

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
Dissertação será disponibilizado
somente a partir
de 10/03/2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá

DANIEL MAGALHÃES DE OLIVEIRA

**Filamento sustentável para impressão 3D a partir do polipropileno reciclado reforçado
com papel residual**

Guaratinguetá

2023

Daniel Magalhães de Oliveira

**Filamento sustentável para impressão 3D a partir do polipropileno reciclado reforçado
com papel residual**

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia e Ciências do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica em Materiais.

Orientador: Prof. Dr. Herman Jacobus Cornelis Voorwald

Coorientadora: Dr.^a Kelly Cristina Coelho de Carvalho Benini

Guaratinguetá
2023

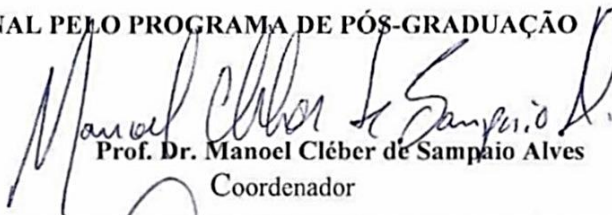
O48f	Oliveira, Daniel Magalhães de Filamento sustentável para impressão 3D a partir do polipropileno reciclado reforçado com papel residual / Daniel Magalhães de Oliveira - Guaratinguetá, 2023. 112 f : il. Bibliografia: f. 95-111 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2023. Orientador: Prof. Dr. Herman Jacobus Cornelis Voorwald Coorientadora: Profª Drª Kelly Cristina Coelho de Carvalho Benini 1. Polipropileno. 2. Reaproveitamento (Sobras, refugos, etc.) 3. Compósitos poliméricos. 4. Impressão tridimensional. I. Título. CDU 678.742.5
------	--

DANIEL MAGALHÃES DE OLIVEIRA

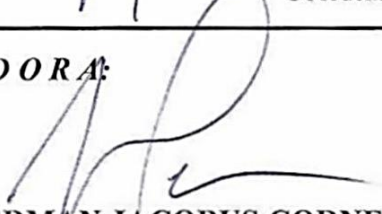
**ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
“DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA”**

**PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO: DOUTORADO**

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

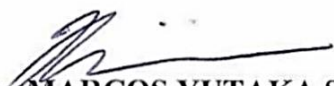

Prof. Dr. Manoel Cléber de Sampaio Alves
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. HERMAN JACOBUS CORNELIS VOORWALD
Orientador - UNESP


Prof. Dr. MICHELLE LEALI COSTA
UNESP


Prof. Dr. DANIELLA REGINA MULINARI
UERJ


Prof. Dr. MARCOS YUTAKA SHIINO
UNESP


Prof. Dr. FÁBIO ROBERTO PASSADOR
UNIFESP

DADOS CURRICULARES

DANIEL MAGALHÃES DE OLIVEIRA

NASCIMENTO	14/10/1991 – Ponta Grossa / PR
FILIAÇÃO	Paulo Geraldo Magalhães de Oliveira Claudia Lucia Alves de Oliveira
2010/2015	Graduação (Engenharia de Produção Mecânica – Engenheiro) Universidade do Estado do Rio de Janeiro – FAT
2016/2018	Mestrado (Engenharia Mecânica, área de Materiais – Mestre) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – FEG

Dedico este trabalho em especial à Deus, aos meus pais, à minha esposa, família e aos meus mentores.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por seu amor incondicional, e por ter me proporcionado saúde, paz e disposição para realização deste trabalho. À minha família e amigos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Herman J. C. Voorwald pelos ensinamentos, apoio, orientação, dedicação, referência e auxílio durante essa jornada.

À minha orientadora, Dr.^a Kelly C. C. de Carvalho Benini pela amizade, incentivo, dedicação, ensinamentos compartilhados e inesgotável paciência.

À Prof.^a Dr.^a Maria Odila H. Cioffi, pelos ensinamentos, colaborações, apoio, dedicação e direcionamentos.

Ao Prof. Dr. Denis Rodrigue da *Université Laval*, Quebec, QC, Canadá, por todo suporte e conhecimento compartilhado durante o estágio de pesquisa no exterior.

Ao meu pai Paulo Geraldo M. de Oliveira (*In Memoriam*), grande incentivador e exemplo.

À minha mãe Claudia Lucia A. de Oliveira que jamais deixou de me incentivar, apoiar e orar.

À minha esposa Anne Shayene Campos de Bomfim, pelo amor, incentivo, dedicação e oração.

Ao meu amigo, discipulador e pastor Bruno Wazima, pelas conversas, incentivo, apoio e oração.

Aos colegas do Grupo Fadiga e Materiais Aeronáuticos da FEG-Unesp pela amizade, suporte e conhecimento científico compartilhado.

Aos colegas do Grupo de Compósitos da FEG-Unesp pelo suporte e conhecimento científico compartilhado.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia e Ciências do Campos de Guaratinguetá (FEG-Unesp) pela dedicação e prontidão no atendimento.

Ao Laboratório de Materiais Poliméricos (LMP) da FAT-UERJ, na pessoa da Prof.^a Dr.^a Daniella Mulinari e colaboradores pelo suporte, estrutura e conhecimento compartilhado.

À FAPESP, ao CPNq e à CAPES pelo suporte financeiro.

Aos amigos da querida família Igreja da Cidade em Guaratinguetá.

A todos aqueles, de perto e de longe, que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – número do processo 2019/02607-6 e 2020/02361-4

“O conselho da sabedoria é: Procure obter sabedoria; use tudo o que você possui para adquirir entendimento.”

Provérbios 4:7 (NVI)

“A menos que modifiquemos nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”

Albert Einstein

“Ninguém faz nada grande sozinho. Se fizer sozinho, é porque não é grande.”

Carlito Paes

RESUMO

Um dos maiores desafios da sociedade contemporânea é lidar com a geração excessiva de resíduos sólidos e seu descarte. O crescimento da produção industrial e a gestão inadequada de resíduos gera problemas ambientais globais. Políticas ambientais têm orientado novas ações visando uma gestão sustentável de resíduos. De modo geral, a manufatura aditiva tem incentivado o crescimento em pesquisa e inovação. No que se refere à produção de filamentos para impressão 3D, o uso de compósitos e de matérias-primas recicladas tem se destacado, possibilitando a obtenção de materiais com custos reduzidos, mantendo seu desempenho e ampliando sua vida útil. Dentro desse contexto, o objetivo do projeto foi obter compósitos de polipropileno (PP) reciclado de copos plásticos descartáveis e de papel residual de escritório para produção de filamentos sustentáveis para impressão 3D. A metodologia consistiu na obtenção e caracterização do papel residual, do PP reciclado e dos compósitos a fim de analisar suas propriedades para posterior impressão 3D. Os compósitos sem e com a adição de agente compatibilizante foram obtidos a partir da mistura de PP reciclado com 10% em massa de papel residual utilizando um homogeneizador de plásticos. Os compósitos foram processados por extrusão para produção dos filamentos sustentáveis. O papel residual de escritório, composto majoritariamente por celulose, apresentou índice de cristalinidade de 67% e uma estrutura fibrosa com padrões alongados, achatados, com formação de aglomerados. As amostras poliméricas apresentaram comportamento térmico estável até 235 °C, com temperatura de fusão em 165 °C. O compósito compatibilizado apresentou maior viscosidade complexa em relação ao PP reciclado e comercial e maior tempo de vida útil em relação ao compósito sem agente compatibilizante. Finalmente, os filamentos foram caracterizados física e morfologicamente, e utilizados para impressão 3D na forma de corpos de prova para ensaios mecânicos. O PP reciclado e os compósitos apresentaram valores de resistência, módulo, deformação em tração e dureza adequados e similares ao PP comercial, porém com menor resistência ao impacto. As micrografias confirmaram os padrões de preenchimento e deposição de camadas dos corpos de prova impressos, apresentando um material com matriz reciclada e compósitos com superfície homogênea, poucos, ou nenhum defeito aparente e boa dispersão do papel residual na matriz termoplástica. O conjunto desses fatores permitiu a obtenção de filamentos sustentáveis com propriedades adequadas para ser utilizado na impressão 3D por deposição de fundido.

PALAVRAS-CHAVE: Polipropileno. Reaproveitamento. Compósitos poliméricos. Impressão tridimensional.

ABSTRACT

One of the biggest challenges of contemporary society is dealing with the excessive generation of solid waste and its disposal. Industrial production growth, followed by inadequate waste management, generates global environmental problems. Environmental policies have guided new actions aimed at sustainable solid waste management. Overall, additive manufacturing has spurred growth in research and innovation. Concerning the production of filaments for 3D printing, composites and recycled raw materials have been highlighted, making it possible to obtain materials with reduced costs, maintain their performance, and extend their useful life. Within this context, the project's objective was to obtain polypropylene (PP) composites recycled from disposable plastic cups and waste office paper to produce sustainable filaments for 3D printing. The methodology consisted of obtaining and characterizing waste paper, recycled PP, and composites to analyze their properties for subsequent 3D printing. The composites without and with the addition of a compatibilizer agent (1 wt.% MAPP) were obtained by mixing recycled PP with 10 wt.% by mass of waste paper using a plastics homogenizer. The composites were crushed and processed by extrusion to produce sustainable filaments. Office waste paper, composed mainly of cellulose, presented a crystallinity degree of 67% and a fibrous structure with distinct patterns, elongated and flattened, with the formation of agglomerates. The polymeric samples showed stable thermal behavior up to 235 °C, melting at 165 °C. The compatibilized composite presented higher complex viscosity concerning recycled and commercial PP and a longer service life concerning the composite without compatibilizer agents. Finally, the filaments were physically and morphologically characterized and used for 3D printing as specimens for mechanical tests. Recycled PP and composites showed values of strength, modulus, deformation at break, and hardness that were adequate and similar to the commercial PP but with less resistance to impact strength. The micrographs confirmed the patterns of filling and deposition of layers of the printed specimens, presenting material with recycled matrix and composites with a homogeneous surface, few or no apparent defects, and good dispersion of the residual paper in the thermoplastic matrix. The combination of these factors allowed obtaining sustainable filaments with adequate properties to be used in FDM 3D printing.

KEYWORDS: Polypropylene. Recycling. Polymeric composites, Three-dimensional printing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Acúmulo de resíduos de copos plásticos.....	23
Figura 2 – Estrutura molecular do Polipropileno (a) e Polipropileno com arranjo isotático (b).	24
Figura 3 – Estrutura molecular da celulose.	26
Figura 4 – Papel residual.	27
Figura 5 – Número de publicações e citações ao longo de 27 anos considerando 75 documentos, de acordo com <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> (1995-2022).	34
Figura 6 – Número de publicações por país dos 75 documentos selecionados, de acordo com as bases <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i>	35
Figura 7 – Rede de palavras-chaves no modo de visualização <i>overlay</i> do software VOSviewer, incluindo a frequência e tempo cronológico, a partir da base de dados Scopus.....	37
Figura 8 – Fluxograma das etapas desenvolvidas na execução da tese.....	39
Figura 9 – Sistema de extrusão de bancada Filmaq3D adquirido com a reserva técnica da bolsa de doutorado financiada pela FAPESP.....	41
Figura 10 – Filamento sustentável FLPPr10P+ fabricado por extrusão e condicionado em bobina para impressão 3D.	41
Figura 11 – Impressora 3D S3X da Sethi3D.	42
Figura 12 – Corpos de prova de tração e impacto impressos 3D em PP comercial, indicando as orientações de impressão.	43
Figura 13 – Molde circular para moldagem por compressão (a), e amostra PPr10P+ na forma de disco moldado (b).	47
Figura 14 – Difratograma de Raios-X da amostra papel residual.	50
Figura 15 – Micrografia do papel residual triturado com ampliações de 50x e 200x.	51
Figura 16 – Micrografia do papel residual triturado com ampliações de 500x e 1000x.	52
Figura 17 – Curvas TGA (a) e DTG (b) das amostras PPv, PPr, compósitos e papel sob atmosfera de ar sintético.	54
Figura 18 – Gráfico das curvas isoconversionais FWO para o grau de conversão de 5% para as amostras PPv, PPr e compósitos.....	57
Figura 19 – Variação da energia de ativação estimada pelo método FWO em função do grau de conversão para as amostras PPv, PPr e compósitos.	58
Figura 20 – Variação do tempo de vida útil em função da temperatura das amostras PPv, PPr e compósitos com grau de conversão de 5%.	59

Figura 21 – Curvas de DSC referentes ao segundo aquecimento das amostras PPv, PPr e compósitos.....	60
Figura 22 – Curvas de DSC referentes ao resfriamento das amostras de PPv, PPr e compósitos.	63
Figura 23 – Efeito da temperatura sobre a viscosidade complexa das amostras PPv (a), PPr (b) e PPr10P+ (c) em função da frequência em coordenadas logarítmicas. As temperaturas são de 180 °C (<i>quadrado</i>), 200 °C (<i>círculo</i>) e 220 °C (<i>triângulo</i>).....	66
Figura 24 – Viscosidade complexa das amostras PPv (<i>símbolo azul sólido</i>), PPr (<i>símbolo verde meio sólido</i>) e PPr10P+ (<i>símbolo preto aberto</i>) em função da frequência em coordenadas logarítmicas para teste à 200 °C.	67
Figura 25 – Módulo de armazenamento (<i>linha sólida</i>) e perda (<i>linha de traço</i>) para amostras PPv (a), PPr (b) e PPr10P+ (c) em função da frequência a 200 °C em coordenadas logarítmicas.	68
Figura 26 – Tan δ em função da frequência para amostras PPv, PPv e PPr10P+ a 200 °C.	70
Figura 27 – Filamentos comercial (FL100PP) e sustentáveis (FLPPr, FLPPr10P+ e FLPPr10P) fabricados por extrusão condicionados em bobinas para impressão 3D.	72
Figura 28 – Micrografia do filamento FL100PP, sua superfície e seção transversal com ampliações de 30x, 200x e 500x.....	74
Figura 29 – Micrografia do filamento FLPPr, sua superfície e seção transversal com ampliações de 30x, 200x e 500x.....	75
Figura 30 – Micrografia do filamento FLPPr10P+, sua superfície e seção transversal com ampliações de 30x, 200x e 500x.....	76
Figura 31 – Micrografia do filamento FLPPr10P, sua superfície e seção transversal com ampliações de 30x, 200x e 500x.....	76
Figura 32 – Cdp tipo V obtido via impressão 3D em testes iniciais a partir do filamento compósito sustentável FLPPr10P+	77
Figura 33 – Cdps objetos de análise do estudo para ensaio de tração (tipo V) e impacto, obtidos via impressão 3D a partir dos filamentos comercial e sustentáveis.	78
Figura 34 – Principais defeitos da impressão 3D observados para a amostra de filamento reciclado FLPPr.	79
Figura 35 – Gráfico tensão x deformação do ensaio de tração das amostras impressas 3D FL100PP, FLPPr, FLPPr10P+ e FLPPr10P.	82
Figura 36 – Resistência ao impacto Charpy das amostras impressas 3D FL100PP, FLPPr, FLPPr10P+ e FLPPr10P.....	84

Figura 37 – Dureza (Shore D) das amostras impressas 3D FL100PP, FLPPr, FLPPr10P+ e FLPPr10P	85
Figura 38 – Micrografia da superfície de fratura dos cdp's impressos 3D a partir dos filamentos comercial e sustentáveis com ampliações de 25/30x e 100x.....	87
Figura 39 – Micrografia da seção do cdp impresso 3D a partir do filamento comercial FL100PP com ampliações de 15x e 50x.....	88
Figura 40 – Micrografia da seção do cdp impresso 3D a partir do filamento reciclado FLPPr com ampliações de 15x e 50x.....	89
Figura 41 – Micrografia da seção do cdp impresso 3D a partir do filamento reciclado FLPPr10P+ com ampliações de 15x e 100x.....	90
Figura 42 – Micrografia da seção do cdp impresso 3D a partir do filamento reciclado FLPPr10P com ampliações de 15x e 100x.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da pesquisa sistemática nas bases de dados <i>Scopus</i> e <i>Web of Science</i> . .33	
Tabela 2 – Cinco documentos mais citados dentre os 75 documentos, de acordo com a base <i>Scopus</i> (2012-2022).36	
Tabela 3 – Nomenclatura e descrição dos materiais utilizados na pesquisa.38	
Tabela 4 – Composição das amostras na proporção de porcentagem em massa de cada material.40	
Tabela 5 – Parâmetros utilizados para a impressão 3D.44	
Tabela 6 – Dados extraídos das curvas de TGA e DTG das amostras de papel residual, PPv, PPr e compósitos.56	
Tabela 7 – Energia de ativação para o grau de conversão de 5% para as amostras PPv, PPr e compósitos.57	
Tabela 8 – Parâmetros de fusão e cristalização das amostras PPv, PPr e compósitos.64	
Tabela 9 – Valores do módulo de cruzamento (G_c), frequência de cruzamento (ω_c) e tempo de relaxação (λ) das amostras de PPv, PPr e PPr10P+ para 200 °C.69	
Tabela 10 – Propriedades reológicas gerais [viscosidade complexa (η^*), módulo de cruzamento (G_c), frequência de cruzamento (ω_c) e fator de amortecimento ($\tan \delta$)].71	
Tabela 11 – Valores de densidade e diâmetro para as amostras de filamentos comercial (FL100PP) e sustentáveis (FLPPr, FLPPr10P+ e FLPPr10P).73	
Tabela 12 – Propriedades mecânicas de tração, impacto e dureza para os materiais impressos 3D a partir dos filamentos comercial e sustentáveis.81	

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ASTM	<i>American Society for Tests and Materials</i>
DSC	Calorimetria exploratória diferencial
DRX	Difração de Raios X
DTG	Derivada da termogravimetria
EXO	Sentido exotérmico
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
FEG	Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
FTIR	Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier
GFMA	Grupo de fadiga e materiais aeronáuticos
MAPP	Polipropileno enxertado com anidrido maleico
MEV	Microscopia eletrônica de varredura
ODS	Objetivos de desenvolvimento sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)
PP	Polipropileno
RSU	Resíduos sólidos urbanos
TGA	Análise termogravimétrica
UNESP	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”

LISTA DE SÍMBOLOS

ΔH_c	Entalpia de cristalização
ΔH_f	Entalpia de fusão
T_c	Temperatura de cristalização
T_f	Temperatura de fusão
T_i	Temperatura inicial de degradação
T_{max}	Temperatura de pico
X	Grau de cristalinidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	JUSTIFICATIVA	19
1.2	OBJETIVO	20
2	REVISÃO DA LITERATURA	21
2.1	SUSTENTABILIDADE E O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	21
2.2	RESÍDUOS SÓLIDOS PLÁSTICOS	23
2.3	POLIPROPILENO (PP)	24
2.4	RECICLAGEM	25
2.5	CELULOSE, PAPEL E PAPEL RESIDUAL	25
2.6	COMPÓSITOS POLIMÉRICOS REFORÇADOS COM FIBRAS NATURAIS	27
2.7	ESTUDO CINÉTICO DE DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA	29
2.8	REOLOGIA.....	29
2.9	PROCESSAMENTO POR EXTRUSÃO.....	30
2.10	IMPRESSÃO 3D	31
2.11	ESTADO DA ARTE	33
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	38
3.1	MATERIAIS.....	38
3.2	METODOLOGIA.....	38
3.2.1	Obtenção e caracterização do papel residual (papel).....	39
3.2.2	Obtenção e caracterização dos copos de polipropileno (PPr).....	39
3.2.3	Obtenção dos compósitos (PPr10P+ e PPr10P)	40
3.2.4	Composição das amostras	40
3.2.5	Obtenção dos filamentos sustentáveis	40
3.2.6	Impressão 3D.....	42
3.2.7	Caracterizações	44
3.2.7.1	Difração de Raios-X (DRX)	44

3.2.7.2	Termogravimetria (TGA)	45
3.2.7.3	Estudo cinético de decomposição térmica.....	45
3.2.7.4	Calorimetria exploratória diferencial (DSC)	45
3.2.7.5	Reologia – Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE-FAPESP).....	46
3.2.7.6	Dimensionamento dos filamentos.....	48
3.2.7.7	Picnometria (densidade)	48
3.2.7.8	Ensaio Mecânico de Tração.....	48
3.2.7.9	Teste de Impacto Charpy	48
3.2.7.10	Teste de Dureza Shore D	49
3.2.7.11	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	49
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1	DIFRAÇÃO DE RAIOS-X (DRX)	50
4.2	MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	51
4.3	TERMOGRAVIMETRIA (TGA)	53
4.4	ESTUDO CINÉTICO DE DECOMPOSIÇÃO TÉRMICA.....	56
4.5	CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC).....	60
4.6	REOLOGIA.....	65
4.7	ANÁLISE DOS FILAMENTOS.....	71
4.8	ANÁLISE DOS CDPS IMPRESSOS 3D	77
4.9	CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA.....	80
4.10	CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA (MEV)	86
5	CONCLUSÃO	92
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	93
5.2	PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA GERADA DURANTE O PERÍODO DE DOUTORAMENTO	93
5.2.1	Trabalhos publicados em periódicos.....	93
	REFERÊNCIAS	95

1 INTRODUÇÃO

A atual sociedade, contemporânea, tecnológica e digital, se encontra em meio a desafios para o desenvolvimento sustentável. Pobreza, disparidade de oportunidades, desemprego, desigualdades, conflitos, crises humanitárias, ameaças à saúde global, desastres naturais ameaçam reverter o progresso de desenvolvimento obtido nas últimas décadas. Além disso, a escassez de recursos naturais e impactos ambientais aumentam a lista de desafios que a humanidade enfrenta. A sobrevivência da humanidade e do planeta estão em risco. Entretanto, em meio à adversidade surgem oportunidades para enfrentar os desafios. Acesso à educação, disseminação de informações por meio da interconexão global, bem como a inovação científica e tecnológica ajudam a acelerar o progresso humano, para reduzir a disparidade e desenvolver o conhecimento. A modernização é, ao mesmo tempo, fonte de problemas sociais e ambientais e a maior esperança para construir um futuro sustentável (ELSEVIER B.V., 2015; LAMIM-GUEDES, 2014; LAMIN-GUEDES, 2013; UNITED NATIONS, 2018). Sendo assim, a ciência não apenas nos mostra onde estamos, todavia nos mostra como chegar aonde precisamos.

No âmbito mundial, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, adotada pelos Estados membros da ONU em 2015, consiste em um plano guiado por 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS), visando engajar países e partes interessadas atuando em parceria global para melhorar a vida das pessoas, agora e no futuro. O ODS de número 12 (Consumo e Produção Responsáveis) visa atingir o desenvolvimento sustentável por meio de mudanças nos padrões de consumo e produção com uma gestão eficiente dos recursos naturais e mudanças na forma de descarte de resíduos sólidos, tóxicos e poluentes por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (UNITED NATIONS, 2018).

No âmbito nacional, de acordo com o estudo “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil em 2022” divulgado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022), em 2022, foram gerados mais de 81 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), um aumento de 21% em relação a 2010, que gerou 67 milhões de tonelada. Durante esta década, o crescimento não só ocorreu para a geração, mas também para a coleta dos RSU. Dos RSU gerados, foram coletados 76,1 milhões de toneladas em 2022, com um aumento na cobertura de coleta de 88% para 93% na última década. No entanto, devido ao manejo inadequado, 30 milhões de toneladas de RSU acabaram em lixões ou aterros. Dentre os resíduos sólidos descartados pela população em 2022 (orgânicos, metal, vidro, plásticos,

papel/papelão e rejeitos), a quantidade de plásticos foi de 15,57 milhões de toneladas e a de papel e papelão foi de 8,58 milhões de toneladas. A categorização destes resíduos descartados por meio da composição gravimétrica possibilita uma gestão integrada e eficiente desses materiais (ABRELPE, 2022). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) [Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010] incentiva e orienta o planejamento e a gestão dos resíduos no país, considerando uma perspectiva de vida útil dos produtos, de maneira a viabilizar o seu reaproveitamento ou outra destinação final ambientalmente adequada a fim de minimizar impactos ambientais (BRASIL, 2010). Dentre outros aspectos, a reciclagem foi estabelecida como uma das ações prioritárias a serem implementadas (GOBBI *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2018). Em 2022, como consequência da falta de separação dos resíduos, observou-se que os índices de reciclagem permaneceram em patamares inferiores a 4% na média nacional. Estes dados demonstram que ainda existem grandes dificuldades para se colocar em prática as iniciativas planejadas pela PNRS (ABRELPE, 2022). No contexto de maior valorização e utilização eficaz de resíduos, surgem novas tecnologias para somar com a logística reversa e a reciclagem. A manufatura aditiva, por meio da impressão 3D, possibilita a obtenção de estruturas complexas em pequena escala a partir de filamentos fabricados de uma variedade de materiais termoplásticos, incluindo recicláveis (MIKULA *et al.*, 2021). O conjunto dessas informações motiva o uso de novas tecnologias para aplicação de plásticos e papéis recicláveis devido a sua elevada geração e baixa recuperação.

1.1 JUSTIFICATIVA

A utilização de materiais naturais como reforço de matrizes poliméricas permite que menos matéria-prima sintética seja utilizada, promove melhoria nas propriedades mecânicas do material e seu custo é mais baixo quando comparados às fibras sintéticas (OMRANI *et al.*, 2016). A reciclagem do PP proveniente de resíduos plásticos descartáveis visa ressaltar um gerenciamento mais adequado do resíduo, o que oferece benefícios econômicos devido ao elevado custo dos recursos primários, além de compensar a pressão ambiental e gerar conscientização em relação à reciclagem. A fabricação de filamentos para impressão 3D por extrusão deve ser controlada para garantir que o diâmetro do filamento seja preciso e dentro das tolerâncias exigidas de forma que seja possível produzir peças com qualidade e alta precisão dimensional. Mediante o ineditismo da obtenção de filamentos sustentáveis para impressão 3D

a partir de uma matriz de PP reciclado de copos plásticos descartáveis combinada com papel residual e sua completa caracterização física, morfológica e mecânica, tal pesquisa se baseia fundamentalmente no fato de promover uma conscientização com relação ao impacto ambiental, ao desenvolvimento sustentável, respeitando os 3 pilares da sustentabilidade. Além disso, tem-se o custo da matéria-prima utilizada para impressão 3D à medida que foram utilizados materiais provenientes de fontes naturais e renováveis. Para tanto, utilizou-se os processos de reciclagem e extrusão, permitindo o reaproveitamento de resíduos poliméricos, contribuindo para o conhecimento e fabricação de compósitos poliméricos para a obtenção de filamentos sustentáveis para a manufatura aditiva, por meio da impressão 3D.

Portanto, o trabalho se justifica por meio da capacitação e desenvolvimento na área de processamento de compósitos poliméricos para aplicação sustentável; capacitação na área de obtenção de compósitos de PP reciclado com a adição de papel residual e agente compatibilizante; capacitação na caracterização térmica, física, morfológica e mecânica de compósitos termoplásticos com fibra natural; contribuição para o desenvolvimento sustentável por meio da tecnologia de fabricação e avaliação de compósitos poliméricos de matriz reciclada reforçado com fibras naturais para manufatura aditiva.

1.2 OBJETIVO

O objetivo geral da presente tese consiste na obtenção e investigação das propriedades de um novo material obtido a partir de PP reciclado de copos plásticos descartáveis e de papel residual de escritório. Este material foi desenvolvido tendo como foco a produção de filamentos para serem utilizados como uma alternativa viável, de baixo custo e sustentável para impressão 3D. Para atingir este objetivo geral, alguns objetivos específicos foram realizados:

- Obtenção, reciclagem e caracterização física e térmica do PP obtido de copos plásticos descartáveis e de papel residual;
- Processamento de compósitos de PP reciclado reforçados com papel residual, com e sem adição de agente compatibilizante e extrusão na forma de filamentos para impressão 3D;
- Avaliação do efeito da reciclagem do PP e da contribuição do papel residual e do agente compatibilizante nas propriedades físicas, térmicas, reológicas, morfológicas e mecânicas de forma a garantir processamento e propriedades adequadas para impressão 3D.

5 CONCLUSÃO

A partir da reciclagem de copos plásticos descartáveis e de resíduos de papel de escritório, foi possível obter tanto o polipropileno reciclado quanto compósitos com propriedades que possibilitaram a fabricação de filamentos sustentáveis para utilização na impressão 3D. O efeito da adição de papel residual como carga reforço e do anidrido maleico (MAPP) como agente compatibilizante foi analisado e discutido.

Avaliando os resultados alcançados foi possível concluir que a reciclagem do polipropileno, em relação ao PP virgem, não alterou significativamente suas propriedades térmicas, aumentou sua viscosidade complexa e diminuiu seu tempo de vida útil, o que não prejudicou seu processo de extrusão para obtenção do filamento e impressão 3D.

A adição do papel residual e do agente compatibilizante não alterou significativamente as propriedades térmicas desses materiais, analisadas por TGA e DSC, contudo a aditivação aumentou consideravelmente a vida útil e a viscosidade do compósito. Com relação à obtenção dos filamentos, a adição do papel residual mudou principalmente o aspecto visual, apresentando uma superfície mais áspera e maior quantidade de vazios e impurezas quando comparado ao filamento de PP reciclado e comercial.

A análise desses dados possibilitou a impressão 3D dos filamentos sustentáveis na forma de corpos de prova de tração e impacto. A adição do papel, neste caso, facilitou o processo de impressão minimizando problemas tais como empenamento (*warping*) e falha na camada superior. Por outro lado, a aditivação não proporcionou mudanças significativas na impressão. Com base nas micrografias foi possível observar que a mistura entre matriz reciclada e carga de reforço ocasionou uma boa dispersão e interação interfacial, com dispersão uniforme de fibra, fibras expostas, além de alguns vazios, não impactando no padrão de preenchimento.

Os ensaios mecânicos indicaram que o PP reciclado apresentou propriedades mecânicas comparáveis e, em alguns casos superiores, ao filamento comercial de PP. E que o papel residual e o tipo de preenchimento na impressão 3D atuaram como concentradores de tensão nos compósitos, diminuindo suas propriedades de resistência, especialmente em altas taxas de deformação (teste de impacto). Em oposição aos outros resultados, o compósito sem agente compatibilizante apresentou melhores propriedades mecânicas que o aditivado.

Assim sendo, o PP reciclado seguido do filamento compósito sem agente compatibilizante se mostraram materiais promissores para a fabricação de filamentos para

impressão 3D. Uma vez acertados os parâmetros de extrusão e de impressão 3D, o material apresentou propriedades térmicas, mecânicas e morfológicas comparáveis ou até melhores que o PP comercial, tornando desnecessário, neste caso, o uso do agente compatibilizante, e emergindo como potenciais substitutos ou concorrentes no mercado de manufatura aditiva.

A grande contribuição da presente tese, tanto para a literatura quanto para a manufatura aditiva, se baseia no ineditismo da obtenção de filamentos sustentáveis para impressão 3D a partir de uma matriz de PP reciclado de copos plásticos descartáveis combinada com papel residual e sua completa caracterização física, morfológica e mecânica que, em geral, apresentou propriedades similares ao PP comercial, estimulando a utilização de novas tecnologias de fabricação e a reciclagem, promovendo conscientização com relação ao impacto ambiental, ao desenvolvimento sustentável e contribuindo com questões socioeconômicas de acordo com os pilares da sustentabilidade.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Análise do ciclo de vida para mensurar possíveis impactos ambientais causados como resultado da reciclagem e do processo de fabricação.
- Estudo da viabilidade econômica da utilização desses filamentos compósitos.

5.2 PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA GERADA DURANTE O PERÍODO DE DOUTORAMENTO

5.2.1 Trabalhos publicados em periódicos

OLIVEIRA, D. M. de; BOMFIM, A. S. C. de; BENINI, K. C. C. de C.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C.; RODRIGUE, D. Waste Paper as a Valuable Resource: An Overview of Recent Trends in the Polymeric Composites Field. **Polymers**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 426, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/2/426>.

MAIA, L. S.; BOMFIM, A. S. C. de; OLIVEIRA, D. M. de; PINHATI, F. R.; DA CONCEIÇÃO, M. O. T.; BARUD, H. S.; MEDEIROS, S. A.; ROSA, D. S.; MULINARI, D. R. Tuning of renewable sponge-like polyurethane physical-chemical and morphological properties using the pullulan as a reactive filler. **Journal of Applied Polymer Science**, [s. l.], n. October 2022, p. 1–13, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.53619>.

CIOFFI, M. G. A.; **OLIVEIRA, D. M. de**; BOMFIM, A. S. C. de; BENINI, K. C. C. de C.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C. Thermo-Mechanical Properties of Polypropylene Composites Filled with Recycled Office Waste Paper. **Journal of Natural Fibers**, [s. l.], v. 00, n. 00, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2116517>.

BOMFIM, A. S. C. de; **OLIVEIRA, D. M. de**; WALLING, E.; BABIN, A.; HERSANT, G.; VANEECKHAUTE, C.; DUMONT, M.-J.; RODRIGUE, D. Spent Coffee Grounds Characterization and Reuse in Composting and Soil Amendment. **Waste**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 2–20, 2022.

PEREIRA, P. H. F.; ARANTES, V.; PEREIRA, B.; ORNAGHI, H. L.; **OLIVEIRA, D. M. de**; SANTAGNELI, S. H.; CIOFFI, M. O. H. Effect of the chemical treatment sequence on pineapple peel fiber: chemical composition and thermal degradation behavior. **Cellulose**, [s. l.], v. 29, n. 16, p. 8587–8598, 2022.

BOMFIM, A. S. C. de; **OLIVEIRA, D. M. de**; VOORWALD, H. J. C.; BENINI, K. C. C. de C.; DUMONT, M.-J.; RODRIGUE, D. Valorization of Spent Coffee Grounds as Precursors for Biopolymers and Composite Production. **Polymers**, [s. l.], v. 14, n. 3, p. 437, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/3/437>.

ORNAGHI, H. L.; ORNAGHI, F. G.; NEVES, R. M.; **OLIVEIRA, D. M. de**; POLETTO, M. Thermal decomposition of wood fibers: Thermal simulation using the f-test statistical tool. **Cellulose Chemistry and Technology**, [s. l.], v. 55, n. 3–4, p. 231–241, 2021.

BOMFIM, A. S. C. de; VOORWALD, H. J. C.; BENINI, K. C. C. de C.; **OLIVEIRA, D. M. de**; FERNANDES, M. F.; CIOFFI, M. O. Sustainable application of recycled espresso coffee capsules: Natural composite development for a home composter product. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 297, 2021.

OLIVEIRA, D. M. de; BENINI, K. C. C. de C.; MONTICELI, F. M.; SCHUKRAFT, J. P.; DE BOMFIM, A. S. C.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C. Permeability of untreated and atmospheric plasma treated coconut fiber mats. **Materials Research Express**, [s. l.], v. 6, n. 9, p. 095323, 2019.

BOMFIM, A. S. C. de; MACIEL, M. M. Á. D.; VOORWALD, H. J. C.; BENINI, K. C. C. de C.; **OLIVEIRA, D. M. de**; CIOFFI, M. O. H. Effect of different degradation types on properties of plastic waste obtained from espresso coffee capsules. **Waste Management**, [s. l.], v. 83, p. 123–130, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.006>.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2022. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE**, São Paulo, p. 60, 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 1 dez. 2022.
- AGARWAL, U. P.; RALPH, S. A.; REINER, R. S.; BAEZ, C. New cellulose crystallinity estimation method that differentiates between organized and crystalline phases. **Carbohydrate Polymers**, Madison, v. 190, p. 262–270, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.003>. Acesso em: 20 ago. 2020.
- AHMED, A. K.; ATIQULLAH, M.; PRADHAN, D. R.; AL-HARTHI, M. A. Crystallization and melting behavior of i-PP: a perspective from Flory's thermodynamic equilibrium theory and DSC experiment. **RSC Advances**, Dhahran, v. 7, n. 67, p. 42491–42504, 2017. Disponível em: <http://xlink.rsc.org/?DOI=C7RA06845J>. Acesso em: 28 ago. 2020.
- AL-OQLA, F. M.; SAPUAN, S. M. Natural fiber reinforced polymer composites in industrial applications: feasibility of date palm fibers for sustainable automotive industry. **Journal of Cleaner Production**, Serdang, v. 66, p. 347–354, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.050>. Acesso em: 14 jul. 2021.
- ALSUBARI, S.; ZUHRI, M. Y. M.; SAPUAN, S. M.; ISHAK, M. R.; ILYAS, R. A.; ASYRAF, M. R. M. Potential of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites in Sandwich Structures: A Review on Its Mechanical Properties. **Polymers**, Serdang, v. 13, n. 3, p. 423, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/3/423>. Acesso em: 21 out. 2021.
- ARES, A.; BOUZA, R.; PARDO, S. G.; ABAD, M. J.; BARRAL, L. Rheological, Mechanical and Thermal Behaviour of Wood Polymer Composites Based on Recycled Polypropylene. **Journal of Polymers and the Environment**, Ferrol, v. 18, n. 3, p. 318–325, 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-010-0208-x>. Acesso em: 4 jan. 2022.
- ATTARAN, M. The rise of 3-D printing: The advantages of additive manufacturing over traditional manufacturing. **Business Horizons**, Bakersfiel, v. 60, n. 5, p. 677–688, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2017.05.011>. Acesso em: 14 jun. 2019.
- AUMNATE, C.; POTIYARAJ, P.; SAENGOW, C.; GIACOMIN, A. J. Reinforcing polypropylene with graphene-poly(lactic acid) microcapsules for fused-filament fabrication. **Materials & Design**, Bangkok, v. 198, p. 109329, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2020.109329>. Acesso em: 25 out. 2021.
- AWAD, S. A.; KHALAF, E. M. Investigation of improvement of properties of polypropylene modified by nano silica composites. **Composites Communications**, Anbar-Ramadi, v. 12, n. September 2018, p. 59–63, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.coco.2018.12.008>. Acesso em: 27 ago. 2020.
- AZIZI, H.; GHASEMI, I. Investigation on the dynamic melt rheological properties of polypropylene/wood flour composites. **Polymer Composites**, Tehran, v. 30, n. 4, p. 429–435, 2009. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.20573>. Acesso em: 4 jan.

2022.

BARZEGARI, M. R.; ALEMDAR, A.; ZHANG, Y.; RODRIGUE, D. Mechanical and rheological behavior of highly filled polystyrene with lignin. **Polymer Composites**, Quebec, v. 33, n. 3, p. 353–361, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.22154>. Acesso em: 14 fev. 2022.

BATISTA, N. L.; COSTA, M. L.; IHA, K.; BOTELHO, E. C. Thermal degradation and lifetime estimation of poly(ether imide)/carbon fiber composites. **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, São José dos Campos, v. 28, n. 2, p. 265–274, 2015. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0892705713484740>. Acesso em: 27 dez. 2022.

BENSALAH, H.; GUERAOU, K.; ESSABIR, H.; RODRIGUE, D.; BOUHFID, R.; QAIS, A. el kacem. Mechanical, thermal, and rheological properties of polypropylene hybrid composites based clay and graphite. **Journal of Composite Materials**, Rabat, v. 51, n. 25, p. 3563–3576, 2017. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0021998317690597>. Acesso em: 12 fev. 2022.

BERTOLINO, M.; BATTEGAZZORE, D.; ARRIGO, R.; FRACHE, A. Designing 3D printable polypropylene: Material and process optimisation through rheology. **Additive Manufacturing**, Alessandria, v. 40, n. February, p. 101944, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.101944>. Acesso em: 15 fev. 2022.

BOGATAJ, V. Ž.; FAJS, P.; PEÑALVA, C.; OMAHEN, M.; ČOP, M.; HENTTONEN, A. Utilization of recycled polypropylene, cellulose and newsprint fibres for production of green composites. **Detritus**, Celje, v. Volume 07, n. September, p. 1, 2019. Disponível em: <https://digital.detritusjournal.com/doi/13857-252>. Acesso em: 27 out. 2021.

BOMFIM, A. S. C. de. **Reciclagem de cápsulas de café expresso para a obtenção de compósitos reforçados com a borra de café aplicados no design de uma composteira doméstica**. 2020. 126 f. - Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica - Materiais) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/192078>. Acesso em: 11 jul. 2020.

BOMFIM, A. S. C. de; MACIEL, M. M. Á. D.; VOORWALD, H. J. C.; BENINI, K. C. C. de C.; OLIVEIRA, D. M. de; CIOFFI, M. O. H. Effect of different degradation types on properties of plastic waste obtained from espresso coffee capsules. **Waste Management**, Guaratinguetá, v. 83, p. 123–130, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.006>. Acesso em: 25 fev. 2019.

BOMFIM, A. S. C. de; VOORWALD, H. J. C.; BENINI, K. C. C. de C.; OLIVEIRA, D. M. de; FERNANDES, M. F.; CIOFFI, M. O. H. Sustainable application of recycled espresso coffee capsules: Natural composite development for a home composter product. **Journal of Cleaner Production**, Guaratinguetá, v. 297, p. 126647, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652621008672>. Acesso em: 29 jul. 2021.

BORA, R. R.; WANG, R.; YOU, F. Waste Polypropylene Plastic Recycling toward Climate Change Mitigation and Circular Economy: Energy, Environmental, and Technoeconomic

Perspectives. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, New York, v. 8, n. 43, p. 16350–16363, 2020. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.0c06311>. Acesso em: 27 out. 2021.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.**: Brasília, Brasil, p. 80, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 27 jul. 2020.

BRETAS, R. E. S.; D'ÁVILA, M. A. Reologia de polímeros fundidos. *In*: UFSCAR, Editora (org.). **Editora UFSCar**. São Carlos: EdUFSCar, 2005. p. 257.

BRITES, F.; MALÇA, C.; GASPAR, F.; HORTA, J. F.; FRANCO, M. C.; BISCAIA, S.; MATEUS, A. Cork Plastic Composite Optimization for 3D Printing Applications. **Procedia Manufacturing**, Marinha Grande, v. 12, n. December 2016, p. 156–165, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.promfg.2017.08.020>. Acesso em: 28 nov. 2019.

BUDINOFF, H. D.; MCMAINS, S. Will it print: a manufacturability toolbox for 3D printing. **International Journal on Interactive Design and Manufacturing**, Tucson, v. 15, n. 4, p. 613–630, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00786-w>. Acesso em: 1 dez. 2022.

CAMPANO, C.; MIRANDA, R.; MERAYO, N.; NEGRO, C.; BLANCO, A. Direct production of cellulose nanocrystals from old newspapers and recycled newsprint. **Carbohydrate Polymers**, Madrid, v. 173, p. 489–496, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.05.073>. Acesso em: 3 nov. 2019.

CANEVAROLO JR., S. V. Técnicas de Caracterização de Polímeros. *In*: ARTLIBER EDITORA LTDA. (org.). 3. ed. São Paulo: [s. n.], 2017. p. 1–448. Disponível em: www.artliber.com.br. Acesso em: 22 ago. 2020.

CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L. Woodflour as Reinforcement of Polypropylene. **Materials Research**, Maringá, v. 5, n. 4, p. 405–409, 2002. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392002000400003&lng=en&tlng=en. Acesso em: 29 dez. 2022.

CHEGDANI, F.; WANG, Z.; EL MANSORI, M.; BUKKAPATNAM, S. T. S. Multiscale tribo-mechanical analysis of natural fiber composites for manufacturing applications. **Tribology International**, College Station, v. 122, n. December 2017, p. 143–150, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.02.030>. Acesso em: 24 jan. 2020.

CIOFFI, M. G. A.; OLIVEIRA, D. M. de; BOMFIM, A. S. C. de; DE CARVALHO BENINI, K. C. C.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C. Thermo-Mechanical Properties of Polypropylene Composites Filled with Recycled Office Waste Paper. **Journal of Natural Fibers**, Guaratinguetá, v. 00, n. 00, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2116517>. Acesso em: 23 maio 2022.

CMMAD. Nosso futuro comum. **Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, p. 430, 1991. Disponível em:

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso Futuro Comum.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso_Futuro_Comum.pdf). Acesso em: 27 jul. 2020.

CRUZ SANCHEZ, F. A.; BOUDAUD, H.; CAMARGO, M.; PEARCE, J. M. Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, Houghton, v. 264, p. 121602, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121602>. Acesso em: 25 out. 2021.

DAI, L.; WANG, X.; ZHANG, J.; WANG, F.; OU, R.; SONG, Y. Effects of lubricants on the rheological and mechanical properties of wood flour/polypropylene composites. **Journal of Applied Polymer Science**, Harbin, v. 136, n. 25, p. 47667, 2019. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.47667>. Acesso em: 4 jan. 2022.

DAMINABO, S. C.; GOEL, S.; GRAMMATIKOS, S. A.; NEZHAD, H. Y.; THAKUR, V. K. Fused deposition modeling-based additive manufacturing (3D printing): techniques for polymer material systems. **Materials Today Chemistry**, Bedfordshire, v. 16, p. 100248, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2020.100248>. Acesso em: 9 nov. 2021.

DANIAL, W. H.; ABDUL MAJID, Z.; MOHD MUHID, M. N.; TRIWAHYONO, S.; BAKAR, M. B.; RAMLI, Z. The reuse of wastepaper for the extraction of cellulose nanocrystals. **Carbohydrate Polymers**, Johor, v. 118, p. 165–169, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.10.072>. Acesso em: 22 ago. 2020.

DAS, S. Mechanical and water swelling properties of waste paper reinforced unsaturated polyester composites. **Construction and Building Materials**, Rajasthan, v. 138, p. 469–478, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.041>. Acesso em: 20 nov. 2020.

DAS, S. Mechanical properties of waste paper/jute fabric reinforced polyester resin matrix hybrid composites. **Carbohydrate Polymers**, Rajasthan, v. 172, p. 60–67, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.05.036>. Acesso em: 20 nov. 2020.

ECYCLE. **Copo descartável: impactos e alternativas**. São Paulo: [s. n.], 2016. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/3475-copo-descartavel-impactos>. Acesso em: 14 jan. 2019.

ELLOUMI, A.; MAKHLOUF, M.; ELLEUCHI, A.; BRADAI, C. The potential of deinking paper sludge for recycled HDPE reinforcement. **Polymer Composites**, Sfax, v. 39, n. 3, p. 616–623, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.23975>. Acesso em: 2 dez. 2022.

ELSEVIER B.V. **Sustainability Science in a Global Landscape**. Amsterdam: [s. n.], 2015. Disponível em: <https://www.elsevier.com/about/corporate-responsibility/sustainability-science-in-a-global-landscape>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ERCEG, M.; KREŠIĆ, I.; VRANDEČIĆ, N. S.; JAKIĆ, M. Different approaches to the kinetic analysis of thermal degradation of poly(ethylene oxide). **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Split, v. 131, n. 1, p. 325–334, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10973-017-6349-6>. Acesso em: 27 jul. 2020.

ESSABIR, H.; RAJI, M.; LAAZIZ, S. A.; RODRIQUE, D.; BOUHFID, R.; QAISS, A. el

kacem. Thermo-mechanical performances of polypropylene biocomposites based on untreated, treated and compatibilized spent coffee grounds. **Composites Part B: Engineering**, Rabat, v. 149, p. 1–11, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359836817341604>. Acesso em: 6 out. 2021.

FENG, J.; NGUYEN, S. T.; FAN, Z.; DUONG, H. M. Advanced fabrication and oil absorption properties of super-hydrophobic recycled cellulose aerogels. **Chemical Engineering Journal**, Singapore, v. 270, p. 168–175, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2015.02.034>. Acesso em: 14 jan. 2019.

G20. **About the G20**. New Delhi: [s. n.], 2021. Disponível em: <https://www.g20.org/about-the-g20.html>. Acesso em: 10 nov. 2021.

G20 2021 ROME UPDATE. **2021 Rome Update on the G20 Action Plan on the 2030 Agenda for Sustainable Development and G20 Development Commitments**. Rome: [s. n.], 2021. Disponível em: https://www.g20.org/wp-content/uploads/2021/11/2021-Rome-Update_26.10.2021.pdf. Acesso em: 11 nov. 2021.

GHOLAMPOUR, A.; OZBAKKALOGLU, T. **A review of natural fiber composites: properties, modification and processing techniques, characterization, applications**. Melbourne: Springer US, 2020. v. 55. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10853-019-03990-y>. Acesso em: 27 out. 2021.

GOBBI, C. N.; SANCHES, V. M. L.; PACHECO, E. B. A. V.; GUIMARÃES, M. J. de O. C.; DE FREITAS, M. A. V. Management of plastic wastes at Brazilian ports and diagnosis of their generation. **Marine Pollution Bulletin**, Rio de Janeiro, v. 124, n. 1, p. 67–73, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X17305854>. Acesso em: 20 ago. 2020.

GOBIKANNAN, T.; BERIHUN, H.; AKLILU, E.; PAWAR, S. J.; AKELE, G.; AGAZIE, T.; BIHONEGN, S. Development and characterization of sisal fiber and wood dust reinforced polymeric composites. **Journal of Natural Fibers**, Limerick, v. 18, n. 11, p. 1924–1933, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15440478.2019.1710649>. Acesso em: 28 dez. 2022.

GOYAL, T. M.; KUKREJA, P. The Sustainable Development Agenda: Evaluating the G20 as a Stage for National and Collective Goals. **ORF Issue Brief**, New Delhi, n. 419, p. 18, 2020. Disponível em: https://www.orfonline.org/wp-content/uploads/2020/11/ORF_IssueBrief_419_G20-SDGs.pdf. Acesso em: 11 nov. 2021.

GUAN, N.; HU, C.; GUAN, L.; ZHANG, W.; YUN, H.; HU, X. A Process Optimization and Performance Study of Environmentally Friendly Waste Newspaper/Polypropylene Film Layered Composites. **Materials**, Guangzhou, v. 13, n. 2, p. 413, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/2/413>. Acesso em: 27 jul. 2021.

GUPTA, R. K. **Polymer and Composite Rheology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2000. 2000. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781482273700>. Acesso em: 14 jan. 2020.

HA, K. H.; KIM, M. S. Application to refrigerator plastics by mechanical recycling from

polypropylene in waste-appliances. **Materials and Design**, Busan, v. 34, p. 252–257, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2011.08.014>. Acesso em: 27 ago. 2020.

HAMZEH, Y.; ASHORI, A.; MIRZAEI, B. Effects of Waste Paper Sludge on the Physico-Mechanical Properties of High Density Polyethylene/Wood Flour Composites. **Journal of Polymers and the Environment**, Tehran, v. 19, n. 1, p. 120–124, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-010-0255-3>. Acesso em: 29 dez. 2022.

HAO, H.; CHANG, T.; CUI, L.; SUN, R.; GAO, R. Theoretical Study on the Mechanism of Hydrogen Donation and Transfer for Hydrogen-Donor Solvents during Direct Coal Liquefaction. **Catalysts**, Tokyo, v. 8, n. 12, p. 648, 2018. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2073-4344/8/12/648>. Acesso em: 27 dez. 2022.

HASSANABADI, H. M.; ALEMDAR, A.; RODRIGUE, D. Polypropylene reinforced with nanocrystalline cellulose: Coupling agent optimization. **Journal of Applied Polymer Science**, Quebec, v. 132, n. 34, p. n/a-n/a, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.42438>. Acesso em: 14 dez. 2022.

HERIANTO; ATSANI, S. I.; MASTRISISWADI, H. Recycled Polypropylene Filament for 3D Printer: Extrusion Process Parameter Optimization. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, Gadjah Mada, v. 722, n. 1, p. 012022, 2020. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/722/1/012022>. Acesso em: 24 jan. 2020.

HIRAYAMA, D.; SARON, C.; BOTELHO, E. C.; COSTA, M. L.; ANCELOTTI JUNIOR, A. C. Polypropylene Composites Manufactured from Recycled Carbon Fibers from Aeronautic Materials Waste. **Materials Research**, Itajubá, v. 20, n. suppl 2, p. 519–525, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392017000800519&lng=en&tlng=en. Acesso em: 27 jul. 2020.

HISHAM A. MADDAH. Polypropylene as a Promising Plastic: A Review. **American Journal of Polymer Science**, [s. l.], v. 6, n. 1, p. 1–11, 2016. Disponível em: <http://article.sapub.org/10.5923.j.ajps.20160601.01.html>. Acesso em: 6 dez. 2022.

HOFSTÄTTER, T.; PEDERSEN, D. B.; TOSELLO, G.; HANSEN, H. N. State-of-the-art of fiber-reinforced polymers in additive manufacturing technologies. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Lyngby, v. 36, n. 15, p. 1061–1073, 2017. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684417695648>. Acesso em: 27 jul. 2020.

HORA, A. da; NADER, L.; MENDES, R. Papel e Celulose. In: BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (org.). **Visão 2035: Brasil, país desenvolvido. Agendas setoriais para alcance da meta**. 1. ed. Rio de Janeiro: [s. n.], 2018. p. 119–142. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/16222/1/PRCapLiv214161_papel%26celulose_compl_P.pdf. Acesso em: 22 ago. 2020.

HUANG, L.; WU, Q.; WANG, Q.; WOLCOTT, M. Interfacial crystals morphology modification in cellulose fiber/polypropylene composite by mechanochemical method. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, Qingdao, v. 130, p. 105765, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359835X20300038>. Acesso em:

25 out. 2021.

HUDA, M.; DRZAL, L.; MOHANTY, A.; MISRA, M. Chopped glass and recycled newspaper as reinforcement fibers in injection molded poly(lactic acid) (PLA) composites: A comparative study. **Composites Science and Technology**, East Lansing, v. 66, n. 11–12, p. 1813–1824, 2006. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0266353805003957>. Acesso em: 29 dez. 2022.

IGLESIAS, M. C.; GOMEZ-MALDONADO, D.; VIA, B. K.; JIANG, Z.; PERESIN, M. S. Pulping Processes and Their Effects on Cellulose Fibers and Nanofibrillated Cellulose Properties: A Review. **Forest Products Journal**, Alabama, v. 70, n. 1, p. 10–21, 2020. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/fpj/article/70/1/10/438781/Pulping-Processes-and-Their-Effects-on-Cellulose>. Acesso em: 25 out. 2021.

IISD. Sustainable Development Timeline. **International Institute for Sustainable Development**, Winnipeg, 2012. Disponível em: <https://www.iisd.org/publications/guide/sustainable-development-timeline-2012>. Acesso em: 27 jul. 2020.

IYER, K. A.; LECHANSKI, J.; TORKELOSON, J. M. Green polypropylene/waste paper composites with superior modulus and crystallization behavior: Optimizing specific energy in solid-state shear pulverization for filler size reduction and dispersion. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, Evanston, v. 83, p. 47–55, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.09.011>. Acesso em: 20 nov. 2019.

JAMES, A. R.; SBARSKI, I.; MASOOD, S. H.; KOSIOR, E. Thermal and melt rheological behaviour of composites produced from waste paper and plastic. **Journal of Polymer Engineering**, Melbourne, v. 27, n. 1, p. 55–74, 2007. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/POLYENG.2007.27.1.55/html>. Acesso em: 2 dez. 2022.

JANG, J.; LEE, E. Improvement of the flame retardancy of paper-sludge/polypropylene composite. **Polymer Testing**, Seoul, v. 20, n. 1, p. 7–13, 2000. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142941899000720>. Acesso em: 27 out. 2021.

JESKE, H.; SCHIRP, A.; CORNELIUS, F. Development of a thermogravimetric analysis (TGA) method for quantitative analysis of wood flour and polypropylene in wood plastic composites (WPC). **Thermochimica Acta**, Braunschweig, v. 543, p. 165–171, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tca.2012.05.016>. Acesso em: 27 ago. 2020.

JIANG, Q.; XING, X.; JING, Y.; HAN, Y. Preparation of cellulose nanocrystals based on waste paper via different systems. **International Journal of Biological Macromolecules**, Nanjing, v. 149, p. 1318–1322, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813019372344>. Acesso em: 25 out. 2021.

JMAL, H.; BAHLOULI, N.; WAGNER-KOCHER, C.; LERAY, D.; RUCH, F.; MUNSCH, J. N.; NARDIN, M. Influence of the grade on the variability of the mechanical properties of polypropylene waste. **Waste Management**, Strasbourg, v. 75, p. 160–173, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.02.006>. Acesso em: 13 jul. 2019.

JOSHI, G.; NAITHANI, S.; VARSHNEY, V. K.; BISHT, S. S.; RANA, V. Potential use of waste paper for the synthesis of cyanoethyl cellulose: A cleaner production approach towards sustainable environment management. **Journal of Cleaner Production**, Dehradun, v. 142, p. 3759–3768, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.089>. Acesso em: 14 jan. 2019.

KERNI, L.; SINGH, S.; PATNAIK, A.; KUMAR, N. A review on natural fiber reinforced composites. **Materials Today: Proceedings**, Jammu, v. 28, p. 1616–1621, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.851>. Acesso em: 27 out. 2021.

KISS, P.; STADLBAUER, W.; BURGSTALLER, C.; ARCHODOULAKI, V.-M. Development of high-performance glass fibre-polypropylene composite laminates: Effect of fibre sizing type and coupling agent concentration on mechanical properties. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, Wels, v. 138, p. 106056, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359835X20302955>. Acesso em: 25 out. 2021.

KOIVURANTA, E.; HIETALA, M.; ÄMMÄLÄ, A.; OKSMAN, K.; ILLIKAINEN, M. Improved durability of lignocellulose-polypropylene composites manufactured using twin-screw extrusion. **Composites Part A: Applied Science and Manufacturing**, Oulu, v. 101, p. 265–272, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2017.06.024>. Acesso em: 25 fev. 2019.

KONG, Y.; HAY, J. N. The measurement of the crystallinity of polymers by DSC. **Polymer**, Birmingham, v. 43, n. 14, p. 3873–3878, 2002. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0032386102002355>. Acesso em: 28 ago. 2020.

KUMAR, P. S. S.; ALLAMRAJU, K. V. A review of natural fiber composites [Jute, Sisal, Kenaf]. **Materials Today: Proceedings**, Hyderabad, v. 18, p. 2556–2562, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.113>. Acesso em: 24 jan. 2020.

KUMAR, V.; PATHAK, P.; BHARDWAJ, N. K. Waste paper: An underutilized but promising source for nanocellulose mining. **Waste Management**, Yamuna Nagar, v. 102, p. 281–303, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.041>. Acesso em: 22 ago. 2020.

LAMIM-GUEDES, V. Desenvolvimento sustentável ou Sustentabilidade?. **Revista Educação Ambiental em Ação**, Novo Hamburgo, v. 52, 2015. Disponível em: <https://www.revistaes.org/artigo.php?idartigo=2047>. Acesso em: 27 jul. 2020.

LAMIM-GUEDES, V. Educação para a Sustentabilidade , Educação Ambiental , Educação Global ... qual educação queremos?. **Global Education Magazine**, São Paulo, v. 8, p. 52–55, 2014. Disponível em: <http://54.36.164.77/~elartepe/globaleducationmagazine.com/educacao-para-sustentabilidade-educacao-ambiental-educacao-global-qual-educacao-queremos/>. Acesso em: 27 jul. 2020.

LAMIM-GUEDES, V. Consciência negra, justiça ambiental e sustentabilidade. **Sustainability in Debate**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 223–238, 2013. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/sust/article/view/15525>. Acesso em: 3 ago. 2020.

LASSU. **Pilares da Sustentabilidade**. São Paulo: [s. n.], 2020. Disponível em: <http://lassu.usp.br/sustentabilidade/pilares-da-sustentabilidade>. Acesso em: 15 ago. 2020.

LEI, W.; FANG, C.; ZHOU, X.; LI, Y.; PU, M. Polyurethane elastomer composites reinforced with waste natural cellulosic fibers from office paper in thermal properties. **Carbohydrate polymers**, Xi'an, v. 197, n. June, p. 385–394, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.06.036>. Acesso em: 22 ago. 2020.

LEI, W.; FANG, C.; ZHOU, X.; YIN, Q.; PAN, S.; YANG, R.; LIU, D.; OUYANG, Y. Cellulose nanocrystals obtained from office waste paper and their potential application in PET packing materials. **Carbohydrate Polymers**, Xi'an, v. 181, n. September 2017, p. 376–385, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.059>. Acesso em: 22 ago. 2020.

LEI, W.; ZHOU, X.; FANG, C.; LI, Y.; SONG, Y.; WANG, C.; HUANG, Z. New approach to recycle office waste paper: Reinforcement for polyurethane with nano cellulose crystals extracted from waste paper. **Waste Management**, Xi'an, v. 95, p. 59–69, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.003>. Acesso em: 22 ago. 2020.

LI, Y.; JIA, S.; DU, S.; WANG, Y.; LV, L.; ZHANG, J. Improved properties of recycled polypropylene by introducing the long chain branched structure through reactive extrusion. **Waste Management**, Taiyuan, v. 76, p. 172–179, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.03.040>. Acesso em: 12 maio 2022.

LILA, M. K.; SINGHAL, A.; BANWAIT, S. S.; SINGH, I. A recyclability study of bagasse fiber reinforced polypropylene composites. **Polymer Degradation and Stability**, Uttarakhand, v. 152, p. 272–279, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.05.001>. Acesso em: 12 jun. 2019.

LIMA, P. D. M.; COLVERO, D. A.; GOMES, A. P.; WENZEL, H.; SCHALCH, V.; CIMPAN, C. Environmental assessment of existing and alternative options for management of municipal solid waste in Brazil. **Waste Management**, Aveiro, v. 78, p. 857–870, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.07.007>. Acesso em: 18 nov. 2019.

LONGHITANO, G. A.; NUNES, G. B.; CANDIDO, G.; DA SILVA, J. V. L. The role of 3D printing during COVID-19 pandemic: a review. **Progress in Additive Manufacturing**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 19–37, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40964-020-00159-x>. Acesso em: 9 nov. 2021.

MAHFOUDH, A.; CLOUTIER, A.; RODRIGUE, D. Characterization of UHMWPE/wood composites produced via dry-blending and compression molding. **Polymer Composites**, Quebec, v. 34, n. 4, p. 510–516, 2013. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.22455>. Acesso em: 14 dez. 2022.

MAIER, C.; CALAFUT, T. **Polypropylene The Definitive User's Guide and Databook**. Norwich: Plastics Design Library, 1998. 1998. Disponível em: Polypropylene The Definitive User's Guide and Databook. Acesso em: 27 jul. 2020.

MAT-SHAYUTI, M. S.; ABDULLAH, M. Z.; MEGAT-YUSOFF, P. S. M. Thermal properties and morphology of Polypropylene/Polycarbonate/Polypropylene-Graft-Maleic anhydride blends. **MATEC Web of Conferences**, Mara, v. 69, p. 03001, 2016. Disponível em: <http://www.matec-conferences.org/10.1051/matecconf/20166903001>. Acesso em: 27 jul. 2020.

MAZZANTI, V.; MOLLICA, F. A Review of Wood Polymer Composites Rheology and Its

Implications for Processing. **Polymers**, Ferrara, v. 12, n. 10, p. 2304, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/10/2304>. Acesso em: 14 dez. 2022.

MAZZANTI, V.; MOLLICA, F.; EL KISSI, N. Rheological and mechanical characterization of polypropylene-based wood plastic composites. **Polymer Composites**, Ferrara, v. 37, n. 12, p. 3460–3473, 2016. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.23546>. Acesso em: 14 dez. 2022.

MELHORAMENTOS. **Michaelis**. São Paulo: Editora Melhoramentos, 2020. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro/sustentar/>. Acesso em: 14 set. 2020.

MÉNDEZ, A.; FIDALGO, J. M.; GUERRERO, F.; GASCÓ, G. Characterization and pyrolysis behaviour of different paper mill waste materials. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, Madrid, v. 86, n. 1, p. 66–73, 2009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165237009000710>. Acesso em: 14 jan. 2019.

MIKULA, K.; SKRZYPCZAK, D.; IZYDORCZYK, G.; WARCHOŁ, J.; MOUSTAKAS, K.; CHOJNACKA, K.; WITEK-KROWIAK, A. 3D printing filament as a second life of waste plastics—a review. **Environmental Science and Pollution Research**, Wrocław, v. 28, n. 10, p. 12321–12333, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11356-020-10657-8>. Acesso em: 21 out. 2021.

MIRÓN, V.; FERRÁNDIZ, S.; JUÁREZ, D.; MENGUAL, A. Manufacturing and characterization of 3D printer filament using tailoring materials. **Procedia Manufacturing**, Alcoi, v. 13, p. 888–894, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.151>. Acesso em: 12 maio 2022.

MORALES, M.; ATENCIO MARTINEZ, C.; MARANON, A.; HERNANDEZ, C.; MICHAUD, V.; PORRAS, A. Development and Characterization of Rice Husk and Recycled Polypropylene Composite Filaments for 3D Printing. **Polymers**, Bogotá, v. 13, n. 7, p. 1067, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/7/1067>. Acesso em: 21 out. 2021.

MORENO, D. D. P.; SARON, C. Low-density polyethylene waste/recycled wood composites. **Composite Structures**, Lorena, v. 176, p. 1152–1157, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263822317306335>. Acesso em: 20 ago. 2020.

MOULD, S.; BARBAS, J.; MACHADO, A. V.; NÓBREGA, J. M.; COVAS, J. A. Measuring the rheological properties of polymer melts with on-line rotational rheometry. **Polymer Testing**, Guimarães, v. 30, n. 6, p. 602–610, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymertesting.2011.05.002>. Acesso em: 14 jan. 2020.

NAIR, A. S.; AL-BATTASHI, H.; AL-AKZAWI, A.; ANNAMALAI, N.; GUJARATHI, A.; AL-BAHRY, S.; DHILLON, G. S.; SIVAKUMAR, N. Waste office paper: A potential feedstock for cellulase production by a novel strain *Bacillus velezensis* ASN1. **Waste Management**, Muscat, v. 79, p. 491–500, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.014>. Acesso em: 25 ago. 2020.

NGAOWTHONG, C.; BORŮVKA, M.; BĚHÁLEK, L.; LENFELD, P.; ŠVEC, M.; DANGTUNGEE, R.; SIENGCHIN, S.; RANGAPPA, S. M.; PARAMESWARANPILLAI, J.

Recycling of sisal fiber reinforced polypropylene and polylactic acid composites: Thermo-mechanical properties, morphology, and water absorption behavior. **Waste Management**, Bangkok, v. 97, p. 71–81, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X19304945>. Acesso em: 20 ago. 2020.

OLADAPO, B. I.; ISMAIL, S. O.; AFOLALU, T. D.; OLAWADE, D. B.; ZAHEDI, M. Review on 3D printing: Fight against COVID-19. **Materials Chemistry and Physics**, Leicester, v. 258, n. August 2020, p. 123943, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2020.123943>. Acesso em: 9 nov. 2021.

OLIVEIRA, D. M. de; BOMFIM, A. S. C. de; BENINI, K. C. C. de C.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C.; RODRIGUE, D. Waste Paper as a Valuable Resource: An Overview of Recent Trends in the Polymeric Composites Field. **Polymers**, Guaratinguetá, v. 15, n. 2, p. 426, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/2/426>. Acesso em: 28 dez. 2022.

OMRANI, E.; MENEZES, P. L.; ROHATGI, P. K. State of the art on tribological behavior of polymer matrix composites reinforced with natural fibers in the green materials world. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, Milwaukee, v. 19, n. 2, p. 717–736, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jestch.2015.10.007>. Acesso em: 25 out. 2019.

ONU. **Organização das Nações Unidas Brasil**. Brasília: [s. n.], 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

ORUE, A.; SANTAMARIA-ECHART, A.; ECEIZA, A.; PEÑA-RODRIGUEZ, C.; ARBELAIZ, A. Office waste paper as cellulose nanocrystal source. **Journal of Applied Polymer Science**, Donostia-San Sebastian, v. 134, n. 35, p. 45257, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.45257>. Acesso em: 18 jan. 2020.

PAIK, P.; KAR, K. K. Kinetics of thermal degradation and estimation of lifetime for polypropylene particles: Effects of particle size. **Polymer Degradation and Stability**, Kanpur, v. 93, n. 1, p. 24–35, 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141391007003345>. Acesso em: 20 nov. 2020.

PARANDOUSH, P.; LIN, D. A review on additive manufacturing of polymer-fiber composites. **Composite Structures**, Manhattan, v. 182, p. 36–53, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.08.088>. Acesso em: 25 out. 2019.

PENSAMENTOVERDE. **Impactos que a qualidade de um simples copo descartável pode causar no consumo, no meio ambiente e no seu bolso**. São Paulo: [s. n.], 2018. Disponível em: <https://www.pensamentoverde.com.br/wecycle/impactos-que-a-qualidade-de-um-simples-copo-descartavel-pode-causar-no-consumo-no-meio-ambiente-e-no-seu-bolso/>. Acesso em: 14 jan. 2019.

PEREIRA, P. H. F.; ROSA, M. de F.; CIOFFI, M. O. H.; BENINI, K. C. C. de C.; MILANESE, A. C.; VOORWALD, H. J. C.; MULINARI, D. R. Vegetal fibers in polymeric composites : a review. **Polimeros**, Fortaleza, v. 25, n. 1, p. 9–22, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-1428.1722>. Acesso em: 25 out. 2019.

PERVAIZ, S.; QURESHI, T. A.; KASHWANI, G.; KANNAN, S. 3D Printing of Fiber-Reinforced Plastic Composites Using Fused Deposition Modeling: A Status Review. **Materials**, Dubai, v. 14, n. 16, p. 4520, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/16/4520>. Acesso em: 9 nov. 2021.

PIVNENKO, K.; ERIKSEN, M. K.; MARTÍN-FERNÁNDEZ, J. A.; ERIKSSON, E.; ASTRUP, T. F. Recycling of plastic waste: Presence of phthalates in plastics from households and industry. **Waste Management**, Lyngby, v. 54, p. 44–52, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.05.014>. Acesso em: 25 out. 2019.

PIXABAY. **Banco de imagens**. Munchen: [s. n.], 2020. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/>. Acesso em: 14 jul. 2020.

POLLINE, M.; MUTUA, J. M.; MBUYA, T. O.; ERNEST, K. Recipe Development and Mechanical Characterization of Carbon Fibre Reinforced Recycled Polypropylene 3D Printing Filament. **Open Journal of Composite Materials**, Nairobi, v. 11, n. 03, p. 47–61, 2021. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/doi.aspx?doi=10.4236/ojcm.2021.113005>. Acesso em: 31 dez. 2022.

QIAO, X.; ZHANG, Yong; ZHANG, Yinxi. Ink-Eliminated Paper Sludge Flour as Filler for Polypropylene. **Polymers and Polymer Composites**, Shanghai, v. 11, n. 4, p. 321–326, 2003. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/096739110301100407>. Acesso em: 27 out. 2021.

QIAO, X.; ZHANG, Yong; ZHANG, Yinxi; ZHU, Y. Ink-eliminated waste paper sludge flour-filled polypropylene composites with different coupling agent treatments. **Journal of Applied Polymer Science**, Shanghai, v. 89, n. 2, p. 513–520, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.12281>. Acesso em: 27 out. 2021.

R.A. LYNGBY; J. WILM; E.R. EIRÍKSSON; J.B. NIELSEN; J.N. JENSEN; H. AANÆS; D.B. PEDERSEN. In-line 3D print failure detection using computer vision. **Euspen**, Lyngby, n. October, 2017. Disponível em: <https://www.euspen.eu/knowledge-base/AM17133.pdf>. Acesso em: 1 dez. 2022.

RAGAERT, K.; HUYSVELD, S.; VYNCKE, G.; HUBO, S.; VEELAERT, L.; DEWULF, J.; DU BOIS, E. Design from recycling: A complex mixed plastic waste case study. **Resources, Conservation and Recycling**, Ghent, v. 155, n. March 2019, p. 104646, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104646>. Acesso em: 24 jan. 2020.

RAJASEKARAN, D.; MAJI, P. K. Recycling of plastic wastes with poly (ethylene-co-methacrylic acid) copolymer as compatibilizer and their conversion into high-end product. **Waste Management**, Saharanpur, v. 74, p. 135–143, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.018>. Acesso em: 25 out. 2019.

RATNAKUMAR, A.; RATHNAYAKE, W. S. M.; KARUNANAYAKE, L.; SAMARASEKARA, A. M. P. B.; AMARASINGHE, D. A. S. Microcrystalline Cellulose as Reinforcing Agents for Polypropylene Composites. **Tropical Agricultural Research**, Moratuwa, v. 31, n. 3, p. 106, 2020. Disponível em: <https://tar.sljol.info/article/10.4038/tar.v31i3.8401/>. Acesso em: 29 dez. 2022.

RAUWENDAAL, C. **Polymer Extrusion 5E**. 5. ed. Cincinnati: Hanser, 2014. 2014. Disponível em: <https://www.hanser-elibrary.com/doi/pdf/10.3139/9781569905395.fm>. Acesso em: 18 jan. 2020.

RIBEIRO, L. S.; ÓRFÃO, J. J. de M.; PEREIRA, M. F. R. Direct catalytic production of sorbitol from waste cellulosic materials. **Bioresource Technology**, Porto, v. 232, p. 152–158, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960852417301153>. Acesso em: 18 jan. 2021.

SAIKRISHNAN, S.; JUBINVILLE, D.; TZOGANAKIS, C.; MEKONNEN, T. H. Thermo-mechanical degradation of polypropylene (PP) and low-density polyethylene (LDPE) blends exposed to simulated recycling. **Polymer Degradation and Stability**, Ontario, v. 182, p. 109390, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2020.109390>. Acesso em: 23 maio 2022.

SÁNCHEZ-JIMÉNEZ, P. E.; PÉREZ-MAQUEDA, L. A.; PEREJÓN, A.; CRIADO, J. M. Combined kinetic analysis of thermal degradation of polymeric materials under any thermal pathway. **Polymer Degradation and Stability**, Sevilla, v. 94, n. 11, p. 2079–2085, 2009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141391009002481>. Acesso em: 18 jan. 2020.

SANCHEZ, F. A. C.; BOUDAUD, H.; CAMARGO, M.; PEARCE, J. M. Plastic recycling in additive manufacturing: A systematic literature review and opportunities for the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, Houghton, v. 264, p. 121602, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121602>. Acesso em: 9 nov. 2021.

SANGUANWONG, A.; PAVASANT, P.; JARUNGLUMLERT, T.; NAKAGAWA, K.; FLOOD, A.; PROMMUAK, C. Hydrophobic cellulose aerogel from waste napkin paper for oil sorption applications. **Nordic Pulp & Paper Research Journal**, Rayong, v. 35, n. 1, p. 137–147, 2020. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/npprj-2018-0075/html>. Acesso em: 25 out. 2021.

SANJAY, M. R.; MADHU, P.; JAWAID, M.; SENTHAMARAIKANNAN, P.; SENTHIL, S.; PRADEEP, S. Characterization and properties of natural fiber polymer composites: a comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, Belagavi, v. 172, p. 566–581, 2017. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617323946>. Acesso em: 25 out. 2019.

SAUERBRUNN, S.; GILL, P. **Decomposition Kinetics Using TGA (by TA Instruments)**. New Castle: [s. n.], 1992.

SCHOLZ, I.; BRANDI, C. The G20 and the 2030 Agenda for Sustainable Development. In: **ECONOMICS OF G20**. Ontario: [s. n.], 2020. v. 2, p. 117–133. Disponível em: https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789811214776_0005. Acesso em: 11 nov. 2021.

SCHRAMM, G. **Reologia e reometria: fundamentos teóricos e práticos**. 2. ed. São Paulo: Artliber, 2006. 2006.

SEGAL, L.; CREELY, J. J.; MARTIN, A. E.; CONRAD, C. M. An Empirical Method for

Estimating the Degree of Crystallinity of Native Cellulose Using the X-Ray Diffractometer. **Textile Research Journal**, New Orleans, v. 29, n. 10, p. 786–794, 1959. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/004051755902901003>. Acesso em: 14 jan. 2019.

SERRANO, A.; ESPINACH, F. X.; TRESSERRAS, J.; PELLICER, N.; ALCALA, M.; MUTJE, P. Study on the technical feasibility of replacing glass fibers by old newspaper recycled fibers as polypropylene reinforcement. **Journal of Cleaner Production**, Girona, v. 65, p. 489–496, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.003>. Acesso em: 27 out. 2021.

SFARRA, S.; PERILLI, S.; AMBROSINI, D.; PAOLETTI, D.; NARDI, I.; DE RUBEIS, T.; SANTULLI, C. A proposal of a new material for greenhouses on the basis of numerical, optical, thermal and mechanical approaches. **Construction and Building Materials**, Monteluco di Roio, v. 155, n. 1, p. 332–347, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061817316628>. Acesso em: 28 dez. 2022.

SHULGA, E.; KARAMOV, R.; S. SERGEICHEV, I.; D. KONEV, S.; I. SHURYGINA, L.; S. AKHATOV, I.; D. SHANDAKOV, S.; G. NASIBULIN, A. Fused Filament Fabricated Polypropylene Composite Reinforced by Aligned Glass Fibers. **Materials**, Moscow, v. 13, n. 16, p. 3442, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/16/3442>. Acesso em: 25 out. 2021.

SINGH, B.; KUMAR, R.; CHOCHAN, J. S. Polymer matrix composites in 3D printing: A state of art review. **Materials Today: Proceedings**, Mohali, v. 33, p. 1562–1567, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.335>. Acesso em: 9 nov. 2021.

SPICKER, C.; RUDOLPH, N.; KÜHNERT, I.; AUMNATE, C. The use of rheological behavior to monitor the processing and service life properties of recycled polypropylene. **Food Packaging and Shelf Life**, Madison, v. 19, n. January, p. 174–183, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.01.002>. Acesso em: 27 out. 2021.

SRIDHAR, V.; PARK, H. Extraction of Microfibrillar Cellulose From Waste Paper by NaOH/Urethane Aqueous System and Its Utility in Removal of Lead from Contaminated Water. **Materials**, Busan, v. 13, n. 12, p. 2850, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/12/2850>. Acesso em: 22 ago. 2020.

STOOF, D.; PICKERING, K. Sustainable composite fused deposition modelling filament using recycled pre-consumer polypropylene. **Composites Part B: Engineering**, Hamilton, v. 135, n. June 2017, p. 110–118, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.10.005>. Acesso em: 14 jul. 2019.

SURYADIANSYAH; ISMAIL, H.; AZHARI, B. Waste Paper Filled Polypropylene Composites: the Comparison Effect of Ethylene Diamine Dilaureate as a New Compatibilizer with Maleic Anhydride Polypropylene. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Nibong Tebal, v. 26, n. 1, p. 51–67, 2007. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684407069953>. Acesso em: 23 maio 2021.

TADMOURT, W.; KHIARI, K.; BOULAL, A.; TARABET, L. Waste paper valorization for bioethanol production: Pretreatment and acid hydrolysis optimization. **Energy Sources, Part**

A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, Adrar, p. 1–20, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15567036.2020.1815908>. Acesso em: 25 out. 2021.

TAJVIDI, M.; EBRAHIMI, G. Water uptake and mechanical characteristics of natural filler–polypropylene composites. **Journal of Applied Polymer Science**, Tehran, v. 88, n. 4, p. 941–946, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.12029>. Acesso em: 29 dez. 2022.

TAN, L. J.; ZHU, W.; ZHOU, K. Recent Progress on Polymer Materials for Additive Manufacturing. **Advanced Functional Materials**, Singapore, v. 30, n. 43, p. 2003062, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.202003062>. Acesso em: 9 nov. 2021.

TAO, Y.; LIU, M.; HAN, W.; LI, P. Waste office paper filled polylactic acid composite filaments for 3D printing. **Composites Part B: Engineering**, Jinan, v. 221, p. 108998, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359836821003863>. Acesso em: 25 out. 2021.

TAPPER, R. J.; LONGANA, M. L.; YU, H.; HAMERTON, I.; POTTER, K. D. Development of a closed-loop recycling process for discontinuous carbon fibre polypropylene composites. **Composites Part B: Engineering**, Bristol, v. 146, n. March, p. 222–231, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.03.048>. Acesso em: 27 ago. 2020.

TECHAWINYUTHAM, L.; FRICK, A.; SIENGCHIN, S. Polypropylene/Maleic Anhydride Grafted Polypropylene (MAGPP)/Coconut Fiber Composites. **Advances in Mechanical Engineering**, Bangkok, v. 8, n. 5, p. 168781401664544, 2016. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1687814016645446>. Acesso em: 25 fev. 2019.

THAKUR, V. K.; THAKUR, M. K.; GUPTA, R. K. Review: Raw Natural Fiber–Based Polymer Composites. **International Journal of Polymer Analysis and Characterization**, Washington, v. 19, n. 3, p. 256–271, 2014. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1023666X.2014.880016>. Acesso em: 3 ago. 2020.

UNEP. SINGLE-USE PLASTICS: A Roadmap for Sustainability. **United Nations Environment Programme**, Osaka, p. 90, 2018. Disponível em: <https://www.unep.org/resources/report/single-use-plastics-roadmap-sustainability>. Acesso em: 27 abr. 2020.

UNEP. **UN Environment Programme**. Nairobi: [s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.unenvironment.org/>. Acesso em: 14 ago. 2020.

UNITED NATIONS. Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. **United Nations**, New York, p. 40, 2018. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acesso em: 18 maio 2020.

VAN, L.; ABDUL HAMID, N.; AHMAD, M. F.; AHMAD, A. N. A.; RUSLAN, R.; MUHAMAD TAMYEZ, P. F. Factors of Single Use Plastic Reduction Behavioral Intention. **Emerging Science Journal**, Johor, v. 5, n. 3, p. 269–278, 2021. Disponível em:

<https://www.ijournalse.org/index.php/ESJ/article/view/495>. Acesso em: 25 out. 2021.

VIDAKIS, N.; PETOUSIS, M.; TZOUNIS, L.; MANIADI, A.; VELIDAKIS, E.; MOUNTAKIS, N.; PAPAGEORGIOU, D.; LIEBSCHER, M.; MECHTCHERINE, V. Sustainable Additive Manufacturing: Mechanical Response of Polypropylene over Multiple Recycling Processes. **Sustainability**, Heraklion Crete, v. 13, n. 1, p. 159, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/159>. Acesso em: 25 out. 2021.

VIGNESHWARAN, S.; SUNDARAKANNAN, R.; JOHN, K. M.; JOEL JOHNSON, R. D.; PRASATH, K. A.; AJITH, S.; ARUMUGAPRABU, V.; UTHAYAKUMAR, M. Recent advancement in the natural fiber polymer composites: A comprehensive review. **Journal of Cleaner Production**, Krishnankoil, v. 277, p. 124109, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620341548>. Acesso em: 27 out. 2021.

VONES, K.; ALLAN, D.; LAMBERT, I.; VETTESE, S. 3D-printing ‘Ocean plastic’—Fostering childrens’ engagement with sustainability. **Materials Today Communications**, Edinburgh, v. 16, n. June 2017, p. 56–59, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2018.04.001>. Acesso em: 18 jun. 2019.

WANG, X.; JIANG, M.; ZHOU, Z.; GOU, J.; HUI, D. 3D printing of polymer matrix composites: a review and prospective. **Composites Part B: Engineering**, Orlando, v. 110, p. 442–458, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>. Acesso em: 7 abr. 2022.

XIAOLIN, Z.; XIANGFENG, B.; RUMIN, W. Study on Mechanical Properties and Water Absorption Behaviour of Wastepaper Fibre/Recycled Polypropylene Composites. **Polymers and Polymer Composites**, Xi'an, v. 21, n. 6, p. 395–402, 2013. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/096739111302100608>. Acesso em: 23 maio 2022.

XU, W.; PRANOVICH, A.; UPPSTU, P.; WANG, X.; KRONLUND, D.; HEMMING, J.; ÖBLOM, H.; MORITZ, N.; PREIS, M.; SANDLER, N.; WILLFÖR, S.; XU, C. Novel biorenewable composite of wood polysaccharide and polylactic acid for three dimensional printing. **Carbohydrate Polymers**, Turku, v. 187, n. August 2017, p. 51–58, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.069>. Acesso em: 7 out. 2021.

YIGA, V. A.; PAGEL, S.; LUBWAMA, M.; EPPLE, S.; OLUPOT, P. W.; BONTEN, C. Development of fiber-reinforced polypropylene with NaOH pretreated rice and coffee husks as fillers: Mechanical and thermal properties. **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, Kampala, v. 33, n. 9, p. 1269–1291, 2020. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0892705718823255>. Acesso em: 20 jun. 2021.

YU, H.; XU, Y.; NI, Y.; WU, Q.; LIU, S.; LI, L.; YU, S.; JI, Z. Enhanced enzymatic hydrolysis of cellulose from waste paper fibers by cationic polymers addition. **Carbohydrate Polymers**, Qingdao, v. 200, n. April, p. 248–254, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0144861718308713>. Acesso em: 25 ago. 2020.

YUAN, X.; ZHANG, Y.; ZHANG, X. Maleated polypropylene as a coupling agent for polypropylene-waste newspaper flour composites. **Journal of Applied Polymer Science**, Shanghai, v. 71, n. 2, p. 333–337, 1999. Disponível em:

[https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(19990110\)71:2%3C333::AID-APP17%3E3.0.CO;2-Q](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1097-4628(19990110)71:2%3C333::AID-APP17%3E3.0.CO;2-Q). Acesso em: 14 jan. 2019.

ZANDER, N. E.; GILLAN, M.; BURCKHARD, Z.; GARDEA, F. Recycled polypropylene blends as novel 3D printing materials. **Additive Manufacturing**, Aberdeen, v. 25, n. November 2018, p. 122–130, 2018. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860418307802?dgcid=raven_sd_aip_email. Acesso em: 26 abr. 2022.

ZANDER, N. E.; PARK, J. H.; BOELTER, Z. R.; GILLAN, M. A. Recycled Cellulose Polypropylene Composite Feedstocks for Material Extrusion Additive Manufacturing. **ACS Omega**, Aberdeen, v. 4, n. 9, p. 13879–13888, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.9b01564>. Acesso em: 26 abr. 2022.

ZHANG, X.; LI, S.; XU, C.; LI, J.; WANG, Z. Study on the mechanical and thermal properties of poly(lactic acid)/office waste paper fiber composites. **Journal of Applied Polymer Science**, Xi'an, v. 137, n. 45, p. 49390, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.49390>. Acesso em: 25 out. 2021.

ZHENG, B.; HU, C.; GUAN, L.; GU, J.; GUO, H.; ZHANG, W. Structural Characterization and Analysis of High-Strength Laminated Composites from Recycled Newspaper and HDPE. **Polymers**, Guangzhou, v. 11, n. 8, p. 1311, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/8/1311>. Acesso em: 28 dez. 2022.

ZHOU, Y.; FAN, M.; CHEN, L. Interface and bonding mechanisms of plant fibre composites: an overview. **Composites Part B: Engineering**, Fuzhou, v. 101, p. 31–45, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.06.055>. Acesso em: 9 nov. 2021.

ZINDANI, D.; KUMAR, K. An insight into additive manufacturing of fiber reinforced polymer composite. **International Journal of Lightweight Materials and Manufacture**, Silchar, v. 2, n. 4, p. 267–278, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijlmm.2019.08.004>. Acesso em: 30 abr. 2022.

ZULKIFLI, N. I.; SAMAT, N.; ANUAR, H.; ZAINUDDIN, N. Mechanical properties and failure modes of recycled polypropylene/microcrystalline cellulose composites. **Materials and Design**, Kuala Lumpur, v. 69, p. 114–123, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2014.12.053>. Acesso em: 18 jun. 2020.