

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS

ROGÉRIO NOGUEIRA PEREIRA

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE PEAD
COM ADIÇÃO DE SERRAGEM E CELULOSE MICROCRISTALINA
PARA CONFECÇÃO DE CAPACETE DE SEGURANÇA PARA USO
OCUPACIONAL**

VOLTA REDONDA

2021

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE COMPÓSITOS DE PEAD
COM ADIÇÃO DE SERRAGEM E CELULOSE MICROCRISTALINA
PARA CONFECÇÃO DE CAPACETE DE SEGURANÇA PARA USO
OCUPACIONAL**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Materiais do Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, como requisito obrigatório para obtenção do título de Mestre em Materiais, sob a orientação do prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato, na área de concentração de processamento e caracterização de materiais metálicos, cerâmicos e poliméricos, linha de pesquisa em materiais poliméricos.

Aluno:

Rogério Nogueira Pereira

Orientador:

Prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato

VOLTA REDONDA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA

Bibliotecária: Alice Tacão Wagner - CRB 7/RJ 4316

P436p Pereira, Rogério Nogueira

Produção e caracterização de compósitos de PEAD com adição de serragem e celulose microcristalina para confecção de capacete de segurança para uso ocupacional. / Rogério Nogueira Pereira. - Volta Redonda: UniFOA, 2021. 71 p.: II

Orientador (a): Bruno Chaboli Gambarato

Dissertação (Mestrado) – UniFOA / Mestrado Profissional em Materiais, 2021

1. Materiais - dissertação. 2. Acidente do trabalho. 3. Fibras naturais - resíduos. I. Gambarato, Bruno Chaboli. II. Centro Universitário de Volta Redonda. III. Título.

CDD – 620.1



FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATERIAIS



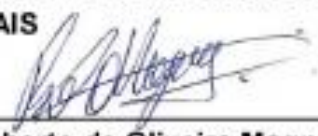
ROGÉRIO NOGUEIRA PEREIRA

Produção e caracterização de compósitos de PEAD com adição de serragem e celulose microcristalina para confecção de capacete de segurança para uso ocupacional.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato

**ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA OBTENÇÃO DO
TÍTULO DE
"MESTRE EM MATERIAIS"**

**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM MATERIAIS**




Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago
Coordenador


BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato
Presidente / UniFOA



Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago
Examinador interno / UniFOA



Prof. Dr. Ingrid Meirelles Salvino Tomaszewski
Examinador externo / FATEC

Dezembro de 2021.

AGRADECIMENTOS

A Deus e minha família por tudo.

A minha esposa, que sustentou todas as barras para que eu pudesse voltar a estudar. Ao meu filho que é a minha fonte inesgotável de motivação diária.

Aos meus pais, que desde sempre me mostraram a importância e me incentivaram em toda a minha formação acadêmica. A minha irmã, que me orgulha todos os dias.

Ao meu orientador Prof. Dr. Bruno Chaboli Gambarato pelo apoio, orientação e ensinamentos passados.

Ao coordenador do MEMAT, Prof. Dr. Roberto de Oliveira Magnago, por todo suporte, auxílio e condução impecável do curso. A todo o corpo docente do MEMAT.

À secretaria do MEMAT na pessoa da Ana Maria Oliveira de Carvalho, por ser sempre solícita em ajudar no que fosse necessário.

A todos que, de alguma forma participaram para a conclusão do mestrado.

RESUMO

A quantidade de acidentes de trabalho que ocorrem, todos os anos, no mundo são alarmantes. Quando se diz respeito a questão financeira, o contexto é o mesmo em relação ao quantitativo de ocorrências, podendo chegar, a valores gastos com acidente de trabalho de 10% do PIB em países subdesenvolvidos. Diante deste cenário, se faz necessário a utilização de medidas protetivas para que se possa minimizar as ocorrências no trabalho e com isso uma redução nos gastos provenientes a estas ocorrências. A utilização de EPI (Equipamento de Proteção Individual) é fundamental neste processo, fazendo parte da conscientização dos funcionários quanto a proteção. Esta utilização gera uma grande quantidade de resíduos, pois as trocas devem ocorrer toda vez que o mesmo tem algum dano ou quando atinge a sua validade, que na sua grande maioria são descartados de maneira inadequada, visto que o Brasil só recicla cerca de 13% dos resíduos sólidos. Com isso, este estudo verificou a possibilidade de se alterar a composição de um capacete de segurança para uso ocupacional, que tem como material base o PEAD (Poliestileno de Alta Densidade), utilizando fibras vegetais e conseqüentemente reduzindo a quantidade de matéria prima de origem do petróleo, sem a perda de suas características necessárias para o seu uso conforme legislação vigente. Sendo que as formulações propostas tiveram desempenho satisfatório em relação ao capacete utilizado como referência. Os testes mecânicos realizados demonstraram que além de manter as características do capacete em sua composição original, houve a potencialização de outras características, como no teste a tração por exemplo, que obtiveram valores de aumento de 127% no Módulo de Young e no teste de flexão, com aumento de 139% do módulo de flexão, comparados com o PEAD puro. Mesmo que no teste de Dureza Shore, o resultado do compósito que melhor desempenhou nos testes mecânicos foi de 3% abaixo do valor em relação ao PEAD puro, o que estatisticamente é significativo, entende-se que os valores encontrados corroboram que este compósito possa ser utilizado na confecção de um capacete ocupacional e com redução de seu custo pelo fato da utilização de materiais recicláveis.

Palavras-chave: Acidente do Trabalho, Fibras Naturais, resíduos, EPI, reciclagem.

Abstract

The number of workplace accidents that occur every year in the world is frightening. When it comes to the financial issue, the numbers aren't different, with big amounts spent on work accidents reaching around 10% of GDP in underdeveloped countries. Given this scenario, it is necessary to use protective measures in order to avoid occurrences at work and consequently a decrease in expenses. The use of PPE is fundamental in this process, as part of employee awareness regarding protection. This use provides a large amount of waste, which, for the most part, does not have a correct destination, since Brazil only recycles about 13% of solid waste generated in the country. This study was based on verifying the possibility of changing the composition of a safety helmet for occupational use, which its base material is the HDPE (High Density Polyethylene), using vegetable fibers and consequently reducing the amount of raw material that originates from oil, without losing the necessary characteristics for its use in accordance with current legislation. The proposed formulations had a satisfactory performance compared to the helmet used as a reference. The mechanical tests showed that in addition to maintaining the helmet's characteristics in its original composition, there was the enhancement of other characteristics, such as in the traction test, for example, with an increase of 127% in the Young's Modulus and in the flexion test, with an increase of 139 % of flexural modulus compared to pure HDPE. Even though in the Shore Hardness test, the result of the composite with the best performance in mechanical tests was 3% below the value compared to pure HDPE, which is statistically significant, it is understood that the values found corroborate that this composite can be used in the manufacture of an occupational helmet and with cost reduction due to the use of recyclable materials.

Keywords: *Work Accident, Natural Fibers, waste, PPE, recycling*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Evolução da produção mundial de polímeros.....	16
Figura 2.	Composição de resíduos gerados no Brasil.....	17
Figura 3.	Modelo de capacete ocupacional.....	25
Figura 4.	Alguns tipos de estruturas de moléculas poliméricas.....	28
Figura 5.	Polímeros mais utilizados no Brasil.....	29
Figura 6.	Classificação dos polímeros de fontes renováveis.....	30
Figura 7.	PEAD granulado.....	31
Figura 8.	Aplicações do PEAD.....	32
Figura 9.	Classificação simplificada dos compósitos.....	34
Figura 10.	Classificação das fibras naturais.....	34
Figura 11.	Serragem.....	36
Figura 12.	Estrutura da celulose.....	38
Figura 13.	Esquema da hidrólise da celulose.....	39
Figura 14.	Difratograma de Raios X da serragem.....	45
Figura 15.	Difratograma de Raios X da celulose microcristalina.....	46
Figura 16.	Difratogramas de Raios X sobrepostos.....	47
Figura 17.	Tensão X Deformação de resistência a tração do capacete.....	48
Figura 18.	Tensão X Deformação resistência a tração dos compósitos.....	49
Figura 19.	Força X Deformação resistência a flexão do capacete.....	50
Figura 20.	Força X Deformação resistência a flexão dos compósitos.....	51
Figura 21.	MEV capacete X50.....	53
Figura 22.	MEV compósito P ₇₀ S ₁₅ C ₁₅ X200.....	54
Figura 23.	MEV compósito P ₈₀ S ₁₀ C ₁₀ X200.....	55
Figura 24.	Superfície de Resposta para os fatores celulose (%) e serragem (%) sobre o Módulo de Young (MPa).....	57
Figura 25.	Superfície de Resposta para os fatores celulose (%) e serragem (%) sobre o Módulo de Flexão (MPa).....	57
Figura 26.	Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados dos fatores celulose (%), serragem (%) em comportamento linear (L), quadrático (Q) e combinado (1Lby2L) para o Modulo de Young.....	58
Figura 27 –	Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados dos fatores celulose (%), serragem (%) em comportamento linear (L), quadrático (Q) e combinado (1Lby2L) para o Modulo de Flexão.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Proporção dos materiais constituintes dos compósitos.....	37
Quadro 2.	Proporção dos materiais constituintes dos Compósitos.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Classificação de polietileno utilizando a densidade.....	28
Tabela 2.	Resultados do Ensaio de Tração.....	49
Tabela 3.	Resultados do Ensaio de Flexão.....	51
Tabela 4.	Valores de Dureza Shore D (HD) encontrados para os materiais analisados.....	52
Tabela 5.	Análise de variância entre o PEAD puro e os compósitos P ₈₀ S ₁₀ C ₁₀ e P ₇₀ S ₁₅ C ₁₅	52
Tabela 6.	Análise de variância (ANOVA) dos fatores estudados sobre o Módulo de Young. R ² = 0,999.....	56
Tabela 7 –	Análise de variância (ANOVA) dos fatores estudados sobre o Módulo de Flexão. R ² = 0,999.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	graus Celsius
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANIMASEG	Associação Nacional da Indústria de Material de Segurança e Proteção ao Trabalho
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
CA	Certificado de Aprovação
CAT	Comunicação de Acidente do Trabalho
CEMPRE	Compromisso Empresarial Para Reciclagem
CLT	Consolidação das Leis Trabalhistas
CFV	Compósito de Fibra Vegetal
CP	Corpo de Prova
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FOA	Fundação Oswaldo Aranha
GEE	Gases do Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INSS	Instituto Nacional de Seguro Social
J	joules
Kg	quilos
kN	quilo Newton
kV	quilo Volt
mA	mili Ampere
MDF	Fibra de Média Densidade

MEMAT	Mestrado Profissional em Materiais
mm	Milímetro
mm.min	Milímetro minuto
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Técnica Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
PEAD	Polietileno de Alta Resistência
PHB	Polihidroxibutirato
PIB	Produto Interno Bruto
PNUD	Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PP	Polipropileno
OIT	Organização Internacional do Trabalho
UE	União Europeia
UniFOA	Centro Universitário de Volta Redonda

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
2.	OBJETIVO GERAL	19
2.1.	Objetivos Específicos	19
3.	JUSTIFICATIVA	20
4.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
4.1.	Segurança do Trabalho	21
4.2.	EPI	23
4.3.	POLÍMERO	27
4.3.1	Polímeros Verdes	30
4.3.2	Polietileno de Alta Densidade (PEAD)	31
4.4	COMPÓSITOS	33
4.4.1	Biomassas Vegetais	34
4.5	Serragem	35
4.6	Celulose Microcristalina	38
4.7	PESQUISAS REALIZADAS	39
5	MATERIAIS E MÉTODOS	41
5.1	Materiais.....	41
5.1.1	PEAD	41
5.1.2	Capacete	41
5.1.3	Serragem	41
5.1.4	Celulose Microcristalina	41
5.2	MÉTODOS	42
5.2.1	Processamento dos Polímeros e Compósitos	42
5.2.2	Difratometria de Raio X	43
5.2.3	Ensaio de Tração.....	43
5.2.4	Ensaio de Flexão	43
5.2.5	Ensaio de Dureza	44
5.2.6	MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura).....	44
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6.1	Caracterização do Reforço.....	45
6.2	Propriedades Mecânicas.....	48

6.2.1	Tração	48
6.2.2	Flexão	50
6.2.3	Dureza Shore D	52
6.2.4	MEV	53
6.3	Validação Estatística	55
7	CONCLUSÕES	60
8	TRABALHOS FUTUROS	62
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Soares (2016), os custos globais com os acidentes são de aproximadamente 2,8 trilhões de dólares, sem falar dos custos sociais, que são incomensuráveis. Estudos apontam que, os países de primeiro mundo, gasta-se com acidentes do trabalho, aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (PIB), e que para os países subdesenvolvidos podem chegar a até 10% do PIB, por não entenderem a segurança no trabalho como um pilar essencial, ao qual a empresa depende para o seu funcionamento correto.

No final do ano de 2015, o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD, 2015), apresentou um relatório onde consta que o Brasil é o terceiro colocado com mais fatalidades por acidentes de trabalho no mundo. O Instituto Nacional do Seguro Social (INSS) estima que anualmente são três mil óbitos no Brasil. As ocorrências que não geram mortes, que chegam ao conhecimento do INSS são de setecentos mil anuais.

Diversos estudos têm como objetivo dar estimativas das ocorrências relativas ao trabalho no país, devido aos dados do INSS serem extremamente limitados. Estas pesquisas são baseadas em análise feita pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e o Ministério da Saúde, denominado de Pesquisa Nacional de Saúde, em 2013, foram verificadas 4,9 milhões de ocorrências de trabalho no Brasil, sendo este número aproximadamente sete vezes maior do que os números oficiais do INSS (MTE, 2013).

Enfim, a falta de consciência quanto ao cumprimento às normas vigentes do país, ainda possui um papel preponderante nas ocorrências de acidente no trabalho (FILGUEIRAS, 2014). Uma das formas que se tem para minimizar estes dados alarmantes, é a utilização de proteção ao trabalhador, que não irá evitar a ocorrência, porém irá minimizar ou eliminar as lesões e com isso o acidente passa a não ser contabilizado conforme a legislação vigente, trazendo uma vantagem para a empresa em suas estatísticas.

Além de avaliar a questão da segurança do trabalho, se faz necessário o acompanhamento das políticas de gerenciamento de resíduos sólidos, para que

aplique a destinação correta a estes materiais utilizados à proteção do trabalhador, sem causar maiores prejuízos com o descarte irregular destes produtos.

Comprova-se esta situação, pois até 2025, o lixo sólido gerado globalmente no planeta Terra deve atingir a marca de 2,2 bilhões de toneladas ao ano, quase o dobro do valor de 1,3 bilhões de toneladas em 2010. Dentre diversas razões, há o aumento da população, que deve chegar à marca de 8,2 bilhões em 2025, quase 1 bilhão a mais do que nos dias atuais (BANK, 2018).

Além da geração, há uma preocupação com a destinação do lixo gerado. Atualmente, o Brasil recicla 13% dos resíduos sólidos gerados (2016), enquanto a União Europeia (UE) apresenta taxa de 35%, o que representa 1% do PIB do bloco, gerando 2 milhões de vagas de emprego e um rendimento financeiro na casa dos 145 bilhões de euros anuais.

No caso apenas dos polímeros, a Figura 1 mostra a evolução no uso destes materiais de 1950 até 2015, observando uma elevação de 200 vezes, e no mesmo período, a população mundial aumentou aproximadamente 3 vezes, de 2,5 bilhões para 7,3 bilhões, o que exige a busca por meios mais adequados de reciclagem e reutilização dos polímeros (STATISTA, 2018).

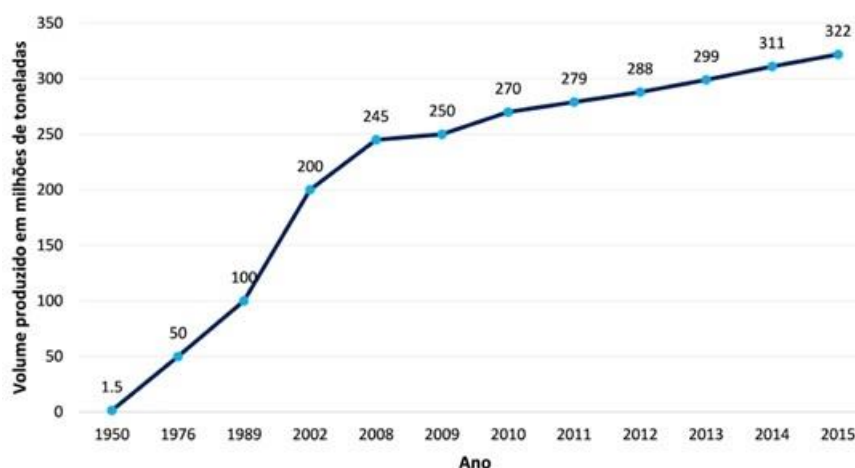


Figura 1 – Evolução da produção mundial de polímeros

Fonte: Statista, 2018.

Seguindo esta tendência, nos dias atuais estima-se uma produção mundial de 370 milhões de toneladas de polímeros.

O consumo mundial de polímeros foi de 322 milhões de toneladas em 2015, sendo que, no Brasil o consumo foi de 7 milhões de toneladas. Portanto, o país consumiu cerca de 2,2% do plástico mundial. O mercado global de polímeros deve arrecadar 654 bilhões de dólares em 2021, com a participação cada vez mais presente dos países considerados em crescimento como China, Índia e Brasil (INSIGHT, 2018).

O Brasil perde mais de 120 bilhões de reais por ano pela falta da reciclagem, reaproveitando apenas 13% dos resíduos sólidos urbanos. Comparando com outros países da Europa, como exemplo a Alemanha e Áustria, onde já se recicla 50% dos resíduos. Isso mostra uma possibilidade para o Brasil de explorar este ramo, só que infelizmente por falta de investimento, encarece o processo, devido à baixa oferta. A logística inversa da reciclagem também é outro desafio no Brasil, em grande parte devido à dispersão dos materiais depois do consumo (TEMPO, 2018).

O Compromisso Empresarial Para Reciclagem (CEMPRE), demonstra qual é a composição dos resíduos gerados no Brasil, representados pela Figura 2.

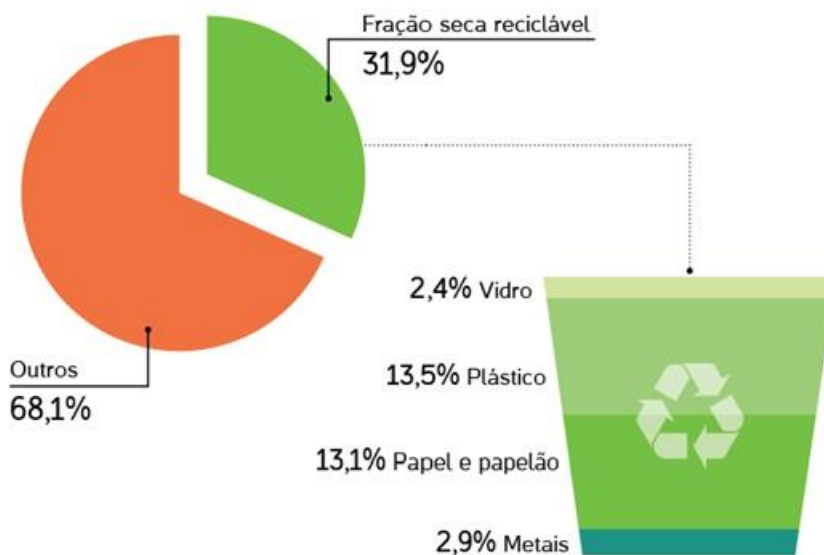


Figura 2: Composição de resíduos gerados no Brasil

Fonte: CEMPRE, 2018.

Os polímeros representam cerca de 13,5% dos resíduos sólidos urbanos gerados. Em 2012, o Brasil reciclou 21% de todo plástico consumido no país (CEMPRE, 2018).

Considerado os dados de 2012, existem 762 empresas recicladoras no Brasil, podendo reciclar uma quantidade de resíduo de aproximadamente 2 milhões de toneladas por ano, e estas empresas empregam aproximadamente 19 mil pessoas (PLASTIVIDA, 2018).

O faturamento somado é algo em torno de 2,5 bilhões de reais. As regiões que mais reciclam no país, são a do Sul e Sudeste, com destaque para São Paulo responsável por 39% de toda a reciclagem do país (PLASTIVIDA, 2018).

Estima-se a não utilização de toda a capacidade de reciclagem do país, faz com que perca em faturamento cerca de 6 bilhões de reais anuais, o que é um impacto direto para o meio-ambiente, através da poluição por exemplo, e economia nacional. Há um ganho de 78% em redução de energia em relação ao polímero virgem, gerando uma economia energética para a empresa recicladora, ainda mais o Brasil sendo um país com uma energia elétrica cara, o sexto com a energia mais cara do mundo (VEJA, 2018).

2. OBJETIVO GERAL

Produzir e caracterizar um compósito com matriz de PEAD, reforçado com serragem de madeira *Pinus taeda* e celulose microcristalina.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter formulações de compósitos com os materiais em diferentes proporções;
- Caracterizar as propriedades dos reforços utilizados para a produção do compósito;
- Avaliar a influência da composição sobre as propriedades mecânicas dos materiais obtidos;
- Realizar análise comparativa dos materiais compósitos com o capacete de segurança ocupacional analisado.

3. JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pela busca por formulações de materiais utilizando menores teores de derivados do petróleo, bem como o aproveitamento de resíduos oriundos da indústria de processamento de madeira. Aliado a isto, há a possibilidade de confecção de um equipamento de proteção individual utilizando estes materiais, promovendo um menor impacto ambiental negativo.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. SEGURANÇA DO TRABALHO

A primeira legislação que tratou sobre a Segurança do Trabalho de forma normativa foi a Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), com o Decreto de número 5.452, na data de 01/05/1943, que reuniu e organizou as legislações relacionadas como a organização sindical, previdência social e segurança do trabalho.

O Capítulo V da CLT, denominado “Da Segurança e da Medicina do Trabalho”, é o precursor do que anos depois sofreria alterações e serviria de base para a criação das atuais Normas Regulamentadoras (NR) (OLIVEIRA, 2012).

Segurança do trabalho pode-se definir como uma série de medidas que tem por finalidade, dentre outras funções, a de prevenção de ocorrências no trabalho. Isto só é conseguido com a utilização de medidas preventivas no trabalho, buscando realizar as tarefas de forma adequada. Um acidente de trabalho resulta sempre em efeitos negativos seja para o funcionário que sofreu a lesão, tanto para a empresa que irá necessitar substituir o funcionário, além do governo, impactando diretamente na Previdência Social (ZAVOROCHUKA ,2014).

4.1.1 Acidente de Trabalho

Para que se possa caracterizar um acidente de trabalho no Brasil, deve-se utilizar a definição legal, de acordo com a lei geral da Previdência Social, a lei número 8.213 de 1991.

Esta lei determina que para que seja definido um acidente de trabalho, o mesmo deve ocorrer pelo exercício de atividade pela empresa, conforme o inciso VIII, do artigo 11, desde que gere uma lesão corporal ou perturbação funcional, podendo causar morte, ou perda, ou redução, mesmo que temporária de sua capacidade laboral (BRASIL, 1991).

Segundo Pantaleão (2016), o acidente de trabalho pode ser classificado em: (i) Acidente típico é a ocorrência que ocorre durante a execução da sua atividade laboral, desde que esteja estritamente a serviço da contratante, durante sua jornada laboral. (ii) Acidente de trajeto só deve ser caracterizado quando ocorrer no caminho habitual da sua residência até o seu local de trabalho, ou vice e versa, mas observando a distância e o tempo de deslocamento devem ser compatíveis com o percurso. (iii) Doença do trabalho ou profissional é desencadeada pela atuação típica da atividade relacionada a sua atividade.

O prejuízo material decorrente destas ocorrências se caracteriza pela diminuição das possibilidades em obter os mesmos rendimentos por meio da força de trabalho de que dispunha o empregado antes do fato ocorrido. Essa redução diz respeito à profissão ou ofício então desenvolvidos, em que se comprova a diminuição da capacidade de trabalho por parte do empregado, consoante entendimento extraído do art. 950 do Código Civil de 2002 (PANTALEÃO, 2016).

Em um período de cinco anos, compreendido entre 2012 a 2016, ocorreram algo em torno de 3,5 milhões de acidente relacionados a atividade laborais, com aproximadamente 13 mil óbitos no país (PANTALEÃO, 2016).

4.1.2 Análises das Ocorrências de Trabalho

Diversos estudos apresentados sobre quais as causas principais que levam a ter uma ocorrência, o lado humano sempre aparece com um dos fatores mais representativos, podendo chegar de 80% a 95% das ocorrências, assim como a sua severidade, que em sua grande maioria estão relacionados aos comportamentos de risco (FERRAZ, 2012).

Outras situações que podem ser consideradas como causas de ocorrências são as faltas e/ou falhas nos processos de capacitação e treinamento nas atividades de risco, descumprimento das legislações trabalhistas vigentes por parte das empresas, atitudes de riscos em ambientes inseguros e a falta de utilização dos equipamentos de proteção individual por parte dos funcionários (GONÇALVES, 2017; OLIVEIRA, 2003).

Para a redução de acidentes de forma sustentável deve-se adotar um programa completo na área de segurança do trabalho, que deve ser estruturada a longo prazo. Os objetivos do programa e suas metas a serem alcançadas devem ser definidas de forma clara. Uma estrutura e uma organização administrativa e de trabalhadores bem definida são de grande importância para a manutenção do programa e a investigação das ocorrências com elaboração de registros, relatórios e análises estatísticas pertinentes ao tema (IIDA, 2002).

Existem diversos meios de diminuir as ocorrências, ainda de acordo com Zavorochuka (2014). Como exemplo: realizando um bom planejamento e organizando instalações, equipamentos e definindo técnicas de trabalho adequadas; disponibilizar equipamentos de segurança como EPI (Equipamento de Proteção Individual) exigidos por lei; comunicar os acidentes aos órgãos competentes, utilizando do formulário de Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT), afixar sinalização de segurança, elaborar o mapa de risco da empresa, fazer treinamentos voltados aos assuntos de segurança, fiscalizar todas as atividades; estabelecer um sistema de gestão de segurança, entre outras.

Através de um sistema de gestão a empresa gera benefícios financeiros e motivacionais, garantindo melhor desempenho e satisfação para todos os funcionários, aumentando o comprometimento não só com a segurança mas de todos requisitos fundamentais para a empresa.

Núñez (2017), descreve que as normas regulamentadoras, que dizem respeito à segurança e medicina do trabalho, são de caráter obrigatório e devem ser seguidas pelas empresas privadas e públicas e assim como órgãos públicos de administração direta e indireta e por todos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, desde que possuam empregados devidamente registrados de acordo com a Consolidação das Leis do Trabalho.

4.2. EPI

Uma das principais atribuições dos profissionais da área de segurança do trabalho é a prevenção de acidentes e doenças do trabalho, através da eliminação ou redução dos perigos e riscos para a saúde, explorando a origem do risco e quais as consequências podem repercutir nos funcionários. Analisar os danos que os riscos

podem gerar, buscando as ferramentas ideais para a escolha do método de prevenção adequado para cada situação (MEIRELLES, 2016).

Os equipamentos de proteção individual entram como uma forma mais econômica de realizar esta proteção, mesmo prevenindo as consequências apenas em cada indivíduo que o utiliza, porém diminuindo a necessidade de se alterar projetos em máquinas que são bem mais onerosas, por exemplo (MEIRELLES, 2016).

Alguns fatores são preponderantes no que se diz respeito a escolha adequada de um EPI, dentre elas a antropometria do funcionário que irá utilizar o EPI, pois o mesmo deve estar complementamente adequado ao usuário e com isso trazendo conforto em sua utilização e melhorando desta forma a adaptação ao uso (VEIGA, 2016).

A partir do momento que o EPI dificulta as interações naturais do corpo humano, com o ambiente, como exemplo a sua troca de calor, ele se torna desconfortável e induz com que o funcionário possa optar pela sua não utilização, fazendo com que o mesmo perca completamente a sua funcionalidade, podendo trazer consequências desastrosas, visto que todo material é desenvolvido para a sua utilização de forma ininterrupta de acordo com a exposição do risco (VEIGA, 2016).

4.2.1 Legislação

A Norma Regulamentadora de número 06, denominada Equipamento de Proteção Individual – EPI, atualizada no ano de 2018, define EPI como: todo material disponível para uso, que sua utilização é de forma individual, com a finalidade de proteção e minimização de lesões no trabalhador.

Uma obrigação das empresas produtoras de EPI no país, é a obtenção do Certificado de Aprovação – CA, expedido por um órgão nacional de reconhecida competência em segurança e saúde no trabalho (NR 06, 2018).

Ainda de acordo com a NR 06:2018, item 6.3, toda empresa obrigatoriamente deve fornecer aos trabalhadores, sem nenhum custo, EPI de acordo ao risco exposto,

sem que esteja danificado ou modificado de acordo com o seu CA. Em contra partida o empregado tem a responsabilidade de utilizar, guardar e conservar o mesmo.

4.2.2 Capacete Ocupacional

A ABNT NBR 8221:2019, cujo título é: Capacete de segurança para uso ocupacional — Especificação e métodos de ensaio, define que capacete é “equipamento composto por casco e suspensão, usado na cabeça e projetado para oferecer proteção limitada contra impactos, perfuração e quando aplicável choque elétrico”.

Esta dissertação trata especificamente dos EPI's destinados a proteção da cabeça, conforme ANEXO I, da NR 06/2018, item A.1, que trata sobre o capacete de segurança utilizado para fins ocupacionais, que define como equipamento responsável pela redução do efeito de um impacto na região da cabeça, não protegendo de uma maneira total em casos de impactos ou penetrações severas. A Figura 3 exemplifica o capacete ocupacional que foi utilizado como objeto deste estudo.



Figura 3: Modelo de capacete ocupacional

Fonte: 3M, 2020.

De acordo com a ABNT NBR 8221:2019 o seu escopo estabelece os tipos e classes dos capacetes de segurança com a finalidade de utilização ocupacional, assim como os requisitos mínimos das características físicas e de desempenho.

De acordo com o item 4, Requisitos Gerais, da NBR 8221:2019, os capacetes podem ser classificados da seguinte maneira:

- Capacete Tipo I

O capacete de segurança Tipo I é concebido para reduzir a força de impacto resultante de um golpe no topo da cabeça.

- Capacete Tipo II

O capacete de segurança Tipo II é concebido para reduzir a força de impacto resultante de um golpe no topo ou nas laterais da cabeça.

- Capacete Classe G (geral)

O capacete de segurança Classe G é concebido para reduzir o risco de choque elétrico quando houver contato com condutores elétricos de baixa tensão, e é ensaiado com 2.200V.

- Classe E (elétrico)

O capacete de segurança Classe E é concebido para reduzir o risco de choque elétrico quando houver contato com condutores elétricos de alta tensão, e é ensaiado com 20.000 V.

- Classe C (condutivo)

O capacete de segurança Classe C não oferece proteção contra riscos elétricos, apenas para impacto.

O capacete utilizado para este estudo foi o do tipo II conforme definição da NBR 8221:2019. E para que se possa atender a todos os requisitos prescritos nesta norma, todas as empresas fabricantes pesquisadas que são referências no setor, incluindo a fabricante do capacete que foi utilizado como o padrão comparativo para a realização deste estudo, se utilizam do PEAD (Polietileno de Alta Densidade) como a matéria prima básica da composição do casco deste produto.

4.2.3 Descarte dos EPIs

De acordo com a NR 06, o descarte do EPI deve ser feito pela empresa contratante, pois é a responsável pela gestão do equipamento, desde a sua compra, entrega, substituição e descarte correto. Sendo que o descarte deve ser feito nas seguintes situações: quando atinge a sua validade, que no caso dos capacete de segurança são de 5 anos de sua fabricação, perda da sua vida útil, como por exemplo por dano e por sua descaracterização de acordo com o propósito ao qual foi fabricado.

Para que os EPI's possam ser descartados de forma adequada, devem ser seguidos os critérios definidos pela Lei 12.305/2010, denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo que estes materiais não devam estar contaminados, pois desta forma o descarte pode ser inviável a sua reciclagem.

Outro fator importante a ser considerado, é a classificação desses resíduos, ao qual deve ser seguido o que determina a NBR 10004/2004, visto que os EPI'S são feito de diversas peças, que não necessariamente são do mesmo material, então devem ser caracterizados e segregados cada um de acordo com a sua composição.

Não existe no Brasil, uma estatística específica em relação quanto ao descarte e reciclagem dos EPI's, mas de acordo com a ANIMASEG (Associação Nacional da Indústria de Material de Segurança e Proteção ao Trabalho), em seu anuário denominado Indicadores do Mercado Brasileiro de Equipamentos de Proteção Individual, no ano de 2019, foram comercializados 8.527.850 unidades de capacetes ocupacionais, em um valor total de R\$ 193.254.500. Mercado este que teve um crescimento de 16% em relação ao ano anterior. Estes números demonstram o quanto é promissor o olhar sobre o tratamento destes resíduos de forma correta (ANIMASEG, 2020).

4.3. POLÍMERO

Os polímeros são macromoléculas resultantes da união de muitas unidades de moléculas pequenas (monômeros), se encontram disponíveis na natureza ou podem ser sintetizados em laboratório (AKCELRUD, 2007).

Manrich (2005), diz que as formas que se tem para classificar os polímeros é de acordo com sua estrutura dos elementos químicos, se utilizando dos métodos de

elaboração, características tecnológicas e comportamento mecânico. Já em consonância de sua estrutura química, os polímeros podem ser classificados em homopolímeros e copolímeros. O homopolímero é uma macromolécula que se deriva de um tipo de monômero, enquanto o copolímero é da soma de monômeros diferentes.

No que se diz respeito as cadeias poliméricas elas podem se apresentar de diferentes formas de repetição, desde uma cadeia linear, ramificada (ou não linear) e podendo ser de ligações cruzadas (reticulada) conforme exemplificado na figura 4 (AKCELRUD, 2007; CALLISTER, 2006; CANEVAROLO, 2004; MANO e MENDES, 2004; VLACK, 2003).



Figura 4- Alguns tipos de estruturas de moléculas poliméricas.

Fonte: Adaptado de Akcelrud, 2007.

Para que se possa definir a organização das cadeias poliméricas, utilizando como base para diferenciação entre os polietilenos, utiliza-se a norma ASTM D-4976-2020 de acordo com as densidades dos mesmos, reproduzindo este critério na tabela 1, onde se verifica a classificação de polietileno como exemplo desta aplicação (NICHOLSON, 2012; SWEENEY; WARD, 2004).

Tabela 1 – Classificação de polietileno utilizando a densidade

Classe	Densidade (g/cm ³)	Denominação - Sigla
Classe 1	0,910 a 0,925	Polietileno de Baixa Densidade - PEBD
Classe 2	> 0,925 a 0,940	Polietileno de Média Densidade - PEMD
Classe 3	> 0,940 a 0,960	Polietileno de Alta Densidade - PEAD
Classe 4	> 0,960	Polietileno de Alta Densidade - PEAD

Fonte: Adaptado de ASTM D-4976, 2020.

No que se diz respeito a utilização dos polímeros, os materiais termoplásticos, que a uma dada temperatura, apresentam alta viscosidade podendo ser conformado e moldado estão dentre os mais utilizados. Já os materiais termorígidos são materiais que não que a rigidez não se altera a alta temperatura. Devido a sua grande variabilidade de utilização, abrangendo a diversos ramos industriais, desde de embalagens para acondicionamento de produtos utilizados residencialmente, até mesmo a componentes de veículos, no setor automobilístico, tornando sua construção segura, econômica e eficiente (HEMAIS, 2003). Pode-se destacar em nosso país, de acordo com a figura 5, os principais polímeros utilizados de acordo com a sua classificação (ABIPLAST, 2016):

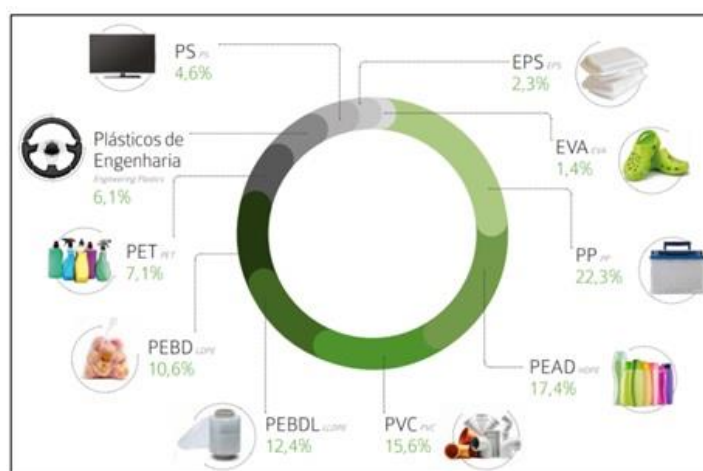


Figura 5 – Polímeros mais utilizados no Brasil

Fonte: ABIPLAST, 2016.

Os polímeros são materiais utilizados em diversos setores, dentre eles o setor industrial, pois apresentam características excelentes para aplicações das mais variadas e mesmo assim os produtos fabricados são de um custo benefício favorável (WANG et al., 2018). Com esta grande gama de aplicação, busca-se melhorar as propriedades, para prover uma condição de suportar condições mais rigorosas e outras que ainda não foram aplicadas (HALLIWELL, 2002).

Outro problema considerável, é a baixa expectativa de vida útil deste material, pois há uma perspectiva que em até três anos, praticamente 50% dos polímeros produzidos já estejam fora de uso (WWF, 2019).

4.3.1 POLÍMEROS VERDES

A Norma ASTM D883-99, descreve que polímeros são materiais que em sua composição existem materiais de fontes renováveis que podem ser transformados em gás carbônico, metano e outros materiais de componentes celulares microbianos, na presença de microrganismos como bactérias, fungos e algas.

A produção dos polímeros em laboratórios, de forma sintética, teve em um primeiro momento o objetivo de aumentar a sua durabilidade, porém com esta característica, outra questão veio a tona que é o impacto ambiental que estes novos materiais trouxeram. Com isso os estudos envolvendo polímeros biodegradáveis e biomateriais, tornaram-se cada vez mais importante, sendo uma das soluções possíveis para minimizar estas consequências ambientais (ENRÍQUEZ et al., 2012; ROCHA et al., 2014).

Formolo (2003) aponta que esses polímeros se tornam de grande apreço pelos pesquisadores pois podem se degradarem de forma rápida na presença de organismos vivos em pouco tempo. Avérous e Boquillon (2004) já utilizam uma classificação dos polímeros que utilizam material de fontes renováveis em quatro famílias, que são elas: biomassa, microrganismos, biotecnologia e petroquímicos como mostra a figura 6.

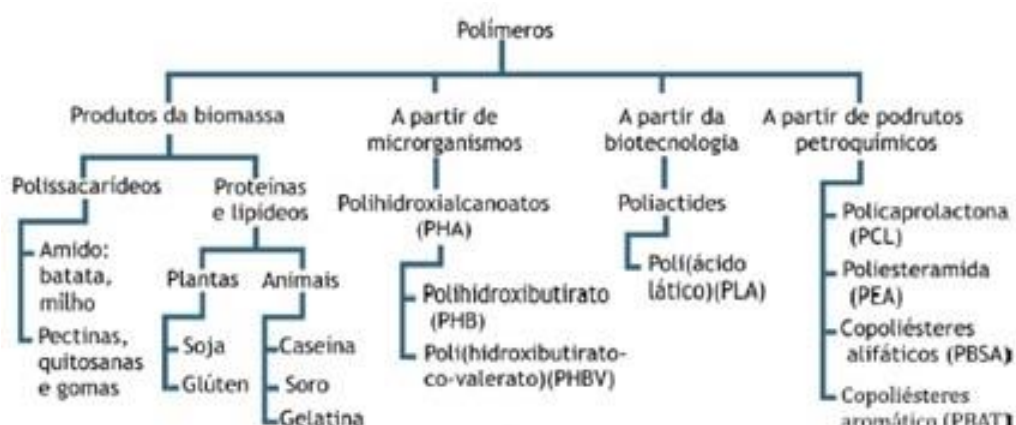


Figura 6. Classificação de polímeros de fonte renovável.

Fonte: Adaptado de AVÉROUS e BOQUILON, 2007.

No que diz respeito a reciclagem, os polímeros saem na frente diante de outros materiais por serem leves, ter uma grande versatilidade, muito flexível e de custo relativamente baixo, fazendo com que o interesse e a valorização da reciclagem destes materiais tenham índices altíssimos. Não podendo deixar de lado a questão ambiental, pois a partir do momento que oportuniza uma maior vida útil para estes materiais, evitando que sejam dispensados no meio ambiente uma maior quantidade de material em um menor espaço de tempo (ARAÚJO; DANIELLE, 2020).

Data-se do final dos anos 60, os primeiros registros em grande escala, da reciclagem dos plásticos no Brasil. Mas apenas na década de 80 que as empresas se adaptaram de maneira correta para a realização deste tipo de reciclagem, tendo a partir da década posterior, um aumento significativo de 15 % ao ano (ARAÚJO; DANIELLE, 2020).

A reciclagem de polímeros ocorre nas mais diversas áreas onde estes materiais são utilizados em larga escala, como na Construção Civil, nas áreas de moda e beleza e inclusive nas residências, pois esta questão tornou um diferencial para as empresas que fornecem produtos recicláveis (NEUPLAST, 2020).

4.3.2 POLIETILENO DE ALTA DENSIDADE (PEAD)

O PEAD tem como principais características alta resistência a compressão, tração, temperatura e ao impacto. Por sua densidade elevada, não reativo, atóxico e com boas resistências químicas e propriedades físicas químicas, mecânicas e hidráulicas, a utilização deste material é sem precedente e em praticamente todas as áreas de consumo. A figura 7 abaixo demonstra um PEAD granulado, em sua forma de comercialização (CANEVAROLO, 2007).



Figura 7 – PEAD granulado

Fonte: CCI Plásticos, 2020.

As propriedades do PEAD o permite ter aplicações das mais diversas, na figura 8 são exemplificadas a sua aplicação como produtos de limpeza residencial. As características de flexibilidade, resistência físicas e químicas, a fadiga e principalmente o bom desempenho no que se diz respeito a rigidez, fluência e processabilidade são características pertinentes aos PEAD.



Figura 8- Aplicações do PEAD

Fonte: NETO, 2020.

Porém, a altas temperaturas, em 300 graus Celsius, poderá vir sofrer rupturas e má formação em sua cadeia polimérica. (COUTINHO; MELLO; SANTA MARIA, 2003).

Uma aplicação diferenciada que o PEAD apresenta é para frasco de soro, embalagem de medicamentos e outros materiais de uso hospitalar e ambulatorial. Além das aplicações já mencionadas, destaca-se ainda a sua utilização em gêneros alimentícios e até em partes de veículos, como o tanque de combustível, devido a sua resistência química. Outros utensílios domésticos e embalagens retornáveis também tem o PEAD em suas composições. Diante de todas estas características, fica evidente a escolha deste material para a utilização na confecção de capacete de segurança ocupacional (MORASSI, 2013).

4.4 COMPÓSITOS

De acordo com a Norma *American Society for Testing and Materials* (ASTM D3878:2016), os materiais compósitos podem ser definidos como substâncias constituídas de dois elementos ou mais, que não são solúveis, realizando a sua combinação com o objetivo de formar um novo material com características que não se encontram nos elementos constituintes de forma individual.

Neto e Pardini (2006) explicam que os materiais que constituem um compósito são denominados como fases, sendo uma que é descontínua, denominada de reforço, ele faz na mistura a resistência ao esforço e a outra fase que é contínua, denominada de matriz, que fica responsável pela transferência desse esforço.

Para que se possa tornar vantajosa este tipo de mistura, além de se verificar a questão das propriedades mecânicas do polímero desenvolvido com recursos renováveis, deve-se verificar a possibilidade de reduzir o custo de produção, com isso são acrescentadas fibras vegetais nesses compósitos (MACEDO, 2010).

Desta forma se faz necessária a melhoria de suas propriedades com o acréscimo de reforços, e as fibras e os resíduos lignocelulósicos surgem como possibilidades para uma melhora de rigidez e a resistência mecânica dessa matriz, sem detrimento de outras propriedades (VILAPLANA, 2010).

De acordo com Vilaplana (2010), nos últimos anos, este interesse vem aumentando pois além das características físicas do material, tem preocupação das questões ambientais e da escassez dos recursos fósseis, com isso vem aumentando o número de patentes e publicações sobre esses compósitos com fibras vegetais.

Existem algumas formas de se classificar os compósitos, a figura 9 demonstra uma classificação em três grupos. Compósitos que apresentam partículas, composto com partículas grandes e reforçado por dispersão, fibras (que é utilizado neste trabalho), que podem ser contínuo ou descontínuo e estruturais que se apresentam de forma laminados ou painéis em sanduiche (CALLISTER, 2007).

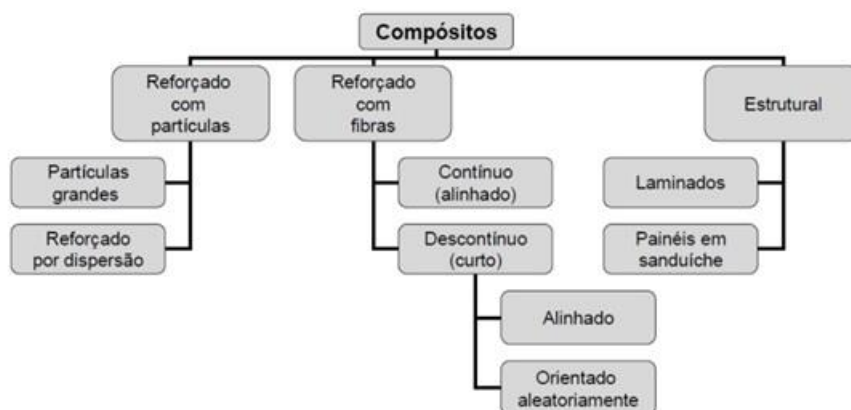


Figura 9 – Classificação simplificada dos compósitos

Fonte: Adaptado CALLISTER, 2007.

4.4.1 BIOMASSAS VEGETAIS

Para Gurunathan (2015) as fibras naturais são classificadas de acordo com sua origem, que são: vegetal, animal ou mineral. Dentre as fibras aplicadas como reforço, se destacam as provenientes da madeira, muito devido as características dos componentes deste material como a celulose, a hemicelulose, a lignina, as pectinas e as ceras.

Podem ser retirados de todos os tipos de madeiras desde as mais macias até as duras e ainda das recicladas. Além destas fibras, tem-se outros exemplo das fibras que não são originadas das madeiras, que tem diversas fontes de extração, como ilustrado na figura 10, que cita quais são as principais fibras de madeira e não derivadas de madeira que são utilizadas como fibras vegetais.

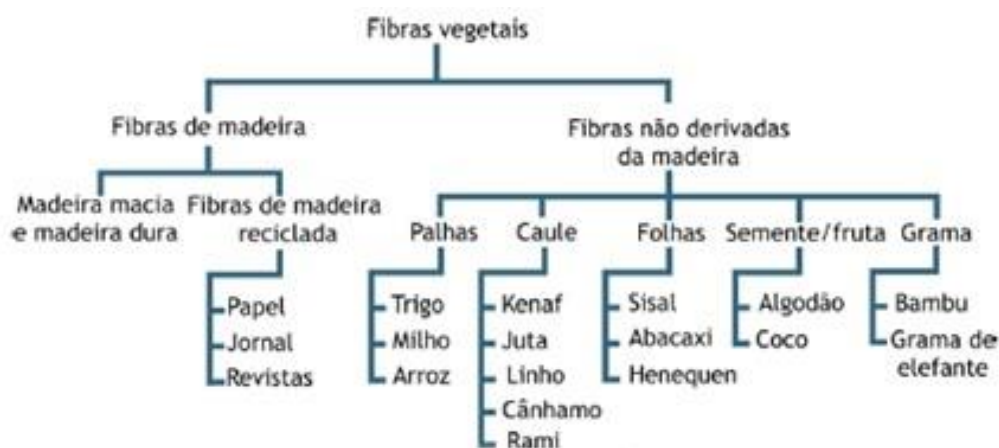


Figura 10- Classificação das fibras vegetais.

Fonte: Mohanty, 2005.

Para Satyanarayana (2010), a produção de compósitos são formados de diversas etapas, que vão desde seleção das fibras vegetais e da matriz, passando pelas técnicas necessárias para os tratamentos adequados na superfície das fibras diminuindo a interferência da umidade e com este tratamento buscando a valorização da aderência entre as fibras e a matriz, e além das técnicas de fabricação, diminuindo o custo.

Após a definição e preparo dos materiais que farão parte do compósito, o próximo passo é a mistura e a conformação dos mesmos. A fabricação destes compósitos seguem processos tradicionais, dentre eles a extrusão, injeção e moldagem (FARUK, 2012). A escolha da técnica de obtenção do compósito, influencia diretamente nas propriedades que o material terá ao final da mistura, alterando o desempenho do compósito de acordo com a sua aplicação final.

Os compósitos de materiais poliméricos utilizando como reforço fibras de origem vegetal, apresentam uma série de vantagens. Dentre elas pode-se destacar que são provenientes de fontes renováveis, tendo fácil reposição, os seus valores de densidade são baixas, facilitando a sua interação com os demais materiais não apresentam características tóxicas, podendo ser descartadas com uma maior facilidade, por serem biodegradáveis e até mesmo incineradas. Além disso apresenta um custo inferior a fibras sintéticas (DA SILVA; FROLLINI; GUIMARÃES; SATYANARAYANA; WYPYCH, 2009). A utilização de materiais renováveis em matriz energética no Brasil não é nenhuma novidade, pois em 2013 já representava 28,5%, enquanto os demais países apresentavam em média 11,1%.

4.5 SERRAGEM

Devido ao tamanho continental e pelas vastas áreas de cobertura vegetal, superior a 50% do território, o Brasil tem uma grande quantidade de resíduos oriundos da madeira devido a sua grande disponibilidade em todo o território nacional (SFB, 2011). A serragem é nome atribuído ao resíduo gerado nas atividades das indústrias madeireiras, no processo de corte com utilização de serras. Uma única empresa pode chegar a marca de 78 toneladas mês, sendo que grande parcela deste material

gerado, é simplesmente descartado não tendo nenhuma outra utilização. A figura 11 mostra a amostra do material serrado.



Figura 11 - Serragem

Fonte: Do autor, 2021.

Mesmo com esta grande quantidade de resíduo gerado, não é simples a aplicação deste, pois devido a sua granulometria ser pequena, impossibilita a sua utilização em diversas aplicações, tendo a necessidade da busca de novas tecnologias, mais apropriadas para melhorar o seu aproveitamento e consequentemente a diminuição de passivos ambientais (RODRIGUES, 2013).

Em um estudo realizado pela ABIMÓVEL – Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (2015), estima-se que o setor moveleiro, isto é, que tem por objetivo a atividade de produção de móveis/mobiliário, seja constituído por cerca de 13.500 micro, pequena e médias empresas.

Porém a informalização neste setor ainda é muito expressiva, podendo fazer com que este número seja maior, chegando a uma quantidade superior de 50.000 empresas atualmente no país.

Diante desses índices, o setor moveleiro como um dos principais geradores de resíduos de serragem de madeira e a norma técnica NBR-10004:2004 (ABNT, 2004), o pó de serra está enquadrado na classe IIA, (quadro 1). Esta classificação é válida de acordo com a características e propriedades de combustibilidade,

biodegradabilidade ou solubilidade em água e apresenta a característica de não inerte, não sendo desta forma uma representação de perigo para uma utilização futura (ABIMOVEL, 2015).

Quadro 1- Classificação dos resíduos sólidos - NBR-10004 (ABNT, 2004).

Classificação	Definição
Resíduo classe I Perigosos	São aqueles que apresentam periculosidade ou uma das características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.
Resíduo classe IIA Não inertes	São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou classe III, nos termos da norma. Os resíduos II podem ter propriedades, tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
Resíduos classe IIB Inertes	Quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa, segundo as normas da NBR 10007 (ABNT, 2004) - Amostragem de resíduos, e submetidos a um estado estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiental, conforme teste de solubilização, segundo norma técnica da NBR-10006 (ABNT, 2004) - Solubilização de resíduos, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, excetuando-se os padrões de aspectos, cor, turbidez e sabor.

Fonte: Adaptado da NBR-10004, 2004.

A serragem se destaca dentre os materiais orgânicos como um bioissorvente, com um custo altamente atraente, de acordo com a sua proveniência. Outra característica é de ser um adsorvente não iônico de matriz natural, devido a não apresentação de carga superficial (CARVALHO, 2009).

Em relação a sua estrutura, a parede celular tem como componentes em sua constituição a celulose, hemicelulose, lignina e polioses, todas elas apresentam estruturas orgânicas (SILVA, 2005).

Já no que diz respeito à composição química básica dos materiais de madeira, não são identificadas diferenças significantes entre as diversas espécies de madeiras conhecidas, tendo como os principais elementos constituintes o carbono, o hidrogênio e o oxigênio e uma pequena parcela de nitrogênio (KLOCK, 2005).

4.6 CELULOSE MICROCRISTALINA

Primeiramente a celulose faz parte da composição dos vegetais, onde é encontrada em abundância nas mais diversas partes, como raízes, troncos e sementes, desta foram materiais que tenham a celulose em sua composição estão cada vez mais sendo estudado devido ao seu caráter ambiental, sem afetar as estruturas e características dos polímeros (DUFERSEN, 2013).

Tem como seu principal elemento básico de composição a glicose, formando longas cadeias, com fibras alongadas nas paredes das células, obtendo resistência como principal características. Mostra-se na figura 12 sua estrutura linear, onde de acordo com a formação das suas cadeias, se torna impenetrável a água, por ser um material insolúvel (NEVELL, 1987).

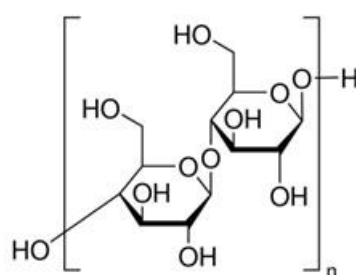


Figura 12 – Estrutura da celulose

Fonte: NEVELL, 1987.

A celulose é o elemento que se apresenta em maior quantidade nas plantas, sendo responsável pela constituição de sua estrutura, que são considerados compósitos naturais. Além da celulose, a lignina e a hemicelulose são os principais componentes destes materiais. A celulose, o constituinte mais abundante, é responsável pela estrutura, a lignina é considerada a responsável pela solidificação da parede celular, enquanto a hemicelulose funciona como matriz onde a celulose se organiza. Fazendo uma comparação com a Construção Civil, a celulose está para as plantas, como o concreto armado para as estruturas (TAIPINA, 2012).

Quando se diz especificamente na celulose microcristalina, estudos comprovam que sua utilização tem apresentado excelentes resultados em diversas aplicações, e ainda para os compósitos melhorias nas suas propriedades mecânicas e como barreira de biocompósitos (SIQUEIRA, 2010).

Uma das formas que se pode obter a celulose microcristalina é pela hidrólise ácida, pois neste processo todas as suas condições podem ser controladas, ocorre a liberação de microcristais, com arranjo rígido, com a diminuição do grau de polimerização durante o processo de hidrólise e após uma lavagem e filtragem encontra-se o produto final. A figura 13 mostra este procedimento (SILVA, 2009).

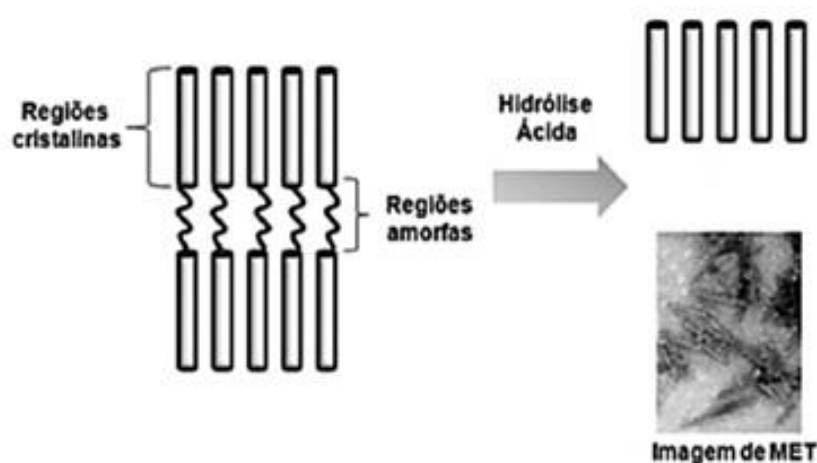


Figura 13 – Esquema da hidrólise da celulose

Fonte: Adaptado de Pereira, 2014.

4.7 PESQUISAS REALIZADAS

Com todo este cenário exposto de preocupação com o meio ambiente, estão cada vez mais sendo desenvolvidas pesquisas para o reaproveitamento de materiais que hoje são reconhecidos como resíduos, seja de indústrias, comércios e residências, ou provenientes de demolição, madeireiras, entre outros, buscando por novas propriedades para os mais diversos tipos de materiais e aplicações. (Arruda et al. (2012), Carvalho et al. (2000) e Dantas Filho et al. (2004))

Em dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Materiais do Centro Universitário de Volta Redonda – UniFOA, Souza, Alessandro Oliveira de (2018), desenvolveu um compósito com objetivo do reaproveitamento de resíduos sólidos provenientes do processo de fabricação de aço, cuja finalidade científica e comercial vem da utilização crescente do resíduo pelas siderúrgicas que buscam a sustentabilidade e a eficiência na utilização de seus recursos, evitando que uma parcela seja disposta em aterros controlados, contribuindo para uma redução na

utilização de produtos derivados do petróleo e para uma melhor destinação de resíduos sólidos.

Em suma, foram obtidos neste trabalho materiais compósitos, formulados com menores teores de derivados do petróleo, reforçados com Materiais metálicos que é subproduto gerado da siderurgia em grande quantidade, apresentando vantagens com relação à sua abundância e custo. Além disso, podem ser usados para as mesmas aplicações que o PEAD puro, destacando o compósito CP20PO que obteve os melhores resultados com relação as propriedades mecânicas e estabilidade térmica. A composição com 10 % de ferro teve um aumento de 15 % do módulo de elasticidade a tração e a composição com 40 % de pó de aciaria teve um aumento de 41 % em comparação ao PEAD puro.

Hillig et al (2008) confeccionaram compósitos com polietileno de alta densidade “virgem” (v-HDPE) e alguns tipos de serragem oriundos da indústria moveleira. Os resultados dos ensaios mecânicos demonstraram discrepância nas propriedades dos compósitos confeccionados de acordo com o tipo de serragem utilizado na mistura. De maneira geral, o acréscimo das serragens de origem de aglomerados e de eucalipto principalmente obtiveram os maiores valores de resistência à flexão e ao impacto que aqueles fabricados com MDF (Fibra de Média Densidade) e pinus, com porcentagens de até 10 % de serragem na composição.

Loureiro (2017) em seu estudo de polímero com resíduos do processo de soldagem a arco elétrico por eletrodos revestidos como reforço, a partir de uma matriz de PEAD, encontrando uma dureza Shore D semelhante ao do compósito reforçado com pó de aciaria, em torno de 56,3 HD de média. Já nos ensaios de dureza com a utilização de pó de aciaria e ferro puro como reforços os valores obtidos, em relação ao PEAD puro, na amostra CP20PO houve um acréscimo considerável de 14,7% na dureza melhorando esta propriedade.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para a realização da pesquisas são os apresentados abaixo.

5.1.1 PEAD

Para a execução deste trabalho, foi utilizado como matriz polimérica o Polietileno de Alta Densidade (PEAD) HC7260-LS, da Braskem. Conforme orientações do catálogo do fabricante, este modelo de PEAD pode ser utilizado nos segmentos de injeção na fabricação de caixas para uso industrial, assentos sanitários, utilidades domésticas, brinquedos, tampas, paletes, capacetes ocupacionais entre outros.

5.1.2 CAPACETE

Para efeito de comparação, como previsto no objetivo deste trabalho, foi utilizado um capacete de segurança da marca MSA, em perfeitas condições de uso, que foi triturado em moinho de facas para facilitar o seu processamento posterior.

Na formulação dos compósitos, foram utilizados dois tipos de reforço:

5.1.3 SERRAGEM

Serragem de madeira Pinus taeda, com granulometria de 50 mesh, obtida como resíduo da carpintaria do Centro Universitário de Volta Redonda.

5.1.4 CELULOSE MICROCRISTALINA

Celulose microcristalina P.A., da marca Synth, um insumo bastante utilizado nas indústrias farmacêutica, alimentícia e de materiais, como agente de modificação de propriedades químicas, físicas, mecânicas e reológicas.

5.2 MÉTODOS

Segue relacionados os métodos utilizados para a caracterização dos compósitos nesta pesquisa. Não foi possível realizar o teste de impacto para este momento, pois não foi encontrado nenhum local disponível para a realização do mesmo, por isso o mesmo foi indicado para a realização de trabalhos futuros.

5.2.1 Processamento dos Polímeros e Compósitos

As amostras de polímeros e compósitos utilizadas neste trabalho foram processadas no Laboratório de Processamento de Materiais do UniFOA, de acordo com as composições mostradas no quadro 2. As composições, após secagem dos materiais em estufa a 100 °C por 2 horas, foram obtidas em um homogeneizador termocinético “Dryzer” da MH Equipamentos, modelo MH-50H, em bateladas de 150 g por um tempo aproximado de 1 minuto.

Quadro 2 – Composições das amostras avaliadas no trabalho.

Amostra	% PEAD (P)	% Serragem (S)	% Celulose Microcristalina (C)
Capacete	100*	0	0
P ₁₀₀	100	0	0
P ₉₀ C ₁₀	90	0	10
P ₈₅ C ₁₅	85	0	15
P ₈₀ S ₁₀ C ₁₀	80	10	10
P ₇₅ S ₁₅ C ₁₀	75	15	10
P ₇₅ S ₁₀ C ₁₅	75	10	15
P ₇₀ S ₁₅ C ₁₅	70	15	15

*material obtido a partir da trituração do capacete

Fonte: Do autor, 2021.

Em seguida, as composições, separadamente, foram trituradas em moinho de facas e preparadas para injeção a 300 °C, em uma Injetora RAY RAM, modelo TSMP, em moldes de acordo com as normas ASTM D 638-14 e ASTM D 790-17, para, em seguida, serem caracterizados.

5.2.2 Difractometria de Raio X

A serragem e a celulose microcristalina foram submetidas à Difractometria de Raios X em um difratômetro da marca Shimadzu modelo XRD 6100, disponível no Laboratório de Caracterização de Materiais do UniFOA, com fonte de radiação $\text{CuK}\alpha$, e voltagem de 40 kV, corrente de 40 mA, varredura de 0,02 ($2\theta/5s$) para valores de Ângulo de Bragg entre 10° e 60° . Os dados obtidos nesta análise foram utilizados para determinar, de acordo com a metodologia de Segal et al (1959), o grau de cristalinidade dos materiais testados.

5.2.3 Ensaio de Tração

As propriedades mecânicas dos compósitos e dos polímeros puros foram determinadas por meio de ensaios de Tração, Flexão e Dureza Shore D. Os ensaios de tração foram realizados no Laboratório de Ensaios Mecânicos do UniFOA, utilizando-se uma Máquina Universal de Ensaios da marca EMIC DL-10000, com célula de carga de 5 kN, sob velocidade de $5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Para cada composição avaliada, foram ensaiados cinco corpos de prova com dimensões de acordo com a norma ASTM D 638-14, sendo 13 mm de largura, 165 mm de comprimento e 3,2 mm de espessura. Os resultados foram processados para obter as propriedades de resistência à tração (tensão máxima), tensão de escoamento e módulo de elasticidade em tração (Módulo de Young).

5.2.4 Ensaio de Flexão

No ensaio de flexão, também realizado na EMIC DL-10000, foram analisados cinco corpos de prova, com dimensões de acordo com a norma ASTM D 790-17, com 13 mm de largura, 130 mm de comprimento e 6 mm de espessura, com célula de carga de 100 kN, distância entre apoios de 80 mm, em temperatura ambiente, sob velocidade de $5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$. Os dados obtidos foram processados para a determinação da resistência à flexão (tensão máxima) e do módulo de elasticidade em flexão.

5.2.5 Ensaio de Dureza

Já o ensaio de Dureza Shore, foi utilizado um Durômetro Portátil Digital – Shore D, com penetrador de formato cônico, disponível no Laboratório de Ensaios Mecânicos do UniFOA, conforme a norma ASTM D2240-15.

5.2.6 MEV (Microscópio Eletrônico de Varredura)

As micrografias foram obtidas em um microscópio eletrônico de varredura HITACHI, modelo TM 3000 – software Tabletop Microscope, instalado no Laboratório de Caracterização de Materiais do UniFOA, usando elétrons secundários com feixe de 5 kV.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERIZAÇÃO DO REFORÇO

As Figuras 14 e 15 apresentam os difratogramas de Raios X da serragem e da celulose microcristalina, respectivamente.

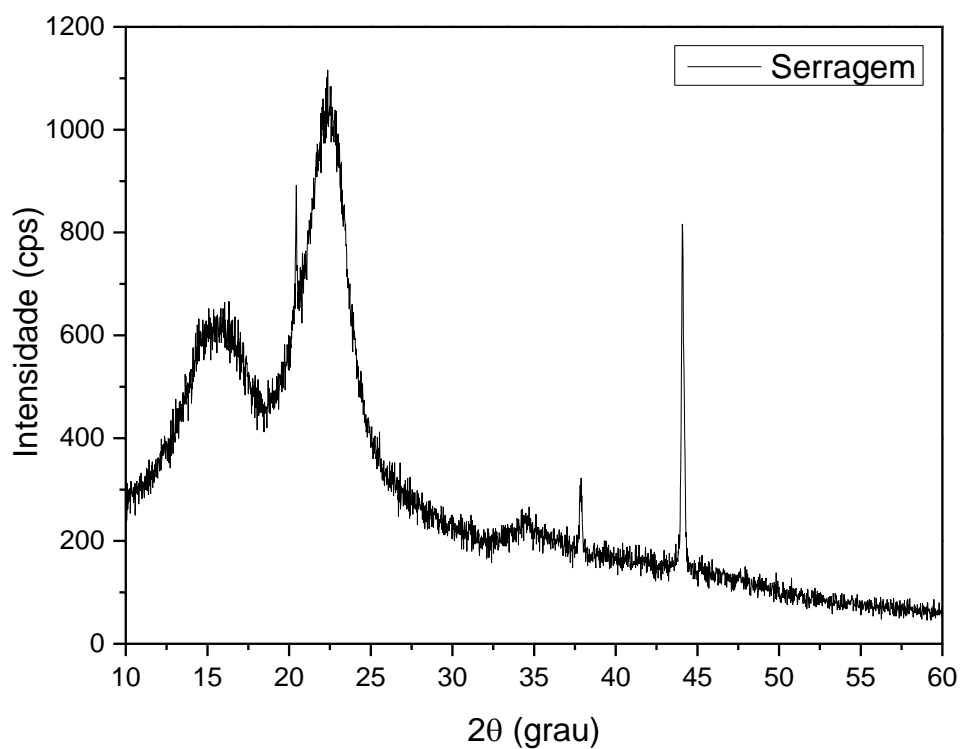


Figura 14 – Difratograma de Raios X da serragem

Fonte: Do autor, 2021.

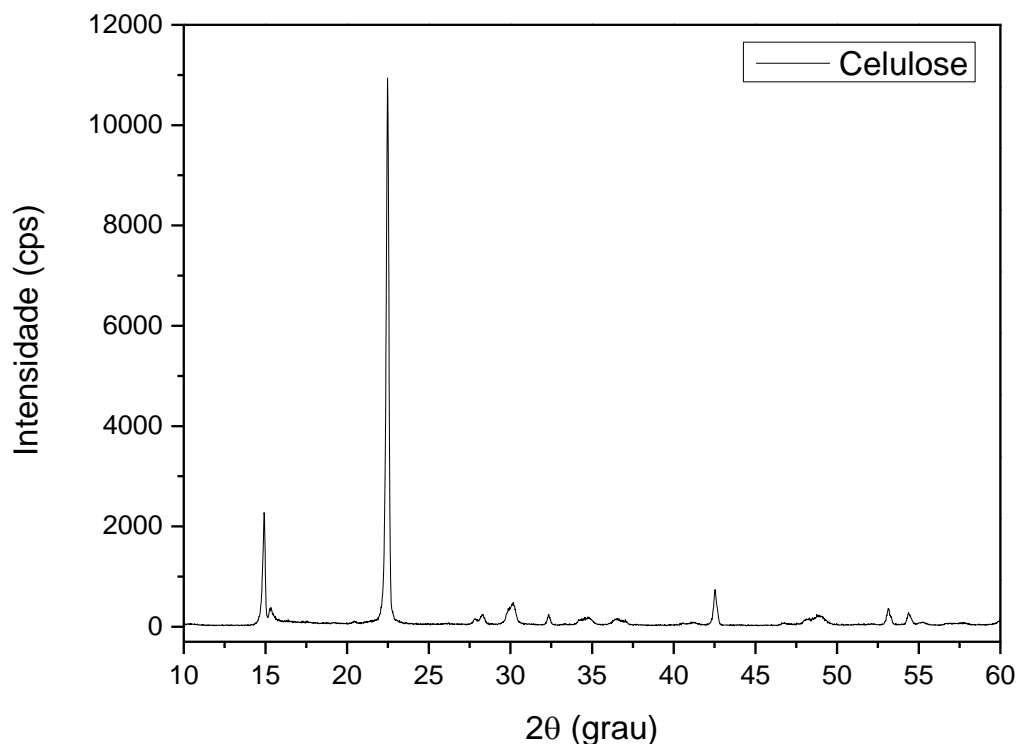


Figura 15 – Difratograma de Raios X da celulose microcristalina

Fonte: Do autor, 2021.

É possível verificar um comportamento bastante distinto entre os dois materiais. A Figura 14 mostra um comportamento difratográfico típico de biomassas vegetais, que são compostas de frações cristalinas (porção cristalina da celulose) – e amorfas (fase amorfa da celulose, além de hemiceluloses e lignina). Já a Figura 15 é típica de uma molécula de celulose tipo I, com picos difratográficos bem definidos e característicos localizados em $14,9^\circ$ e $22,5^\circ$, que representam os planos de difração 101 e 002, respectivamente (FERREIRA et al, 2017).

Segundo a metodologia desenvolvida por Segal et al (1959), é possível determinar o grau (%) de cristalinidade de uma biomassa vegetal, analisando-se a intensidade dos picos a $14,9^\circ$ e $22,5^\circ$. Aplicando-se esta metodologia, foi possível determinar que a serragem, na forma como foi aplicada no trabalho, apresentou 41,8% de cristalinidade. Outros trabalhos utilizaram a mesma metodologia para a determinação da cristalinidade de diferentes biomassas vegetais, encontrou o valor

de 30,1% para a fibra do caule da palmeira real australiana MIRANDA (2017). Já PAULINO et al (2018) obtiveram o valor de 27,9% para o bagaço de cana e SILVA (2016), ao estudar propriedades da casca do pinhão manso, encontrou 36,04% de cristalinidade para esta biomassa. Comparando-se estes valores, verifica-se que a serragem utilizada neste trabalho apresentou um maior grau de cristalinidade do que as demais biomassas. Este comportamento é esperado, uma vez que a serragem provém de um material lenhoso, derivado de madeira dura (hardwood) e, portanto, mais rígido e cristalino.

Já a celulose microcristalina apresentou um grau de cristalinidade de 79,8%, comprovando a elevada cristalinidade associada a este produto comercial. FERREIRA et al (2017) encontraram um valor de 74% de cristalinidade para uma versão comercial de celulose microcristalina.

A sobreposição dos dois difratogramas apresentada na Figura 16 mostra que não há deslocamento de picos comparando-se os dois materiais, fato que reforça a acuracidade da metodologia desenvolvida por SEGAL et al (1959). É possível verificar, ainda, que os dois materiais apresentam picos em $34,6^\circ$, típico de celulose, que representa o plano de difração 040 (FERREIRA et al, 2017).

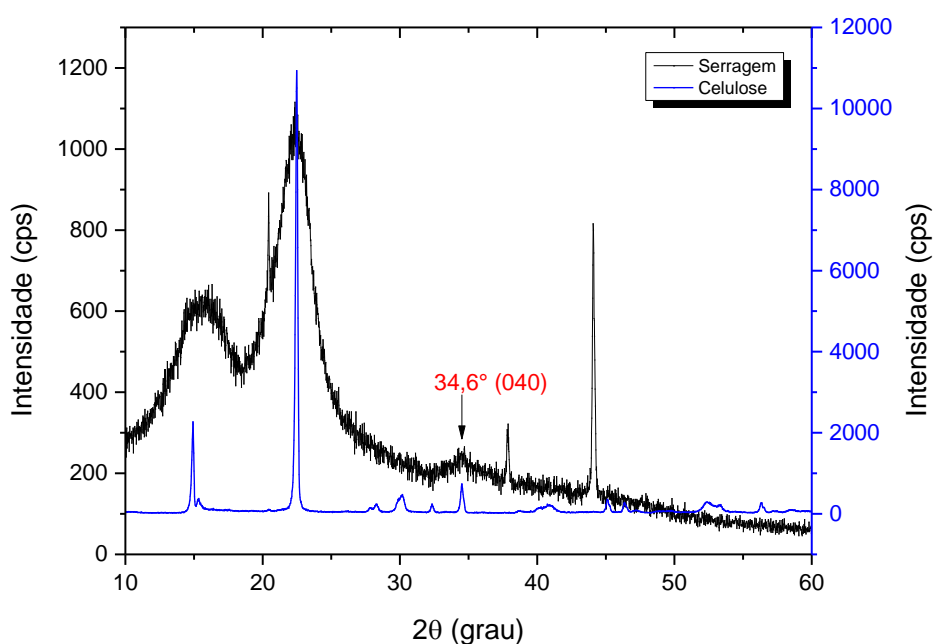


Figura 16 – Difratogramas de Raios X sobrepostos

6.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

6.2.1 Tração

A Figura 17 apresenta a curva de tensão x deformação da amostra obtida a partir da trituração do capacete de segurança. Verifica-se que o material não rompeu mesmo após 700 % de deformação, alcançando o limite dimensional do equipamento. Ressalta-se que, na Figura 17, é apresentada a curva da amostra cujo comportamento mecânico mais se aproximou da média. O valor médio para a resistência a tração ficou em $21,4 \pm 0,30$ MPa e o Módulo de Young atingiu o valor de $176,1 \pm 42,11$ MPa.

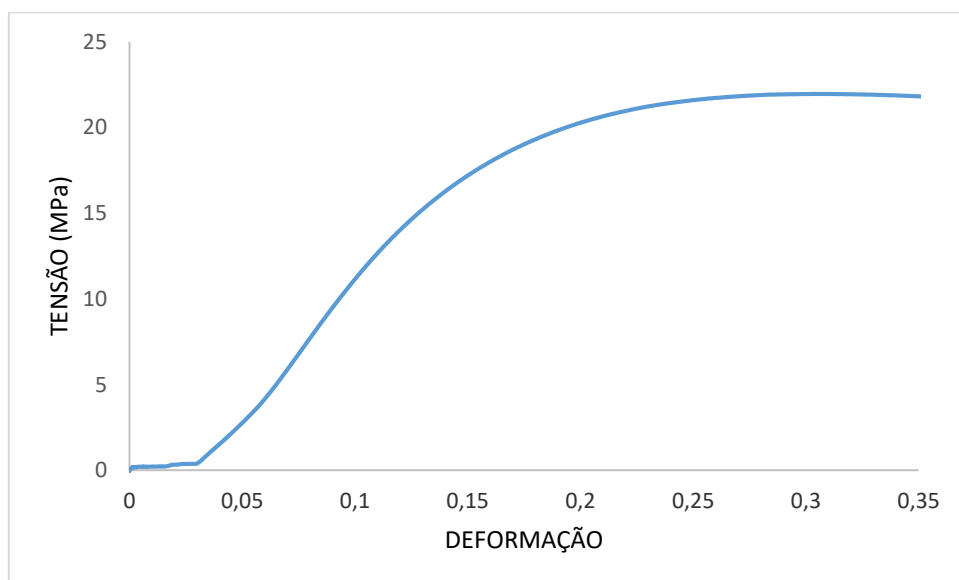


Figura 17 – Curva de tensão x deformação à tração do material do capacete.

Fonte: Do autor, 2021.

Na Figura 18 são apresentadas as curvas de tensão x deformação à tração dos compósitos preparados a partir das misturas de PEAD com serragem e celulose microcristalina. Na Tabela 2, constam as propriedades mecânicas em tração calculadas a partir dos dados obtidos nos ensaios.

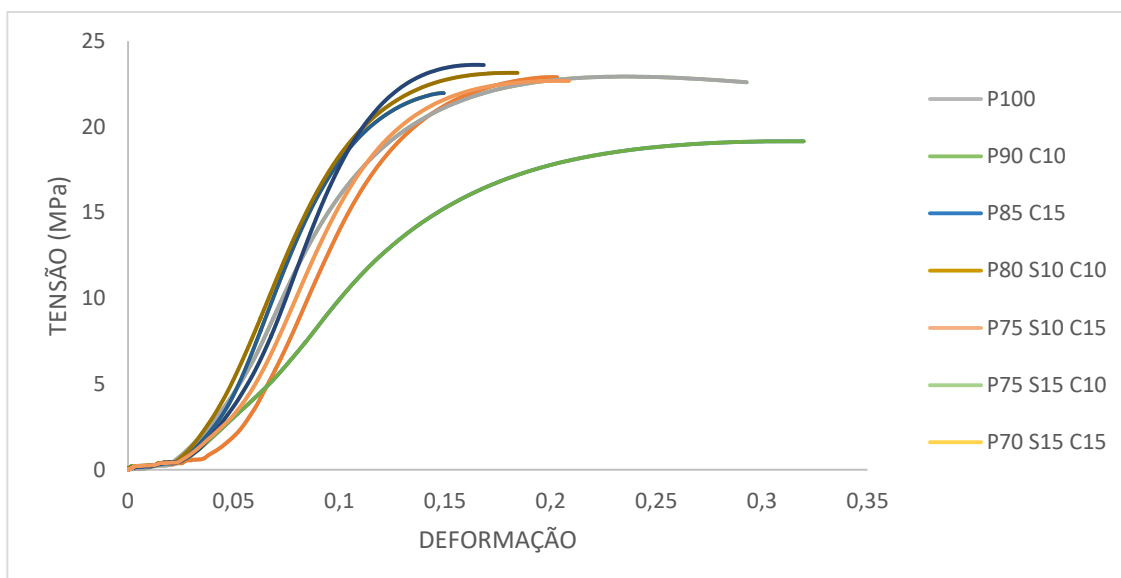


Figura 18 – Tensão X Deformação resistência a tração dos compósitos

Fonte: Do autor, 2021.

Tabela 2 - Resultados do Ensaio de Tração

Amostra	Tensão de Escoamento. (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Young (MPa)
Capacete	11,9 ± 0,30	21,4 ± 0,53	176 ± 42,11
P ₁₀₀	12,0 ± 0,15	19,0 ± 0,98	150 ± 52,83
P ₉₀ C ₁₀	14,3 ± 1,21	22,7 ± 0,75	256 ± 72,39
P ₈₅ C ₁₅	16,0 ± 0,18	23,0 ± 0,32	281 ± 37,42
P ₈₀ S ₁₀ C ₁₀	16,0 ± 0,84	22,7 ± 0,29	287 ± 21,61
P ₇₅ S ₁₅ C ₁₀	16,3 ± 0,96	23,3 ± 0,56	307 ± 48,70
P ₇₅ S ₁₀ C ₁₅	15,3 ± 0,33	22,0 ± 0,64	317 ± 28,51
P ₇₀ S ₁₅ C ₁₅	18,0 ± 0,27	24,3 ± 0,55	341 ± 31,92

Fonte: Do autor, 2021.

A análise do resultado mostra que, no caso do PEAD puro, bem como nos compósitos, houve uma clara diferença no comportamento de deformação das amostras em tração quando comparadas ao material do capacete. Com relação às propriedades mecânicas da Tabela 2, verifica-se que o PEAD puro apresentou resultados inferiores ao material do capacete, enquanto que os compósitos, em todos os casos, apresentaram propriedades mecânicas superiores.

O comportamento geral dos compósitos foi que houve um aumento nas propriedades mecânicas com a adição dos reforços. Os melhores resultados obtidos pelos compósitos foram de tensão máxima (24,3 MPa) e para o Módulo de Young (341 MPa) sendo, respectivamente, cerca de 28% e 127% maiores que no PEAD puro e, respectivamente, 13,5% e 94% maiores quando comparados ao material do capacete.

6.2.2 Flexão

A Figura 19 mostra a curva de tensão x deformação em flexão do material obtido a partir da trituração do capacete. Os valores encontrados para as propriedades em flexão foram de $30,05 \pm 3,83$ MPa para a tensão máxima e $1151 \pm 39,40$ MPa para o Módulo de Flexão.

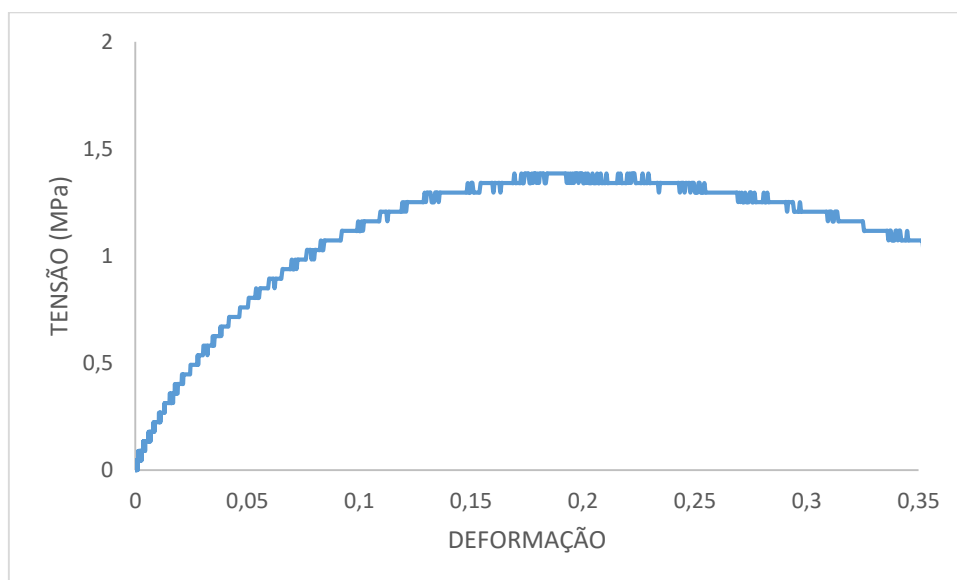


Figura 19 – Força X Deformação resistência a flexão do capacete.

Fonte: Do autor, 2021.

Em relação ao PEAD puro e os compósitos, os resultados encontram-se na Figura 20 e na Tabela 3. Assim como visto em tração, o PEAD puro apresentou propriedades inferiores às do material do capacete. Contudo, todos os compósitos apresentaram resultados superiores, indicando, novamente, que a adição dos reforços promove aumentos nas propriedades mecânicas dos materiais estudados.

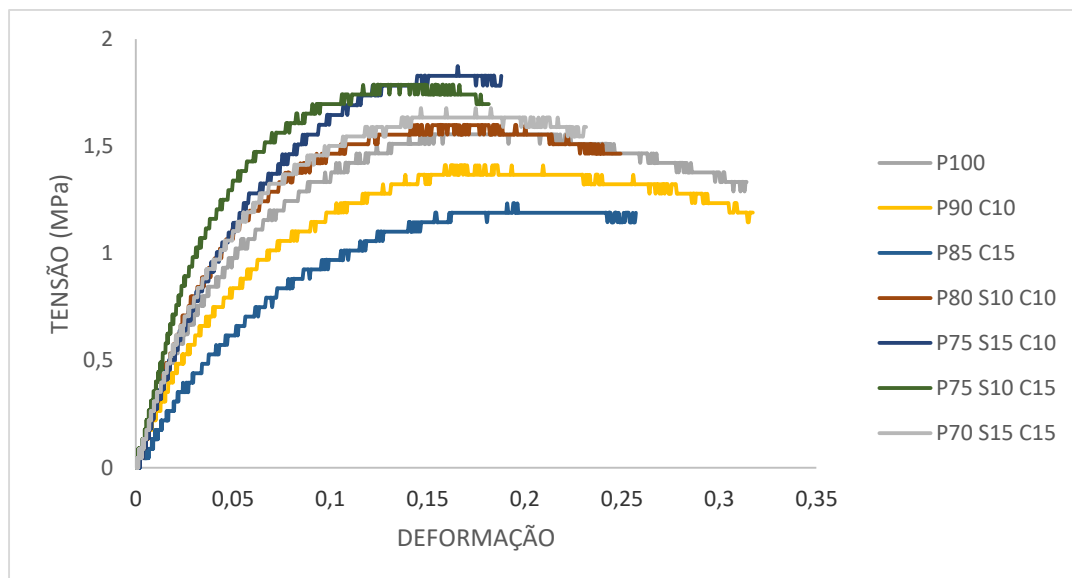


Figura 20 – Força X Deformação resistência a flexão dos compósitos

Do autor, 2021.

Tabela 3 - Resultados do Ensaio de Flexão

Amostra	Tensão Máxima (MPa)	Módulo de Flexão (MPa)
Capacete	30,5 ± 3,83	1151 ± 39,40
P ₁₀₀	25,2 ± 3,83	838 ± 37,22
P ₉₀ C ₁₀	32,2 ± 1,24	1344 ± 11,78
P ₈₅ C ₁₅	33,4 ± 3,71	1536 ± 21,04
P ₈₀ S ₁₀ C ₁₀	36,4 ± 1,19	1570 ± 12,37
P ₇₅ S ₁₅ C ₁₀	37,9 ± 1,25	1562 ± 20,51
P ₇₅ S ₁₀ C ₁₅	35,0 ± 2,03	1581 ± 39,24
P ₇₀ S ₁₅ C ₁₅	38,0 ± 0,72	2005 ± 25,33

Fonte: Do autor, 2021.

Já para este teste os compósitos apresentaram uma melhora na qualidade, sendo alcançado um aumento de 50,8% na tensão máxima em flexão e de 139% no módulo de flexão o resultado mais satisfatório encontrado dentre os compósitos testados. Quando comparado ao material do capacete, para a tensão máxima e o módulo de flexão, aumentaram em 24,6 % e 74,2%, respectivamente.

6.2.3 Dureza Shore D

Foi realizado o ensaio de Dureza Shore D com o objetivo de avaliar se haveria alguma mudança em relação a esta característica quanto a matriz e os compósitos que apresentaram os melhores resultados nos ensaios de tração e flexão.

Na Tabela 4, são apresentados os resultados de Dureza Shore D para os compósitos de PEAD puro, e os compósitos P₈₀ S₁₀ C₁₀ e P₇₀ S₁₅ C₁₅, que apresentam 10% e 15 % de serragem e celulose microcristalina respectivamente. Verifica-se que as médias encontradas foram, respectivamente 62,2 ± 1,16 HD, 63,2 ± 1,80 HD e 60,3 ± 1,04 HD.

Tabela 4 – Valores de Dureza Shore D (HD) encontrados para os materiais analisados

PEAD	Compósito P ₈₀ S ₁₀ C ₁₀	Compósito P ₇₀ S ₁₅ C ₁₅
62,7	65,5	61,4
60,6	64,3	59,9
61,4	62,7	61,4
63,5	62,5	59,7
62,7	60,8	59,1
62,18 ± 1,16 HD	63,16 ± 1,80 HD	60,3 ± 1,04 HD

Fonte: Do autor, 2021.

Para melhor avaliar os resultados da Tabela 4, foi realizada uma Análise de Variância de fator único, mostrada na Tabela 5. Verifica-se que há diferença significativa entre as médias, uma vez que o valor de F calculado é maior que o F crítico e também o valor-p < 0,05.

Tabela 5 – Análise de variância entre o PEAD puro e os compósitos P₈₀ S₁₀ C₁₀ e P₇₀ S₁₅ C₁₅.

Fonte da variação	Soma Quadrática	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	21,124	2	10,562	5,568717	0,019462	3,885294
Dentro dos grupos	22,76	12	1,896667			
Total	43,884	14				

Fonte: Do autor, 2021.

Tais resultados indicam que, no compósito P₇₀ S₁₅ C₁₅, houve redução estatisticamente significativa na Dureza Shore-D quando comparado ao resultado obtido pelo PEAD puro e pelo compósito P₈₀ S₁₀ C₁₀. Contudo, não há diferença significativa entre o resultado do PEAD e do compósito P₈₀ S₁₀ C₁₀, que podem ser admitidos como estatisticamente iguais, conforme teste de Tukey realizado no software Excel. Além disso, a redução na dureza apresentada pelo compósito P₇₀ S₁₅ C₁₅ é de apenas 3% quando comparada à dureza do PEAD puro. Este resultado pode ser esclarecido pois como a estrutura fica heterogênea, não interfere diretamente nos valores atribuídos a dureza.

6.2.4 MEV

Seguindo o mesmo critério apresentado no item anterior, foi verificado nos pontos de fratura dos corpos de prova de tração do PEAD e dos compósitos P₈₀ S₁₀ C₁₀ e P₇₀ S₁₅ C₁₅, a interação das fibras com a matriz para demonstrar como que como se constituiu a coesão entre os materiais.

A figura 21 apresenta a imagem do capacete ampliada a 50 vezes, onde é possível verificar características da fratura, cujas regiões de rompimento encontram-se muito próximas entre si, indicando uma distribuição homogênea do polímero na amostra.

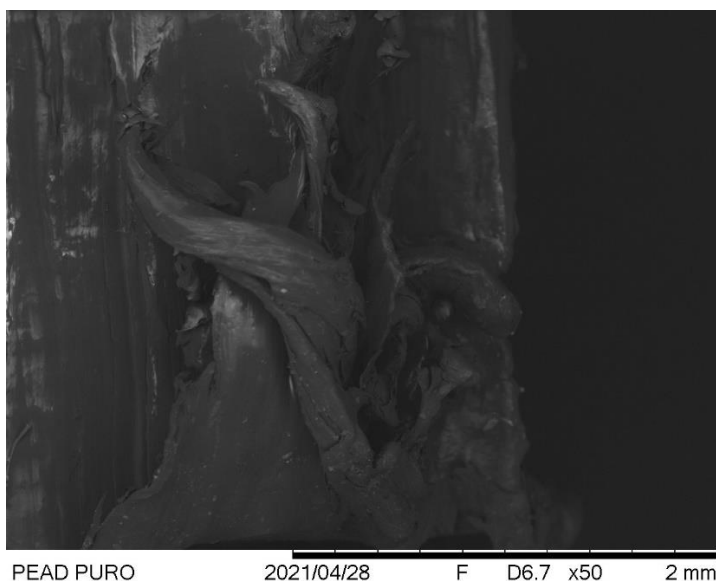


Figura 21: MEV capacete X50

Fonte: Do autor, 2021.

Já na figura 22, é apresentada a imagem gerada pelo ensaio do MEV a 200 vezes para o compósito P₇₀ S₁₅ C₁₅, onde se pode verificar a distribuição do reforço na matriz polimérica apresentando uma boa interação entre as fases. .

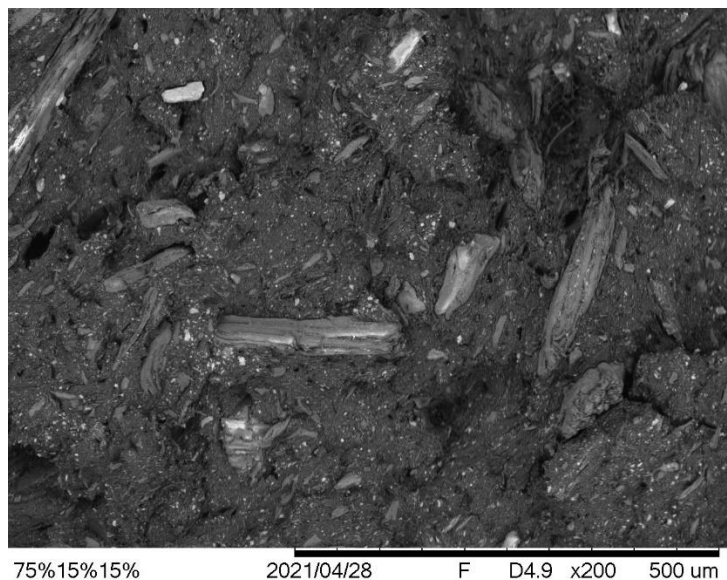


Figura 22: MEV compósito P₇₀ S₁₅ C₁₅ X200

Fonte: Do autor, 2021.

A boa interação entre as fases é melhor verificada na figura 23, que apresenta a imagem do compósito P₈₀ S₁₀ C₁₀, também com ampliação de 200 vezes, onde não se verifica espaço na interface entre a matriz polimérica e a fibra. Tais resultados corroboram os grandes aumentos verificados nas propriedades mecânicas.

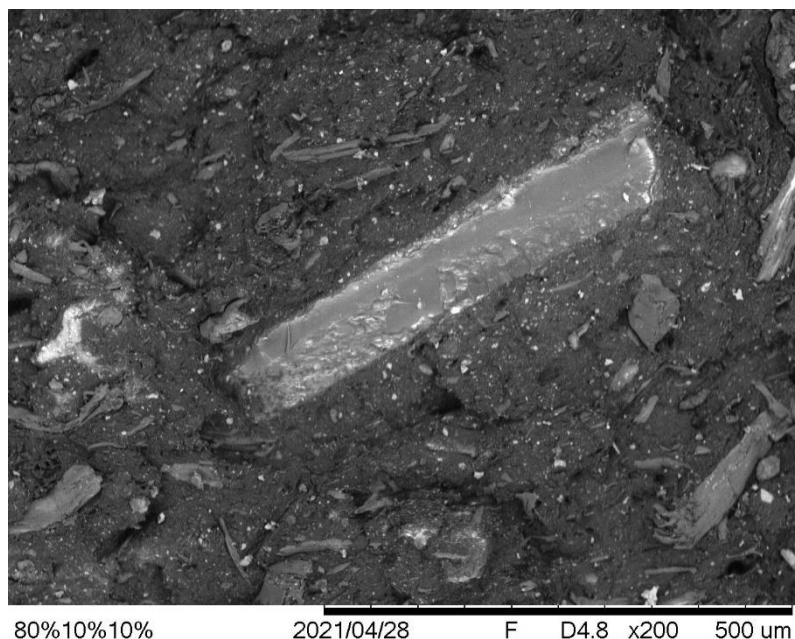


Figura 23: MEV do compósito P₈₀ S₁₀ C₁₀ x200

Fonte: Do autor, 2021.

Diante das imagens apresentadas, pode-se verificar que as interações entre a matriz e as fibras se deram de forma satisfatória, justificando a utilização da celulose microcristalina na melhora da interação entre a matriz e a fibra utilizada e os valores maiores dos compósitos em relação ao capacete analisado, não constando falhas e impurezas na formação.

6.3 VALIDAÇÃO ESTATÍSTICA

Uma vez que os experimentos foram propostos na forma de um fatorial 3², foi possível realizar um estudo estatístico para validação do efeito das variáveis testadas sobre as propriedades obtidas. Utilizando o software Statistica, foi possível validar estatisticamente o efeito do teor de serragem e do teor de celulose microcristalina sobre a propriedade Módulo de Young por meio de Análise de Variância (ANOVA) mostrada na Tabela 6 e o Módulo de Flexão na Tabela 7. Dessa forma, foi gerada uma curva de superfície de resposta (Figuras 24 e 25), bem como um gráfico de pareto (Figuras 26 e 27) para o Módulo de Young e Módulo de Flexão respectivamente.

Tabela 6 – Análise de variância (ANOVA) dos fatores estudados sobre o Módulo de Young. $R^2 = 0,999$

Fator	Soma Quadrática	Graus de liberdade	Média Quadrática	F calculado	valor-p
Serragem (Linear)	36,76	1	36,76	0,09091	0,767169
Serragem (Quadrático)	15309,00	1	37,86203	37,86203	0,000018
Celulose (Linear)	349,75	1	0,86499	0,86499	0,367073
Celulose (Quadrático)	5130,26	1	12,68810	12,68810	0,002838
Serragem x Celulose (L^2)	8046,73	1	19,90107	19,90107	0,000457
Resíduo	6065,05	15	0,32		
Total	70763,24	20			

Fonte: Do autor, 2021.

Tabela 7 – Análise de variância (ANOVA) dos fatores estudados sobre o Módulo de Flexão. $R^2 = 0,999$

Fator	Soma Quadrática	Graus de liberdade	Média Quadrática	F calculado	valor-p
Serragem (Linear)	16727	1	16727,3	0,38914	0,542122
Serragem (Quadrático)	572284	1	572284,5	13,31350	0,002376
Celulose (Linear)	42541	1	42540,6	0,98966	0,335605
Celulose (Quadrático)	58248	1	58248,3	1,35508	0,262575
Serragem x Celulose (L^2)	318480	1	318480,4	7,40905	0,015749
Resíduo	644779	15	042985,3		
Total	2513669	20			

Fonte: Do autor, 2021.

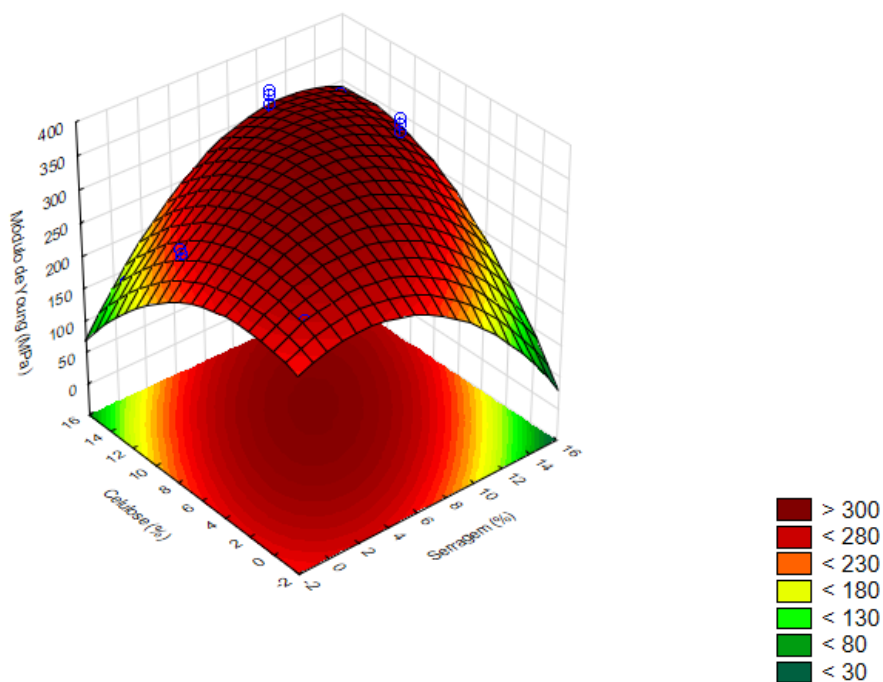


Figura 24 – Superfície de Resposta para os fatores celulose (%) e serragem (%) sobre o Módulo de Young (MPa)

Fonte: Do autor, 2021.

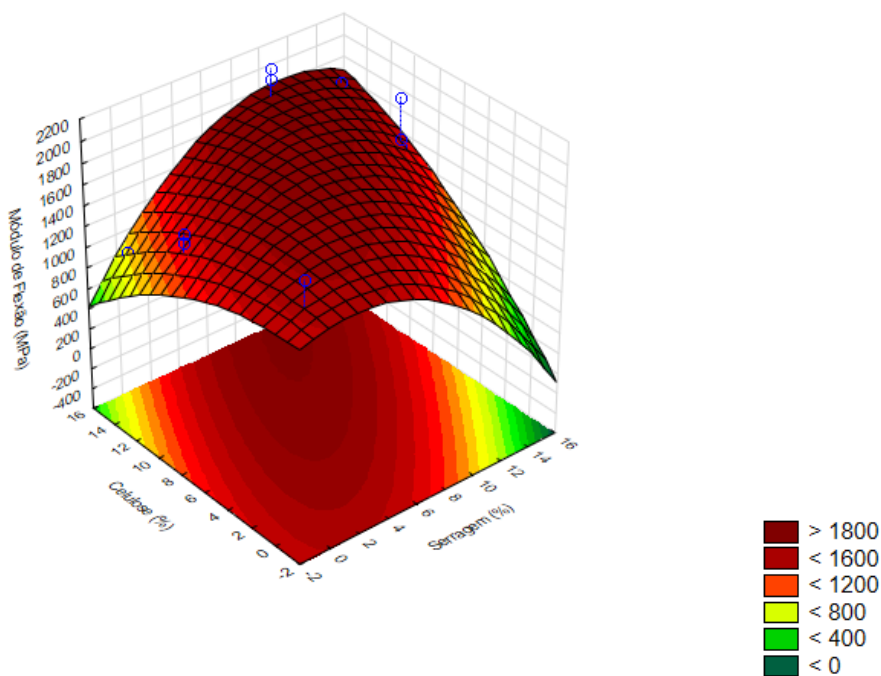


Figura 25 – Superfície de Resposta para os fatores celulose (%) e serragem (%) sobre o Módulo de Flexão (MPa)

Fonte: Do autor, 2021.

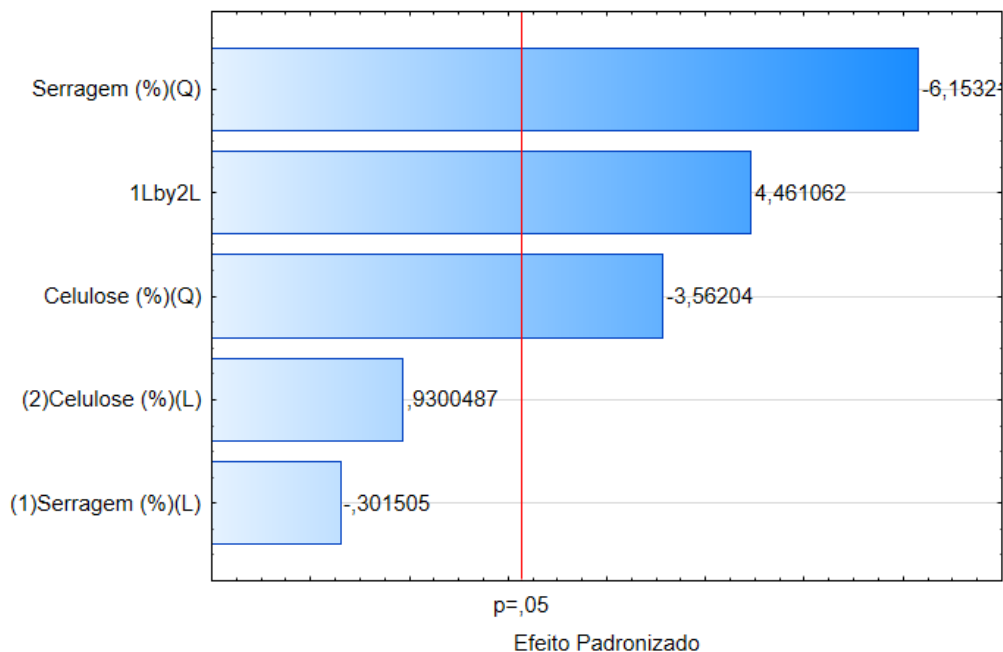


Figura 26 – Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados dos fatores celulose (%), serragem (%) em comportamento linear (L), quadrático (Q) e combinado (1Lby2L) para o Módulo de Young.

Fonte: Do autor, 2021.

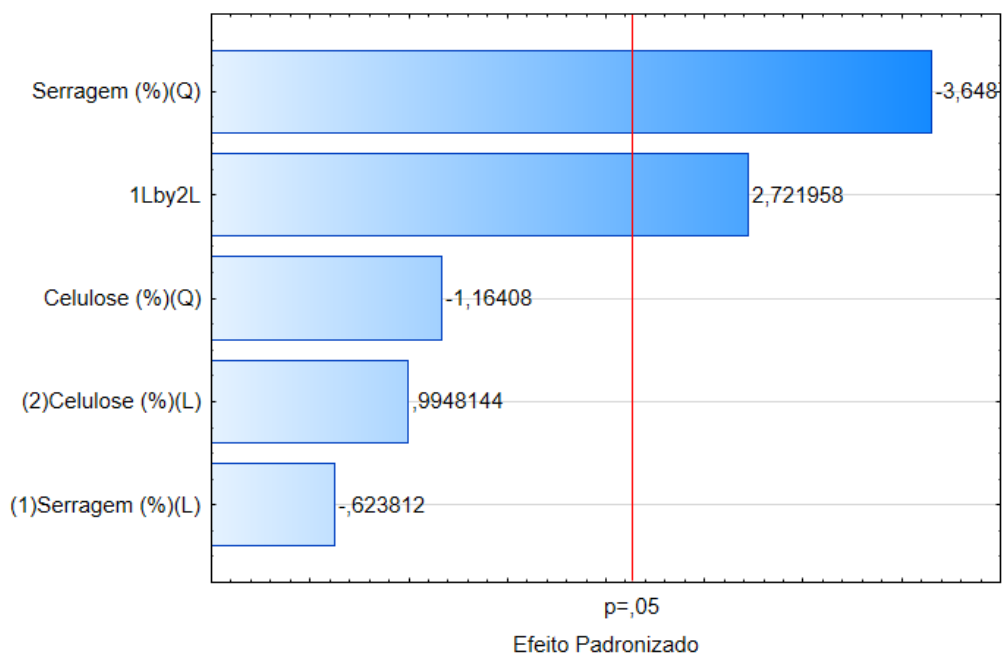


Figura 27 – Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados dos fatores celulose (%), serragem (%) em comportamento linear (L), quadrático (Q) e combinado (1Lby2L) para o Módulo de Flexão.

Fonte: Do autor, 2021.

A análise da Tabela 6 mostra que tanto o teor de serragem quanto o teor de celulose, em comportamento quadrático, são fatores estatisticamente válidos (valor-p < 0,05) e exercem influência positiva sobre o Módulo de Young. Foi encontrada interação entre os fatores estatisticamente válida, o que sugere haver efeito combinado entre as variáveis (valor-p = 0,000457).

A superfície de resposta (Figura 24) evidência claramente o efeito quadrático que os dois fatores exercem sobre o Módulo de Young. Além disso, como pode ser visto no gráfico de pareto (Figura 26), o efeito da adição da serragem e da celulose em modelo quadrático é negativo, indicando uma curva com concavidade voltada para baixo, típica de superfícies de resposta que podem ser otimizadas. Para isso, seria necessário realizar experimentos utilizando valores superiores de serragem e celulose microcristalina, até que a resposta obtida (Módulo de Young) apresentasse diminuição nos valores. Dessa forma, seria possível encontrar um ponto ótimo, cuja composição leva ao maior valor de Módulo de Young alcançável. Tal estudo de otimização fica como sugestão para trabalhos futuros.

Já analisando a Tabela 7 fica evidenciado que o teor de celulose no seu comportamento quadrático é fator estatisticamente válido e exerce influência positiva sobre o Módulo de Flexão, assim como a interação entre os fatores, com o valor-p de 0,015749, sugerindo haver o efeito combinado entre as variáveis.

No que se diz respeito a superfície de resposta (Figura 25) e o gráfico de pareto (Figura 27) ratificam esta sugestão, evidenciando o efeito quadrático da serragem sobre o Módulo de Flexão, assim como a sua ação combinada das variáveis influencia positivamente na interação entre os fatores estatisticamente válida.

Diante dos dados obtidos e demonstrados, fica claro que o efeito combinado entre a serragem e celulose microcristalina contribuem significativamente entre si para se compatibilizarem com a matriz na fase polimérica do material.

7 CONCLUSÕES

Foi possível obter um material compósito com boas propriedades mecânicas por meio da mistura termocinética de PEAD, serragem e celulose microcristalina. Em geral, a serragem e a celulose microcristalina foram responsáveis por aumentos consideráveis nas propriedades mecânicas dos compósitos, quando comparadas às do PEAD puro.

Os reforços, caracterizados por DRX, apresentaram-se com graus de cristalinidade de 41,8% para a serragem e 79,8% para a celulose microcristalina. Os comportamentos verificados nesta análise são típicos de materiais vegetais e de celulose.

Em tração, o material derivado do capacete apresentou Módulo de Young de 176,1 MPa e tensão máxima de 21,4 MPa. Todos os compósitos desenvolvidos neste trabalho com PEAD reforçado com serragem e celulose microcristalina apresentaram propriedades superiores em tração. Os compósitos apresentaram resultados que chegaram a um aumento de 127% no Módulo de Young e 28% na tensão máxima, quando comparado ao PEAD puro.

Em flexão, o material derivado do capacete apresentou Módulo de Flexão de 1.151 MPa e tensão máxima de 30,5 MPa. Já os compósitos apresentaram propriedades superiores e, assim como em tração, alcançando Módulo de Flexão de 2005 MPa e tensão máxima de 38 MPa.

Quanto à dureza Shore-D, foi verificado não haver diferença significativa entre o PEAD puro e o compósito com 10% de cada biomassa. O compósito com 15% de serragem e 15% de celulose apresentou uma diminuição de 3% quando comparado ao PEAD puro. Esta diferença é, embora pequena, estatisticamente significativa, confirmada por Análise de Variância.

O MEV demonstrou que a interação entre as fibras e a matriz ocorreram de forma satisfatória justificando e contribuindo esta relação para os resultados obtidos e identificados no presente trabalho.

A análise estatística dos resultados permitiu verificar que o teor de serragem e o teor de celulose microcristalina são variáveis estatisticamente significativas e

apresentam efeito positivo sobre o Módulo de Young e Módulo de Flexão dos materiais produzidos. Os resultados obtidos na Análise de Variância demonstraram que há uma influência quadrática destes fatores sobre a propriedade mecânica, que também foi demonstrada em uma curva de superfície de resposta e no gráfico de pareto.

Neste trabalho foram produzidos compósitos de PEAD com adição de serragem e celulose microcristalina que apresentaram, além de um teor menor de derivados de petróleo, propriedades mecânicas superiores às do material obtido a partir da trituração de um capacete de segurança. Tais resultados sugerem que é possível, portanto, produzir um capacete utilizando os compósitos produzidos neste trabalho.

8 TRABALHOS FUTUROS

Avaliar outras propriedades mecânicas e físico-químicas dos compósitos e compará-las com materiais utilizados na confecção de capacetes;

Realizar teste de impacto nestes compósitos que foram utilizados neste trabalho para a avaliação desta grandeza;

Otimizar a composição utilizando um modelo matemático obtido a partir da influência quadrática do teor de celulose sobre o módulo de Young;

Aplicar o compósito produzido neste trabalho na confecção de capacetes de segurança;

Realizar estudos que possam avaliar a interação entre as fases do compósito.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMÓVEL. **Perfil da indústria moveleira. Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário.** (2015). Disponível em: <http://www.sindimol.com.br/o-setor/>>. Acesso em: 8 mai. 2020.

AKCELRUD, L. **Fundamentos da Ciência dos Polímeros.** Editora Manole Ltda, São Paulo, 2007.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D3878-2016:** Standard Terminology for Composite Materials. Philadelphia, 2016.

_____. **D883-99:** Terminology Relating to Plastics. Philadelphia, 1999.

ANIMASEG. **Indicadores do Mercado Brasileiro de Equipamentos de Proteção Individual.** São Paulo, 2020.

ARRUDA, M. B. R. **Segurança do trabalho versus trabalho em segurança: um panorama sobre os confrontos administrativos e normas correlatas.** Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Capacete de segurança para uso ocupacional — Especificação e métodos de ensaio: NBR 8221:2019** Rio de Janeiro: ABNT,2019.

_____. **Classificação Dos Resíduos Sólidos: NBR 10004:2004.** Rio de Janeiro: ABNT,2004

AVÉROUS, L.; BOQUILLON, N. **Biocomposites based on plastificized starch: thermal and mechanical beharviours.** Carbohydrate Polymers, v. 52, p. 111-122, 2004.

BANK, W. **Waste Generation.** Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/Chap3.pdf>. Acessado em: 12 jan. 2019.

BRASIL, República Federativa. Lei 8213 de 24 de julho de 1991. **Dispõe sobre Planos de Benefícios da Previdência Social e dá outras providências.** Disponível em http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L8213cons.htm Acesso em 22 jul. 2019

_____. Lei 12305 de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em 15 ago. 2021.

CALLISTER, W. D. Jr. **Fundamentos da Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Abordagem Integrada.** LTC – Livros Técnicos e Científicos, Editora S.A., Rio de Janeiro, 2006.

_____. (2007) **Materials Science and Engineering – An Introduction**, 7. ed., Canadá: John Wiley and Sons, 975p.

CANEVAROLO Jr, S. V. **Ciência dos Polímeros.** Artliber Editora Ltda, São Carlos, 2004.

_____. **Técnicas de caracterização de polímeros.** São Paulo:2007 Artliber.

CARVALHO, W.; CANILHA, L.; FERRAZ, A.; MILAGRES, A.M.F. **Uma visão sobre a estrutura, composição e biodegradação da madeira.** Química Nova, v. 32, n. 8, p. 2191-2195. (2009)

CEMPRE. **CEMPRE REVIEW 2015.** Disponível em: <http://cempre.org.br/artigopublicacao/artigos>. Acessado em 29 jan. 2020.

CORREIO BRASILIENSE. **No Brasil, 700 mil pessoas sofrem acidente de trabalho a cada ano.** 2017. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/economia/2017/06/05/internas_economia,600125/acidente-de-trabalho-no-brasil.shtml. Acessado em 22 mai. 2020.

COUTINHO, F. M. B., MELLO, I. L., SANTA MARIA, L. C., **“Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações”**, Polímeros: ciência e tecnologia, v. 13, n. 1, pp. 1-13, 2003.

DANTAS FILHO, F. P. **Contribuição ao estudo para aplicação do pó de serra da madeira em elementos de alvenaria de concreto não estrutural.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, 2004.

DUFERSEN, A.; **“Nanocellulose: a new ageless Bionanomaterial”**; Saint Martin d’He`res Cedex, France; 2013

EL-SAKHWY, M., HASSAN M. L; **Physical and mechanical properties of microcrystalline cellulose prepared from agricultural residues**. Carbohydrate Polymers, 67, 1-10. (2007).

ENRÍQUEZ C, MARIO; VELASCO M, REINALDO; ORTIZ G, VICENTE. **Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón**. Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 10, n. 1, 2012.

FARUK, O. et al. **Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010**. Progress in Polymer Science, 2012.

FELIPETTO, E. L. **Processamento de polímeros**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul - Faculdade de Engenharia, 2003. Disponível em: <http://www.tifnet.com.br/disciplinas/polimeros_aula_01.pdf> Acesso em 23 fev. 2019.

FERRAZ, A. C. P., RAIJA JUNIOR, A. A., BEZERRA, B. S. (2012) **Segurança no Trânsito**. Grupo São Francisco. São Paulo

FERREIRA, B.C.S.; GIL, L.F.; GURGEL, L.V.A.; FREITAS, R.P. **Obtenção de um novo derivado carboxilado de celulose microcristalina: uma síntese fácil e sem solvente**. Revista Virtual Química, v. 9 (1), 2017.

FILGUEIRAS. (2015). **Saúde e segurança do trabalho na construção civil brasileira**. 1 ed. Aracaju: J. Andrade, 2015.

_____. **Padrão de atuação da fiscalização do trabalho no Brasil: mudanças e reações**. Política & Trabalho (UFPB. Impresso), v. 1, p. 147-173, João Pessoa, 2014.

FORMOLO, M. C. et al. **Polihidroxicanoatos: biopoliésteres produzidos a partir de fontes renováveis**. Revista Saúde e Ambiente, Joinville, v. 4, 14-21, 2003.

GIRALDI, A. L. F. M. **Introdução a Polímeros**. Doutor em Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas. Publicado em 2002. Disponível em: <<http://www.fatecmm.edu.br/arquivosdoc.php?codprof=00010>> Acesso em 23 fev. 2019.

GONÇALVES, V. de C. **Análise da segurança de trabalho em altura na WF Agronegócio e Indústria**. 2017. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campus Londrina-PR, 2017.

GUIMARÃES, J. L.; FROLLINI E.; DA SILVA, C. G.; WYPYCH, F.; SATYANARAYANA, K. G. **Characterization of banana, sugarcane bagasse and sponge gourd fibers of Brazil**. *Industrial Crops Production*, v.30, p.407-415, 2009

GURUNATHAN, T.; MOHANTY, S.; NAYAK, S. K. **A review of the recent developments in biocomposites based on natural fibres and their application perspectives**. *Composites: Part A* 77, p. 1–25, 2015.

HALLIWELL, S. M. **Polymers in building and construction**. *Rapra Review Reports*, v. 13, n. 10, p. 3-27, 2002.

HEMAIS, Carlos A. **Polímeros e a Indústria Automobilística. Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 13, n. 2, p.107-114, 2003.

HSE. **Statistics on fatal injuries in the workplace in Great Britain 2015**. Health and Safety Executive, 2015. Disponível em: www.hse.gov.uk/statistics/. Acessado em: 17 jan. 2019.

IIDA, I., **Ergonomia: Projeto e Produção**. 8. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2002.

INSIGHT, P. **Brazil Processed Plastics Market**. Disponível em: <https://www.plasticsinsight.com/brazil-processed-plastics-market/>. Acessado em: 17 jan. 2019.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G.I.B.; HERNANDEZ, J.A.; ANDRADE, A.S. **Química da madeira. Manual Didático**. Disciplina de Química da Madeira. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. (2005)

MACEDO, J. de S. **Desenvolvimento de biocompósitos à base de polihidroxibutirato e resíduos do processamento de fibras de casca de coco**. Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

MANO, E. B.; MENDES, L. C. **Introdução a polímeros**. Editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo, 2004.

MANRICH, S. **Processamento de Termoplásticos**. Artliber Editora Ltda, São Paulo, 2005.

MEDEIROS, D.L.; TAVARES, A.O.C.; ROZADOS, I.L.G.; dos SANTOS, E.S.; VIANA, J.D. Ciclo de vida de compósitos com fibras vegetais: uma análise qualitativa das emissões de gases efeito estufa (GEE) do compósito de polipropileno com fibra de sisal. **Revista Virtual de Química**, v. 8(4), p. 1166-1180, 2016.

MEIRELLES, L. A., VEIGA, M. M., & DUARTE, F. (2016). **A contaminação por agrotóxicos e o uso de EPI: análise de aspectos legais e de projeto**. *Laboreal*, 12, (2), 75-82. <http://dx.doi.org/10.15667/laborealxii0216lam>

Ministério de Minas e Energia (MME). **Resenha Energética Brasileira** (ex. 2013), 2014

MIRANDA, G.A.B. **Desenvolvimento e Caracterização de compósitos de PEAD reforçados com fibra de palmeira real tratada via polpação organosolv**. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais). Centro Universitário de Volta Redonda, 2017.

MORAIS, G. A. C.; CARASCHI, J. C. **Compósitos de polihidroxibutirato (PHB) reforçado com resíduos agroindustriais**. Disponível em: <<http://www.instructor.com.br/unesp2005/files/CICEM/trabalhos/6.pdf>> Acesso em: 23 fev. 2019.

MORASSI, O.J. **Polímeros termoplásticos, termofixos e elastômeros**. São Paulo-SP, 2013

MTE. Ministério do Trabalho e Emprego. **Causas de acidentes de trabalho e ações fiscais na indústria da construção**. Brasília, Secretaria de Inspeção do Trabalho, 2013.

NETO, F. L; PARDINI, L. C. **Compósitos Estruturais**. Ciência e Tecnologia. Ed. Edgard Blücher, 2006.

NEUPLAST. **Inovações tecnológicas na reciclagem de plástico no Brasil**. Disponível em: . Acesso em: 24 abr. 2020.

NEWSWIRE, P. **Plastics Market Worth \$654.38 Billion By 2020: Grand View Research, Inc.** Disponível em: <http://www.prnewswire.com/news-releases/plastics-market-worth-65438-billion-by-2020-grand-view-research-inc-511720541.html>. Acessado em: 12 jan. 2019.

NEVELL, T.P.; ZERONIAN, S.H.; “**Cellulose Chemistry and its applications**”; 1987

OLIVEIRA, F. R.; GAMEIRO, D. H. **Avaliação de oportunidades de Produção Mais Limpa em uma indústria moveleira.** S & G - Sistemas & Gestão, v. 9, p. 290-297, 2014.

OLIVEIRA, J. C. de. **Segurança e saúde no trabalho: uma questão mal compreendida.** São Paulo Perspec., São Paulo:2003 , v. 17, n. 2, p. 03-12, June 2003. 122 Disponível em: . Acesso em: 02 maio. 2020.

OLIVEIRA, P. H. V. **A Importância da Segurança do Trabalho na Construção Civil.** 2012.

PANTALEÃO, S., **ACIDENTE DE TRABALHO - RESPONSABILIDADE DO EMPREGADOR? – GUIA TRABALHISTA. 2016.** Disponível em:<http://www.guiatrabalhista.com.br/tematicas/acidente_resp_empregador.htm>. Acesso em: 26 mai. 2019.

PAULINO, G.C.R.; LEOPOLDINO, A.S.; PAIVA, L.B.; GAMBARATO, B.C. **Propriedades Mecânicas e térmicas de compósitos de polipropileno reciclado reforçados com bagaço de cana.** In: XXII Congresso Brasileiro de Engenharia Química. São Paulo: Editora Blucher, p. 922-925, 2018.

PLASTIVIDA. **Brasil recicla mecânicamente 21% dos plásticos.** Disponível em: http://www.plastivida.org.br/images/releases/Release_091_Reciclagem_Plasticos_.pdf. Acessado em: 31 jan. 2019.

PNUD. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2015. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.** 2015. Disponível em: <http://report.hdr.undp.org>.

POLKOWSKI, R.D.; DANTAS, J.V. **Caracterização de compósitos de PP com fibras curtas de sisal: efeito do processo de corte das fibras.** XII Congresso Brasileiro de Polímeros, 2013.

ROCHA, Geisa Oliveira et al. **Filmes compostos biodegradáveis a base de amido de mandioca e proteína de soja**. Embrapa Agroindústria de Alimentos-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2014.

RODRIGUES, T. O. **Avaliação dos Impactos Ambientais da Produção de Bioóleo a partir de Serragem no Estado do Pará**. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.TD – 29/2013, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2013. p. 184.

STATISTA. **Global plastic production from 1950 to 2015**. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>. Acessado em: 12 jan. 2019.

TAIPINA, M. O.; **“Nanocristais de Celulose: Obtenção, Caracterização e Modificação de Superfície: Dissertação de Mestrado”**; Campinas, Brasil; 2012

TEMPO, O. **Brasil perde R\$ 120 bilhões por ano ao não reciclar lixo**. Disponível em: <http://www.otempo.com.br/capa/economia/brasil-perde-r-120-bilh%C3%B5es-por-ano-ao-n%C3%A3o-reciclar-lixo-1.1423628>. Acessado em: 27 jan. 2019.

SATYANARAYANA, K. G. **Biodegradable polymer composites based on brazilian lignocellulosic**. Revista Matéria, v. 15, n. 2, p. 088-095, 2010.

SCHROEDER, R. M. **Materiais Poliméricos – Noções**. Doutor em Engenharia de Minas Metalurgia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Porto Alegre, 2009. Disponível em: [http://www.ee.pucrs.br/~schroeder/Ci%eancia%20dos%20Materiais%20EP%20\(Eng.%20Produ%e7%e3o\)/>](http://www.ee.pucrs.br/~schroeder/Ci%eancia%20dos%20Materiais%20EP%20(Eng.%20Produ%e7%e3o)/>). Acesso em 23 fev. 2019.

SCHWARTZ, M. M. **Composite Materials: Processing, Fabrication and Applications** (Vol. 2). New Jersey: Prentice Hall, 1997

SEGAL, L. et al. **An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer**. Textile Research Journal, v. 29, p. 786-794, 1959.

SFB / IPAM. **Florestas Nativas de Produção Brasileira**. Serviço Florestal Brasileiro / Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia. Relatório, Brasília, DF, 2011.

SILVA, A. L. B. B.; SILVA, E. O. **Conhecendo materiais poliméricos**. 2003. 86 f. Dissertação – Instituto de Ciências Exatas e da Terra da Universidade Federal de Mato Grosso, 2003.

SILVA, E.F. **Processamento e caracterização de compósitos de polietileno de alta densidade reforçados com biomassa de casca e torta de pinhão manso**. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais). Centro Universitário de Volta Redonda, 2016.

SIQUEIRA, G.; BRAS, J.; DUFRESNE, A. **Cellulosic Bionanocomposites: A Review of Preparation, Properties and Applications**. *Polymers* , v. 2, n. 04, p. 728-765, 2010.

SOARES, B. OIT: **2,3 milhões de mortes por acidente de trabalho no mundo**. Disponível em: 2016. Acesso em: 22 out. 2019

UNFPA. **World Population to Increase by One Billion by 2025**. Disponível em: <http://www.unfpa.org/news/world-population-increase-one-billion-2025>. Acessado em: 12 jan. 2019.

VEIGA, M. M., ALMEIDA, R., & DUARTE, F. (2016). **O desconforto térmico provocado pelos equipamentos de proteção individual (EPI) utilizados na aplicação de agrotóxicos**. *Laboreal*, 12 (2), 83-94. <http://dx.doi.org/10.15667/laborealxii0216mmv>

VEJA. **Brasil piora em ranking e passa a ser o 6° com a energia mais cara do mundo**. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/blog/impavido-colosso/brasilpiora-em-ranking-e-passa-a-ser-o-6-com-a-energia-mais-cara-do-mundo/>. Acessado em: 04 jan 2019.

VLACK, V., LAWRENCE H.. **Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais**. Elsevier Editora Ltda, São Paulo, 2003.

VILAPLANA, F.; STRÖMBERG, E.; KARLSSON, S. **Environmental and resource aspects of sustainable biocomposites**. *Polymer Degradation and Stability*, 95, p. 2147-2161, 2010.

WANG, B. et al. **Monitoring the degradation of physical properties and fire hazards of highimpact polystyrene composite with different ageing time in natural environments.** Journal of Hazardous Materials, v. 352, p. 92-100, 2018.

WARD, I. M.; SWEENEY, J. **An introduction of solid mechanics properties of solid polymers.** 2 ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2004.

WORLDOMETERS. **Current World Population.** Disponível em: <http://www.worldometers.info/world-population/>. Acessado em: 12 jan. 2019.

WWF INTERNACIONAL. **SOLUCIONAR A POLUIÇÃO PLÁSTICA: TRANSPARÊNCIA E RESPONSABILIZAÇÃO.** Gland (suíça): Dalberg, 2019. 50 p.

ZARBIN, A. J. G. **Química de (nano)materiais.** Química Nova, 30(6), 1469-1479. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000600016>. Acessado em 29 de novembro de 2019

ZAVOROCHUKA JOSÉ, V., **Gestão em segurança no trabalho.** 2014. Disponível em: <<http://www.revistaespacios.com/a15v36n04/15360403.html>>. Acesso em: 26 mai. 2019.