



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA

SUÊDES GOMES DA SILVA

**PRODUÇÃO DE UM COMPOSITO A PARTIR DA REUTILIZAÇÃO DA FIBRA DO
COCO MISTURADO AO POLIETILENO DE TEREFTALATO-(PET)**

PARNAÍBA - PI
2023

SUÊDES GOMES DA SILVA

PRODUÇÃO DE UM COMPOSITO A PARTIR DA REUTILIZAÇÃO DA FIBRA DO
COCO MISTURADO AO POLIETILENO DE TEREFTALATO-(PET)

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura em Química no Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí -
Campus Parnaíba.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Janiciara Botelho Silva
Coordenadora: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Athayde Uchôa
Thomaz

PARNAÍBA - PI
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Suêdes Gomes da

S586p Produção de um compósito a partir da reutilização da fibra do coco
misturado ao polietileno de tereftalato – (PET) / Suêdes Gomes da Silva.
— 2023.
45 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) –
Instituto Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2023.
Orientadora: Prof^a. Dra. Janiciara Botelho Silva.

1.Química. 2.Fibra de coco. 3.Sustentabilidade. I.Título.

CDD - 540

Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

SUÊDES GOMES DA SILVA

PRODUÇÃO DE UM COMPOSITO A PARTIR DA REUTILIZAÇÃO DA FIBRA DO
COCO MISTURADO AO POLIETILENO DE TEREFTALATO-(PET)

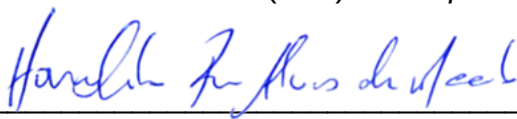
Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção do
diploma do Curso de Licenciatura em Química no Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí -
Campus Parnaíba.

Aprovado em: 17 / 01 / 2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Janiciara Botelho Silva (Orientadora)
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Parnaíba



Prof^o. Dr. Haroldo Reis Alves de Macêdo
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Picos



Dra. Layane de Almeida Lima e Silva
Doutora em Ciências dos Materiais – Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Dedico este trabalho a Deus, por ter me guiado
e me concedido discernimento sempre, e a
todos os meus amigos e familiares.

AGRADECIMENTO

A Deus, por ter me dado discernimento, força e coragem nessa trajetória, por me sustentar a jamais desistir, mesmo diante das adversidades.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – *Campus Parnaíba*, no qual me proporcionou diversas experiências, a conhecer pessoas maravilhosa que levarei para vida, as tias do refeitório, pelas deliciosas refeições que nos eram servidas, ao pessoal do setor de saúde, e a todos os profissionais que compõem essa grande instituição.

Ao laboratório de materiais do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (PPGEM) do IFPI-Campus Teresina Central.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Janiciara Botelho Silva, que é uma excelente profissional, na qual se compromete, que é dedicada e tem extrema competência com seu trabalho, e pelas contribuições de conhecimentos ao decorrer de todo o curso.

A todos os meus professores Dr^a Ana Maria Athayde Uchôa Thomaz, Dr^a Buana de Carvalho Almeida, Dr. Bartholomeu Araújo Barros Filho, Tec. Isabel Pereira de Oliveira Holanda, Dr^a Maria de Fátima Cardoso Soares, Dr. Haroldo Luís Sousa Neres, Dr^a Evânia Carvalho dos Santos, Me. Vilma Dias de Araújo Veloso, Me. Janete César Ribeiro, Roselany de Holanda Duarte Torres, Renata Cristina da Cunha, Benedito Gledson de Araújo Oliveira, Rubens Oliveira de Sousa.

À minha mãe Maria da Saúde Gomes da Silva, por ter acreditado em mim, por ter me dado palavras de conforto quando eu precisava, pelo amor incondicional, por inspirar a ser uma pessoa melhor mesmo diante de todas as dificuldades.

À minha outra mãe Maria Regina Ferreira, que é minha cunhada, mas se tornou uma mãe, por ter me acolhido como um filho e ter me doado amor incondicional, que acompanhou de perto minhas conquistas e aflições durante essa trajetória.

À Maria Clara de Assis Carvalho, que é a minha pessoa (uma expressão usada em um seriado para melhor amiga), por ser essa menina cativante e ao mesmo tempo essa mulher determinada que sabe o que quer, que tem um coração gigante, as vezes pode parecer mais seria para aqueles que não a conhecem, mas para os próximos é uma percepção totalmente diferente, é gentil, prestativa, inteligente e as vezes se torna rígida quando se faz necessário. Foi e é a pessoa que seguiu essa trajetória ao meu lado, as vezes rindo, outras chorando, mas sempre um apoiando ao outro, é a

pessoa que suportou minhas loucuras durante todo o curso, que ouviu minhas histórias e riu até a barriga doer.

Ao meu irmão Raimundo Gomes da Silva, que me acolheu em seu lar juntamente com sua família, por sempre comemorar comigo as conquistas e pelo incentivo a não desistir diante das adversidades. E ao meu sobrinho William da Silva Galeno, que se tornou muito importante na minha vida.

À minha sobrinha/irmã Tatiele Ferreira da Silva, que durante essa jornada sempre esteve ao meu lado, compartilhando ideias e pensamentos, por ser essa pessoa incrível, que mostra ter uma maturidade além da idade. E a Fátima Valéria Ferreira que é minha irmã de consideração, que esteve comigo desde a minha infância, compartilhando objetivos e sonhos,

À minha irmã Suelen Gomes da Silva, por todo apoio e motivação perante esses anos, por ser esse exemplo de mulher forte, determinada e uma mãe que sempre busca proporcionar o melhor para seus filhos. E também a todos meus familiares que contribuíram de alguma forma na minha trajetória.

À Laís Damasceno Costa, por ser esse ser humano que incrível, uma amiga sincera, divertida e carinhosa na qual compartilha o mesmo neurônio que eu, que parece ser casca grossa, mas na verdade é um amorzinho.

À minha amiga Katiana de Oliveira Silva, por ser uma pessoa incrível, engraçada, determinada e que não tem medo de falar a verdade, que uma pessoa que esteve comigo desde o início, que compartilhou momentos bons e ruins ao meu lado.

À Maria Lucivane Santos de Oliveira, por ser uma pessoa meiga, gentil, carismática e uma mulher forte, que passou por vários percalços, mas ainda assim se manteve de pé, continuou sendo uma pessoa prestativa e atenciosa com todos a sua volta, e é uma amiga incrível.

À Edilene, que foi uma ótima amiga durante esses anos, que sempre esteve com nosso grupinho inseparável, além de ser uma mulher forte e determinada.

Educar é viajar no mundo do outro, sem nunca penetrar nele. É usar o que passamos para transformar no que somos.

Augusto Cury

RESUMO

Estima-se que utilização de compósitos constituídos de fibras vegetais juntamente com materiais plásticos possa ter um aumento significativo, devido a fatores, como o elevado custo das fibras sintéticas e a procura crescente por materiais de baixo custo, oriundos de fontes renováveis de matérias-primas, que não ocasionem danos ao meio ambiente. Por outro lado, o consumo de materiais provenientes de fontes poliméricas tem estado em alta, e com o desenvolvimento das tecnologias e dos processos industriais, os departamentos que consomem plástico também têm aumentado e se desenvolvido. As fibras vegetais são polímeros naturais que possuem menor densidade do que as fibras sintéticas e causam um menor desgaste nos equipamentos que são usados para o processamento de matérias compósitos. Já os polímeros sintéticos podem apresentar grandes riscos ao ecossistema e a saúde dos consumidores, eles por sua vez não são biodegradáveis, são responsáveis por gerar subprodutos, que podem ocasionar graves problemas ambientais. Para a formulação do compósito o método mais adequado é o de enxerto, pois ele proporciona uma agregação melhor dos materiais utilizados. Deste modo foi desenvolvido um novo compósito por meio da reutilização de um polímero natural e um polímero sintético, utilizando a fibra do coco misturada juntamente com o polietileno de tereftalato-PET. Por meio da caracterização evidencia-se que o compósito formulado apresenta bons parâmetros, evidenciando assim resultados relativamente bons de microdureza, e a redução de poros aumenta significativamente a resistência do material.

Palavras chave: Fibra de coco. PET. Compósito. Sustentabilidade.

ABSTRACT

It is estimated that the use of composites made of vegetable fibers together with plastic materials may have a significant increase due to factors such as the high cost of synthetic fibers and the growing demand for low-cost materials from renewable sources of raw materials that do not cause damage to the environment. On the other hand, the consumption of materials from polymeric sources has been on the rise, and with the development of technologies and industrial processes, the departments that consume plastic have also increased and developed. Plant fibers are natural polymers that have lower density than synthetic fibers and cause less wear on the equipment that is used to process composite materials. Synthetic polymers, on the other hand, can present great risks to the ecosystem and the consumers' health; they, in turn, are not biodegradable, and are responsible for generating by-products that can cause serious environmental problems. For the formulation of the composite, the most appropriate method is the grafting method, because it provides a better aggregation of the materials used. Thus, a new composite was developed through the reuse of a natural polymer and a synthetic polymer, using coconut fiber mixed with terephthalate polyethylene-PET. Through characterization it is evident that the formulated composite presents good parameters, thus evidencing relatively good microhardness results, and the reduction of pores significantly increases the strength of the material.

Key words: Coconut fiber. PET. Composite. Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Garrafas de polietileno de tereftalato-(PET).....	22
Figura 2 - MEV da fibra de coco.....	23
Figura 3 - Componentes principais do coco.....	24
Figura 4 - Área de coleta do material.....	28
Figura 5 - Garrafas coletadas e cortadas.....	29
Figura 6 - Fibra de coco triturada e seca.....	29
Figura 7 - Formulado através do método sanduiche.....	30
Figura 8 - Equipamento para análises termogravimétricas.....	32
Figura 9 - Aparelho de microdureza Vickers.....	33
Figura 10 - Compósito na proporção 12:1.....	34
Figura 11 - Compósito na proporção 2:1.....	35
Figura 12 - Compósito na proporção 10:1.....	36
Figura 13 - Compósito A1 (FRX).....	38
Figura 14 - Imagens obtidas por microscopia óptica do compósito formulado.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Curva termogravimétrica de decomposição.....	36
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação entre espessura e microdureza de Vickers.....	39
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FRX	Análise de Difração de Raio-X
IFPI	Instituto Federal do Piauí
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de vinila
PET	Poli tereftalato de etila
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PELBD	Polietileno Linear de Baixa Densidade
TGA	Análise termogravimétrica

LISTA DE SÍMBOLOS

A1	Compósito A1
A2	Compósito A2
%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
K	Potássio
Ca	Cálcio
Ag	Prata
Fe	Ferro
Cl	Cloro
Sb	Antimônio
Pb	Chumbo
Rb	Rubídio
Br	Bromo
CaO	Óxido de Cálcio
ppm	Porcentagem por milhão
N	Newton
F	Força

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1 POLIMEROS.....	20
2.1.1 Polímeros naturais.....	20
2.1.2 Polímeros sintéticos.....	21
2.2 POLIETILENO DE TEREFTALATO–(PET).....	21
2.3 FIBRA DO COCO.....	22
2.4 DESCARTE INDEVIDO DE POLIMEROS.....	24
2.5 COMPOSITOS.....	24
2.5.1 Métodos de reutilização do pet.....	25
2.5.2 Métodos de reutilização da fibra do coco.....	26
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	27
3.2 LOCAL DA PESQUISA.....	27
3.2.1 Preparação do material.....	28
3.3 INSTRUMENTO DE PESQUISA.....	29
3.3.1 Formulação do compósito através do método sanduiche.....	30
3.3.2 Formulação do compósito através do método de enxerto.....	30
3.4 CARACTERIZAÇÃO.....	31
3.4.1 Análise Termogravimétrica (TGA).....	31
3.4.2 Fluorescência de Raio-X (FRX).....	32
3.4.3 Microdureza Vickers.....	32
3.4.4 Análise de microscopia óptica (MO).....	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA).....	36
4.2 ESPECTROMETRIA DE FLUORESCENCIA DE RAO-X (FRX).....	37
4.3 ANÁLISE DE MICRODUREZA.....	38
4.4 MICROSCOPIA ÓPTICA.....	39
5 CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

As fibras naturais tem exercido nos últimos anos um importante papel na sociedade por meio das suas diversas propriedades. Com os crescentes avanços tecnológicos, elas têm sido substituídas gradativamente por fibras sintéticas, que em muitos casos, apresentam um grau de eficiência superior. Porém, o estudo envolvendo o uso de fibras naturais tem ganhado destaque com o aumento das preocupações voltadas as questões bioclimáticas e o desenvolvimento sustentável, que a cada dia vem sendo mais cobrado em todas as esferas da sociedade. E no caso das fibras naturais especificamente, estas apresentam grandes vantagens em relação às sintéticas, pois, são originárias diretamente de fontes renováveis, ou seja, biodegradáveis, possuem baixa abrasividade, e apresentam baixo custo. Logo são recicláveis e de fácil processamento, minimizando impactos ambientais e econômicos (NETO; PARDINI, 2006).

Uma nova tendência do mercado atual é a utilização de fibras vegetais juntamente com materiais plásticos, para que possam ter um aumento significativo de aplicabilidade. Devido a fatores como o elevado custo das fibras sintéticas e a procura crescente por materiais de baixo custo, oriundos de fontes renováveis de matérias-primas, que não ocasionem danos ao meio ambiente e que por sua vez possam competir com os materiais tradicionais. Vendo por outro ângulo, as fibras naturais apresentam algumas desvantagens significativas como a elevada absorção de água e a fraca adesão às matrizes poliméricas (CARNEIRO, 2013).

Atualmente os compósitos que provem de recursos renováveis, na qual são usadas fibras vegetais naturais, apresentam um potencial muito promissor a fim de gerar benefícios para as empresas, para o meio ambiente e para os consumidores, entre os materiais desenvolvidos no mercado encontra-se os assentos automobilísticos, onde as fibras são usadas como reforço para o estofamentos dos bancos, pois proporcionam uma melhor absorção de humidade da transpiração humana, promovendo desta forma um maior conforto (KORONIS, et al 2013).

A fabricação e o consumo de materiais que provem de fontes poliméricas têm estado em alta nos últimos anos, e com o desenvolvimento das tecnologias e dos processos industriais, os departamentos que consomem plástico também têm aumentado e se desenvolvido. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria

do Plástico (ABIPLAST, 2019), os setores de transformação e reciclagem de plástico fornecem produtos para mais de 95% da matriz industrial brasileira. Ainda de acordo com a Associação, os polímeros que são mais consumidos são o polipropileno (PP), o policloreto de vinila (PVC), as grades de polietileno (PEAD, PEBDL, PEBD) e plásticos reciclados.

A elevada concentração de pessoas presentes nos bares na orla da praia de Atalaia, principalmente em altas temporadas onde o fluxo de turistas é maior, isso demanda um consumo maior por parte deles, gerando um acúmulo maior de cocos verdes e garrafas plásticas, que são descartados de forma incorreta no ambiente. Os mais afetados com essa situação, são os animais marinhos, que sofrem grandes impactos com o descarte inadequado dessas matérias na natureza.

Com a situação descrita acima vem o questionamento a respeito da forma que se pode reutilizar o Polietileno de Tereftalato (PET) e o coco verde, ambos descartado de forma incorreta, na orla da praia de Luís Correia – PI? E após algumas pesquisas evidenciou-se a possibilidade de desenvolver um compósito a partir desses materiais, ou seja, criar um novo material de baixo custo, útil a sociedade e que gerasse uma diminuição de resíduos, dando um destino ao que hoje é classificado como lixo.

Diante do exposto o presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver um novo compósito visando a reutilizando da fibra do coco e do polietileno de tereftalato-PET, e como objetivos específicos:

- Coletar os materiais na orla da praia de Atalaia em Luís Correia-PI;
- Organizar a limpeza, secagem e armazenamento das materiais primas até as mesmas serem utilizadas;
- Desenvolver uma técnica para a produção do compósito a partir da fibra de coco com o PET sem a utilização de produtos químicos;
- Caracterizar as propriedades químicas e físicas do compósito empregando equipamentos disponíveis;
- Avaliar a viabilidade de melhoria e elaboração do compósito desenvolvido levando em consideração metodologia de preparo, custos e aplicabilidade do mesmo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLIMEROS

Polímeros são constituídos inteiramente por múltiplas unidades estruturais, classificadas como monômeros, na qual se repetem de forma sucessiva e em um determinado número de vezes, formando por sua vez uma estrutura caracterizada como macromolécula (SCICOLONE, 2009, p.147).

O desenvolvimento de polímeros associa-se diretamente ao desenvolvimento científico da química, no qual foi implementado lentamente através dos alquimistas, principalmente no que tange à química inorgânica e os avanços restritos nos estudos da química orgânica. Nesse contexto em 1807 Jöns Jacob Berzelius formulou a teoria da força vital, no qual afirma que as substâncias orgânicas podem ser sintetizadas apenas por seres vivos e não em laboratório (ARMOR, 2010).

2.1.1 Polímeros naturais

Polímeros naturais, são produtos comumente encontrados na natureza, tais como a borracha, os polissacarídeos e as proteínas. De acordo com Brown (2005), os seres humanos utilizavam e ainda utilizam polímeros naturais, como lã, couro e borracha natural para a produção de materiais que são úteis no cotidiano.

Em um contexto mais amplo os polímeros que são formados perante o ciclo de crescimento de organismos vivos recebem a denominação de polímeros naturais, em grande maioria a síntese dos mesmos envolve reações catalisadas por enzimas e também reações de crescimento de cadeias, que se dão por meio de monômeros ativados, que se formam dentro das células através de processos metabólicos (FRANCHETTI; MARCONATO, 2006).

Entre os polímeros naturais o mais conhecido é a celulose, que é classificada como um biopolímero biodegradável, sendo um dos mais abundantes disponíveis na biosfera, ela pode ser extraída de qualquer fonte vegetal, de modo que é constituinte da parede celular dos mesmos. Esse polímero natural é classificado como um polissacarídeo linear que é formado por moléculas de glicose, as quais se ligam entre si por meio dos carbonos 1 e 4 formando um polímero linear (REDDY et al., 2018).

2.1.2 Polímeros sintéticos

De acordo com Scicolone (2009, p.147), polímeros são constituídos por monômeros com a junção de carbono, sendo obtidos por meio de uma reação de polimerização. Em muitos casos os mesmos são designados por “plásticos”, porém eles pertencem a um determinado grupo de polímeros, classificados como termoplásticos, dos quais são materiais que amolecem e fundem por ação de calor.

De acordo com Miranda et al (2018):

O plástico substituiu com vantagens uma série de matérias-primas utilizadas pelo homem há milhares de anos, como vidro, madeira, algodão, celulose e metais. Além disso, ao substituir matérias-primas de origem animal, como couro, lã e marfim, possibilitou o acesso a bens de consumo pela população de baixa renda. Depois da descoberta do poliestireno, polietileno, PVC, poliamidas (Nylon) e poliéster, o conhecimento dos mecanismos de polimerização contribuiu, nos últimos anos, para o nascimento de outros materiais plásticos com características físico-mecânicas e de alta resistência ao calor, os chamados tecno polímeros ou polímeros para engenharia (MIRANDA; MELLO; ZOGAIB; 2018).

Os polímeros sintéticos podem apresentar grandes riscos ao ecossistema e a saúde de consumidores, pois podem ser responsáveis por gerar subprodutos (monômeros) e não são biodegradáveis. Na natureza esses polímeros apresentam um tempo de decomposição bem elevado, podendo variar de 40 a 200 anos (LIMA, 2007).

2.2 POLIETILENO DE TEREFTALATO–(PET)

O polietileno é identificado como um polímero termoplástico que apresenta cadeia carbônica da classe de poliolefinas. Esse tipo de classificação baseia-se diretamente no tipo de monômero que dá origem ao polímero, que nesse caso são monômeros de hidrocarbonetos alifáticos insaturados no qual contém uma ligação dupla carbono-carbono reativa (CANEVAROLO Jr., 2006).

Do ponto de vista ambiental, a imensa utilização de plásticos e o descarte realizado de forma inadequada no meio ambiente podem ocasionar graves problemas. Nos últimos tempos, os materiais a base do PET, assim como outros polímeros, a exemplo do PEAD, PEBD e PELBD, PP, PVC e PS, têm mostrado uma elevada participação na composição do resíduo sólido urbano (PLASTIVIDA, 2018).

Os polietilenos podem ser identificados de acordo com as condições reacionais e o sistema catalítico durante a polimerização, sendo as ramificações a principal característica diferencial entre eles (COUTINHO et al, 2013). Na Figura 01 abaixo é possível ver as diferentes embalagens produzidas a partir do polietileno de tereftalato, com tamanhos, espessuras e cores diferentes.

Figura 1 - Garrafas de polietileno de tereftalato-(PET).



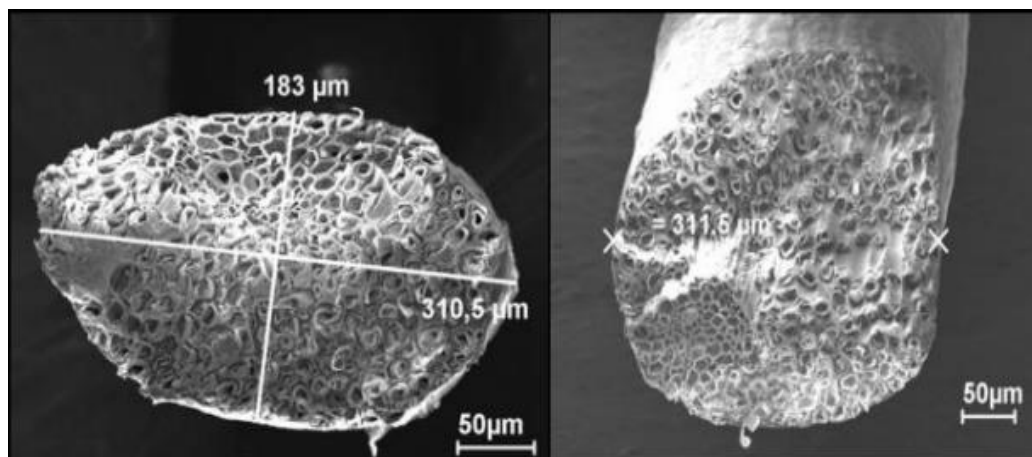
Fonte: Istock photo, 2014.

2.3 FIBRA DO COCO

As fibras vegetais apresentam uma grande biodiversidade brasileira, que por sua vez se caracterizam como uma nova fonte de renda para a população rural, podendo evitar assim o grande fluxo do campo para a cidade, sendo verificado com maior índice nas regiões norte e nordeste do país (MARINELLI; MONTEIRO; AMBRÓSIO, 2008).

Quando se aborda a utilização de fibras vegetais em substituição de fibras sintéticas é uma escolha muito importante, pelo simples fato de a fibra ser biodegradável, baixo custo em relação as fibras sintéticas, ser uma fonte renovável e o mais importante é provocar um menor impacto no meio ambiente. Um dos países que detém a maior extensão territorial cultivável e biomassa do mundo é o Brasil, e se esses recursos forem bem explorados, o mesmo se torna um grande potencial. As fibras vegetais possuem menor densidade do que as fibras sintéticas e causam menor desgaste nos equipamentos de processamento de compósitos (MATTOSO et al, 1996).

Figura 2 – MEV da fibra de coco.

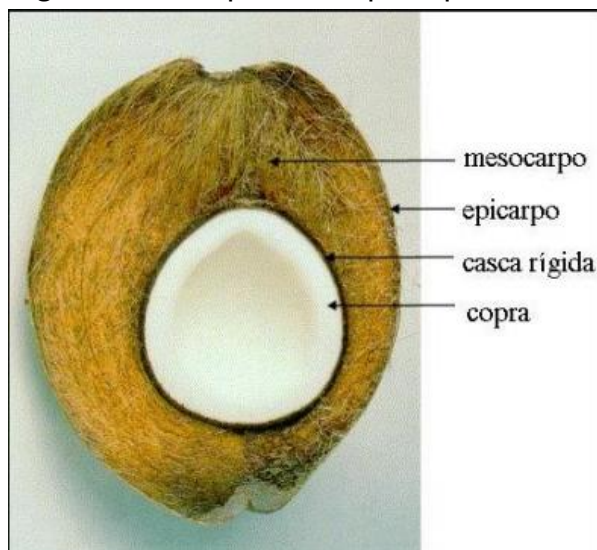


Fonte: Fagury, 2005.

A Figura 2 traz os resultados obtidos por Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV, onde evidencia-se que as fibras de coco apresentam características porosas com pequenas cavidades em sua estrutura.

A fibra de coco é o material extraído do mesocarpo (Figura 3), sendo classificada como uma parte espessa e fibrosa do fruto na qual apresenta uma elasticidade relativamente superior ao ser comparada com outras fibras vegetais, tendo ainda uma capacidade elevada de resistir à umidade e também a altas variações nas condições climáticas. Ela é composta de materiais lignocelulósicos, tendo como principais características a baixa densidade, a boa flexibilidade no processamento e destaca-se também a facilidade de modificação por intermédio de agentes químicos, além de fonte de recursos renováveis, biodegradáveis e não abrasivos (PANNIRSELVAM et al., 2005; VALE; SOARES; CASAGRANDE, 2007).

Figura 3 - Componentes principais do coco.



Fonte: Passos, 2005.

2.4 DESCARTE INDEVIDO DE POLIMEROS

De acordo com Cempre (2015), um dos piores problemas que surgem no descarte de materiais plásticos no Brasil está relacionado ao espaço que estes ocupam nos aterros sanitários. Assim, mesmo representando algo por volta de 10% do peso total do lixo, ainda ocupam cerca de até 20% de seu volume, contribuindo assim gradativamente para o aumento dos custos de coleta, transporte e descarte final dos resíduos urbanos. Outro problema sério que exige grande atenção, é que o plástico, é um material de difícil decomposição na natureza, levando em média cerca de 600 anos para se decompor.

2.5 COMPÓSITOS

Os avanços tecnológicos exigem níveis cada vez maiores de desempenho dos materiais, e em muitos casos essas propriedades requeridas não estão disponíveis nos materiais convencionais. Por sua vez surgiu a classe de materiais compósitos, que, de modo geral, podem ser considerados como um material multifásico que exhibe uma proporção significativa das propriedades das fases que o constituem, de tal modo que é obtida uma melhor combinação de propriedades, elevando o nível de desempenho do material (CALLISTER Jr., 2008).

Segundo Kanehira (2022), os compósitos são classificados como materiais heterogêneos multifásicos, sendo formados por, pelo menos, uma fase contínua e uma fase descontínua. Onde a fase contínua é um polímero responsável pela transferência de esforços e denominada matriz polimérica. Já fase descontínua é chamada de carga (em inglês filler). Esta definição é bem ampla e, de modo geral, existem três pontos importantes que devem ser levados em consideração para uma definição mais precisa de um material compósito:

- I. Os compósitos são constituídos de dois ou mais componentes fisicamente distintos e mecanicamente separáveis.
- II. Podem ser processados através da mistura de seus componentes individuais de maneira que a dispersão na matriz seja feita de maneira controlada para a obtenção de propriedades adequadas.
- III. As propriedades finais do compósito devem ser superiores e em alguns requisitos únicos em relação às propriedades de seus componentes individuais.

No caso deste trabalho o desenvolvimento de um compósito atenderia os anseios despertados pelos descartes indevidos tanto da fibra de coco como das garrafas de PET, a proposta é justamente reutilizar os descartes citados em prol de desenvolver um material útil e de fácil acesso a sociedade, principalmente, a comunidade local de Luís Correia-PI.

2.5.1 Métodos de reutilização do pet

O PET pode ser reciclado de três formas diferentes, por meio da reciclagem energética, na qual consiste na queima do resíduo para promover a produção de calor e assim o aproveitamento da geração de energia elétrica, ele é bastante utilizado nessa forma de reciclagem, isso porque apresenta um alto poder calorífico e por sua vez não exala substâncias tóxicas durante sua queima (ISOLDI, 2003).

Outro método muito empregado é a reciclagem mecânica, onde o resíduo pode ser recuperado por repletização, onde são abordadas etapas de coleta, entre elas estão a granulação e o processamento mecânico do PET, tendo como enfoque principal a obtenção de novos materiais. Porém essa técnica promove a degradação por cisão hidrolítica da cadeia polimérica, produzindo por sua vez um material

reciclado com propriedades térmicas e mecânicas inferiores ao se comparar com o material do polímero virgem (ISOLDI, 2003; ALONSO et al., 2005).

A reciclagem química está entre os três métodos mais empregados na reciclagem do PET, na qual consiste num tratamento químico utilizando reagentes que atuam diretamente na despolimerização do material. Ainda nesse processo quando a reação de despolimerização é elevada ao seu máximo, se obtém os monômeros que com sua purificação acabam retornando as suas matérias primas originais (ISOLDI, 2003; ALONSO et al., 2005).

2.5.2 Métodos de reutilização da fibra do coco

A fibra do coco pode apresentar várias empregabilidades, tanto na área agrícola, quanto na área industrial. De acordo com Machado (2014), as propriedades da fibra do coco, podem ser consideradas vantajosas, para minimizar o uso de produtos não renováveis como o uso direto de produtos derivados de hidrocarbonetos.

Segundo Passos (2005) as fibras de coco podem ser empregadas diretamente na produção de telhas, sendo que a produção gira em torno de 30%, o processo ocorre da seguinte forma, essas fibras de coco são misturadas a outras matérias-primas e assim essa mistura resulta na produção das telhas que apresentam um caráter impermeável e isotérmico.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

O projeto se caracteriza por uma pesquisa experimental na qual tem como finalidade testar hipóteses que dizem respeito à convicção do pesquisador. Segundo Gil (2008), a pesquisa experimental objetiva em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

A pesquisa pode vir a ser classificada como exploratória, porque de acordo com Gil (2008), ela tem a finalidade de proporcionar uma maior familiaridade com o problema, tendo em vista, tornar o mesmo mais explícito. Nesse parâmetro grande parte das pesquisas acadêmicas apresentam pelo menos num primeiro momento o caráter de uma pesquisa exploratória.

3.2 LOCAL DA PESQUISA

O desenvolvimento da pesquisa foi feito na cidade de Luís Correia, um município localizado no nordeste brasileiro, sendo situada ao norte do estado do Piauí. A cidade ainda é um dos quatro municípios litorâneos do estado, sendo que nos períodos festivos a mesma recebe um número de visitantes cerca de cinco vezes maior que o número de habitantes. Nesse contexto as festividades também trazem consigo um elevado número de lixo descartado na orla da cidade, que acarretam graves problemas a natureza e aos ecossistemas da região.

A pesquisa e a coleta de dados foram realizadas mais precisamente na orla da praia da cidade de Luís Correia, comumente conhecida como praia do Atalaia, onde realizou-se as coletas dos materiais destinados ao trabalho. Na Figura 4 é possível ver o parâmetro da área de coleta, na qual delimita uma grande extensão da orla.

Figura 4 - Área de coleta do material.



Fonte: Google Earth, 2022.

A segunda etapa da pesquisa foi realizada no laboratório do Instituto Federal do Piauí-Campus Parnaíba (IFPI), onde as amostras coletadas passaram pelo processo de desenvolvimento do compósito.

3.2.1 Preparação do material

Com o material já coletado, tanto as garrafas quanto o coco verde passaram por processos distintos para prepara-los para o desenvolvimento do compósito. As garrafas coletadas foram separadas e lavadas e posteriormente foram retirados alguns componentes presentes nas mesmas, tais como lacres, rótulos e as tampas, isto porque esses componentes retirados são oriundos de outros tipos de polímeros.

Após a lavagem das garrafas, as mesmas foram secas individualmente e posteriormente elas foram picotadas de forma manual com o auxílio de uma tesoura, isto porque, uma vez em tamanhos menores poder-se-ia pesar de formar mais assertiva, além do que tamanhos menores facilitariam o manuseio do PET no laboratório, aqui representado na Figura 5.

Figura 5 - Garrafas coletadas e cortadas.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Com os cocos coletados, se fez necessário separar as fibras do endocarpo (Camada pétrea que envolve a parte comestível), e posteriormente as fibras passaram por um processo de trituração manual, até que às mesmas ficassem pequenas. Em seguida as mesmas foram secas em estufa a 100 °C por 3 dias. Na terceira etapa a fibra já seca e triturada foi peneirada utilizando uma peneira de 20 mesh, obtendo assim o produto apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Fibra de coco triturada e seca.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

3.3 INSTRUMENTO DE PESQUISA

O desenvolvimento do compósito foi realizado no laboratório do IFPI-Campus Parnaíba. A caracterização física e química do compósito propriamente dito, ocorreu

no laboratório de materiais do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais (PPGEM) do IFPI-Campus Teresina Central.

3.3.1 Formulação do compósito através do método sanduiche

Este método consiste em distribuir o PET e a fibra de coco em camadas bem distribuídas no recipiente metálico, sendo uma camada de PET e outra de fibra de coco e assim sucessivamente, posteriormente o material foi levado para aquecimento em uma chapa aquecedora até que o material polimérico passasse pelo processo de fusão, a fibra de coco ao ser submetida a uma temperatura de aproximadamente 300 °C, que é a temperatura de fusão do PET, não teve uma boa resistência e por sua vez veio a queimar.

Na Figura 7 evidencia-se que não houve uma homogeneização adequada dos materiais, tendo assim uma grande proporção de fibra de coco não fundida a matriz polimérica.

Figura 7 – Formulado através do método sanduiche.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

3.3.2 Formulação do compósito através do método de enxerto

O método de enxerto consiste em colocar o PET picotado em um recipiente metálico, posteriormente este foi aquecido em uma chapa aquecedora até sua total

fusão, assim obteve-se a matriz do compósito. Na matriz já fundida foi adicionado o reforço, que é a fibra do coco triturada. O reforço e a matriz foram imediatamente misturados com o auxílio de um bastão de vidro, procedimento este que foi bem difícil, pois, a mistura seca rapidamente, o que dificulta sua homogeneização.

Afim de sanar as dificuldades encontradas de moldagem do processo, optou-se por realizar esse procedimento empregando latas de alumínio (embalagem de leite em pó). Então a mistura foi realizada em uma lata de alumínio e após a homogeneização foi introduzida outra lata de alumínio, com diâmetro menor para moldar o compósito por meio da pressão manual exercida no compósito ainda quente.

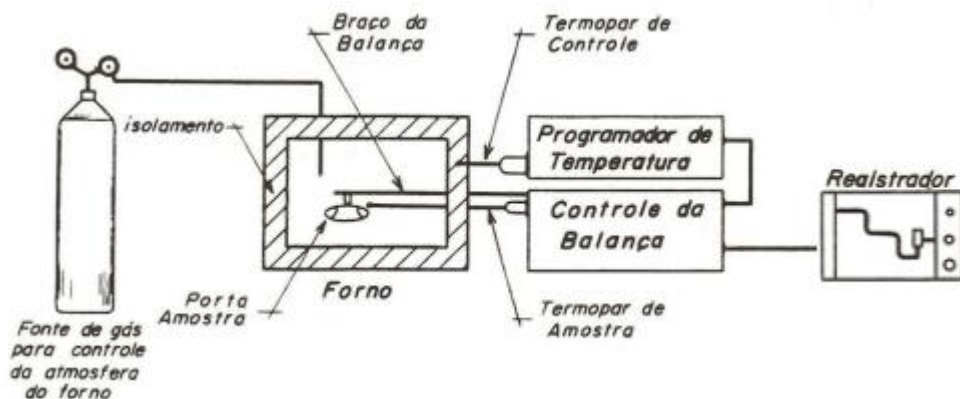
3.4 CARACTERIZAÇÃO

3.4.1 Análise Termogravimétrica (TGA)

A análise termogravimétrica é considerada uma técnica termoanalítica que permiti acompanhar a variação de massa da amostra durante um aumento de temperatura. Essa técnica acompanha a perda e ganho de massa em decorrência do tempo e da temperatura empregados na mesma, um método analítico bem relevante para a produção industrial de diversos materiais poliméricos, em especial para o desenvolvimento de compósitos reforçados com fibras de vegetais (JOSEPH et al 2003).

Na Figura 8 é apresentado um esquema do funcionamento de uma termobalança que é constituído por um forno, no qual a amostra é inserida, um câmara totalmente fechada onde externamente se faz a programação do tempo e da rampa de aquecimento (quantos graus por minutos irá aquecer), sendo este processo devidamente registrado pelo termopar (marcador de temperatura interno da termobalança), e por fim um fluxo de gás inerte é programado para que toda a substância liberada durante o processo de aquecimento seja arrastada de dentro do forno evitando contaminações da amostra.

Figura 8 – Equipamento para análises termogravimétricas.



Fonte: Denari, 2012.

3.4.2 Fluorescência de Raio-X (FRX)

A FRX é uma técnica não destrutiva, capaz de realizar a análise e promover as determinações quantitativa e qualitativas da concentração de determinados elementos em uma ampla variedade de tipos de amostras. Esse tipo de análise se baseia nos princípios físicos da fluorescência X, de elementos químicos nos quais emitem radiação ao serem submetidos a um tipo de excitação adequada (DIAS, 2017).

A FRX tem se mostrado como uma técnica de grande relevância, na qual vem trazendo resultados bem significativos em áreas diversificadas e está cada vez mais ganhando seu espaço em diferentes campos das pesquisas científicas, por isso a utilização dessa técnica pode ser considerada uma ferramenta de grande importância nos estudos de matérias sólidos e líquidos (MARGUI, 2012).

3.4.3 Microdureza Vickers

A análise de microdureza Vickers é um método no qual se baseia no princípio onde as impressões provocadas por meio do penetrador piramidal de diamante, apresentando um ângulo de diâmetro de 136° no qual é comprimida, por meio de uma força arbitrária "F", contra a superfície da amostra analisada.

A carga aplicada no ensaio de microdureza Vickers foi de 1 N em um tempo de 15 segundos. Este ensaio é utilizado para medir de forma mais adequada a dureza do

material em regiões localizadas (CALLISTER, 2001). A Figura 9 apresenta o equipamento de microdureza.

Figura 9 – Aparelho de microdureza Vickers.



Fonte: Mitutoyo, 2022.

3.4.4 Análise de microscopia óptica (MO)

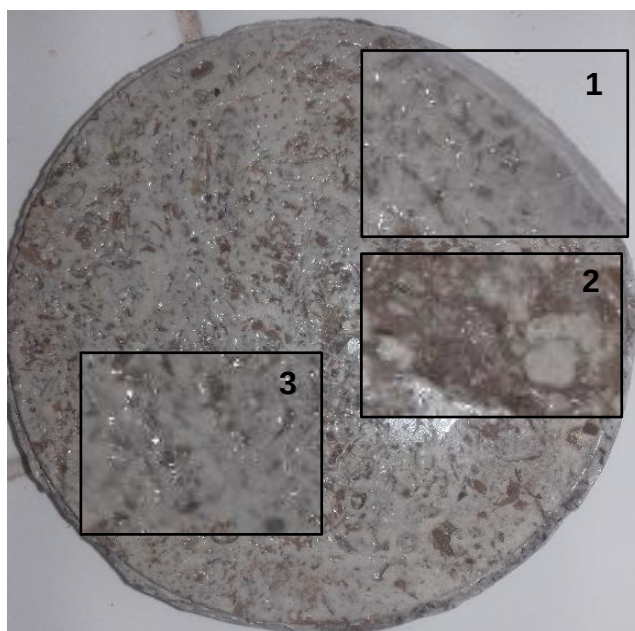
Entre as técnicas de observação da microestrutura, a microscopia óptica emprega luz visível sobre a amostra, onde é refletida até o observador. A resolução que é obtida em uma imagem vai depender do comprimento de onda da radiação que é empregada. Deste modo para a realização da MO é necessário uma amostra plana e especular, onde é necessário a preparação metalográfica utilizando métodos usuais de metalografia (MACEDO; GOMES; SOUZA. 2015).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Essa sessão aborda diretamente os dados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa, promovendo uma discussão a respeito dos resultados obtidos, seguindo os conceitos metodológicos de caracterização do compósito desenvolvido, a fim de formalizar parâmetros e conceitos que fundamente cientificamente sua aplicação em prol da sociedade.

Dentre os testes realizados a proporção mais adequada para a formulação do compósito foi a de (12:1 PET/fibra de coco), sendo usada 60g de polietileno e 5g de fibra de coco, o aumento da quantidade de plástico se deu devido à grande proporção de porosidade apresentada nos testes anteriores, o que provavelmente fragilizou o compósito. Nessas proporções verificou-se que o material apresentou uma boa homogeneidade, houve uma redução considerável na quantidade de poros e com isso percebeu uma melhoria em sua resistência, pois, não foi possível quebrar, aplicando apenas a força manual, algo que nos testes anteriores acontecia facilmente. A Figura 9 apresenta o resultado da peça obtida após a combinação descrita.

Figura 10 – Compósito na proporção 12:1.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Nos pontos 1, 2 e 3 destacados na Figura 9, evidencia-se que no ponto 1 a concentração da matriz polimérica é maior e há uma pequena distribuição do reforço,

já no ponto 2 fica evidente uma concentração maior de fibra de coco na matriz, de modo que não se tem uma boa homogeneização de ambos os materiais, no ponto 3 percebe-se que a distribuição do reforço na matriz polimérica está em proporções melhores.

Para os testes anteriores as proporções usadas foram menores, de modo que para o primeiro teste usou-se uma proporção de 2:1 (PET/fibra de coco), sendo 40g do PET e 20g de fibra de coco, com isso verificou-se que a concentração de fibra era superior ao PET, já para o segundo teste a proporção usada foi de 10:1 (PET/fibra de coco), sendo 50g de PET e 5g de fibra, o material formado apresentou uma concentração elevada de poros, pois de acordo com Fagyry (2005) a característica porosa pode ser explicada pela presença da fibra de coco no compósito, sendo que as fibras de coco apresentam característica uniforme com cavidades rasas.

Nas Figuras 11 e 12 estão representados os materiais obtidos a partir das proporções citadas acima, onde é possível visualizar as características distintas de cada formulado.

Figura 11 – Compósito na proporção 2:1.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Na Figura 12 há uma agregação melhor entre os materiais, o material formulado apresenta características porosas resultantes da fibra que podem ser observadas na Figura 2.

Figura 12 – Compósito na proporção 10:1.

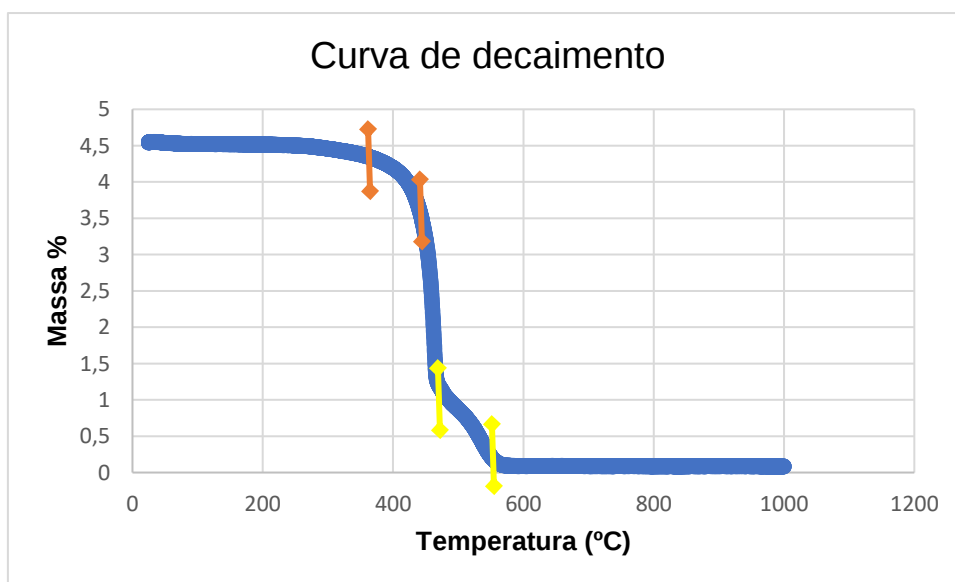


Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

4.1 ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA (TGA)

No gráfico 1 é apresentado a curva termogravimétrica obtida do compósito resultante da mistura da fibra do coco e o polietileno de tereftalato-PET na proporção de 12:1 (PET/fibra de coco), onde relaciona-se os parâmetros da perda de massa residual do compósito (%), no eixo Y, com a temperatura ($^{\circ}\text{C}$) no eixo X.

GRÁFICO 1 - Curva termogravimétrica de decomposição do compósito.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

Analisando o gráfico 1 pode-se verificar a perda percentual de massa da amostra decorrente do aumento da temperatura, a ligeira inflexão da curva por volta dos 90°C de acordo com Gomes (2013) pode estar associada a materiais voláteis, que estão presentes na fibra vegetal, podendo ser umidade, terpenos, álcoois, cetonas, hidrocarbonetos entre outros.

A segunda perda de massa é observada por uma inflexão acentuada e continua da curva após 370 °C até 440°C aproximadamente, no gráfico demarcada por marcadores alaranjados. Essa perda pode ser atribuída a degradação de componentes da fibra de coco, pois, ainda de acordo com Gomes (2013), essa faixa de temperatura indica um limite de estabilidade térmica da fibra vegetal.

Observa-se que em 440°C até 580°C, aproximadamente, ocorreu uma perda de massa com uma rápida oscilação, esse comportamento pode estar relacionado ao compósito, propriamente dito, porque a natureza resultante do sinergismo entre as matérias primas pode originar novos materiais com características diferentes de suas matérias originais em separado. E considerando que no compósito observou-se pontos insolados só da fibra de coco e também uma massa resultante da mistura entre o plástico e a fibra bem consistente e homogênea, pode-se fazer essa analogia nesse primeiro momento, necessitando ser aprofundado através de novas análises mais completas.

4.2 ESPECTROMETRIA DE FLUORESCENCIA DE RAOIO-X (FRX)

Para a FRX foram realizadas 2 análises utilizando o Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X, através de energia dispersiva, de bancada, da Analytical modelo Epsilon 3 XL.

Verificou-se por meio dos dados obtidos para as amostras A1 e A2 a porcentagem dos elementos que se fazem presentes nas mesmas, sendo que na Figura 13 estão expressos os dados da amostra A1, que são relativamente similares aos dados obtidos na amostra A2. De acordo com os dados dispostos na primeira coluna, o valor para a presença de Potássio (K) na amostra é de 22,655%, seguido da presença de Cálcio (Ca) com 21,794% e apresentando ainda em sua estrutura menores valores para a Prata (Ag), Ferro (Fe), Cloro (Cl), Antimônio (Sb), Chumbo (Pb), Bromo (Br) e o Rubídio (Rb) apresentou o valor de 789,5 ppm na amostra. Analisando os valores para os óxidos, percebe-se nos dados obtidos que a molécula

de Óxido de cálcio (CaO), apresenta um percentual de 24,747% sendo o maior entre os demais.

Figura 13 – Compósito A1 (FRX).

Cl	12,063	%	Cl	10,329	%
K	22,655	%	K ₂ O	22,806	%
Ca	21,794	%	CaO	24,747	%
Ti	0,64	%	TiO ₂	0,856	%
Fe	13,869	%	Fe ₂ O ₃	15,906	%
Ni	0,526	%	NiO	0,535	%
Zn	0,203	%	ZnO	0,202	%
Ga	44,9	ppm	Ga ₂ O ₃	48,8	ppm
As	0,462	%	As ₂ O ₃	0,489	%
Br	1,708	%	Br	1,36	%
Rb	789,5	ppm	Rb ₂ O	683,3	ppm
Ag	16,293	%	Ag ₂ O	13,85	%
Sb	6,481	%	Sb ₂ O ₃	6,077	%
Re	479	ppm	IrO ₂	0,111	%
Ir	0,119	%	PbO	2,619	%
Pb	3,054	%	Re	381,4	ppm

Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

4.3 ANÁLISE DE MICRODUREZA

Os testes de microdureza que foram realizados em duas amostras, sendo denominadas de A1 e A2, para cada amostra realizou-se cinco testes onde se obteve uma média dos dados para cada uma delas. Para a amostra A1 a média obtida dos cinco testes foi de 56.1 HV, já para amostra A2 a média obtida foi de 56.4 HV, percebendo assim que os valores obtidos nos dez testes foram bem similares.

A amostra que apresenta menor espessura também apresenta um maior padrão de dureza em comparação a amostra que apresenta uma espessura maior, e por sua vez um valor de dureza menor. Isso ocorre porque as mesmas apresentam padrões distintos, de modo que a amostra que apresenta menor espessura ela é mais compacta e apresenta um número menor de poros em sua estrutura.

De acordo com os dados dispostos na Tabela 1, o valor médio de microdureza obtidos dos dez testes é de 56.25 HV, esse valor foi obtido por meio da soma das médias de cada amostra e posteriormente é dividido por dois obtendo assim o valor médio total.

Tabela 1 – Microdureza Vickers.

Amostra	Microdureza (HV)
A1	56,1
A2	56,4
Valor médio	56,25

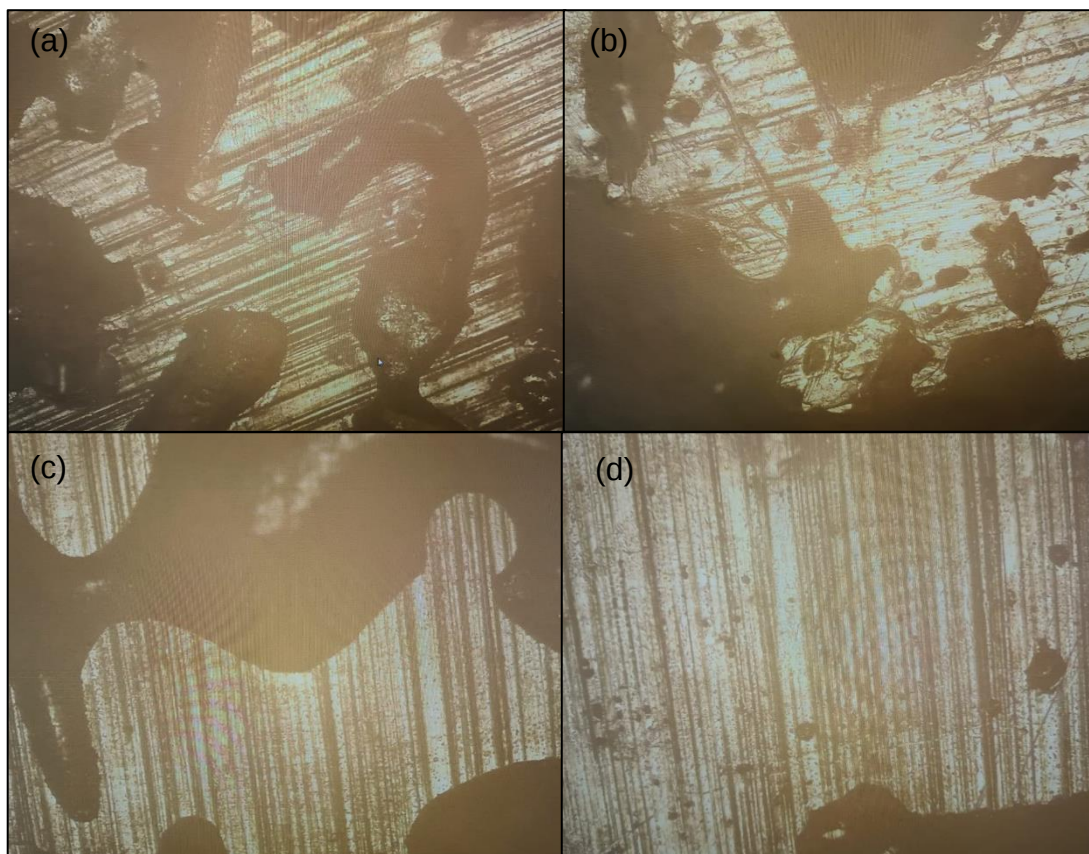
Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

4.4 MICROSCOPIA ÓPTICA

Com as imagens obtidas por meio da microscopia óptica foi possível avaliar de forma qualitativa a distribuição da fibra de coco na matriz polimérica, na qual fica evidente que não há uma distribuição da fibra de maneira uniforme no material. Em alguns pontos apresentam um volume de fibra de coco não distribuída, ficando presente em partes isoladas do material, na Figura 14d observa-se uma melhor distribuição da fibra na matriz polimérica.

Comparando todas as imagens da Figura 14, percebeu-se que não houve uma homogeneização eficiente entre os materiais, fazendo com que a distribuição de fibra no material formulado viesse a ficar de forma desordenada, não apresentando um padrão uniforme na formulação do compósito.

Figura 14 – Imagens obtidas por microscopia óptica do compósito formulado.



Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de formulação por enxerto é o mais adequado para as matérias primas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho, pois, esse método permitiu uma agregação mais adequada da fibra de coco com o polietileno para a formulação do compósito. Neste estudo foram observados alguns pontos importantes, tais como:

- O processo de produção do material compósito não foi utilizado nenhum reagente químico.
- Através da caracterização do material compósito foi possível identificar qualitativamente e quantitativamente propriedades e características distintas do mesmo.
- O material ainda pode ser melhorado, visando sempre sua empregabilidade e o baixo custo para o desenvolvimento.

Esse estudo demonstrou que a proposta de formulação de um novo compósito, a partir da reutilização da fibra de coco e do polietileno de tereftalato-PET, ambos materiais descartados de forma indevida, principalmente o PET, pode resultar em um material útil a sociedade. Desta forma o estudo realizado pode promover uma abordagem significativa na área de sustentabilidade e com isso uma maior conscientização da sociedade para com o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, J. G. et al. Modificação química de poli(tereftalato de etileno) pósconsumo por reação com ácido sulfúrico: estrutura e propriedades. *Polímeros*, v. 15, n. 1, p. 27 - 32, mar. 2005. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/po/a/hKrmFcqXqdVV3qFhTfbVDhF/?format=pdf&lang=pt>>. Acessado em: 10/06/2022.
- ARMOR, J. N. A history of industrial catalysis, *Catal. Today*, 2010.
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: a ciência central**. 9 ed. Prentice-Hall, 2005.
- CANEVAROLO Jr., S.V. **Ciência dos Polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. 2 ed., São Paulo: Artliber Editora, 2006.
- CARNEIRO, M., Tratamento de fibras de coco por plasma para obtenção de nanofibras e produção de compósitos de matriz de PHB. **Projeto Final de Graduação** UFRJ/ Escola Politécnica, Março 2013.
- CALLISTER, W. D. Jr. **Ciência e Engenharia de Materiais: uma Introdução**. 5ª ed., LTC. Rio de Janeiro. 2002.
- CEMPRE – Compromisso Empresarial para a Reciclagem. Reciclagem de PET no Brasil, s.d. Disponível em: <<https://cempre.org.br/>>. Acessado em: 18/03/2022.
- COUTINHO, F.M.B. et al. Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, vol. 13, n. 1, p. 1-13, 2013.
- DENARI, G. B; CAVALHEIRO, É. T. G. **Princípios e Aplicações de Análise Térmica**. São Carlos, 2012.
- DIFRAÇÃO de Raio X (XRD). Malvern Panalytical, 2022. Disponível em: <<https://www.malvernpanalytical.com/br/products/technology/xray-analysis/x-ray-diffraction>>. Acessado em: 27/06/2022.
- DIAS, B.N. L; OLIVEIRA, D. F.; ANJOS, M. J. A utilização e a relevância multidisciplinar da fluorescência de raios X. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/mJH5NgLXq7bTdX7TD7HWCyC/abstract/?lang=pt>> . Acessado em: 27/06/2022.
- FAGURY, R.V.G. **Avaliação de Fibras Naturais para a Fabricação de Compósitos**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. UFFA. 2005.
- FRANCHETTI, S. M. M.; MARCONATO, J. C. Polímeros biodegradáveis-uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 811, 2006.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GARRAFAS de plástico. **Istock Photo**, 2014. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/foto/garrafas-de-pl%C3%A1stico-gm466252351-33589362>>. Acessado em: 20/05/2022.

GOMES, T. S.; VISCONTE, L. L. Y.; PACHECO, E. B. A. V. Substituição da fibra de vidro por fibra de bananeira em compósitos de polietileno de alta densidade: parte 1. Avaliação mecânica e térmica. **Polímeros**, n. ahead, 2013. Disponível em: <https://revistapolimeros.org.br/journal/polimeros/article/doi/10.1590/S0104-14282013005000010>>. Acessado em: 18/12/2022.

GOOGLE. Google Earth website. 2022. Disponível em: https://earth.google.com/web/search/Lu%3%ads+Correia+/@-2.88573649,-41.63412178,3.15779099a,1824.92740938d,35y,214.4955247h,0t,0r/data=CiqiJgokCdO9gcbMqRdAEZS8AnHr1uy_GXmpr6dnzU7AlcmfuZmYg1LA>. Acessado em 10/07/2022.

ISOLDI, A. B. G. **Estudo do efeito da dose de radioesterilização sobre as propriedades do poli(tereftalato de etileno) - PET reciclado**. 2003. 72 f. Tese (Doutorado) - Curso de Mestrado em Ciências, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2003. Disponível em: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/41/003/41003354.pdf>>. Acessado em: 10/06/2022.

JOSEPH K., et al (2003). **The thermal and crystallization studies of short sisal fibre reinforced polypropylene composites**. Composites: Part A, n34, p.253-266, India.

KANEHIRA, C. **Materiais Compósitos: O que são, propriedades e aplicações - EESC jr**. EESC jr. 2022. Disponível em: <https://eescjr.com.br/blog/materiais-compositos-o-que-sao-propriedades-e-aplicacoes/>>. Acessado em: 10/07/2022.

KORONIS G. et al (2013). Green Composites: **A Review of Adequate materials for automotive applications**. Composites: Part B, p. 120-127, Lisboa, Portugal.

LIMA, G. J. A. de. **Uso de polímero natural do quiabo como auxiliar de floculação e filtração em tratamento de água e esgoto**. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/4637/1/Dissertacao_EstudoUtilizacao_Polimeros.pdf>. Acessado em: 03/06/2022.

MATTOSO L. H.C, PEREIRA N., SOUZA M.L., AGNELLI J.A.M. (1996). **Utilização de Fibras Vegetais para Reforço de Plásticos**. CNPDIA, nº 3, p.1-4.

MACHADO, B. A. S. et al. Obtenção de nanocelulose da fibra de coco verde e incorporação em filmes biodegradáveis de amido plastificados com glicerol. **Química Nova**, Vol. 37, No. 8, 1275-1282, 2014. Disponível em:

<http://quimicanova.sbq.org.br/detalhe_artigo.asp?id=248>. Acessado em: 03/06/2022.

MARGUÍ, E. M. HIDALGO, I. QUERALT, K. Van Meel and C. Fontàs, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy* 67, 17. 2012.

MACEDO, M. C; GOMES, Í. R. B; SOUZA, L. G. M. CARACTERIZAÇÃO DE AMOSTRAS POR MICROSCOPIA ÓPTICA E POR MICRODUREZA DE MATERIAIS METÁLICOS FERROSO E NÃO FERROSO. **ScientiaTec**, v. 2, n. 3, p. 48–61, 2015. Disponível em:

<<https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/ScientiaTec/article/view/1413>>. Acessado em: 15/11/2022.

MARINELLI, A. L.; MONTEIRO, M. R.; AMBRÓSIO, J. D. Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma Contribuição para a Sustentabilidade Amazônica. **Polímeros** [online]. 2008, vol.18, n.2, pp.92-99. ISSN 0104-1428. Disponível em: <[SciELO - Brasil - Desenvolvimento de compósitos poliméricos com fibras vegetais naturais da biodiversidade: uma contribuição para a sustentabilidade amazônica](#)>. Acessado em: 01/06/2022.

MIRANDA, D; MELLO M., Zogaib Paulo, **Boletim de inovação e sustentabilidade**., bisus 2018 – vol. 2., plásticos biodegradáveis, São Paulo, 2018.

MITUTOYO. Durômetro para Microdureza Vickers. Disponível em:

<<https://www.mitutoyo.com.br/durometros-para-microdureza-vickers-hm-210-810-404a.html>>. Acessado em: 10/07/2022.

NETO, L; PARDINI, F. L. C. **Compósitos estruturais**: ciência e tecnologia. São Paulo: Edgard Blucher. 2006.

PASSOS, P. R. A. **Destinação sustentável de cascas de coco (cocos nucifera) verde**: Obtenção de telhas e chapas de partículas. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em:

<http://www.ppe.ufrj.br/images/publica%C3%A7%C3%B5es/doutorado/Paulo_Roberto_de_Assis_Passos.pdf>. Acessado em: 20/05/2022.

PANNIRSELVAM, PV et al. Projeto de produção de fibra de coco com inovação de desenvolvimento de tecnologia limpa e geração de energia. **Revista Analytica**, São Paulo, n. 15, pág. 56-61, mar. 2005. Disponível em:

<http://www.revistaanalytica.com.br/ed_anteriores/15/art04.pdf>. Acessado em: 10/06/2022.

PLASTIVIDA. Mais de 95% do lixo nas praias brasileiras é plástico indica estudo, 2018. Disponível em: < <http://www.plastivida.org.br/index.php/sala-de-imprensa/noticias/755-mais-de-95-do-lixo-nas-praias-brasileiras-e-plastico-indica-estudo?lang=pt> > Acessado em: 16/03/2022.

REDDY, C. S. et al. Polyhydroxyalkanoates: an overview. **Bioresour Technol.** v. 87, n. 2, p.137-46, 2018.

SCICOLONE, G. (2009) Restauración de la Pintura Contemporánea. De las técnicas de intervención tradicionales a las nuevas metodologías. 2ªEd. Editorial Nerea.

Disponível em:

<https://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/44826/2/ULFBA_TES_MariaCoromotoLeite.pdf> Acessado em: 09/05/2022.

VALE, A. C; SOARES, J .B; CASAGRANDE, M. D. T. Aplicabilidade de fibras de coco em misturas asfálticas tipo SMA. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS**, 4., 2007, Campinas. Resumos... Campinas: ABPG, 2007. Disponível em:

<http://www.portalabpg.org.br/PDPetro/4/resumos/4PDPETRO_4_3_0393-1.pdf>. Acessado em: 10/06/2022.