



Fonte: Autora, 2013

Figura 14: Comparação das resistências à flexão dos compósitos particulados e híbridos em função do peso em massa de reforço



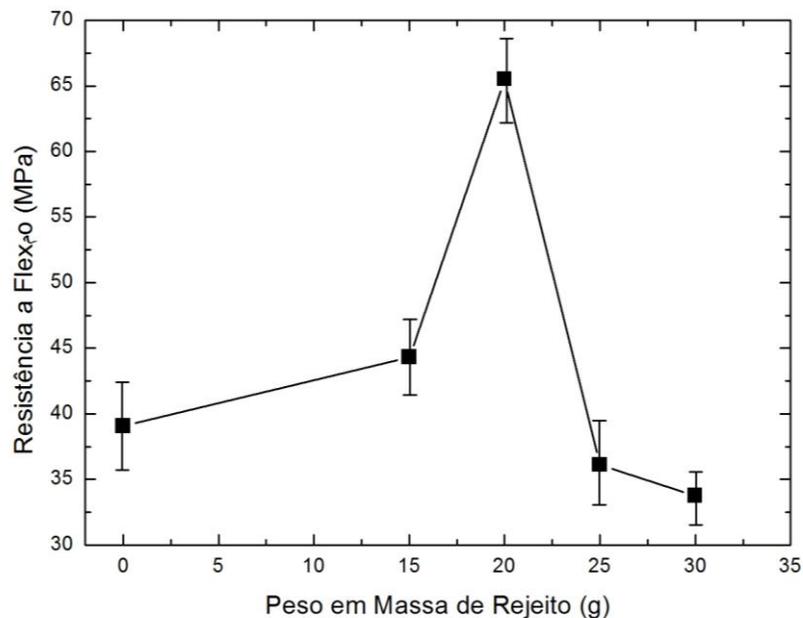
Fonte: Autora, 2013

4.2 – QUANTO À FORÇA DE RUPTURA

A Figura 15 representa graficamente os valores de força de ruptura resultantes dos ensaios de flexão para os compósitos sem fibra de açaí em sua composição. Destaca-se nesta figura, o aumento da força de ruptura nas composições que contém 0g a 20g em massa de resíduo e, a seguir, os valores sofrem decaimento brusco de 20g a 25g, e apresenta pouca variação entre os valores que representam os que contêm 25g e 30g.

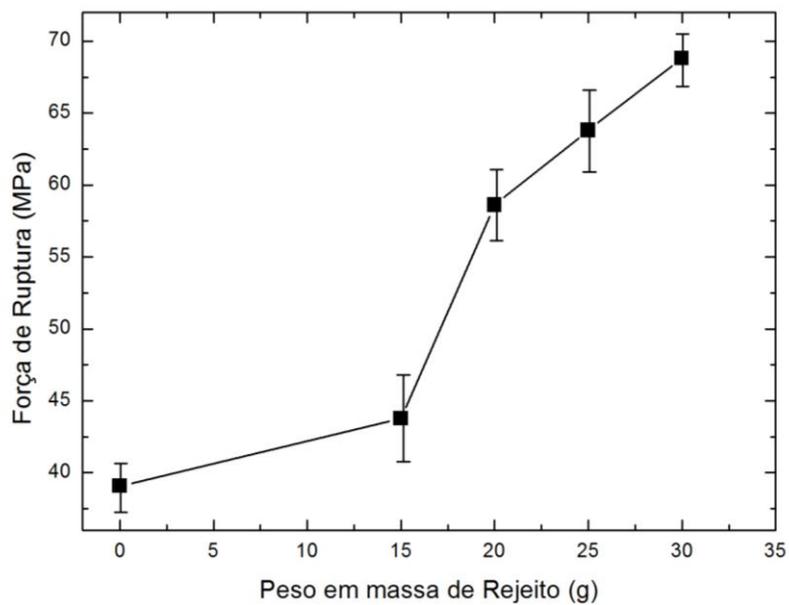
Na Figura 16 apresentam-se valores de força de ruptura para as amostras em que são incorporadas as fibras de açaí. Assim pode-se verificar um aumento significativo, com relação à figura anterior, para amostras que contém 25g e 30g de resíduo na sua composição, e pouca variação para as que possuem 15g e 20g. E, na Figura 17, mostra-se a comparação entre os resultados de força de ruptura dos compósitos particulados e híbridos em função do peso em massa de reforço.

Figura 15: Força de Ruptura dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.



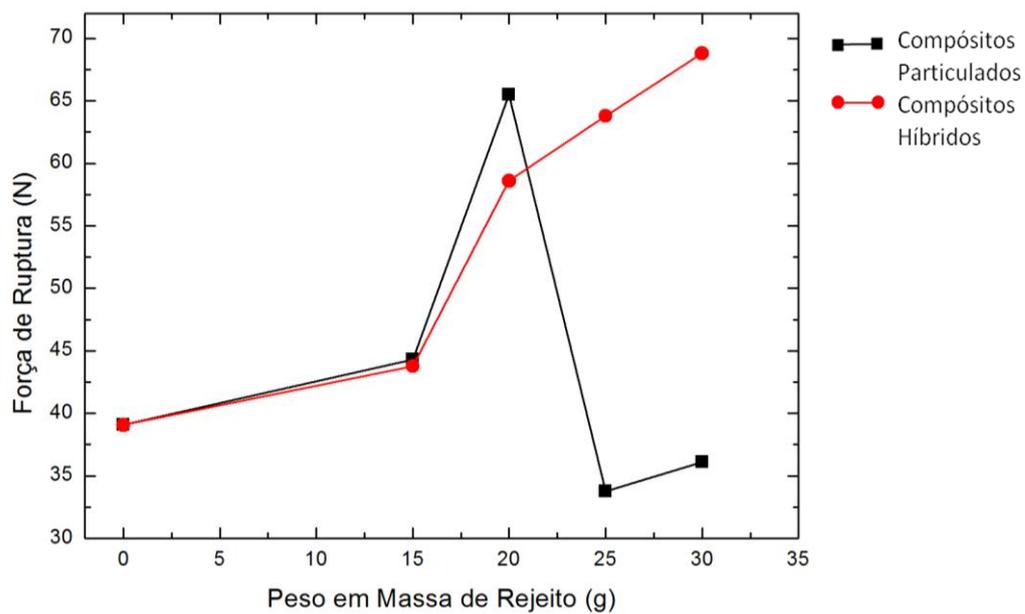
Fonte: Autora, 2013

Figura 16: Força de Ruptura dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.



Fonte: Autora, 2013

Figura 17: Comparação entre os resultados de força de ruptura dos compósitos particulados e híbridos em função do peso em massa de reforço.



Fonte: Autora, 2013

4.3 – QUANTO À MICRODUREZA

A tabela 5 apresenta os resultados obtidos, para força de ruptura e tensão de ruptura, a partir dos ensaios de flexão e seus desvios padrões para as amostras de compósitos particulados e híbridos, variando na carga particulada em gramas.

Tabela 5: Valores de microdureza Vickers dos compósitos produzidos de acordo com os reforços.

Variação de peso em massa de resíduo (g)	Microdureza dos compósitos sem fibra (HV)	Microdureza dos compósitos com fibra (HV)
15	606,33	383,50
20	652,83	515
25	592,17	452,67
30	685,50	428,67

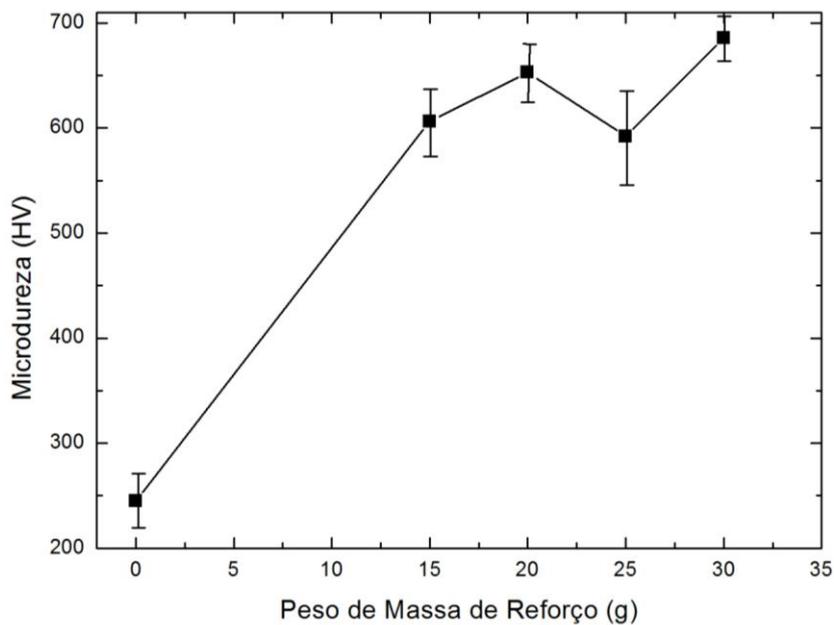
Fonte: Autora, 2013

A partir da representação gráfica dos valores encontrados pelos ensaios de microdureza dos compósitos particulados (Figura 18), nota-se que há um aumento significativo da dureza com relação à matriz sem reforço, para tanto observa-se que a adição desse tipo de reforço fragiliza a matriz e aumenta a dureza. Além disso, a variação entre os resultados desses compósitos é pouca, sendo que o compósito com a maior quantidade em gramas de resíduo (30g) apresenta o maior resultado, seguido pelo que possui 20g de pó em sua composição, havendo uma pequena diminuição nos valores, em relação aos outros compósitos, para os de 15g e 25g.

Já no gráfico que mostra os valores de microdureza Vickers para os compósitos híbridos (Figura 19), percebe-se a diminuição da dureza das amostras com relação aos resultados do gráfico anterior a presença das fibras de açaí, pode ter causado tal diminuição na dureza do mesmo modo que diminuindo a fragilidade do material. Destaca-se, neste caso, a dureza desse tipo de compósito com 20g em massa de resíduo, que aparece como pico ocorrendo a seguinte decaimento nos valores para composições com 25g e 30g de pó do balão.

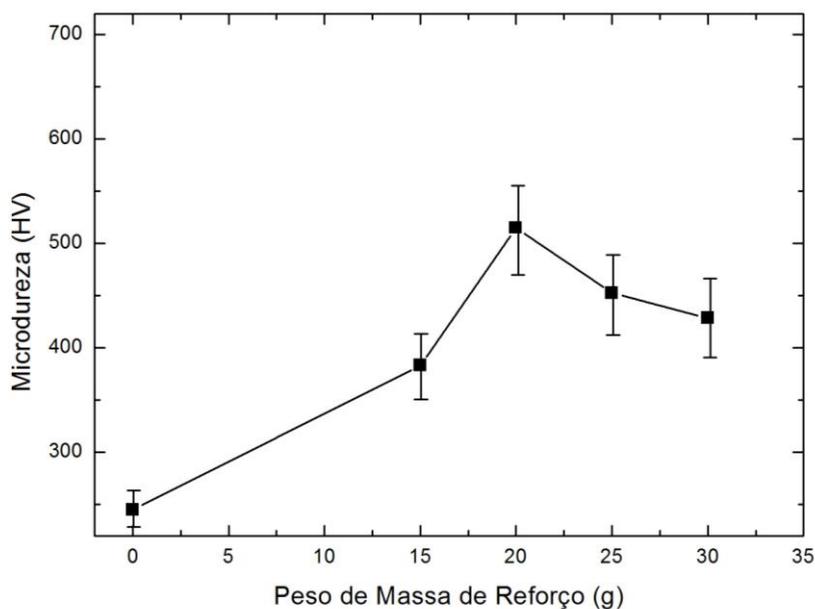
Na Figura 20, a comparação entre os gráficos de microdureza dos compósitos particulados e híbridos em função do peso em massa de reforço é apresentada.

Figura 18 – Microdureza dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.



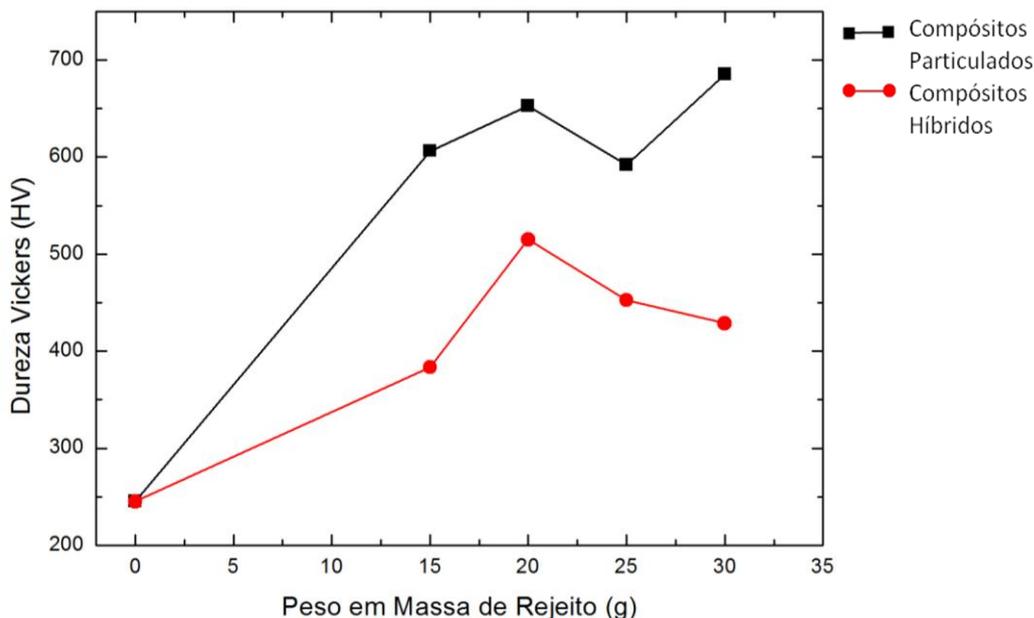
Fonte: Autora, 2013

Figura 19 – Microdureza dos compósitos híbridos em função do peso em massa de reforço.



Fonte: Autora, 2013

Figura 20 – Comparação entre os resultados de microdureza dos compósitos particulados e híbridos em função do peso em massa de ref orço.



Fonte: Autora, 2013

4.4 – QUANTO À ANÁLISE QUÍMICA DO PÓ

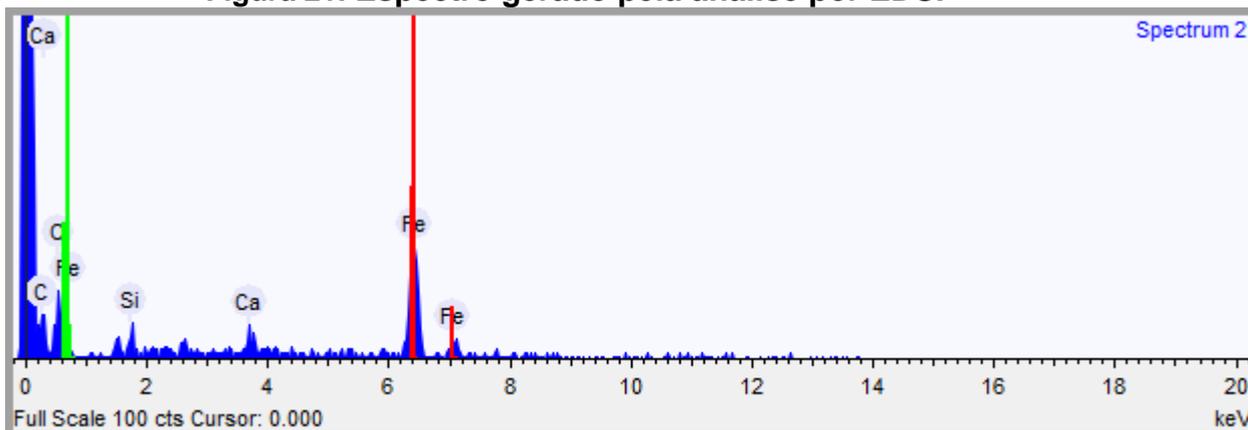
2.1.7 – Análise no EDS

A análise por EDS (energy dispersive x-ray detector) é essencial no estudo de caracterização microscópica de materiais. Quando o feixe de elétrons incide sobre um mineral, os elétrons mais externos dos átomos e os íons constituintes são excitados, mudando de níveis energéticos. Ao retornarem para sua posição inicial, liberam a energia adquirida a qual é emitida em comprimento de onda no espectro de raios-x. Um detector instalado na câmara de vácuo do MEV mede a energia associada a esse elétron. Como os elétrons de um determinado átomo possuem energias distintas, é possível, no ponto de incidência do feixe, determinar quais elementos químicos estão presentes naquele local e assim identificar em instantes que mineral está sendo observado.

Assim, este método permite, além da identificação mineral, permite o mapeamento da distribuição de elementos químicos por minerais, gerando mapas composicionais de elementos desejados.

Uma amostra de “pó do balão” foi analisada quimicamente por EDS, a Figura 21 mostra o espectro gerado e a Tabela 6 discrimina os percentuais de cada elemento encontrado pela análise.

Figura 21: Espectro gerado pela análise por EDS.



Fonte: Autora, 2013

Tabela 6: Percentuais de cada elemento encontrado pela análise.

Elemento	Peso %	Desvio Padrão	Porcentagem Atômica%
Carbono	43.328	2.554	68.630
Oxigênio	11.627	2.571	13.826
Silício	5.014	0.933	3.352
Cálcio	2.071	0.555	0.983
Ferro	37.959	2.209	12.932

Fonte: Autora, 2013

Os resultados obtidos por essa análise se mostraram de acordo com a faixa de composição geral do pó do balão encontrada na literatura.

5 – CONCLUSÃO

De acordo com a caracterização mecânica realizada nos compósitos obtidos, pôde-se notar que todos apresentaram aumento nos valores que representam as propriedades analisadas em relação à resina pura, exceto em relação à resistência à flexão. Vale ressaltar que, de modo geral, os compósitos que contém apenas o pó do balão como reforço apresentaram melhores resultados nos ensaios realizados.

Aparentemente, as fibras de açai conferem ao compósito propriedades inferiores às dos compósitos reforçados pelo pó do balão para composições que possuem até 20. Entretanto, vale lembrar que a dureza é uma propriedade inversamente proporcional à fragilidade, portanto, dados os resultados de dureza menores para os compósitos híbridos, atribui-se à incorporação da fibra ao compósito a diminuição da fragilidade do material, o que é uma característica interessante a ser observada.

Além disso, deve-se destacar o desempenho das placas com 20g em massa de rejeito, pois na maioria dos resultados obtidos para os compósitos particulados foi a composição que apresentou os melhores resultados, o que mostra melhores propriedades em relação às demais variações de peso em massa de rejeito. Com relação às placas de compósitos híbridos, a composição com 20g de pó também expressa propriedades que devem ser postas em evidência, uma vez que apresentou maiores variações positivas com relação aos compósitos com composição inferior, e os que possuíam maior peso em massa de rejeito mostraram pouca variação de propriedades entre os mesmos e em relação com as amostras híbridas com 20g de pó de balão.

No geral, os compósitos com 20g em massa do resíduo “pó do balão” apresentaram os melhores resultados gerados pela caracterização.

A partir dos resultados obtidos, pode-se sugerir aos compósitos produzidos e analisados aplicações em que a solicitação de dureza superficial seja alta, porém não ocorra a necessidade de altas resistências à flexão.

6 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar ensaios de impacto e absorção de água seguindo os procedimentos de confecção de placas explanados.
- Realizar estudos da biodegradabilidade dos compósitos obtidos.
- Desenvolver compósitos híbridos, com pó do balão, porém com outros tipos de fibras vegetais.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] MARTINS, M. A.; MATTOSO, L. H. C.; PESSOA, J. D. C. Comportamento Térmico e Caracterização Morfológica das Fibras de Mesocarpo e Caroço do Açaí (*Euterpe Oleracea* Mart.) Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 31, n. 4, p. 1150-1157, Dezembro 2009.
- [2] Herdy, T.; **Ferro-gusa pode ter produção mais limpa.** J. Gazeta Mercantil, 13/01/2001.
- [3] Telles, F. F. G.; ABREU, E. J.; *et all.* **Reutilização de Resíduos Finos Oriundos do Processo Siderúrgico.** In: 8º Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Uberlândia, Minas Gerais, 2009.
- [4] ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação.** Belém, Pará, 2000. 313p. EDFPA.
- [5] RODRIGUES, R.B.; LICHTENTHALER, R.; ZIMMERMANN, B. F.; PAPAGIANNOPOULOS, M.; FABRICIUS, H.; MARX, F. **Total oxidant scavenging capacity of *Euterpe oleracea* Mart. (acai) seeds and identification of their poliphenolic compounds.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v.54, n.12, p.4162-4167, 2006.
- [6] REIS, O.; SILVA, I.T.; SILVA, I.M.O.; ROCHA, B.R.P. **Produção de briquetes energéticos a partir de caroços de açaí.** In: Encontro de Energia no Meio Rural, 4., 2002, Campinas
- [7] RODRIGUES, L.D.; SILVA, I.T.; ROCHA, B.R.P.; SILVA, I.M.O. **Uso de briquetes compostos para produção de energia no Estado do Pará.** In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 2002, Campinas.
- [8] TEIXEIRA, L. B. DE OLIVEIRA, R. F.; FURLAN Jr., J.; GERMANO, V. L. C. **Processo de compostagem a partir de lixo orgânico urbano e caroço de açaí.** Belém: Embrapa Amazônia Ocidentel 2004.
- [9] SHACKELFORD, J. F. **Ciência dos Materiais.** 4ª Edição. São Paulo-SP, 2008.
- [10] CALLISTER. W.D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução;** LTC – Livros técnicos científicos. 7 ed. Rio de Janeiro, 2008.

- [11] SILVA, H. S. P. da. **Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras de curauá e híbridos com fibras de vidro.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Materiais da Escola de Engenharia da UFRGS. Porto Alegre-RS. 2010.
- [12] LEÃO, M. A. Fibras de Licuri: Um reforço alternativo de compósitos poliméricos. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal: RN, 2008.
- [13] DANIEL, I.M; ISHAI, O. **Engineering mechanics of composite materials.** Dissertation (Master thesis) Victoria University of technology, Melbourne, 1993.
- [14] MANO, E.B. **Introdução a polimeros.** Edigard Bluches, 2 ed. São Paulo, 1986.
- [15] CHAWLA. K.K. **Composite Materials – Science and Engineering**, 2nd Ed. Springer, 1998.
- [16] GARLET, G. Aproveitamento de resíduos de EVA. (Ethylene Vinyl Acetate) como agregado para concreto leve na indústria da construção civil – Porto Alegre, 1998, 14p. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RS.
- [17] SILVA, C. *et all.* **Levantamento da utilização dos materiais compósitos reforçados com fibras naturais.** 4º Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. Belém – PA, 2009.
- [18] MARTINS, M.A.; JOEKES, I. **Tire rubber-sisal composites: effect of mercerization and acetylation on reinforcement.** Journal of Applied Polymer Science, Cleveland, v.89, n.9, p.2507-2515, 2003.
- [19] MONTEIRO, S. N.; AQUINO, R. C. M. P.; LOPES, F. P.D.; CARVALHO, E.A.; ALMEIDA, J. R. M. **Comportamento Mecânico e Características Estruturais de Compósitos Poliméricos Reforçados com Fibras Contínuas e Alinhadas de Curauá.** Revista Matéria, v. 11, n. 3, pp. 197 – 203, 2006.
- [20] MONTEIRO, S. N.; TERRONES, L. A H.; CAMERINI, A,

- L.;PETRUCCI, L. J. T.; ALMEIDA, J. R. M. **Propriedades de Compósitos de Tecido de Juta Descartado Reforçando Matriz de Polietileno Reciclado**. Revista Matéria, v. 11, n. 4, pp. 403 – 411, 2006.
- [21] KORD, B. **Effect of Calcium Carbonate as Mineral Filler on the Physical and Mechanical Properties of Wood Based Composites**. World Applied Science Journal, vol.13, p.129-132, 2011.
- [22] SILVA, R. V. da; Milagre, M. X. 5ª Jornada de Iniciação Científica III Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo. ES. 2010.
- [23] PENHA, J. K.M.; DAMASCENO, M. A; FELIPE. R. C.T, S.; FELIPE, R. N.B. **Análise Comparativa entre as Propriedades Mecânicas de Compósitos Poliméricos Reforçados por Juta/ Vidro/ Juta e Juta/ Juta**. 17 ° Cbecimat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. 2006.
- [24] FAGURY, R. V. G. **Avaliação de Fibras Naturais para a Fabricação de Compósitos: açaí, coco, ananás e juta**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica na Área de Materiais e Processos, Universidade Federal do Pará – PA. 2005.
- [25] ASKELAND, D. R.; PHULÉ, P. P. **Ciência e Engenharia de Materiais**. Cengage Learning, 4a Edição. São Paulo, SP. 2008.
- [26] SOBRINHO, L. L. **Desenvolvimento de Matriz Polimérica para Material Compósito Visando o Reforço de Dutos de Aços**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio de Janeiro. (COPPE/UFRJ). 2005.
- [27] NETO, F. L. PARDINI, L. C. **Compósitos Estruturais: Ciência e Tecnologia**. Editora: Edgard Blücher, São Paulo, SP. 2006.
- [28] MACHADO, M. L. P.; *et all*. **Siderurgia Para não Siderurgistas**. Vitória – ES. 2003.
- [29] QUEIROZ, J.A.L.; MELÉM Jr., N.J. **Efeito do tamanho do recipiente sobre o desenvolvimento de mudas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.)**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.23,

n.2, p.460-462, 2001.];

- [30] NASCIMENTO, R.J.S.; COURI, S.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.P. **Composição em ácidos graxos do óleo da polpa de açaí extraído com enzimas e com hexano**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v.30, n.2, p.498-502, 2008.
- [31] COSTA, M.R.; OLIVEIRA, M.S.P.; MOURA, E.F. **Variabilidade genética em açaizeiro (*Euterpe oleraceae* Mart.)**. Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento, Brasília, v. 4, n.21, p.46-50, 2001.
- [32] IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da extração vegetal da Silvicultura 2005**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 03 ago. 2010.
- [33] AMERICA SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (2005) **Standards Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials**. ASTM D790.