

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta
Dissertação será disponibilizado
somente a partir de 12/12/2026

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



ANNE SHAYENE CAMPOS DE BOMFIM

Desenvolvimento de compósitos poliméricos provenientes de resíduos plástico e orgânico:
propriedades, fim de vida e impacto ambiental

Guaratinguetá
2024

Anne Shayene Campos de Bomfim

**Desenvolvimento de compósitos poliméricos provenientes de resíduos plástico e orgânico:
propriedades, fim de vida e impacto ambiental**

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

Orientador: Prof. Dr. Herman Jacobus Cornelis Voorwald

Coorientadora: Prof. Dra. Kelly Cristina Coelho de Carvalho Benini

Guaratinguetá
2024

B695d	Bomfim, Anne Shayene Campos de Desenvolvimento de compósitos poliméricos provenientes de resíduos plástico e orgânico: propriedades, fim de vida e impacto ambiental / Anne Shayene Campos de - Guaratinguetá, 2024. 159 f : il. Bibliografia: f. 129-155 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2025. Orientador: Prof. Dr. Herman Jacobus Cornelis Voorwald Coorientadora: Prof. Dra. Kelly Cristina Coelho de Carvalho Benini 1. Polipropileno. 2. Compósitos poliméricos. 3. Materiais - Biodegradação. I. Título. CDU 620.1(043)
-------	---

Luciana Máximo

Bibliotecária/CRB-8 3595

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A pesquisa contribui para os ODS 12 e 13 ao avançar no reaproveitamento de resíduos plásticos e orgânicos, explorando a reciclagem e biodegradação de compósitos. Sua inovação reside na Avaliação do Ciclo de Vida da produção e do fim de vida dos materiais, orientando estratégias sustentáveis. Com colaborações internacionais, reforça a economia circular e políticas ambientais.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The research contributes to SDGs 12 and 13 by advancing the reuse of plastic and organic waste, exploring the recycling and biodegradation of composites. Its innovation lies in the Life Cycle Assessment of material production and end-of-life, guiding sustainable strategies. Through international collaborations, it strengthens the circular economy and environmental policies.

ANNE SHAYENE CAMPOS DE BOMFIM

**Desenvolvimento de compósitos poliméricos provenientes de resíduos
plástico e orgânico: propriedades, fim de vida e impacto ambiental.**

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

Data da defesa: 12/12/2024

Banca Examinadora:



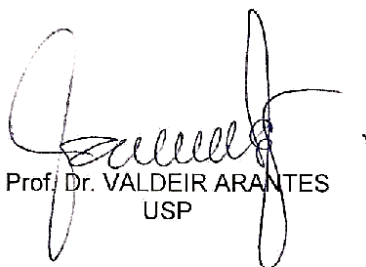
Prof. Dr. HERMAN JACOBUS CORNELIS VOORWALD
Orientador - UNESP



Profa. Dra. DANIELLA REGINA MULINARI
UERJ



Prof. Dr. FÁBIO ROBERTO PASSADOR
UNIFESP



Prof. Dr. VALDEIR ARANTES
USP



Profa. Tit. CRISTIANE YUMI KOGA ITO
UNESP

DADOS CURRICULARES

NOME COMPLETO DO AUTOR

NASCIMENTO	03/07/1992 – Niterói / RJ
FILIAÇÃO	Paulo Barbosa do Bomfim Ana Maria Souza Campos
2011/2016	Bacharelado em Desenho Industrial/Projeto de Produto Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
2018/2020	Mestre em Engenharia Mecânica na área de Materiais Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Dedico este trabalho à Deus, meus pais e meu esposo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua infinita bondade e soberania em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Herman Jacobus Cornelis Voorwald pelos grandes ensinamentos, olhar crítico e, principalmente, por acreditar na minha capacidade.

À minha coorientadora, Prof. Dra. Kelly Cristina Coelho de Carvalho Benini pela infinita paciência, amizade e por ser um grande exemplo do que é ser uma pesquisadora.

Ao meu pai Paulo Barbosa do Bomfim, por seu incentivo ao estudo e toda dedicação em fazer o que fosse preciso ao longo da jornada.

À minha mãe Ana Maria Souza Campos, por suportar em amor toda a dificuldade da jornada acadêmica e pelas orações, que me mantiveram de pé.

Ao meu marido, Prof. Dr. Daniel Magalhães de Oliveira, por estar ao meu lado em todos os momentos, ser um grande exemplo de pessoa, marido e pesquisador.

Aos amigos do Grupo de Fadiga e Materiais Aeronáuticos, Paulo Henrique Fernandes Pereira, Martin Ferreira Fernandes e Midori Yoshikawa Pitanga, pela amizade, suporte e conhecimento científico compartilhado.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia do campus de Guaratinguetá pela dedicação e prontidão no atendimento.

À Prof. Dra. Maria Odila Hilário Cioffi por todo suporte, paciência e ensinamentos compartilhados ao longo dos anos.

À Prof. Dra. Daniella Regina Mulinari por todo o suporte com os equipamentos do Laboratório de Materiais e Processos da FAT/UERJ-Resende.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - código de financiamento 001 e processo 88887.495399/2020-00.

“Só eu conheço os planos que tenho para vocês:
prosperidade e não desgraça e um futuro cheio de
esperança. Sou eu, o Senhor, quem está falando”;
Jeremias 29:1 (NTLH)

RESUMO

A crescente demanda ambiental por materiais sustentáveis impulsiona o desenvolvimento de produtos que causem menor impacto ao meio ambiente, tanto em sua produção quanto no fim de vida. Nesse contexto, este projeto abordou a valorização de resíduos plásticos e orgânicos através do desenvolvimento de compósitos de poli(ácido láctico) reciclado (PLAR) e de polipropileno reciclado (PPR), provenientes da impressão 3D e das cápsulas de café expresso, respectivamente, ambos modificados com 30 % (em massa) de borra de café (BC). O efeito da BC foi comparado em relação ao polímero reciclado puro, sendo analisado as principais propriedades dos materiais, bem como a exposição à ciclos de reciclagem (extrusão/moagem) e à biodegradação. Os compósitos apresentaram manutenção ou diminuição em suas propriedades termomecânicas comparado ao PPR e ao PLAR. Após os cinco ciclos de reciclagem, PPR e PPR/BC mantiveram suas propriedades, com BC contribuindo para a estabilidade térmica e mecânica do compósito. Contudo, os ciclos de reciclagem para o PLAR e PLAR/BC causaram uma redução da estabilidade térmica e outras alterações significativas nas propriedades físicas, a partir do terceiro ciclo. No teste de biodegradação por 90 dias em meio sólido, o PLAR/BC apresentou fragilização e mudanças superficiais, como esfarelamento, mudança de coloração e queda expressiva da resistência e rigidez mecânicas, sugerindo que BC acelerou o processo de biodegradação. Na Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a produção dos compósitos PPR/BC e PLAR/BC apresentou menores impactos ambientais em relação ao PPR e PLAR, especialmente em indicadores como aquecimento global, ecotoxicidade, uso do solo e escassez de recursos fósseis. A adição de BC reduziu a demanda por recursos fósseis e as emissões de CO₂, valorizando um resíduo que seria descartado e equilibrando a reciclagem de polímeros com a incorporação de resíduos orgânicos. A reciclagem mecânica foi identificada como a melhor opção de fim de vida para ambos os compósitos, apesar do consumo de energia e água. Já a biodegradação se mostrou viável para o PLAR e PLAR/BC, enquanto a incineração e o aterro sanitário se associaram a maiores impactos, como liberação de CO₂ e substâncias tóxicas. No entanto, a presença de BC elevou os impactos do PPR e PLAR em alguns indicadores dos cenários de fim de vida. Em síntese, o estudo demonstra o potencial dos compósitos com BC para promover a reutilização de resíduos e práticas mais ecologicamente responsáveis, alinhando o material aos pilares da sustentabilidade, à Agenda 2030 da ONU e à Política Nacional de Resíduos Sólidos. Essas iniciativas reforçam a importância de se desenvolver soluções inovadoras para a gestão de resíduos e a produção de materiais sustentáveis que contribuam para a economia circular e a minimização dos impactos ambientais.

PALAVRAS-CHAVE: polipropileno reciclado; poli(ácido láctico) reciclado; borra de café; compósito; propriedades mecânicas; propriedades térmicas; ciclos de reciclagem; biodegradação; avaliação do ciclo de vida.

ABSTRACT

The growing environmental demand for sustainable materials drives the development of products with lower environmental impacts throughout their life cycle. This project focuses on adding value to plastic and organic waste by developing recycled poly(lactic acid) (PLAR) and recycled polypropylene (PPR) composites, sourced from 3D printing and espresso coffee capsules, respectively, each containing 30 wt.% spent coffee grounds (SCG). The effect of SCG was evaluated compared to neat recycled polymer, analyzing key material properties as well as exposure to recycling cycles and biodegradation. The composites showed maintenance or reduction of thermomechanical properties relative to PPR and PLAR. After five recycling cycles, PPR and PPR/SCG maintained their properties, with BC contributing to the thermal and mechanical stability of the composite. However, recycling cycles for PLAR and PLAR/SCG led to reduced thermal stability and other significant physical property changes after the third cycle. In a 90-day biodegradation test, PLAR/SCG exhibited embrittlement and surface changes, such as crumbling, discoloration, and a marked decrease in mechanical strength and stiffness, suggesting that SCG accelerated biodegradation. Life Cycle Assessment (LCA) showed that PPR/SCG and PLAR/SCG production had lower environmental impacts than PPR and PLAR, particularly in indicators like global warming, ecotoxicity, land use, and fossil resource depletion. Adding SCG reduced fossil resource demand and CO₂ emissions, repurposing waste and balancing polymer recycling with organic waste incorporation. Recycling proved the best end-of-life option for both composites, despite energy and water demands, while biodegradation was viable for PLAR and PLAR/SCG. Incineration and landfilling were associated with higher impacts, including CO₂ release and toxic substances. However, BC increased impacts for PPR and PLAR in some end-of-life indicators. In summary, the study demonstrates the potential of SCG-based composites to promote waste reuse and more environmentally responsible practices, aligning with sustainability pillars, the UN's 2030 Agenda, and Brazil's National Solid Waste Policy. These initiatives underscore the importance of developing innovative solutions for waste management and sustainable materials production that support the circular economy and minimize environmental impacts.

KEYWORDS: recycled polypropylene; recycled poly(lactic acid); spent coffee grounds; composite; mechanical properties; thermal properties; recycling cycles; biodegradation; life cycle assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de documentos ao longo dos anos considerando a busca 1.1 e marcações temporais do início das demais buscas, de acordo com Scopus.....	27
Figura 2 – Modelo 3D da cápsula de café expresso, em corte, com principais componentes.....	32
Figura 3 – Produção de café e seus subprodutos.	38
Figura 4 – Esquema do processo de biodegradação do PLA.	43
Figura 5 – Categorias de impactos ambientais associados à ACV.....	46
Figura 6 - Resíduos de (a) PP proveniente das cápsulas de café, (b) PLA proveniente da impressão 3D e (c) borra de café proveniente das cápsulas de café.....	50
Figura 7 – Etapas realizadas no projeto de pesquisa.	51
Figura 8 - <i>Trichoderma lentiforme</i> , cultura após 7 dias da inoculação.	53
Figura 9 – Fronteiras do sistema para a produção dos CDPs sendo (a) PPR e PPR/BC e (b) PLAR e PLAR/BC.....	57
Figura 10 – Fronteiras do sistema para os fins de vida de PPR, PPR/BC, PLAR e PLAR/BC. ...	58
Figura 11 – Curvas de (a) TGA (b) DTG, (c) DSC 1º aquecimento e (d) DSC resfriamento, das amostras PLA _{Ft} , PLA _{Fp} , PLAR e PLAR/BC.....	65
Figura 12 – (a) curva tensão x deformação e (b) propriedades mecânicas das amostras PLAR e PLAR/BC	69
Figura 13 Curvas de DMA das amostras PLAR e PLAR/BC: (a) E' e E'' e (b) tan (δ).....	70
Figura 14 – Imagens de MEV com ampliação de 1000x das amostras (a) PLAR e (b) PLAR/BC	72
Figura 15 – Curvas de TGA das amostras PPR (a e b) e PPR/BC (c e d) antes e após os ciclos de reciclagem.....	73
Figura 16 – Curvas de DSC: (a) 2º aquecimento e (b) resfriamento de PPR antes e após os ciclos de reciclagem, (c) 2º aquecimento e (d) resfriamento de PPR/BC antes e após os ciclos de reciclagem.....	76
Figura 17 – Espectros na região do infravermelho das amostras (a) PPR e (b) PPR/BC antes e após os ciclos de reciclagem.....	79
Figura 18 – Índice carbonila x ciclos de reciclagem para as amostras PPR e PPR/BC	80
Figura 19 – Curva tensão x deformação de (a) PPR e (b) PPR/BC antes e após os ciclos de reciclagem e relação da resistência à tração, módulo elástico e deformação na ruptura de (c) PPR e (d) PPR/BC	81

Figura 20 – Curvas de DMA, sendo (a) módulo de armazenamento (E'), (c) módulo de perda (E'') e (e) $\tan(\delta)$ para as amostras PPR, PPR1, PPR2, PPR3, PPR4, PPR5 e (b) módulo de armazenamento (E'), (d) módulo de perda (E'') e (f) $\tan(\delta)$ para as amostras PPR/BC, PPR/BC1, PPR/BC2, PPR/BC3, PPR/BC4 e PPR/BC5	86
Figura 21 – Morfologia das amostras PPR/BC, PPR/BC1, PPR/BC2, PPR/BC3, PPR/BC4 e PPR/BC5 com ampliação de 100x. As imagens em zoom, da área destacada, mostram a interface entre polímero e partícula.	89
Figura 22 – MFI das amostras PPR e PPR/BC antes e após os ciclos de reciclagem	91
Figura 23 - Curvas de TGA e DTG das amostras (a/b) PLAR e (c/d) PLAR/BC antes e após os ciclos de reciclagem.....	93
Figura 24 - Curvas de DSC (a) 1º aquecimento, (b) resfriamento das amostras PLAR1, PLAR2, PLAR3, PLAR4, PLAR5, (c) 1º aquecimento e (d) resfriamento das amostras PLAR/BC, PLAR/BC1, PLAR/BC2, PLAR/BC3, PLAR/BC4 e PLAR/BC5	95
Figura 25 - Espectros na região do infravermelho das amostras (a) PLAR e (b) PLAR/BC antes e após os ciclos de reciclagem.....	98
Figura 26 – Índice de Carbonila das amostras PLAR e PLAR/BC antes e após os ciclos de reciclagem.....	99
Figura 27 – MFI das amostras PLAR e PLAR/BC antes e após os ciclos de reciclagem	100
Figura 28 – Corpos de prova expostos à biodegradação, (a) PLAR/Bio, (b) PLAR/BC/Bio, (c) PLAR antes e após a exposição e (d) PLAR/BC antes e após a exposição.....	102
Figura 29 – Material triturado exposto à biodegradação, (a) PLAR/Bio antes e após a exposição e (b) PLAR/Bio antes e após a exposição.	103
Figura 30 – Curvas de TGA (a), DTG (b), DSC (c) 1º aquecimento e DSC (d) resfriamento, das amostras PLAR, PLAR/Bio, PLAR/BC e PLAR/BC/Bio.....	104
Figura 31 – Curvas tensão x deformação das amostras PLAR, PLAR/Bio, PLAR/BC e PLAR/BC/Bio.....	107
Figura 32 – Espectros na região do infravermelho das amostras (a) PLAR e PLAR/Bio e (b) PLAR/BC e PLAR/BC/Bio	109
Figura 33 – Índice de carbonila das amostras PLAR, PLAR/Bio, PLAR/BC e PLAR/BC/Bio .	110
Figura 34 – Morfologia da superfície fraturada no ensaio de tração das amostras (a) PLAR, (b) PLAR/Bio, (c) PLAR/BC e (d) PLAR/BC/Bio, com ampliação de 1000x.....	111
Figura 35 – Morfologia da superfície exposta à biodegradação das amostras (a) PLAR, (b) PLAR/Bio, (c) PLAR/BC e (d) PLAR/BC/Bio, com ampliação de 250x.....	112
Figura 36- MFI das amostras PLAR, PLAR/Bio, PLAR/BC e PLAR/BC/Bio	113

Figura 37 – (a) Indicadores ambientais para a produção de 1kg PPR e PPR/BC e (b) porcentagem de contribuição dos processos unitários	114
Figura 38 – (a) Indicadores ambientais para a produção de 1kg do PLAR e PLAR/BC e (b) porcentagem de contribuição dos processos unitários.....	118
Figura 39 - Comparação entre os indicadores, mais relevantes, de PPR, PPR/BC, PLAR e PLAR/BC	120
Figura 40 – Indicadores ambientais dos cenários de fim de vida do PPR e PPR/BC, considerando os resultados mais relevantes.....	122
Figura 41 - Indicadores ambientais dos cenários de fim de vida do PLAR e PLAR/BC, considerando os resultados mais relevantes	124

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de documentos encontrados a partir dos blocos de palavras-chave.	25
Tabela 2 - Os três documentos mais citados dentro das buscas no Scopus.	28
Tabela 3 – Indicadores ambientais do método <i>Recipe Midpoint</i> , com suas respectivas abreviações e unidades.	55
Tabela 4 – Principais propriedades do PPR, PPR/BC, PLAR e PLAR/BC	63
Tabela 5 – Parâmetros térmicos medidos nas curvas de TGA das amostras PLARt, PLARp, PLAR, PLAR/BC e BC	66
Tabela 6 - Parâmetros térmicos medidos nas curvas de DSC das amostras PLAft, PLAfp, PLAR, PLAR/BC e BC	67
Tabela 7 - Parâmetros térmicos medidos nas curvas de TGA e DTG das amostras PPR e PPR/BC antes e após os ciclos de reciclagem.....	75
Tabela 8 - Parâmetros térmicos medidos nas curvas de DSC das amostras PPR e PPR/BC, antes e após os ciclos de reciclagem.....	77
Tabela 9 – Propriedades mecânicas das amostras PPR e PPR/BC antes e após os ciclos de reciclagem.....	83
Tabela 10 – Propriedades viscoelásticas medidas nas curvas de DMA das amostras PPR e PPR/BC antes e após os ciclos de reciclagem	87
Tabela 11 - Parâmetros térmicos medidos nas curvas de TGA e DTG das amostras PLAR e PLAR/BC antes e após os ciclos de reciclagem	93
Tabela 12 - Parâmetros térmicos medidos nas curvas de DSC das amostras PLAR e PLAR/BC, antes e após os ciclos de reciclagem.....	96
Tabela 13 – Massa dos CDPs e material triturado no início e final do experimento.	104
Tabela 14 – Parâmetros térmicos medidos nas curvas de TGA e DSC das amostras PLAR, PLAR/Bio, PLAR/BC e PLAR/BC/Bio	105
Tabela 15 – Propriedades mecânicas e densidade de PLAR, PLAR/Bio, PLAR/BC e PLAR/BC/Bio.....	108
Tabela 16 – Comparação entre os indicadores ambientais da produção dos CDPs do PPR e PPR/BC, considerando os mais relevantes	116
Tabela 17 – Comparação entre os indicadores ambientais da produção dos CDPs do PLAR e PLAR/BC, considerando os mais relevantes.....	119
Tabela 18 – Inventário da Reciclagem das cápsulas de café	157
Tabela 19 – Inventário da Produção dos Corpos de Prova PPR.....	158

Tabela 20 – Inventário da Produção dos Corpos de Prova PPR/BC	158
Tabela 21 – Inventário da Reciclagem dos resíduos da impressão 3D	159
Tabela 22 – Inventário da Produção dos Corpos de Prova PLAR.....	159
Tabela 23 – Inventário da Produção dos Corpos de Prova PLAR/BC	160
Tabela 24 – Inventário do cenário de fim de vida considerando a reciclagem de PPR, PPR/BC, PLAR e PLAR/BC	160

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AG	Aquecimento Global
ASTM	<i>American Society for Tests and Materials</i>
AT	Acidificação Terrestre
BC	Borra de Café
CA	Consumo de Água
DCOE	Depleção da Camada de Ozônio Estratosférico
DMA	Análise Dinâmico Mecânica
DSC	Calorimetria Exploratória Diferencial
DTG	Derivada da Termogravimetria
EAD	Eutrofização da Água Doce
ECOAD	Ecotoxicidade da Água Doce
ECOM	Ecotoxicidade Marinha
ECOT	Ecotoxicidade Terrestre
EM	Eutrofização Marinha
ERF	Escassez dos Recursos Fósseis
ERM	Escassez dos Recursos Minerais
EXO	Sentido Exotérmico
FAT	Faculdade de Tecnologia (UERJ)
FEG	Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (UNESP)
FOET	Formação de Ozônio: Ecossistemas Terrestres
FOSH	Formação de Ozônio: Saúde Humana
FMPF	Formação de Material Particulado Fino
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier
IC	Índice de Carbonila
ICT	Instituto de Ciência e Tecnologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MFI	Índice de Fluidez
NBR	Normas Brasileiras Regulamentadoras
ONU	Organização das Nações Unidas

PCL	Policaprolactona
PHA	Polihidroxialcanoatos
PHB	Poli(hidroxibutirato)
PLA	Poli(ácido láctico)
PLAF	Filamento de Poli(ácido láctico)
PLAFp	Filamento de Poli(ácido láctico) preto
PLAFt	Filamento de Poli(ácido láctico) transparente
PLAR	Poli(ácido láctico) Reciclado
PLAR/BC	Compósito de Poli(ácido láctico) com Borra de Café
PP	Polipropileno
PPR	Polipropileno Reciclado
PPR/BC	Compósito de Polipropileno com Borra de Café
RI	Radiação Ionizante
TGA	Análise Termogravimétrica
THC	Toxicidade Humana Cancerígena
THNC	Toxicidade Humana não Cancerígena
UERJ	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
UNESP	Universidade Estadual Paulista
UNIFESP	Universidade Federal de São Paulo
US	Uso do Solo

LISTA DE SÍMBOLOS

δ	delta
ΔH_f	entalpia de fusão
ΔH_c	entalpia de cristalização
E'	módulo de armazenamento
E''	módulo de perda
σ	tensão
T_c	temperatura de cristalização
T_{cc}	temperatura <i>cold cristalization</i>
T_i	temperatura de degradação térmica
T_f	temperatura de fusão
T_g	temperatura de Transição Vítreia
X_c	porcentagem de cristalinidade

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	22
1.1	OBJETIVO	24
1.1.1	Objetivos específicos	24
1.2	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA CIENTÍFICA	25
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	30
2.1	COMPÓSITOS POLIMÉRICOS COM CARGA NATURAL	30
2.1.1	Polipropileno (PP)	31
2.1.2	Poli(ácido láctico) (PLA)	33
2.1.3	Borra de Café (BC)	36
2.2	FIM DE VIDA DE COMPÓSITOS COM CARGA NATURAL	38
2.2.1	Reciclagem Mecânica	39
2.2.2	Biodegradação	41
2.3	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)	44
2.3.1	ACV de compósitos com carga natural	47
3.	MATERIAIS E MÉTODOS	50
3.1	MATERIAIS	50
3.2	MÉTODOS	50
3.2.1	Obtenção do compósito PLAR/BC	51
3.2.2	Ciclos de reciclagem dos polímeros reciclados e compósitos	52
3.2.3	Biodegradação do PLAR e PLAR/BC	53
3.2.4	Avaliação do ciclo de vida (ACV)	54
3.2.4.1	Definição dos objetivos e escopo	54
3.2.4.1.1	<i>Coleta e representatividade dos dados</i>	54
3.2.4.1.2	<i>Avaliação dos impactos</i>	54
3.2.4.1.3	<i>Função, unidade funcional e fluxo de referência</i>	55
3.2.4.1.4	<i>Fronteiras do sistema</i>	56
3.2.4.2	Inventário	58
3.2.5	Caracterizações dos materiais	59
3.2.5.1	Termogravimetria (TGA)	59
3.2.5.2	Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC).....	59
3.2.5.3	Análise Dinâmico Mecânica (DMA).....	60
3.2.5.4	Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	60
3.2.5.5	Densidade	61
3.2.5.6	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	61
3.2.5.7	Ensaio de tração	61
3.2.5.8	Ensaio de impacto.....	61
3.2.5.9	Índice de Fluidez (MFI).....	62
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	63

4.1	PROPRIEDADES Gerais dos Materiais Analisados.....	63
4.1.1	Análise térmica do PLAF, PLAR e PLAR/BC (TGA e DSC)	64
4.1.2	Ensaio mecânico de PLAR e PLAR/BC	68
4.1.3	Análise Dinâmico Mecânica (DMA) do PLAR e PLAR/BC	69
4.1.4	Microscopia Eletrônica de Varredura do PLAR e PLAR/BC	71
4.2	FIM DE VIDA.....	72
4.2.1	Ciclos de Reciclagem do PPR e PPR/BC	72
4.2.1.1	Análise térmica (TGA e DSC).....	72
4.2.1.2	Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	78
4.2.1.3	Ensaio Mecânico e Densidade	81
4.2.1.4	Análise Dinâmico Mecânica (DMA).....	84
4.2.1.5	Microscopia Eletrônica de Varredura.....	88
4.2.1.6	Índice de Fluidez (MFI).....	90
4.2.2	Ciclos de Reciclagem do PLAR e PLAR/BC	92
4.2.2.1	Análise térmica (TGA e DSC).....	92
4.2.2.2	Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	97
4.2.2.3	Índice de Fluidez (MFI).....	99
4.2.3	Biodegradação de PLAR e PLAR/BC	101
4.2.3.1	Análise Visual.....	101
4.2.3.2	Análise térmica (TGA e DSC).....	104
4.2.3.3	Ensaio mecânico e Densidade	106
4.2.3.4	Espectroscopia de Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	108
4.2.3.5	Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	110
4.2.3.6	Índice de Fluidez	112
4.3	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).....	113
4.3.1	Produção dos CDPs PPR, PPR/BC, PLAR e PLAR/BC	113
4.3.1.1	PPR e PPR/BC	113
4.3.1.2	PLAR e PLAR/BC.....	117
4.3.1.3	Comparação entre PPR, PLAR e seus respectivos compósitos.....	119
4.3.2	Fim de vida	121
4.3.2.1	PPR e PPR/BC.....	121
4.3.2.2	PLAR e PLAR/BC.....	123
5	CONCLUSÃO.....	126
6	TRABALHOS FUTUROS	128
7	TRABALHOS PUBLICADOS	129
	REFERÊNCIAS.....	130
	APÊNDICE A – INVENTÁRIO ACV	157

1. INTRODUÇÃO

No contexto ambiental, é crucial repensar o consumo, com uma forte ênfase na reutilização e reciclagem dos recursos já presentes no ambiente para criar novos materiais e produtos, o que está alinhado com a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas e com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010; ONU, 2015). Um dos principais objetivos dessa Agenda é garantir padrões de produção e consumo sustentáveis, reduzindo a geração de resíduos por meio de prevenção, redução, reciclagem e reuso (ONU, 2015). Assim, a reciclagem de resíduos plásticos e a reutilização de resíduos orgânicos para aplicação em compósito natural evidencia uma valorização do que antes era considerado descarte, contribuindo para a preservação dos recursos ambientais e do futuro da humanidade. Além disso, é importante considerar que o desenvolvimento de materiais compósitos, baseados em princípios sustentáveis, deve causar o menor impacto possível no meio ambiente, tanto durante a produção como no final de sua vida útil (SUÁREZ *et al.*, 2021).

Os resíduos de polipropileno (PP) e poli(ácido láctico) (PLA) representam uma valiosa fonte para a produção de compósitos, destacando-se como opções sustentáveis para a gestão de resíduos. O PP, um termoplástico *commodity* usado em diversas aplicações, é altamente reciclado e tem sido extensivamente investigado como matriz de compósitos, tanto em sua forma virgem quanto reciclada. Sua facilidade de processamento e propriedades termomecânicas o tornam uma escolha viável para tal aplicação (BOGATAJ *et al.*, 2019; MORENO *et al.*, 2020; THANH *et al.*, 2023). Por outro lado, o PLA, classificado como biopolímero, é obtido por meio da fermentação de açúcares naturais, sendo degradável em condições ambientais específicas de temperatura e umidade (LEE, K. H. *et al.*, 2021). Suas propriedades são influenciadas pelo seu histórico térmico e diversas pesquisas buscam otimizar suas características, como cristalinidade e mobilidade da cadeia polimérica, em prol de melhores resultados mecânicos associados a resistência e flexibilidade do material (INKINEN *et al.*, 2011; MURARIU; DUBOIS, 2016). Estratégias como a incorporação de materiais naturais têm sido exploradas para modular essas propriedades, utilizando-os como fase dispersa para modificar a estrutura polimérica do PLA, tanto virgem quanto reciclado (GAMA *et al.*, 2022; GIGANTE *et al.*, 2022; LAADILA *et al.*, 2017).

Os reais efeitos após o descarte dos compósitos com carga natural precisam ser avaliados profundamente, uma vez que a maioria dos artigos publicados sobre o desenvolvimento e caracterização desses compósitos destaca apenas sua natureza sustentável (BAEK *et al.*, 2013; GARCÍA-GARCÍA *et al.*, 2015; NANNI *et al.*, 2022; SOHN *et al.*, 2019). No entanto, alguns estudos recentes começaram a reportar a biodegradação, a reciclagem e a avaliação de impactos

ambientais integrando esses elementos como parte significativa da caracterização do material compósito desenvolvido (MAURYA *et al.*, 2022; SEKAR *et al.*, 2024; SERRA-PARAREDA *et al.*, 2022; TRIPATHY *et al.*, 2023). Esse enfoque resulta no desenvolvimento de materiais que não apenas apresentam bom desempenho em suas aplicações específicas, mas também oferecem uma opção de fim de vida sustentável. Tais alternativas contemplam a recolocação do material em um novo ciclo de vida ou sua decomposição no meio ambiente, levando em consideração aspectos ambientais como consumo energético e emissão de gases do efeito estufa e até mesmo o desempenho termomecânico do material.

Como alternativa de material natural, a borra de café tem sido amplamente estudada como carga ou reforço de compósitos (MARQUES *et al.*, 2022; MENDES *et al.*, 2021; WAISARIKIT *et al.*, 2023) e, também como fonte de outros compostos, como celulose, lignina, compostos fenólicos, proteína e lipídeos (BATTISTA *et al.*, 2020; TODA *et al.*, 2021; VALDÉS *et al.*, 2020). O descarte incorreto da borra de café pode causar emissão de gases poluentes durante a degradação de alguns de seus compostos, como taninos e cafeína (SANTOS *et al.*, 2017). Portanto, o reaproveitamento desse subproduto da indústria do café proporciona a diminuição da quantidade de resíduos que irá para os aterros sanitários, o impacto ambiental gerado pela sua decomposição e a promoção da economia circular, além de ser um material orgânico abundante, biodegradável e leve.

De acordo com os princípios da ecologia industrial, o comportamento dos ecossistemas industriais se distingue do ecossistema natural, uma vez que o ciclo de vida deste último é cíclico, ao passo que o ciclo de vida industrial é linear, admitindo diversas entradas e saídas (SAAVEDRA *et al.*, 2018). Diante desse contexto, foram desenvolvidos métodos de avaliação ambiental com o intuito de identificar os impactos ambientais decorrentes dos ciclos industriais, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) que avalia todo o ciclo de vida de um produto, processo ou serviço, a Avaliação de Risco Ambiental (ARA) que avalia e quantifica os riscos ambientais associados a processos ou materiais industriais, considerando toxicidade e exposição, e o método de Pegada de Carbono que avalia as emissões dos gases de efeito estufa associadas a um produto, processo ou atividade. No cenário contemporâneo, a ACV de um compósito natural proveniente de resíduos plásticos e orgânicos emerge como um tema de grande importância científica, impulsionada pela iminente demanda por produtos 100% sustentáveis e pela escassez de estudos nessa área específica. Além disso, a obtenção de dados primários, coletados diretamente nos experimentos, desempenha um papel crucial na redução das incertezas e no aprimoramento da qualidade do estudo, contribuindo para uma avaliação mais precisa e abrangente (ILCD HANDBOOK, 2010; NBR ISO 14040, 2009).

O presente trabalho se destaca por estudar não somente as propriedades de um compósito polimérico com carga natural, mas também as possibilidades de descarte após sua vida útil e os potenciais impactos ambientais gerados nos processos de produção e fim de vida. Além disso, há a valorização de insumos que seriam descartados, resíduos das cápsulas de café e da impressão 3D, sendo reaproveitados em um ciclo de vida de um novo material. Tal abordagem ressalta a natureza sustentável desses materiais, os posicionando como alternativas viáveis e responsáveis em termos ambientais. E ainda, o emprego do método de ACV oferece uma perspectiva abrangente dos impactos ambientais gerados por esses compósitos, preenchendo uma lacuna significativa na literatura científica atual, no que diz respeito aos compósitos com matrizes de PP e PLA aditivados com borra de café.

1.1 OBJETIVO

Desenvolver dois compósitos modificados com borra de café e matriz de polímeros reciclados, um biodegradável e outro não-biodegradável, e analisar o efeito da adição da carga natural nas propriedades dos materiais, exposição à ciclos de reciclagem e à biodegradação, bem como os impactos ambientais da produção e fim de vida dos materiais.

1.1.1 Objetivos específicos

- Reciclar os resíduos das cápsulas de café (PP) e da impressão 3D (PLA);
- Obter os compósitos por meio de misturador termocinético e injeção;
- Entender o comportamento mecânico e térmico dos compósitos com mesma carga natural e diferentes polímeros, não-biodegradável e biodegradável;
- Expor ambos os compósitos e os polímeros reciclados à cinco ciclos de reciclagem;
- Expor o PLA e seu compósito à biodegradação;
- Coletar dados experimentais de todo o processamento e simular o fim de vida dos compósitos;
- Desenvolver uma ACV comparativa da produção (do berço ao portão) dos compósitos e polímeros reciclados a partir dos dados experimentais coletados e dados da base de dados;
- Desenvolver uma ACV comparativa do fim de vida dos compósitos e polímeros reciclados, através dos dados experimentais e da base de dados.

1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA CIENTÍFICA

A busca foi realizada na base de dados do Scopus em dezembro de 2024 considerando artigos científicos publicados na língua inglesa. Para fins de organização, foi dividido três blocos de busca, considerando um conjunto específico de palavras-chave (Tabela 1). O bloco 1 compreende as palavras-chaves básicas referentes a este trabalho, como compósito, fibra/carga natural, polipropileno, poli(ácido láctico) e borra de café. Já no bloco 2 foram considerados todos os termos do bloco 1 + avaliação do ciclo de vida/ACV. No bloco 3 estão todos os termos do bloco 1 + reciclagem, ciclo fechado e múltiplas extrusões. Já no bloco 4 foram considerados os termos compósito, fibra/carga natural, poli(ácido láctico), borra de café e biodegradação.

Tabela 1 - Número de documentos encontrados a partir dos blocos de palavras-chave.

Busca	Palavras-chaves	Número de documentos Scopus	Faixa de anos
Bloco 1			
1.1	<i>("composite" OR "biocomposite") AND ("natural fiber" OR "natural filler" OR "natural fibre" OR "natural reinforcement")</i>	10.105	1974-2024
1.2	<i>("composite" OR "biocomposite") AND ("polypropylene" OR "PP") AND ("spent coffee grounds" OR "coffee grounds")</i>	11	2015-2024
1.3	<i>("composite" OR "biocomposite") AND ("polylactic acid" OR "poly(lactide) OR "PLA") AND ("spent coffee grounds" OR "coffee grounds")</i>	28	2013-2024
Bloco 2			
2.1	<i>("composite" OR "biocomposite") AND ("natural fiber" OR "natural filler" OR "natural fibre" OR "natural reinforcement") AND ("life cycle assessment" OR "LCA")</i>	50	1999-2024
2.2	<i>("composite" OR "biocomposite") AND ("polypropylene" OR "PP") AND ("spent coffee grounds" OR "coffee grounds") AND ("life cycle assessment" OR "LCA")</i>	0	-
2.3	<i>("composite" OR "biocomposite") AND ("polylactic acid" OR</i>	0	-

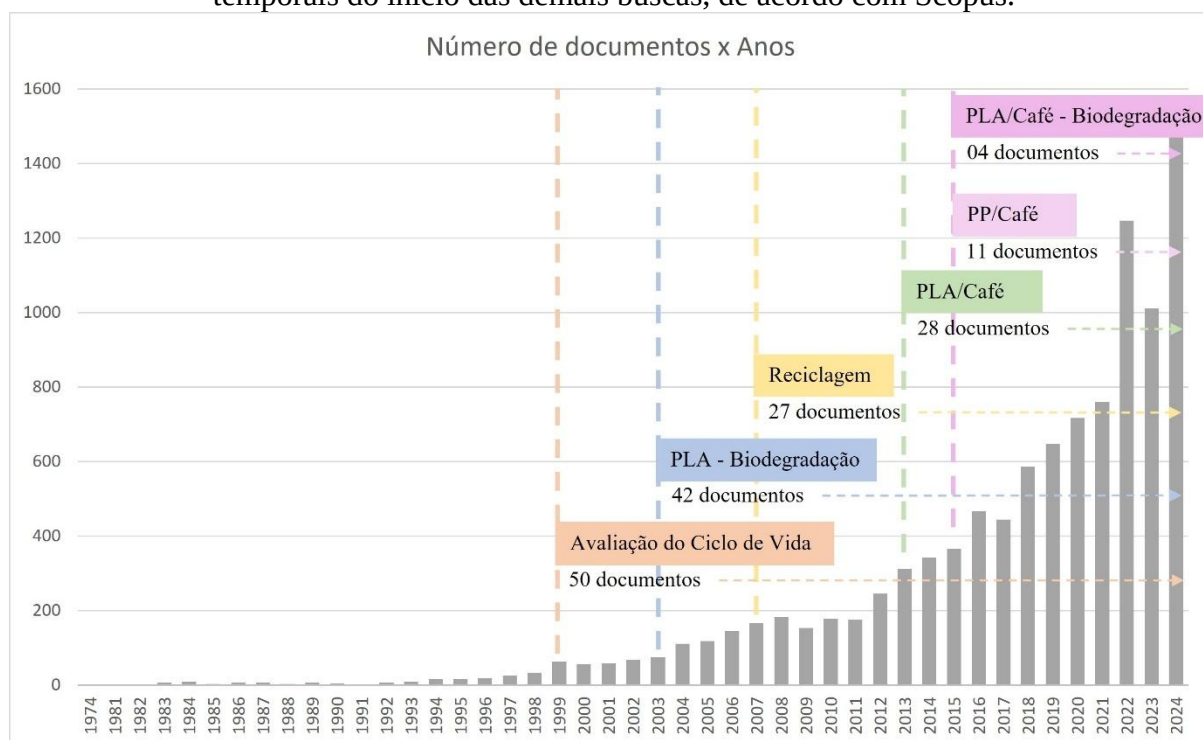
<i>“poly(lactide) OR “PLA”) AND (“spent coffee grounds” OR “coffee grounds”) AND (“life cycle assessment” OR “LCA”)</i>			
Bloco 3			
3.1	<i>(“composite” OR “biocomposite”) AND (“natural fiber” OR “natural filler”OR “natural fibre” OR “natural reinforcement”) AND (“recycling” OR “recyclability” OR “closed loop” OR “closedloop” OR “multiple extrusion”)</i>	27	2007-2024
3.2	<i>(“composite” OR “biocomposite”) AND (“polypropylene” OR “PP”) AND (“spent coffee grounds” OR “coffee grounds”) AND (“recycling” OR “recyclability” OR “closed loop” OR “closedloop” OR “multiple extrusion”)</i>	0	-
3.3	<i>(“composite” OR “biocomposite”) AND (“polylactic acid” OR “poly(lactide) OR “PLA”) AND (“spent coffee grounds” OR “coffee grounds”) AND (“recycling” OR “recyclability” OR “closed loop” OR “closedloop” OR “multiple extrusion”)</i>	1	2024
Bloco 4			
4.1	<i>(“composite” OR “biocomposite”) AND (“polylactic acid” OR “poly(lactide) OR “PLA”) AND (“natural fiber” OR “natural filler”OR “natural fibre” OR “natural reinforcement”) AND (“biodegradation” OR “biodegradability”)</i>	42	2003-2024
4.2	<i>(“composite” OR “biocomposite”) AND (“polylactic acid” OR “poly(lactide) OR “PLA”) AND (“spent coffee grounds” OR “coffee grounds”) AND (“biodegradation” OR “biodegradability”)</i>	4	2015-2020

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De acordo com a Figura 1, artigos referentes aos compósitos com reforço/carga natural têm sido publicados nos últimos 50 anos, apresentando uma curva exponencial, ou seja, o tema ainda não está saturado. É possível observar que, ao longo dos anos, além das publicações específicas

de compósitos com matriz de PP ou PLA com carga de borra de café, outras publicações foram surgindo, como a ACV, a reciclagem e a biodegradação desses compósitos. Logo, baseado nesses dados, é possível concluir que muitos artigos já foram publicados em torno do tema compósitos com reforço/carga natural (10.105), porém há algumas lacunas científicas com relação aos temas específicos, como avaliação do ciclo de vida e reciclagem de compósitos de PP ou PLA com borra de café, o que evidencia a relevância científica do presente trabalho.

Figura 1 - Número de documentos ao longo dos anos considerando a busca 1.1 e marcações temporais do início das demais buscas, de acordo com Scopus.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Tabela 2 mostra os três artigos mais citados de cada busca. Os artigos dentro da busca 1 apresentaram o maior número de citações (mais de 1000), corroborando com os indícios de grande relevância científica do tema compósitos com reforço/carga natural, mesmo após 50 anos. Outros dois destaques foram as buscas 2.1 e 4.1, destacando que ACV e biodegradação são tópicos em crescimento e relevantes para a área de compósitos. Um fato interessante nesse resultado, é que o Brasil possui dois dos artigos mais citados do tema ACV e um artigo no tema de biodegradação, ressaltando que existem pesquisas sólidas na área no país.

Tabela 2 - Os três documentos mais citados dentro das buscas no Scopus.

Busca	Título	Ano	País	Citações ¹
1.1	Natural fibres: Can they replace glass in fibre reinforced plastics?	2003	Bélgica	2491
1.1	Sustainable Bio-Composites from renewable resources: Opportunities and challenges in the green materials world	2002	EUA	1995
1.1	A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites	2011	Austrália	1921
1.2	Green composites based on polypropylene matrix and hydrophobized spend coffee ground (SCG) powder	2015	Espanha	153
1.2	Characterization of wastes and coproducts from the coffee industry for composite material production	2016	Canadá	105
1.2	Thermo-mechanical performances of polypropylene biocomposites based on untreated, treated and compatibilized spent coffee grounds	2018	Marrocos e Canadá	101
1.3	Renewable resource-based green composites of surface-treated spent coffee grounds and polylactide: Characterisation and biodegradability	2015	Taiwan	101
1.3	Development and Application of Green Composites: Using Coffee Ground and Bamboo Flour	2013	Coréia do Sul	69
1.3	No Such Thing as Trash: A 3D-Printable Polymer Composite Composed of Oil-Extracted Spent Coffee Grounds and Polylactic Acid with Enhanced Impact Toughness	2019	EUA	53
2.1	Ecodesign of automotive components making use of natural jute fiber composites	2010	Portugal e Brasil	568
2.1	Life cycle assessment of biofibres replacing glass fibres as reinforcement in plastics	2001	Suiça	349
2.1	Curauá fibers in the automobile industry - a sustainability assessment	2007	Suiça, Brasil e Alemanha	348
3.1	Effect of recycling on mechanical behaviour of biocompostable flax/poly(l-lactide) composites	2008	França	205

3.1	A recyclability study of bagasse fiber reinforced polypropylene composites	2018	Índia	61
3.1	Influence of the wood fibre filler on the internal recycling of poly(vinyl chloride)-based composites	2007	França	59
4.1	Mechanical properties of kenaf fibers and kenaf/PLA composites	2008	Japão	605
4.1	Comparison of injection moulded, natural fibre-reinforced composites with PP and PLA as matrices	2012	África do Sul e Hungria	295
4.1	Comparison of polylactic Acid/Kenaf and polylactic acid/rise husk composites: The influence of the natural fibers on the mechanical, thermal and biodegradability properties	2010	Malásia	285
4.2	Renewable resource-based green composites of surface-treated spent coffee grounds and polylactide: Characterisation and biodegradability	2015	Taiwan	101
4.2	PLA/Coffee Grounds Composites: A Study of Photodegradation and Biodegradation in Soil	2020	Brasil	23
4.2	Development of a green material for horticulture	2015	Portugal	5

¹ Citações até 31/12/2024.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho explorou amplamente o desenvolvimento e o desempenho de compósitos de matriz polimérica reciclada com carga de borra de café. Ao longo do estudo, foram examinadas as propriedades físicas e a avaliação ambiental dos compósitos PPR/BC e PLAR/BC, destacando a relevância de práticas circulares no uso de resíduos reciclados, alinhando os materiais com as políticas e princípios da sustentabilidade.

PPR e PPR/BC suportam até cinco ciclos de reciclagem, com pouca ou nenhuma perda de propriedades. As análises realizadas confirmaram que a incorporação de BC não só melhorou as propriedades mecânicas, como a resistência à tração, mas também contribuiu para a estabilidade térmica dos materiais.

Os sucessivos ciclos de reciclagem do PLAR e PLAR/BC causaram mudanças térmicas e físicas expressivas, além de um aumento na fluidez dos materiais, dificultando sua injeção. Apesar da reciclagem contínua não ser indicada, principalmente para o compósito, os resultados mostraram que os reprocessamentos podem ser um veículo iniciador da degradação biológica, considerado com alternativa para o fim de vida do material. O teste de biodegradação do PLAR/BC mostrou indícios de que a degradação foi iniciada, devido a extrema fragilização do material. Entretanto, o tempo mais prolongado e condições mais severas de exposição seriam necessárias para levar ao fim de vida efetivo do material.

A partir da ACV desenvolvida, foi identificado que a adição da BC contribuiu para reduzir a necessidade de recursos fósseis e as emissões de CO₂, ao mesmo tempo em que valorizou um resíduo que seria descartado. Com isso, ambos os compósitos se destacam como alternativas sustentáveis, equilibrando a reciclagem de polímeros com a incorporação de resíduos orgânicos, reduzindo a dependência de matérias-primas virgens e minimizando os impactos ambientais ao longo de seus ciclos de vida. Além disso, a realização da ACV no escopo portão-a-portão permitiu uma avaliação precisa dos impactos associados às etapas de produção, reforçando a importância de estratégias para otimizar o uso de recursos. Os cenários de fim de vida indicaram que a reciclagem é uma das opções mais viáveis para todas as amostras, seguida da biodegradação para o PLAR/BC. Contudo, a presença da BC não trouxe os benefícios ambientais esperados para o fim de vida dos materiais.

A adição da BC, no entanto, influenciou positivamente nos ciclos de reciclagem do PPR/BC, acelerou o processo de biodegradação do PLAR/BC e minimizou os impactos ambientais causados pela produção dos compósitos. Embora seja imprescindível aprofundar o estudo do desempenho mecânico e térmico desses materiais, este trabalho destaca o uso de resíduos sustentáveis,

anteriormente descartados, como matérias-primas para aplicações não estruturais, promovendo práticas ambientalmente responsáveis. Além de fortalecer práticas de economia circular, o trabalho incentiva novas pesquisas sobre o uso de resíduos orgânicos em polímeros reciclados, contribuindo para políticas globais de sustentabilidade e redução de impacto ambiental.

6 TRABALHOS FUTUROS

- Otimização da mistura do compósito PLAR/BC através da diminuição da partícula da BC e equipamento com temperatura controlada;
- Realização dos ciclos de reciclagem em equipamentos mais cisalhantes;
- Realização dos ciclos de reciclagem em um PLA virgem;
- Construção de cenários hipotéticos para a ACV com o objetivo de identificar meios de reduzir os impactos ambientais;
- Avaliação do uso de outro cenário de fim de vida como iniciador do processo de biodegradação.

7 TRABALHOS PUBLICADOS

BENINI, K. C. C. de C.; DE BOMFIM, A. S. C.; VOORWALD, H. J. C. Cellulose-reinforced polylactic acid composites for three-dimensional printing using polyethylene glycol as an additive: a comprehensive review. **Polymers**, San Jose, v. 15, n. 19, p. 3960, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/19/3960>. Acesso em: 30 set. 2022.

BOMFIM, A.; OLIVEIRA, D.; VOORWALD, H.; BENINI, K.; DUMONT, M.-J.; RODRIGUE, D. Valorization of spent coffee grounds as precursors for biopolymers and composite production. **Polymers**, San Jose, v. 14, n. 3, p. 437, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/3/437>. Acesso em: 30 set. 2022.

BOMFIM, A. S. C.; OLIVEIRA, D. M.; WALLING, E.; BABIN, A.; HERSANT, G.; VANECKHAUTE, C.; DUMONT, M.-J.; RODRIGUE, D. Spent coffee grounds characterization and reuse in composting and soil amendment. **Waste**, Basel, v. 1, p. 2–20, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2813-0391/1/1/2>. Acesso em: 30 set. 2022.

BOMFIM, A. S. C.; OLIVEIRA, D. M.; BENINI, K. C. C. de C.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C.; RODRIGUE, D. Effect of spent coffee grounds on the crystallinity and viscoelastic behavior of polylactic acid composites. **Polymers**, San Jose, v. 15, n. 12, p. 1–16, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/12/2719>. Acesso em: 30 set. 2022.

REFERÊNCIAS

- ABHILASH, R. M.; GUNJAL, J.; VENKATESH, G. S.; CHAUHAN, S. S. Recyclability of bamboo polypropylene composites. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, Nova Delhi, v. 19, n. 1, p. 23–29, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13196-022-00290-y>. Acesso em: 30 set. 2022.
- ABIPLAST. **Perfil 2022**: as indústrias de transformação e reciclagem de plástico no Brasil. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria do Plástico, 2022. Disponível em: https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2023/09/perfil_2022_pt.pdf. Acesso em: 30 set. 2022.
- AGÜERO, A.; LASCANO, D.; IVORRA-MARTINEZ, J.; GÓMEZ-CATURLA, J.; ARRIETA, M. P.; BALART, R. Use of bacterial cellulose obtained from kombucha fermentation in spent coffee grounds for active composites based on PLA and maleinized linseed oil. **Industrial Crops and Products**, Amsterdã, v. 202, n. 1, p. 1–13, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669023007367>. Acesso em: 1 jul. 2023.
- AGUSTIN-SALAZAR, S.; RICCIULLI, M.; AMBROGI, V.; CERRUTI, P.; SCARINZI, G. Thermomechanical properties and biodegradation behavior of itaconic anhydride-grafted PLA/Pecan nutshell biocomposites. **Polymers**, Basileia, v. 14, n. 24, p. 5532, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/24/5532>. Acesso em: 1 jul. 2023.
- ALHELAL, A.; MOHAMMED, Z.; JEELANI, S.; RANGARI, V. K. 3D printing of spent coffee ground derived biochar reinforced epoxy composites. **Journal of Composite Materials**, Califórnia, v. 55, n. 25, p. 3651–3660, 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/00219983211002237>. Acesso em: 30 set. 2022.
- ALMOND, J.; SUGUMAAR, P.; WENZEL, M. N.; HILL, G.; WALLIS, C. Determination of the carbonyl index of polyethylene and polypropylene using specified area under band methodology with ATR-FTIR spectroscopy. **e-Polymers**, Berlim, v. 20, n. 1, p. 369–381, 2020. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/epoly-2020-0041/html>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- ALOTHMAN, O. Y.; AWAD, S.; SIAKENG, R.; KHALAF, E. M.; FOUAD, H.; ABD EL-SALAM, N. M.; AHMED, F.; JAWAID, M. Fabrication and characterization of polylactic acid/natural fiber extruded composites. **Polymer Engineering & Science**, New Jersey, v. 63, n. 4, p. 1234–1245, 2023. Disponível em: <https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pen.26278>. Acesso em: 1 jul. 2023.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D1238**: standard test method for melt flow rates of thermoplastics by extrusion plastometer. Pensilvânia: ASTM, 2010.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D5988**: standard test method for determining aerobic biodegradation of plastic materials in soil. Pensilvânia: ASTM, 2018.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D6110**: standard test method for determining the charpy impact resistance of notched specimens of plastics.

Pensilvânia: ASTM, 2018.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D638**: standard test method for tensile properties of plastics. Pensilvânia: ASTM, 2014.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D790**: standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials. Pensilvânia: ASTM, 2017.

ANDRZEJEWSKI, J.; BARCZEWSKI, M.; CZARNECKA-KOMOROWSKA, D.; RYDZKOWSKI, T.; GAWDZIŃSKA, K.; THAKUR, V. K. Manufacturing and characterization of sustainable and recyclable wood-polypropylene biocomposites: Multiprocessing-properties-structure relationships. **Industrial Crops and Products**, Amsterdã, v. 207, n. 1, p. 1–9, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926669023014759>. Acesso em: 30 mar. 2024.

AO, X.; VÁZQUEZ-LÓPEZ, A.; MOCERINO, D.; GONZÁLEZ, C.; WANG, D.-Y. Flame retardancy and fire mechanical properties for natural fiber/polymer composite: A review. **Composites Part B: Engineering**, Amsterdã, v. 268, n. 1, p. 1–17, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359836823005723>. Acesso em: 30 mar. 2024.

ARRIGO, R.; BARTOLI, M.; MALUCELLI, G. Poly(lactic Acid)–biochar biocomposites: effect of processing and filler content on rheological, thermal, and mechanical properties. **Polymers**, Basileia, v. 12, n. 4, p. 892, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/4/892>. Acesso em: 30 set. 2022.

ASTUTI, R.; KURNIAWAN, B. C.; SETIYAWAN, D. T. Implementation of Life Cycle Assessment (LCA) in environmental impact evaluation on production of ground coffee. **E3S Web of Conferences**, Paris, v. 306, n. 1, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://www.e3s-conferences.org/10.1051/e3sconf/202130604019>. Acesso em: 1 jul. 2024.

AUTA, H. S.; EMENIKE, C. U.; JAYANTHI, B.; FAUZIAH, S. H. Growth kinetics and biodeterioration of polypropylene microplastics by *Bacillus* sp. and *Rhodococcus* sp. isolated from mangrove sediment. **Marine Pollution Bulletin**, Amsterdã, v. 127, p. 15–21, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.036>. Acesso em: 30 set. 2022.

BACHA, A. U. R.; NABI, I.; ZAHEER, M.; JIN, W.; YANG, L. Biodegradation of macro- and micro-plastics in environment: a review on mechanism, toxicity, and future perspectives. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 858, n. 1, p. 1–14, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160108>. Acesso em: 1 jul. 2024.

BADIA, J. D.; STRÖMBERG, E.; KITTIKORN, T.; EK, M.; KARLSSON, S.; RIBES-GREUS, A. Relevant factors for the eco-design of polylactide/sisal biocomposites to control biodegradation in soil in an end-of-life scenario. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 143, n. 1, p. 9–19, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141391017301684>. Acesso em: 30 set. 2022.

BAEK, B.-S.; PARK, J.-W.; LEE, B.-H.; KIM, H.-J. Development and application of green composites: using coffee ground and bamboo flour. **Journal of Polymers and the Environment**, Berlim, v. 21, n. 3, p. 702–709, 2013. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-013-0581-3>. Acesso em: 30 set. 2022.

BARAMPOUTI, E. M.; GRAMMATIKOS, C.; STOUMPOU, V.; MALAMIS, D.; MAI, S. Emerging synergies on the co-treatment of spent coffee grounds and brewer's spent grains for ethanol production. **Waste and Biomass Valorization**, Dordrecht, v. 6, n. 1, p. 1–15, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01543-6>. Acesso em: 1 jul. 2024.

BATTISTA, F.; BARAMPOUTI, E. M.; MAI, S.; BOLZONELLA, D.; MALAMIS, D.; MOUSTAKAS, K.; LOIZIDOU, M. Added-value molecules recovery and biofuels production from spent coffee grounds. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Amsterdã, v. 131, n. 1, p. 1–18, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110007>. Acesso em: 30 set. 2022.

BAYERL, T.; GEITH, M.; SOMASHEKAR, A. A.; BHATTACHARYYA, D. Influence of fibre architecture on the biodegradability of FLAX/PLA composites. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Amsterdã, v. 96, p. 18–25, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.08.005>. Acesso em: 30 set. 2023.

BEIGBEDER, J.; SOCCALINGAME, L.; PERRIN, D.; BÉNÉZET, J. C.; BERGERET, A. How to manage biocomposites wastes end of life? A life cycle assessment approach (LCA) focused on polypropylene (PP)/wood flour and polylactic acid (PLA)/flax fibres biocomposites. **Waste Management**, Amsterdã, v. 83, p. 184–193, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.012>. Acesso em: 30 set. 2023.

BELTRÁN, F. R.; BARRIO, I.; LORENZO, V.; DEL RÍO, B.; MARTÍNEZ URREAGA, J.; DE LA ORDEN, M. U. Valorization of poly(lactic acid) wastes via mechanical recycling: Improvement of the properties of the recycled polymer. **Waste Management & Research: the journal for a sustainable circular economy**, Londres, v. 37, n. 2, p. 135–141, 2019. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X18798448>. Acesso em: 30 set. 2022.

BENOIT, N.; GONZÁLEZ-NÚÑEZ, R.; RODRIGUE, D. Long-term closed-loop recycling of high-density polyethylene/flax composites. **Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology**, Londres, v. 34, n. 4, p. 171–199, 2018. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1477760618797534>. Acesso em: 30 set. 2022.

BERGALIYEVA, S.; SALES, D. L.; DELGADO, F. J.; BOLEGENOVA, S.; MOLINA, S. I. Manufacture and characterization of polylactic acid filaments recycled from real waste for 3D printing. **Polymers**, Basileia, v. 15, n. 9, p. 1–13, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/9/2165>. Acesso em: 1 jul. 2024.

BERTIN, D.; LEBLANC, M.; MARQUE, S. R. A.; SIRI, D. Polypropylene degradation: theoretical and experimental investigations. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 95, n. 5, p. 782–791, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2010.02.006>. Acesso em: 30 set. 2022.

BEVILACQUA, E.; CRUZAT, V.; SINGH, I.; ROSE'MEYER, R. B.; PANCHAL, S. K.; BROWN, L. The potential of spent coffee grounds in functional food development. **Nutrients**, Basileia, v. 15, n. 4, p. 994, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/4/994>. Acesso em: 1 jul. 2024.

BHATIA, S. K.; KIM, J. H.; KIM, M. S.; KIM, J.; HONG, J. W.; HONG, Y. G.; KIM, H. J.; JEON, J. M.; KIM, S. H.; AHN, J.; LEE, H.; YANG, Y. H. Production of (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) copolymer from coffee waste oil using engineered *Ralstonia eutropha*.

Bioprocess and Biosystems Engineering, Berlim,v. 41, n. 2, p. 229–235, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s00449-017-1861-4>. Acesso em: 30 set. 2022.

BHATTACHARJEE, S.; BAJWA, D. S. Degradation in the mechanical and thermo-mechanical properties of natural fiber filled polymer composites due to recycling. **Construction and Building Materials**, Londres,v. 172, p. 1–9, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.010>. Acesso em: 30 set. 2022.

BHATTACHARJEE, S.; BAJWA, D. S. Feasibility of reprocessing natural fiber filled poly(lactic acid) composites: An In-Depth Investigation. **Advances in Materials Science and Engineering**, Nova York,v. 1, n. 1, p. 1–10, 2017. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2017/1430892/>. Acesso em: 30 set. 2022.

BIJLA, L.; AISSA, R.; LAKNIFLI, A.; BOUYAHYA, A.; HARHAR, H.; GHARBY, S. Spent coffee grounds: a sustainable approach toward novel perspectives of valorization. **Journal of Food Biochemistry**, New Jersey,v. 46, n. 8, p. 1–16, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jfbc.14190>. Acesso em: 30 set. 2023.

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**, Pádua,v. 07, p. 36–43, 2019. Disponível em: <https://digital.detritusjournal.com/doi/13857-252>. Acesso em: 30 set. 2022.

BOMFIM, A. S. C.; OLIVEIRA, D. M.; BENINI, K. C. C. C.; CIOFFI, M. O. H.; VOORWALD, H. J. C.; RODRIGUE, D. Effect of Spent Coffee Grounds on the Crystallinity and Viscoelastic Behavior of Polylactic Acid Composites. **Polymers**, Basileia,v. 15, n. 12, p. 1–16, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/12/2719>. Acesso em: 30 nov. 2023.

BOMFIM, A. S. C. **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. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/ca2f0f06-f818-4bb9-974b-1d0244ea3c1a/content>. Acesso em: 30 set. 2021.

BOMFIM, A. S. C.; OLIVEIRA, D. M.; WALLING, E.; BABIN, A.; HERSANT, G.; VANECKHAUTE, C.; DUMONT, M.-J.; RODRIGUE, D. Spent coffee grounds characterization and reuse in composting and soil amendment. **Waste**, Basileia,v. 1, n. 1, p. 2–20, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2813-0391/1/1/2>. Acesso em: 30 set. 2023.

BOMFIM, A. S. C.; VOORWALD, H. J. C.; BENINI, K. C. C.; OLIVEIRA, D. M. O.; 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**, Amsterdã,v. 297, p. 1–13, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652621008672>. Acesso em: 30 set. 2022.

BOOPASIRI, S.; SAE-OUI, P.; LUNDEE, S.; TAKAEWNOI, S.; SIRIWONG, C. Reinforcing efficiency of pyrolyzed spent coffee ground in styrene-butadiene rubber. **Macromolecular Research**, Seul,v. 29, n. 9, p. 597–604, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s13233-021-9072-x>. Acesso em: 30 set. 2022.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010: institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Lex: Diário Oficial**, Brasília, p. 1–21, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 1 jul. 2021.

CAMPOS-VEGA, R.; LOARCA-PIÑA, G.; VERGARA-CASTAÑEDA, H. A.; OOMAH, B. D. Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdã, v. 45, n. 1, p. 24–36, 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224415001193>. Acesso em: 30 set. 2022.

CERVERA-MATA, A.; DELGADO, G.; FERNÁNDEZ-ARTEAGA, A.; FORNASIER, F.; MONDINI, C. Spent coffee grounds by-products and their influence on soil C–N dynamics. **Journal of Environmental Management**, Amsterdã, v. 302, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S030147972102137X>. Acesso em: 30 set. 2023.

CHAITANYA, S.; SINGH, I.; SONG, J. Il. Recyclability analysis of PLA/Sisal fiber biocomposites. **Composites Part B: Engineering**, Amsterdã, v. 173, p. 1–9, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.05.106>. Acesso em: 30 set. 2022.

CHANG, Y.-C.; CHEN, Y.; NING, J.; HAO, C.; ROCK, M.; AMER, M.; FENG, S.; FALAHATI, M.; WANG, L.-J.; CHEN, R. K.; ZHANG, J.; DING, J.-L.; LI, L. No such thing as trash: a 3D-printable polymer composite composed of oil-extracted spent coffee grounds and polylactic acid with enhanced impact toughness. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, Washington, v. 7, n. 18, p. 15304–15310, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.9b02527>. Acesso em: 30 set. 2022.

CHARAI, M.; HORMA, O.; EL HAMMOUTI, A.; MEZRHAB, A.; KARKRI, M. Thermophysical characteristics of cement-based mortar incorporating spent coffee grounds. **Materials Today: Proceedings**, Amsterdã, v. 57, p. 867–870, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.488>. Acesso em: 30 set. 2023.

CHIARI, B. G.; TROVATTI, E.; PECORARO, É.; CORRÊA, M. A.; CICARELLI, R. M. B.; RIBEIRO, S. J. L.; ISAAC, V. L. B. Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application. **Industrial Crops and Products**, Amsterdã, v. 52, p. 389–393, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.011>. Acesso em: 30 set. 2022.

CHOKSHI, S.; PARMAR, V.; GOHIL, P.; CHAUDHARY, V. Chemical Composition and Mechanical Properties of Natural Fibers. **Journal of Natural Fibers**, Londres, v. 19, n. 10, p. 3942–3953, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1848738>. Acesso em: 1 jul. 2023.

CHUENSANGJUN, C.; PECHYEN, C.; SIRISANSANEYAKUL, S. Degradation Behaviors of Different Blends of Polylactic Acid Buried in Soil. **Energy Procedia**, Amsterdã, v. 34, p. 73–82, 2013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1876610213009788>. Acesso em: 30 set. 2023.

CIOFFI, M. G. A.; OLIVEIRA, D. M.; BOMFIM, A. S. C.; BENINI, K. C. 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**, Londres, v. 19, n. 16, p. 14089–14101, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15440478.2022.2116517>. Acesso em: 1 jul.

2023.

CISNEROS-LÓPEZ, E. O.; PAL, A. K.; RODRIGUEZ, A. U.; WU, F.; MISRA, M.; MIELEWSKI, D. F.; KIZILTAS, A.; MOHANTY, A. K. Recycled poly(lactic acid)-based 3D printed sustainable biocomposites: a comparative study with injection molding. **Materials Today Sustainability**, Amsterdã, v. 7–8, p. 100027, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2589234719300557>. Acesso em: 30 set. 2022.

CIVANCIK-USLU, D.; FERRER, L.; PUIG, R.; FULLANA-I-PALMER, P. Are functional fillers improving environmental behavior of plastics? A review on LCA studies. **Science of the Total Environment**, Amsterdã, v. 626, p. 927–940, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.149>. Acesso em: 30 set. 2022.

COELHO, G. O.; BATISTA, M. J. A.; ÁVILA, A. F.; FRANCA, A. S.; OLIVEIRA, L. S. Development and characterization of biopolymeric films of galactomannans recovered from spent coffee grounds. **Journal of Food Engineering**, Amsterdã, v. 289, p. 1–10, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877420301813>. Acesso em: 30 set. 2022.

CORBIÈRE-NICOLLIER, T.; GFELLER LABAN, B.; LUNDQUIST, L.; LETERRIER, Y.; MÅNSEN, J.-A. ; JOLLIET, O. Life cycle assessment of biofibres replacing glass fibres as reinforcement in plastics. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdã, v. 33, n. 4, p. 267–287, 2001. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344901000891>. Acesso em: 30 set. 2022.

DAN-MALLAM, Y.; ABDULLAH, M. Z.; MEGAT YUSOFF, P. S. M. Influence of recycling frequency on mechanical and physical properties of kenaf fiber reinforced polyoxymethylene composite. **Journal of Natural Fibers**, Londres, v. 13, n. 5, p. 532–546, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/15440478.2015.1076366>. Acesso em: 30 set. 2023.

DAVID, G.; CROXATTO VEGA, G.; SOHN, J.; NILSSON, A. E.; HÉLIAS, A.; GONTARD, N.; ANGELLIER-COUSSY, H. Using life cycle assessment to quantify the environmental benefit of upcycling vine shoots as fillers in biocomposite packaging materials. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Heidelberg, v. 26, n. 4, p. 738–752, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11367-020-01824-7>. Acesso em: 30 set. 2022.

DEPAOLI, M. A. **Degradação e estabilização de polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, 2009.

DOMINGUES, M. L. B.; BOCCA, J. R.; FÁVARO, S. L.; RADOVANOVIC, E. Disposable coffee capsules as a source of recycled polypropylene. **Polímeros**, São Carlos, v. 30, n. 1, p. 1–9, 2020. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282020000100410&tlng=en. Acesso em: 20 out. 2022.

DOURI, L.; JDIDI, H.; KORDOGHLI, S.; EL HAJJ SLEIMAN, G.; BÉREAUX, Y. Degradation indicators in multiple recycling processing loops of impact polypropylene and high density polyethylene. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 219, p. 1–13, 2024. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014139102300366X>. Acesso em: 1 ago. 2024.

EAD, A. S.; APPEL, R.; ALEX, N.; AYRANCI, C.; CAREY, J. P. Life cycle analysis for green composites: a review of literature including considerations for local and global agricultural use.

Journal of Engineered Fibers and Fabrics, Califórnia, v. 16, 2021. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15589250211026940>. Acesso em: 30 out. 2023.

EJAZ, M.; AZAD, M. M.; SHAH, A. U. R.; AFAQ, S. K.; SONG, J. Mechanical and Biodegradable Properties of Jute/Flax Reinforced PLA Composites. **Fibers and Polymers**, Seul, v. 21, n. 11, p. 2635–2641, 2020. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12221-020-1370-y>. Acesso em: 30 out. 2022.

EL-SABBAGH, A.; STEUERNAGEL, L.; ZIEGMANN, G. Low combustible polypropylene/flax/magnesium hydroxide composites: mechanical, flame retardation characterization and recycling effect. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Califórnia, v. 32, n. 14, p. 1030–1043, 2013. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684413480993>. Acesso em: 25 out. 2022.

ELDUQUE, A.; ELDUQUE, D.; JAVIERRE, C.; FERNÁNDEZ, Á.; SANTOLARIA, J. Environmental impact analysis of the injection molding process: analysis of the processing of high-density polyethylene parts. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 108, p. 80–89, 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652615010501>. Acesso em: 23 out. 2022.

EMADIAN, S. M.; ONAY, T. T.; DEMIREL, B. Biodegradation of bioplastics in natural environments. **Waste Management**, Amsterdã, v. 59, p. 526–536, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.006>. Acesso em: 23 out. 2022.

ERIKSEN, M. K.; CHRISTIANSEN, J. D.; DAUGAARD, A. E.; ASTRUP, T. F. Closing the loop for PET, PE and PP waste from households: influence of material properties and product design for plastic recycling. **Waste Management**, Amsterdã, v. 96, p. 75–85, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.07.005>. Acesso em: 23 out. 2022.

ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by-products. **Food Research International**, Amsterdã, v. 46, n. 2, p. 488–495, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028>. Acesso em: 23 out. 2022.

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**, Amsterdã, v. 149, p. 1–11, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359836817341604>. Acesso em: 30 set. 2022.

FAYZULLIN, I.; GORBACHEV, A.; VOLFSO, S.; SERIKBAYEV, Y.; NAKYP, A.; AKYLBKOV, N. Composite material based on polypropylene and modified natural fillers. **Polymers**, Basileia, v. 16, p. 1–19, 2024. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/16/12/1703>. Acesso em: 1 ago. 2024.

FERG, E. E.; BOLO, L. L. A correlation between the variable melt flow index and the molecular mass distribution of virgin and recycled polypropylene used in the manufacturing of battery cases. **Polymer Testing**, Amsterdã, v. 32, n. 8, p. 1452–1459, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymertesting.2013.09.009>. Acesso em: 23 out. 2022.

FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M. Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; KOEHLER, A.; PENNINGTON, D.; SUH, S. Recent developments in Life Cycle Assessment. **Journal of Environmental Management**, Amsterdã, v. 91, n. 1, p. 1–21,

2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.06.018>. Acesso em: 23 out. 2022.

FLAKE, M.; FLEISSNER, T.; HANSEN, A. Ecological assessment of natural fibre reinforced components and thermoplastics for automotive parts. **Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology**, Califórnia, v. 18, n. 4, p. 219–245, 2002. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/147776060201800401>. Acesso em: 23 out. 2021.

FU, W.; XU, X.; WU, H. Mechanical and biodegradable properties of L-lactide-grafted sisal fiber reinforced polylactide composites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Califórnia, v. 33, n. 22, p. 2034–2045, 2014. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684414552684>. Acesso em: 23 out. 2022.

GAMA, N.; FERREIRA, A.; EVTUGUIN, D. V. New poly(lactic acid) composites produced from coffee beverage wastes. **Journal of Applied Polymer Science**, Nova Jersey, v. 139, n. 1, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.51434>. Acesso em: 23 out. 2022.

GARCÍA-GARCÍA, D.; CARBONELL, A.; SAMPER, M. D.; GARCÍA-SANOQUERA, D.; BALART, R. Green composites based on polypropylene matrix and hydrophobized spend coffee ground (SCG) powder. **Composites Part B: Engineering**, Amsterdã, v. 78, p. 256–265, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.03.080>. Acesso em: 23 out. 2022.

GARCIA, C. V.; KIM, Y. T. Spent coffee grounds and coffee silverskin as potential materials for packaging: a review. **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 29, n. 8, p. 2372–2384, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02067-9>. Acesso em: 30 set. 2022.

GARLOTTA, D. A literature review of poly (lactic acid). **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 9, n. 2, p. 63–84, 2001. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1020200822435#citeas>. Acesso em: 23 abr. 2022.

GAVARA, R.; CATALÁ, R.; LÓPEZ CARBALLO, G.; CERISUELO, J. P.; DOMINGUEZ, I.; MURIEL-GALET, V.; HERNANDEZ-MUÑOZ, P. Use of EVOH for food packaging applications. In: REFERENCE module in food science. Amsterdã: Elsevier, 2016. p. 1–6. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081005965211256>. Acesso em: 23 set. 2023.

GE, X.; CHANG, M.; JIANG, W.; ZHANG, B.; XING, R.; BULIN, C. Investigation on two modification strategies for the reinforcement of biodegradable lignin/poly(lactic acid) blends. **Journal of Applied Polymer Science**, Nova Jersey, v. 137, n. 44, p. 1–13, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.49354>. Acesso em: 23 out. 2022.

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, Washington, v. 3, n. 7, p. 5, 2017. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>. Acesso em: 23 out. 2022.

GHOLAMPOUR, A.; OZBAKKALOGLU, T. A review of natural fiber composites: properties, modification and processing techniques, characterization, applications. **Journal of Materials Science**, Heidelberg, v. 55, n. 3, p. 829–892, 2020. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10853-019-03990-y>. Acesso em: 23 out. 2023.

GIGANTE, V.; ALIOTTA, L.; COLTELLI, M.-B.; LAZZERI, A. Mechanical response of reactive extruded biocomposites based on recycled poly(lactic acid) (R-PLA)/recycled polycarbonate (R-PC) and cellulosic fibers with different aspect ratios. **Macromol**, Basileia, v. 2, n. 4, p. 509–521, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-6209/2/4/32>. Acesso em: 23 out. 2023.

GOND, R. K.; NAIK, T. P.; GUPTA, M. K.; SINGH, I. Development and characterisation of sugarcane bagasse nanocellulose/ PLA composites. **Materials Technology**, Londres, v. 37, n. 14, p. 2942–2954, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10667857.2022.2088616>. Acesso em: 30 set. 2023.

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**, Amsterdã, v. 77, p. 1–25, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.06.007>. Acesso em: 23 out. 2023.

HAMAD, K.; KASEEM, M.; DERI, F. Recycling of waste from polymer materials: an overview of the recent works. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 98, n. 12, p. 2801–2812, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.09.025>. Acesso em: 23 out. 2023.

HASSAN, M. L.; MATHEW, A. P.; HASSAN, E. A.; FADEL, S. M.; OKSMAN, K. Improving cellulose/polypropylene nanocomposites properties with chemical modified bagasse nanofibers and maleated polypropylene. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Califórnia, v. 33, n. 1, p. 26–36, 2014. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0731684413509292>. Acesso em: 23 out. 2023.

HEIDARIAN, P.; BEHZAD, T.; KARIMI, K.; SAIN, M. Properties investigation of recycled polylactic acid reinforced by cellulose nanofibrils isolated from bagasse. **Polymer Composites**, Nova Jersey, v. 39, n. 10, p. 3740–3749, 2018. Disponível em: <https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.24404>. Acesso em: 23 out. 2023.

HERMANOVÁ, S.; TOCHÁČEK, J.; JANČÁŘ, J.; KALFUS, J. Effect of multiple extrusion on molecular structure of polypropylene impact copolymer. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 94, n. 10, p. 1722–1727, 2009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141391009002171>. Acesso em: 23 out. 2023.

HESSER, F. Environmental advantage by choice: Ex-ante LCA for a new Kraft pulp fibre reinforced polypropylene composite in comparison to reference materials. **Composites Part B: Engineering**, Amsterdã, v. 79, p. 197–203, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.04.038>. Acesso em: 23 out. 2023.

HONG, J.-H.; YU, T.; PARK, S.-J.; KIM, Y.-H. Repetitive recycling of 3D printing PLA filament as renewable resources on mechanical and thermal loads. **International Journal of Modern Physics B**, Singapura, v. 34, n. 2040147, p. 1–5, 2020. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0217979220401475>. Acesso em: 23 out. 2023.

HUDECKOVA, H.; NEUREITER, M.; OBRUCA, S.; FRÜHAUF, S.; MAROVA, I. Biotechnological conversion of spent coffee grounds into lactic acid. **Letters in Applied**

Microbiology, Nova Jersey, v. 66, n. 4, p. 306–312, 2018. Disponível em: <https://academic.oup.com/lambio/article/66/4/306/6698880>. Acesso em: 23 out. 2023.

IBÁÑEZ-GARCÍA, A.; MARTÍNEZ-GARCÍA, A.; FERRÁNDIZ-BOU, S. Recyclability analysis of starch thermoplastic/almond shell biocomposite. **Polymers**, Basileia, v. 13, n. 7, p. 1159, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/7/1159>. Acesso em: 14 ago. 2023.

ICO. **International coffee organization**: trade statistics. Londres: International Coffee Organization: 2024. Disponível em: <https://www.ico.org/documents/cy2024-25/cmr-1224-e.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2024.

ILCD HANDBOOK. **International reference life cycle data system (ILCD) Handbook General guide for Life Cycle Assessment**: detailed guidance. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. Disponível em: <http://lct.jrc.ec.europa.eu/pdf-directory/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAIL-online-12March2010.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2022.

ILYAS, R. A.; ZUHRI, M. Y. M.; AISYAH, H. A.; ASYRAF, M. R. M.; HASSAN, S. A.; ZAINUDIN, E. S.; SAPUAN, S. M.; SHARMA, S.; BANGAR, S. P.; JUMAIDIN, R.; NAWAB, Y.; FAUDZI, A. A. M.; ABRAL, H.; ASROFI, M.; SYAFRI, E.; SARI, N. H. Natural fiber-reinforced polylactic acid, polylactic acid blends and their composites for advanced applications. **Polymers**, Basileia, v. 14, n. 1, p. 1–39, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/1/202>. Acesso em: 13 abr. 2023.

INKINEN, S.; HAKKARAINEN, M.; ALBERTSSON, A.-C.; SÖDERGÅRD, A. From lactic acid to poly(lactic acid) (PLA): characterization and analysis of pla and its precursors. **Biomacromolecules**, Washington, v. 12, n. 3, p. 523–532, 2011. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/bm101302t>. Acesso em: 13 abr. 2023.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **NBR ISO 14040**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Genebra: ISO, 2009.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **NBR ISO 14044**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: requisitos e orientações. Genebra: ISO, 2009.

IOVINO, R.; ZULLO, R.; RAO, M. A.; CASSAR, L.; GIANFREDA, L. Biodegradation of poly(lactic acid)/starch/coir biocomposites under controlled composting conditions. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 93, n. 1, p. 147–157, 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S014139100700300X>. Acesso em: 13 abr. 2023.

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**, Amsterdã, v. 75, p. 160–173, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.02.006>. Acesso em: 13 abr. 2023.

JUBINVILLE, D.; ESMIZADEH, E.; SAIKRISHNAN, S.; TZOGANAKIS, C.; MEKONNEN, T. A comprehensive review of global production and recycling methods of polyolefin (PO) based products and their post-recycling applications. **Sustainable Materials and Technologies**, Amsterdã, v. 25, p. 1–34, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2020.e00188>. Acesso em: 13 abr. 2023.

JUBINVILLE, D.; TZOGANAKIS, C.; MEKONNEN, T. H. Recycled PLA – Wood flour based biocomposites: effect of wood flour surface modification, PLA recycling, and maleation. **Construction and Building Materials**, Amsterdã, v. 352, p. 1–12, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129026>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KACI, M.; HAMMA, A.; PILLIN, I.; GROHENS, Y. Effect of reprocessing cycles on the morphology and properties of poly(propylene)/wood flour composites compatibilized with EBAGMA terpolymer. **Macromolecular Materials and Engineering**, Weinheim, v. 294, n. 8, p. 532–540, 2009. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mame.200900089>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KANAI, N.; HONDA, T.; YOSHIHARA, N.; OYAMA, T.; NAITO, A.; UEDA, K.; KAWAMURA, I. Structural characterization of cellulose nanofibers isolated from spent coffee grounds and their composite films with poly(vinyl alcohol): a new non-wood source. **Cellulose**, Heidelberg, v. 27, n. 9, p. 5017–5028, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03113-w>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KANAKANNAVAR, S.; PITCHAIMANI, J.; THALLA, A.; RAJESH, M. Biodegradation properties and thermogravimetric analysis of 3D braided flax PLA textile composites. **Journal of Industrial Textiles**, Califórnia, v. 51, p. 1066S-1091S, 2022. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15280837211010666>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KIM, J.; JANG, J. H.; YEO, H. J.; SEOL, J.; KIM, S. R.; JUNG, Y. H. Lactic acid production from a whole slurry of acid-pretreated spent coffee grounds by engineered *saccharomyces cerevisiae*. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, Nova Jersey, v. 189, n. 1, p. 206–216, 2019. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12010-019-03000-6>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KOPEĆ, M.; BARAN, A.; MIERZWA-HERSZTEK, M.; GONDEK, K.; CHMIEL, M. J. Effect of the addition of biochar and coffee grounds on the biological properties and ecotoxicity of composts. **Waste and Biomass Valorization**, Heidelberg, v. 9, n. 8, p. 1389–1398, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12649-017-9916-y>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KOROL, J.; BURCHART-KOROL, D.; PICHLAK, M. Expansion of environmental impact assessment for eco-efficiency evaluation of biocomposites for industrial application. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 113, p. 144–152, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.101>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KOVALCIK, A.; OBRUCA, S.; MAROVA, I. Valorization of spent coffee grounds: a review. **Food and Bioproducts Processing**, Amsterdã, v. 110, p. 104–119, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2018.05.002>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KRIM, S.; BOUKERROU, A.; DJIDJELLI, H.; BEAUGRAND, J.; HAMMICHE, D. Reprocessing of composites based on polypropylene loaded with olive husk flour. **Composites: mechanics, computations, applications: an international journal**, Nova York, v. 9, n. 2, p. 163–187, 2018. Disponível em: <http://www.dl.begellhouse.com/journals/36ff4a142dec9609,4856866849f6405b,41e3afa47014c68d.html>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KUMAR, R.; YAKUBU, M. K.; ANANDJIWALA, R. D. Biodegradation of flax fiber reinforced poly lactic acid. **Express Polymer Letters**, Budapeste, v. 4, n. 7, p. 423–430, 2010.

Disponível em: <http://www.expresspolymlett.com/letolt.php?file=EPL-0001475&mi=c>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LA ROSA, A. D.; RECCA, G.; SUMMERSCALES, J.; LATTEI, A.; COZZO, G.; CICALA, G. Bio-based versus traditional polymer composites. A life cycle assessment perspective. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 74, p. 135–144, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.017>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LAADILA, M. A.; HEGDE, K.; ROUISSI, T.; BRAR, S. K.; GALVEZ, R.; SORELLI, L.; CHEIKH, R. Ben; PAIVA, M.; ABOKITSE, K. Green synthesis of novel biocomposites from treated cellulosic fibers and recycled bio-plastic polylactic acid. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 164, p. 575–586, 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261731404X>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LADHARI, A.; KUCUKPINAR, E.; STOLL, H.; SÄNGERLAUB, S. Comparison of properties with relevance for the automotive sector in mechanically recycled and virgin polypropylene. **Recycling**, Basileia, v. 6, p. 1–11, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2313-4321/6/4/76>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LAGAZZO, A.; MOLINER, C.; BOSIO, B.; BOTTER, R.; ARATO, E. Evaluation of the mechanical and thermal properties decay of phbv/sisal and pla/sisal biocomposites at different recycle steps. **Polymers**, Basileia, v. 11, n. 9, p. 1–16, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/9/1477>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LARA-TOPETE, G. O.; CASTANIER-RIVAS, J. D.; GRADILLA-HERNÁNDEZ, M. S.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, M. E. Life cycle assessment of agave bagasse management strategies: PLA biocomposites versus conventional waste disposal practices. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, Amsterdã, v. 37, p. 1–12, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2024.101435>. Acesso em: 1 ago. 2024.

LASAGABASTER, A.; ABAD, M. J.; BARRAL, L.; ARES, A. FTIR study on the nature of water sorbed in polypropylene (PP)/ethylene alcohol vinyl (EVOH) films. **European Polymer Journal**, Amsterdã, v. 42, n. 11, p. 3121–3132, 2006. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0014305706001194>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LE DUGOU, A.; BAILEY, C. Coupled micromechanical analysis and life cycle assessment as an integrated tool for natural fibre composites development. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 83, p. 61–69, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.027>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LE DUGOU, A.; DEUX, J.-M.; DAVIES, P.; BAILEY, C. PLLA/Flax Mat/Balsa Bio-Sandwich: environmental impact and simplified life cycle analysis. **Applied Composite Materials**, Heidelberg, v. 19, n. 3–4, p. 363–378, 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10443-011-9201-3>. Acesso em: 30 set. 2023.

LE DUGOU, A.; PILLIN, I.; BOURMAUD, A.; DAVIES, P.; BAILEY, C. Effect of recycling on mechanical behaviour of biocompostable flax/poly(l-lactide) composites. **Composites Part A: applied science and manufacturing**, Amsterdã, v. 39, n. 9, p. 1471–1478, 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359835X08001462>. Acesso em: 31 jan. 2023.

LEÃO, R. M.; LUZ, S. M. da; ARAÚJO, J. A.; CRISTOFORO, A. L. The recycling of sugarcane fiber/polypropylene composites. **Materials Research**, São Paulo, v. 18, n. 4, p. 690–

697, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392015000400690&lng=en&tlng=en. Acesso em: 13 abr. 2023.

LEE, K. H.; JANG, Y. W.; LEE, J.; KIM, S.; PARK, C.; YOO, H. Y. Statistical optimization of alkali pretreatment to improve sugars recovery from spent coffee grounds and utilization in lactic acid fermentation. **Processes**, Basileia, v. 9, p. 1–15, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/9/3/494>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LEE, C. H.; KHALINA, A.; LEE, S. H. Importance of interfacial adhesion condition on characterization of plant-fiber-reinforced polymer composites: A review. **Polymers**, Basileia, v. 13, n. 3, p. 1–22, 2021.

LEE, D.; LEE, Y.; KIM, I.; HWANG, K.; KIM, N. Thermal and mechanical degradation of recycled polylactic acid filaments for three-dimensional printing applications. **Polymers**, Basileia, v. 14, n. 24, p. 1–11, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/14/24/5385>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LI, K.; DU, L.; QIN, C.; BOLAN, N.; WANG, Hailong; WANG, Hua. Microplastic pollution as an environmental risk exacerbating the greenhouse effect and climate change: a review. **Carbon Research**, Heidelberg, v. 3, n. 1, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s44246-023-00097-7>. Acesso em: 1 ago. 2024.

LI, X.; LIN, Y.; LIU, M.; MENG, L.; LI, C. A review of research and application of polylactic acid composites. **Journal of Applied Polymer Science**, Nova Jersey, v. 140, n. 7, p. 1–22, 2023.

LI, S.; SHI, C.; SUN, S.; CHAN, H.; LU, H.; NILGHAZ, A.; TIAN, J.; CAO, R. From brown to colored: polylactic acid composite with micro/nano-structured white spent coffee grounds for three-dimensional printing. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdã, v. 174, p. 300–308, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.176>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LILA, M. K.; SINGHAL, A.; BANWAIT, S. S.; SINGH, I. A recyclability study of bagasse fiber reinforced polypropylene composites. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 152, p. 272–279, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.05.001>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LIM, L. T.; AURAS, R.; RUBINO, M. Processing technologies for poly(lactic acid). **Progress in Polymer Science**, Amsterdã, v. 33, n. 8, p. 820–852, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670008000373>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LIPSA, R.; TUDORACHI, N.; DARIE-NITA, R. N.; OPRICĂ, L.; VASILE, C.; CHIRIAC, A. Biodegradation of poly(lactic acid) and some of its based systems with *Trichoderma viride*. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdã, v. 88, p. 515–526, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141813016303257>. Acesso em: 13 abr. 2025.

LUCAS, N.; BIENAIME, C.; BELLOY, C.; QUENEUEDEC, M.; SILVESTRE, F.; NAVA-SAUCEDO, J.-E. Polymer biodegradation: mechanisms and estimation techniques: a review. **Chemosphere**, Amsterdã, v. 73, n. 4, p. 429–442, 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0045653508008333>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LUZ, S. M.; CALDEIRA-PIRES, A.; FERRÃO, P. M. C. Environmental benefits of substituting talc by sugarcane bagasse fibers as reinforcement in polypropylene composites: ecodesign and LCA as strategy for automotive components. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdã, v. 54, n. 12, p. 1135–1144, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.03.009>. Acesso em: 13 abr. 2023.

LV, C.; LUO, S.; GUO, W.; CHANG, L. Enhancing interfacial interaction and crystallization in polylactic acid-based biocomposites via synergistic effect of wood fiber and self-assembly nucleating agent. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdã, v. 253, n. P5, p. 127265, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127265>. Acesso em: 1 maio 2024.

MA, B.; WANG, X.; HE, Y.; DONG, Z.; ZHANG, X.; CHEN, X.; LIU, T. Effect of poly(lactic acid) crystallization on its mechanical and heat resistance performances. **Polymer**, Basileia, v. 212, p. 1–9, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2020.123280>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MAGA, D.; HIEBEL, M.; THONEMANN, N. Life cycle assessment of recycling options for polylactic acid. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdã, v. 149, p. 86–96, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.05.018>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MAHALLE, L.; ALEMDAR, A.; MIHAI, M.; LEGROS, N. A cradle-to-gate life cycle assessment of wood fibre-reinforced polylactic acid (PLA) and polylactic acid/thermoplastic starch (PLA/TPS) biocomposites. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, Heidelberg, v. 19, n. 6, p. 1305–1315, 2014. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-014-0731-4>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MAHARANA, T.; MOHANTY, B.; NEGI, Y. S. Melt–solid polycondensation of lactic acid and its biodegradability. **Progress in Polymer Science**, Amsterdã, v. 34, n. 1, p. 99–124, 2009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S007967000800097X>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MARQUES, M.; GONÇALVES, L. F. F. F.; MARTINS, C. I.; VALE, M.; DUARTE, F. M. Effect of polymer type on the properties of polypropylene composites with high loads of spent coffee grounds. **Waste Management**, Amsterdã, v. 154, p. 232–244, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X22004895>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MATTLET, A.; SICOT, O.; VAN SCHOORS, L.; AIVAZZADEH, S. Influence of processing and matrix parameters on the manufacturing of unidirectional flax/polypropylene composites. **SN Applied Sciences**, Heidelberg, v. 5, n. 12, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05457-x>. Acesso em: 1 ago. 2024.

MAURYA, A. K.; GOGOI, R.; MANIK, G. Recycling and reinforcement potential for the fly ash and sisal fiber reinforced hybrid polypropylene composite. **Polymer Composites**, Nova Jersey, v. 43, n. 2, p. 1060–1077, 2022. Disponível em: <https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.26434>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MCNUTT, J.; HE, Q. (Sophia). Spent coffee grounds: a review on current utilization. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, Amsterdã, v. 71, p. 78–88, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2018.11.054>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MENDES, J. F.; MARTINS, J. T.; MANRICH, A.; LUCHESI, B. R.; DANTAS, A. P. S.; VANDERLEI, R. M.; CLARO, P. C.; NETO, A. R. S.; MATTOSO, L. H. C.; MARTINS, M. A. Thermo-physical and mechanical characteristics of composites based on high-density polyethylene (HDPE) e spent coffee grounds (SCG). **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 29, n. 9, p. 2888–2900, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02090-w>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MENEGOTTO, M. **Avaliação da degradação biótica do poli(ácido láctico), do polipropileno e suas misturas pela ação de fungos basidiomicetos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos e Tecnologias) - Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/887/DissertacaoMorganaMenegotto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MOFOKENG, J. P.; LUYT, A. S.; TÁBI, T.; KOVÁCS, J. Comparison of injection moulded, natural fibre-reinforced composites with PP and PLA as matrices. **Journal of Thermoplastic Composite Materials**, Londres, v. 25, n. 8, p. 927–948, 2012. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0892705711423291>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MOHANTY, A. K.; VIVEKANANDHAN, S.; PIN, J.-M.; MISRA, M. Composites from renewable and sustainable resources: challenges and innovations. **Science**, Washington, v. 362, n. 6414, p. 536–542, 2018. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aat9072>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MORÁN, J.; ALVAREZ, V.; PETRUCCI, R.; KENNY, J.; VAZQUEZ, A. Mechanical properties of polypropylene composites based on natural fibers subjected to multiple extrusion cycles. **Journal of Applied Polymer Science**, Nova Jersey, v. 103, n. 1, p. 228–237, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.25173>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MORENO, D. D. P.; CAMARGO, R. V.; SANTOS, L. D.; BRANCO, L. T. P.; GRILLO, C. C.; SARON, C. Composites of recycled polypropylene from cotton swab waste with pyrolyzed rice husk. **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 29, n. 1, p. 350–362, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01883-9>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MUÑOZ-TORRES, M. J.; FERNÁNDEZ-IZQUIERDO, M. A.; RIVERA-LIRIO, J. M.; FERRERO-FERRERO, I.; ESCRIG-OLMEDO, E.; GISBERT-NAVARRO, J. V.; MARULLO, M. C. An assessment tool to integrate sustainability principles into the global supply chain. **Sustainability**, Basileia, v. 10, n. 2, p. 1–20, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/2/535>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MURARIU, M.; DUBOIS, P. PLA composites: from production to properties. **Advanced Drug Delivery Reviews**, Amsterdã, v. 107, p. 17–46, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.addr.2016.04.003>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MURTHY, P. S.; NAIDU, M. M. Sustainable management of coffee industry by-products and value addition: a review. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdã, v. 66, p. 45–58, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MUSSATTO, S. I.; MACHADO, E. M. S.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. **Food and Bioprocess Technology**, Heidelberg, v. 4, n. 5, p. 661–672, 2011. Disponível em:

<http://link.springer.com/10.1007/s11947-011-0565-z>. Acesso em: 13 abr. 2023.

MYSIUKIEWICZ, O.; BARCZEWSKI, M.; SKÓRCZEWSKA, K.; MATYKIEWICZ, D. Correlation between processing parameters and degradation of different polylactide grades during twin-screw extrusion. **Polymers**, Basileia, v. 12, n. 6, p. 1–19, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/6/1333>. Acesso em: 13 abr. 2023.

NADALI, E.; LAYEGHI, M.; EBRAHIMI, G.; NAGHDI, R.; JONOBI, M.; KHORASANI, M. M.; MIRBAGHERI, Y. Effects of multiple extrusions on structure-property performance of natural fiber high-density polyethylene biocomposites. **Materials Research**, São Paulo, v. 21, n. 2, p. 1–11, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392018000206107&lng=en&tlng=en. Acesso em: 13 abr. 2023.

NANNI, A.; COLONNA, M.; MESSORI, M. Fabrication and characterization of new eco-friendly composites obtained by the complete recycling of exhausted coffee capsules. **Composites Science and Technology**, Amsterdã, v. 222, n. February, p. 109358, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2022.109358>. Acesso em: 13 abr. 2023.

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**, Amsterdã, v. 97, p. 71–81, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X19304945>. Acesso em: 13 abr. 2023.

NGUYEN, T. A.; NGUYEN, Q. T. Hybrid biocomposites based on used coffee grounds and epoxy resin: mechanical properties and fire resistance. **International Journal of Chemical Engineering**, Londres, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ijce/2021/1919344/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

NIZAMUDDIN, S.; HOSSAIN, N.; QURESHI, S. S.; AL-MOHAIMEED, A. M.; TANJUNG, F. A.; ELSHIKH, M. S.; SIDDIQUI, M. T. H.; BALOCH, H. A.; MUBARAK, N. M.; GRIFFIN, G.; SRINIVASAN, M. Experimental investigation of physicochemical, thermal, mechanical and rheological properties of polylactide/rice straw hydrochar composite. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, Amsterdã, v. 9, n. 5, p. 1–10, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106011>. Acesso em: 13 abr. 2023.

OBEIDAT, S. M.; HAMMOUDEH, A. Y.; ALOMARY, A. A. Application of FTIR spectroscopy for assessment of green coffee beans according to their origin. **Journal of Applied Spectroscopy**, Heidelberg, v. 84, n. 6, p. 1051–1055, 2018. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10812-018-0585-9>. Acesso em: 23 abr. 2023.

OCHI, S. Mechanical properties of kenaf fibers and kenaf/PLA composites. **Mechanics of Materials**, Amsterdã, v. 40, p. 446–452, 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167663607001573>. Acesso em: 23 abr. 2023.

OLIVEIRA, M.; MOTA, C.; ABREU, A. S.; NOBREGA, J. M. Development of a green material for horticulture. **Journal of Polymer Engineering**, Berlim, v. 35, n. 4, p. 401–406, 2015. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/polyeng-2014-0262/html>. Acesso em: 23 abr. 2023.

OPERATO, L.; VITIELLO, L.; APREA, P.; AMBROGI, V.; SALZANO DE LUNA, M.;

FILIPPONE, G. Life cycle assessment of poly(lactic acid)-based green composites filled with pine needles or kenaf fibers. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 387, p. 1–8, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.135901>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030** para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentavel>. Acesso em: 13 abr. 2021.

PĂRĂRIȚĂ, E.; NISTOR, M. T.; POPESCU, M.-C.; VASILE, C. TG/FT–IR/MS study on thermal decomposition of polypropylene/biomass composites. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 109, p. 13–20, 2014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141391014002389>. Acesso em: 13 abr. 2023.

PATTI, A.; ACIERNO, D.; LATTEI, A.; TOSTO, C.; PERGOLIZZI, E.; RECCA, G.; CRISTAUDO, M.; CICALA, G. Influence of the processing conditions on the mechanical performance of sustainable bio-based PLA compounds. **Polymers**, Basileia, v. 12, p. 1–20, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/10/2197>. Acesso em: 13 mar. 2023.

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. **Polímeros**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 9–22, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282015000100002&lng=en&tlng=en. Acesso em: 23 abr. 2021.

PÉREZ-FONSECA, A. A.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, M. E.; ROBLEDO-ORTÍZ, J. R. Reprocessing and recycling of poly(lactic acid): a review. **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 31, n. 10, p. 4143–4159, 2023. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10924-023-02919-6>. Acesso em: 1 ago. 2024.

PERIĆ, M.; PUTZ, R.; PAULIK, C. 3D-Printed PLA Filaments reinforced with nanofibrillated cellulose. **Journal of Renewable Materials**, Massachusetts, v. 8, n. 7, p. 759–772, 2020. Disponível em: <https://www.techscience.com/jrm/v8n7/39319>. Acesso em: 23 abr. 2023.

PESHEV, D.; MITEV, D.; PEEVA, L.; PEEV, G. Valorization of spent coffee grounds: a new approach. **Separation and Purification Technology**, Amsterdã, v. 192, p. 271–277, 2018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1383586617327326>. Acesso em: 23 abr. 2023.

PETOUSIS, M.; VIDAKIS, N.; MOUNTAKIS, N.; PAPADAKIS, V.; KANELLOPOULOU, S.; GAGANATSIU, A.; STEFANOUDAKIS, N.; KECHAGIAS, J. Multifunctional material extrusion 3D-printed antibacterial polylactic acid (PLA) with binary inclusions: the effect of cuprous oxide and cellulose nanofibers. **Fibers**, Basileia, v. 10, p. 1–22, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6439/10/6/52>. Acesso em: 23 jul. 2023.

PRUSEK, J.; BORUVKA, M.; LENFELD, P. Natural aerobic degradation of polylactic acid (composites) with natural fiber additives. **Materials Science Forum**, Zurique, v. 919, p. 167–174, 2018. Disponível em: <https://www.scientific.net/MSF.919.167>. Acesso em: 14 mar. 2023.

PUJOL, D.; LIU, C.; GOMINHO, J.; OLIVELLA, M. À.; FIOL, N.; VILLAESCUSA, I.; PEREIRA, H. The chemical composition of exhausted coffee waste. **Industrial Crops & Products**, Amsterdã, v. 50, p. 423–429, 2013. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.056>. Acesso em: 14 mar. 2023.

QI, X.; REN, Y.; WANG, X. New advances in the biodegradation of Poly(lactic) acid. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Amsterdã, v. 117, p. 215–223, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.01.010>. Acesso em: 14 mar. 2023.

QIANG, T.; CHOU, Y.; GAO, H. Environmental impacts of styrene-butadiene-styrene toughened wood fiber/polylactide composites: a cradle-to-gate life cycle assessment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basileia, v. 16, p. 1–14, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/18/3402>. Acesso em: 23 out. 2023.

QUITADAMO, A.; MASSARDIER, V.; IOVINE, V.; BELHADJ, A.; BAYARD, R.; VALENTE, M. Effect of cellulosic waste derived filler on the biodegradation and thermal properties of HDPE and PLA composites. **Processes**, Basileia, v. 7, p. 1–15, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-9717/7/10/647>. Acesso em: 23 out. 2023.

RAHIM, N. A. A.; ARIFF, Z. M.; ARIFFIN, A.; JIKAN, S. S. Study on effect of filler loading on the flow and swelling behaviors of polypropylene-kaolin composites using single-screw extruder. **Journal of Applied Polymer Science**, Nova Jersey, v. 119, n. 1, p. 73–83, 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.32541>. Acesso em: 23 abr. 2023.

RAHMAN, M. M.; MANIRUZZAMAN, M.; YEASMIN, M. S. A state-of-the-art review focusing on the significant techniques for naturally available fibers as reinforcement in sustainable bio-composites: Extraction, processing, purification, modification, as well as characterization study. **Results in Engineering**, Amsterdã, v. 20, p. 1–19, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101511>. Acesso em: 23 mar. 2024.

RAJESHKUMAR, L.; KUMAR, P. S.; RAMESH, M.; SANJAY, M. R.; SIENGCHIN, S. Assessment of biodegradation of lignocellulosic fiber-based composites: a systematic review. **International Journal of Biological Macromolecules**, Amsterdã, v. 253, p. 1–22, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127237>. Acesso em: 23 ago. 2024.

RAMOS-HERNÁNDEZ, T.; ROBLEDO-ORTÍZ, J. R.; MARTÍN DEL CAMPO, A. S.; RODRIGUE, D.; CANO, A.; PÉREZ-FONSECA, A. A. Mechanical recycling of poly(lactic acid)/agave fiber biocomposites. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, Londres, v. 0, p. 1–13, 2024. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/07316844241253905>. Acesso em: 1 ago. 2024.

RAMOS-HERNÁNDEZ, T.; ROBLEDO-ORTÍZ, J. R.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, M. E.; DEL CAMPO, A. S. M.; GONZÁLEZ-NÚÑEZ, R.; RODRIGUE, D.; PÉREZ FONSECA, A. A. Mechanical recycling of PLA: effect of weathering, extrusion cycles, and chain extender. **Journal of Applied Polymer Science**, Nova Jersey, v. 140, p. 1–15, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.53759>. Acesso em: 1 out. 2023.

RASAL, R. M.; JANORKAR, A. V.; HIRT, D. E. Poly(lactic acid) modifications. **Progress in Polymer Science**, Amsterdã, v. 35, n. 3, p. 338–356, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2009.12.003>. Acesso em: 23 abr. 2023.

RASTOGI, S.; LIPPITS, D. R.; TERRY, A. E.; LEMSTRA, P. J. The role of the interphase on the chain mobility and melting of semi-crystalline polymers; a study on polyethylenes. In: **PROGRESS in understanding of polymer crystallization**. Heidelberg: Springer Berlin, 2007. v. 714, p. 285–327. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/3-540-47307-6>. Acesso em:

23 abr. 2023.

RODRIGUES, R.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; ALVES, R. C. Chlorogenic acids and caffeine from coffee by-products: a review on skincare applications. **Cosmetics**, Basileia, v. 10, n. 1, p. 1–15, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9284/10/1/12>. Acesso em: 1 mar. 2024.

ROJAS-BRINGAS, P. M.; DE-LA-TORRE, G. E.; TORRES, F. G. Influence of the source of starch and plasticizers on the environmental burden of starch-Brazil nut fiber biocomposite production: a life cycle assessment approach. **Science of The Total Environment**, Amsterdã, v. 769, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144869>. Acesso em: 23 jan. 2023.

ROSA, C. H. S. S.; MOTHÉ, M. G.; MARQUES, M. F. V.; MOTHÉ, C. G.; MONTEIRO, S. N. Steam-exploded fibers of almond tree leaves as reinforcement of novel recycled polypropylene composites. **Journal of Materials Research and Technology**, Amsterdã, v. 9, n. 5, p. 11791–11800, 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2238785420316768>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ROYCHAND, R.; KILMARTIN-LYNCH, S.; SABERIAN, M.; LI, J.; ZHANG, G.; LI, C. Q. Transforming spent coffee grounds into a valuable resource for the enhancement of concrete strength. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 419, p. 1–13, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138205>. Acesso em: 23 abr. 2024.

RUZ-CRUZ, M. A.; HERRERA-FRANCO, P. J.; FLORES-JOHNSON, E. A.; MORENO-CHULIM, M. V.; GALERA-MANZANO, L. M.; VALADEZ-GONZÁLEZ, A. Thermal and mechanical properties of PLA-based multiscale cellulosic biocomposites. **Journal of Materials Research and Technology**, Amsterdã, v. 18, p. 485–495, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2238785422002423>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SAADI, Z.; RASMONT, A.; CESAR, G.; BEWA, H.; BENGUIGUI, L. Fungal degradation of poly(l-lactide) in soil and in compost. **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 20, n. 2, p. 273–282, 2012. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-011-0399-9>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SAAVEDRA, Y. M. B.; IRITANI, D. R.; PAVAN, A. L. R.; OMETTO, A. R. Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 170, p. 1514–1522, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.260>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SABA, N.; JAWAID, M.; ALOTHMAN, O. Y.; PARIDAH, M. T. A review on dynamic mechanical properties of natural fibre reinforced polymer composites. **Construction and Building Materials**, Amsterdã, v. 106, p. 149–159, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061815307479>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SALWA, H. N.; SAPUAN, S. M.; MASTURA, M. T.; ZUHRI, M. Y. M. Life cycle assessment of sugar palm fiber reinforced-sago biopolymer composite takeout food container. **Applied Sciences**, Basileia, v. 10, p. 1–21, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/22/7951>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SANCHEZ, F. A. C.; BOUDAUD, H.; HOPPE, S.; CAMARGO, M. Polymer recycling in an open-source additive manufacturing context: mechanical issues. **Additive Manufacturing**, Amsterdã, v. 17, p. 87–105, 2017. Disponível em:

<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214860416301695>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SANCHEZ, F. A. C.; LANZA, S.; BOUDAUD, H.; HOPPE, S.; CAMARGO, M. Polymer recycling and additive manufacturing in an open source context: optimization of processes and methods. In: ANNUAL INTERNATIONAL SOLID FREEFORM FABRICATION SYMPOSIUM, ISFF, 2015, Texas. **Anais [...]**. Texas: Hal open science, 2015. p. 1591–1600. Disponível em: hal.univ-lorraine.fr/hal-01523136. Acesso em: 23 abr. 2023.

SANIVADA, U. K.; MÁRMOL, G.; BRITO, F. P.; FANGUEIRO, R. PLA Composites reinforced with flax and jute fibers: a review of recent trends, processing parameters and mechanical properties. **Polymers**, Basileia, v. 12, p. 1–29, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/10/2373>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SANT'ANNA, V.; BIONDO, E.; KOLCHINSKI, E. M.; DA SILVA, L. F. S.; CORRÊA, A. P. F.; BACH, E.; BRANDELLI, A. Total polyphenols, antioxidant, antimicrobial and allelopathic activities of spend coffee ground aqueous extract. **Waste and Biomass Valorization**, Heidelberg, v. 8, n. 2, p. 439–442, 2017. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s12649-016-9575-4>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SANTOS, M. F. N. dos; BATTISTELLE, R. A. G.; HORI, C. Y.; JULIOTI, P. S. Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 57–73, 2012. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/gepros/article/view/882>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SANTOS, C.; FONSECA, J.; AIRES, A.; COUTINHO, J.; TRINDADE, H. Effect of different rates of spent coffee grounds (SCG) on composting process, gaseous emissions and quality of end-product. **Waste Management**, Amsterdã, v. 59, p. 37–47, 2017. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X16305918>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SARASINI, F.; LUZI, F.; DOMINICI, F.; MAFFEI, G.; IANNONE, A.; ZUORRO, A.; LAVECCHIA, R.; TORRE, L.; CARBONELL-VERDU, A.; BALART, R.; PUGLIA, D. Effect of different compatibilizers on sustainable composites based on a phbv/pbat matrix filled with coffee silverskin. **Polymers**, Basileia, v. 10, p. 1–16, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/10/11/1256>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SARATALE, G. D.; BHOSALE, R.; SHOBANA, S.; BANU, J. R.; PUGAZHENDHI, A.; MAHMOUD, E.; SIROHI, R.; KANT BHATIA, S.; ATABANI, A. E.; MULONE, V.; YOON, J. J.; SHIN, H. S.; KUMAR, G. A review on valorization of spent coffee grounds (SCG) towards biopolymers and biocatalysts production. **Bioresource Technology**, Amsterdã, v. 314, p. 1–12, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123800>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SAXENA, T.; CHAWLA, V. K. Elastic properties evaluation of banana-hemp fiber-based hybrid composite with nano-titanium oxide filler: analytical and Simulation Study. **Engineering Solid Mechanics**, Toronto, v. 12, n. 1, p. 65–80, 2024. Disponível em: http://www.growingscience.com/esm/Vol12/esm_2023_29.pdf. Acesso em: 1 ago. 2024.

SCHWARTZ, J. J.; HAMEL, J.; EKSTROM, T.; NDAGANG, L.; BOYDSTON, A. J. Not all PLA filaments are created equal: an experimental investigation. **Rapid Prototyping Journal**, Bingley, v. 26, n. 7, p. 1263–1276, 2020. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/RPJ-06-2019-0179/full/html>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SCHYNS, Z. O. G.; SHAVER, M. P. Mechanical recycling of packaging plastics: a review. **Macromolecular Rapid Communications**, Nova Jersey, v. 42, n. 3, p. 1–27, 2021. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/marc.202000415>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SEILE, A.; SPURINA, E.; SINKA, M. Reducing global warming potential impact of bio-based composites based of LCA. **Fibers**, Basileia, v. 10, n. 9, p. 1–19, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-6439/10/9/79>. Acesso em: 23 ago. 2023.

SEKAR, V.; PUTRA, A.; PALANIYAPPAN, S.; EH NOUM, S. Y.; SIVANESAN, S.; JIUN, Y. L. Additive manufactured acoustic absorbers made of wood-fiber composites with modified infill patterns. **Wood Material Science & Engineering**, Londres, v. 19, n. 1, p. 92–101, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17480272.2023.2227604>. Acesso em: 1 ago. 2024.

SERRA-PARAREDA, F.; DELGADO-AGUILAR, M.; ESPINACH, F. X.; MUTJÉ, P.; BOUFI, S.; TARRÉS, Q. Sustainable plastic composites by polylactic acid-starch blends and bleached kraft hardwood fibers. **Composites Part B: Engineering**, Amsterdã, v. 238, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359836822002803>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SHEKAR, H. S. S.; RAMACHANDRA, M. Green composites: a review. **Materials Today: proceedings**, Amsterdã, v. 5, n. 1, p. 2518–2526, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.034>. Acesso em: 13 abr. 2023.

SHI, C.; ZHANG, X.; NILGHAZ, A.; WU, Z.; WANG, T.; ZHU, B.; TANG, G.; SU, B.; TIAN, J. Large-scale production of spent coffee ground-based photothermal materials for high-efficiency solar-driven interfacial evaporation. **Chemical Engineering Journal**, Amsterdã, v. 455, p. 1–9, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1385894722058417>. Acesso em: 13 mar. 2024.

SIGNORI, F.; COLTELLI, M.-B.; BRONCO, S. Thermal degradation of poly(lactic acid) (PLA) and poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) and their blends upon melt processing. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 94, n. 1, p. 74–82, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2008.10.004>. Acesso em: 13 abr. 2023.

SILVA, A. P.; PEREIRA, M. de P.; PASSADOR, F. R.; MONTAGNA, L. S. PLA/coffee grounds composites: a study of photodegradation and biodegradation in soil. **Macromolecular Symposia**, Weinheim, v. 394, n. 1, p. 1–9, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/masy.202000091>. Acesso em: 30 set. 2022.

SILVA, C. G.; CAMPINI, P. A. L.; ROCHA, D. B.; ROSA, D. S. The influence of treated eucalyptus microfibers on the properties of PLA biocomposites. **Composites Science and Technology**, Amsterdã, v. 179, p. 54–62, 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0266353819301836>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SINHA, P.; MATHUR, S.; SHARMA, P.; KUMAR, V. Potential of pine needles for PLA-based composites. **Polymer Composites**, Nova Jersey, v. 39, n. 4, p. 1339–1349, 2018. Disponível em: <https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pc.24074>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SOARES, A. P. S.; FREITAS, J. S.; MOTHÉ, M. G.; MOTHÉ, C. G. Thermal evaluation of composites from coffee capsules residue with sugarcane bagasse by TG/DTA and DMA. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Heidelberg, v. 142, n. 2, p. 651–660, 2020.

Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10973-020-10012-6>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SOARES, J. B.; FINAMOR, J.; SILVA, F. P.; ROLDO, L.; CÂNDIDO, L. H. Analysis of the influence of polylactic acid (PLA) colour on FDM 3D printing temperature and part finishing. **Rapid Prototyping Journal**, Bingley, v. 24, n. 8, p. 1305–1316, 2018. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/RPJ-09-2017-0177/full/html>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SOARES, A. P. S.; MOTHÉ, C. G.; MOTHÉ, M. G. Comparative life cycle assessment of coffee capsule recycling process and its composites reinforced with natural fibers. **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 30, n. 4, p. 1380–1390, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10924-021-02282-4>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SOHN, J.; RYU, Y.; YUN, C.-S.; ZHU, K.; CHA, S. Extrusion compounding process for the development of eco-friendly SCG/PP composite pellets. **Sustainability**, Basileia, v. 11, n. 6, p. 1–12, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/6/1720>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SONG, Y.; TASHIRO, K.; XU, D.; LIU, J.; BIN, Y. Crystallization behavior of poly(lactic acid)/microfibrillated cellulose composite. **Polymer**, Amsterdã, v. 54, n. 13, p. 3417–3425, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymer.2013.04.054>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SONG, W.; YANG, Y.; CHENG, X.; JIANG, M.; ZHANG, R.; MILITKY, J.; CAI, Y. Utilization of spent coffee grounds as fillers to prepare polypropylene composites for food packaging applications. **Microscopy Research and Technique**, Nova Jersey, v. 86, n. 11, p. 1475–1483, 2023. Disponível em: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jemt.24367>. Acesso em: 14 mar. 2024.

SONNEMANN, G.; MARGNI, M. **Life cycle management**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/978-94-017-7221-1>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SOROUDI, A.; JAKUBOWICZ, I. Recycling of bioplastics, their blends and biocomposites: a review. **European Polymer Journal**, Amsterdã, v. 49, n. 10, p. 2839–2858, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2013.07.025>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SREBRENKOSKA, V.; BOGOEVA GACEVA, G.; DIMESKI, D. Biocomposites based on polylactic acid and their thermal behavior after recycling. **Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering**, Skopje, v. 33, n. 2, p. 277–285, 2014. Disponível em: <http://www.mjcce.org.mk/index.php/MJCCE/article/view/mjcce.2014.479>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SREBRENKOSKA, V.; GACEVA, G. B.; AVELLA, M.; ERRICO, M. E.; GENTILE, G. Recycling of polypropylene-based eco-composites. **Polymer International**, Nova Jersey, v. 57, n. 11, p. 1252–1257, 2008. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pi.2470>. Acesso em: 23 abr. 2023.

STOOF, D.; PICKERING, K. Sustainable composite fused deposition modelling filament using recycled pre-consumer polypropylene. **Composites Part B**, Amsterdã, v. 135, p. 110–118, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.10.005>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SUÁREZ, L.; CASTELLANO, J.; DÍAZ, S.; TCHARKHTCHI, A.; ORTEGA, Z. Are natural-based composites sustainable?. **Polymers**, Basileia, v. 13, p. 1–17, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/14/2326>. Acesso em: 23 abr. 2023.

SUN, H.; FENG, Y.; LEI, B.; YIN, X.; WU, B. Molecular simulation of the effects of water on the interface of plant fiber/polyvinyl alcohol (PVA) composites prepared by dry preparation method (DPM). **Journal of Molecular Liquids**, Amsterdã, v. 391, p. 1–12, 2023. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167732223019803>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SURIP, S. N.; JAAFAR, W. N. R. W. Comparison study of the bio-degradation property of polylactic acid (PLA) green composites reinforced by kenaf fibers. **International Journal of Technology**, Depok, v. 9, n. 6, p. 1205–1214, 2018. Disponível em: <http://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/2357>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TAJVIDI, M.; TAKEMURA, A. Recycled natural fiber polypropylene composites: water absorption/desorption kinetics and dimensional stability. **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 18, n. 4, p. 500–509, 2010. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-010-0215-y>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TAMRAKAR, S.; COUVREUR, R.; MIELEWSKI, D.; GILLESPIE, J. W.; KIZILTAS, A. Effects of recycling and hygrothermal environment on mechanical properties of thermoplastic composites. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 207, p. 1–16, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2022.110233>. Acesso em: 1 mar. 2024.

TAPANGNOI, P.; SAE-OUI, P.; NAEBPETCH, W.; SIRIWONG, C. Preparation of purified spent coffee ground and its reinforcement in natural rubber composite. **Arabian Journal of Chemistry**, Riad, v. 15, n. 7, p. 1–13, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103917>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TARANI, E.; PUŠNIK ČREŠNAR, K.; ZEMLJIČ, L. F.; CHRISSAFIS, K.; PAPAGEORGIOU, G. Z.; LAMBROPOULOU, D.; ZAMBOULIS, A.; N. BIKIARIS, D.; TERZOPOULOU, Z. Cold Crystallization kinetics and thermal degradation of PLA composites with metal oxide nanofillers. **Applied Sciences**, Basileia, v. 11, n. 7, p. 1–18, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/7/3004>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TCHANA TOFFE, G.; OLUWAROTIMI ISMAIL, S.; MONTALVÃO, D.; KNIGHT, J.; REN, G. A Scale-up of energy-cycle analysis on processing non-woven FLAX/PLA tape and triaxial glass fibre fabric for composites. **Journal of Manufacturing and Materials Processing**, Basileia, v. 3, n. 4, p. 1–20, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2504-4494/3/4/92>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TERROBA-DELICADO, E.; FIORI, S.; GOMEZ-CATURLA, J.; MONTANES, N.; SANCHEZ-NACHER, L.; TORRES-GINER, S. Valorization of liquor waste derived spent coffee grains for the development of injection-molded polylactide pieces of interest as disposable food packaging and serving materials. **Foods**, Basileia, v. 11, n. 8, p. 1–26, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/8/1162>. Acesso em: 23 abr. 2023.

THANH, N. N.; TAN, V. M.; TRUNG, D. H.; HUONG, P. T. M.; NHUNG, L. T. H.; HA, N. M.; VAN, N. T.; TUNG, N. T.; THUY, N. T. T. Effect of alkaline-treated spent coffee grounds and compatibilizer on the mechanical properties of bio-composite based on polypropylene matrix. **Vietnam Journal of Chemistry**, Nova Jersey, v. 61, p. 148–153, 2023. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/vjch.202300064>. Acesso em: 1 mar. 2024.

TODA, T. A.; VISIOLI, P. de C. F.; OLIVEIRA, A. L.; RODRIGUES, C. E. C. Conventional and pressurized ethanolic extraction of oil from spent coffee grounds: Kinetics study and evaluation of lipid and defatted solid fractions. **The Journal of Supercritical Fluids**, Amsterdã, v. 177, p. 1–14, 2021. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896844621001728>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TORRES, A.; LI, S. M.; ROUSSOS, S.; VERT, M. Screening of microorganisms for biodegradation of poly(lactic-acid) and lactic acid-containing polymers. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 62, n. 7, p. 2393–2397, 1996. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/aem.62.7.2393-2397.1996>. Acesso em: 23 abr. 2022.

TRIPATHY, S.; JALI, P.; PARIDA, C.; PRADHAN, C. Study on biodegradability and thermal behaviour of composites using poly lactic acid and gamma-irradiated fibres of *Luffa cylindrica*. **Chemosphere**, Amsterdã, v. 261, p. 1–8, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127684>. Acesso em: 23 abr. 2023.

TRIPATHY, S.; PATRA, S.; PARIDA, C.; PRADHAN, C. Green biodegradable dielectric material made from PLA and electron beam irradiated luffa cylindrica fiber: devices for a sustainable future. **Environmental Science and Pollution Research**, Heidelberg, v. 30, n. 53, p. 114078–114094, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30477-w>. Acesso em: 1 mar. 2024.

VALDÉS, A.; CASTRO-PUYANA, M.; MARINA, M. L. Isolation of proteins from spent coffee grounds. Polyphenol removal and peptide identification in the protein hydrolysates by RP-HPLC-ESI-Q-TOF. **Food Research International**, Amsterdã, v. 137, p. 1–11, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109368>. Acesso em: 23 abr. 2023.

VIDAL, R.; MOLINER, E.; MARTIN, P. P.; FITA, S.; WONNEBERGER, M.; VERDEJO, E.; VANFLETEREN, F.; LAPEÑA, N.; GONZÁLEZ, A. Life cycle assessment of novel aircraft interior panels made from renewable or recyclable polymers with natural fiber reinforcements and non-halogenated flame retardants. **Journal of Industrial Ecology**, Nova Jersey, v. 22, n. 1, p. 132–144, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12544>. Acesso em: 23 abr. 2023.

WAISARIKIT, A.; ROSS, S.; ROSS, G. M.; MAHASARANON, S. The influence of cassava starch on the properties of PLA/PBS/SCG films for packaging applications. **Polymer: Plastics Technology and Materials**, Londres, v. 62, n. 13, p. 1684–1695, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/25740881.2023.2228884>. Acesso em: 1 mar. 2024.

WANG, K.; BAHLOULI, N.; ADDIEGO, F.; AHZI, S.; RÉMOND, Y.; RUCH, D.; MULLER, R. Effect of talc content on the degradation of re-extruded polypropylene/talc composites. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 98, n. 7, p. 1275–1286, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2013.04.006>. Acesso em: 23 abr. 2023.

WAY, C.; WU, D. Y.; CRAM, D.; DEAN, K.; PALOMBO, E. Processing stability and biodegradation of polylactic acid (PLA) composites reinforced with cotton linters or maple hardwood fibres. **Journal of Polymers and the Environment**, Heidelberg, v. 21, n. 1, p. 54–70, 2013. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-012-0462-1>. Acesso em: 23 abr. 2023.

WEISS, M.; HAUFE, J.; CARUS, M.; BRANDÃO, M.; BRINGEZU, S.; HERMANN, B.; PATEL, M. K. A Review of the Environmental Impacts of Biobased Materials. **Journal of Industrial Ecology**, Nova Jersey, v. 16, p. S169–S181, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1530-9290.2012.00468.x>. Acesso em: 23 abr. 2023.

WOJNOWSKA-BARYŁA, I.; BERNAT, K.; ZABOROWSKA, M. Plastic waste degradation in landfill conditions: the problem with microplastics, and their direct and indirect environmental effects. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basileia, v. 19, p. 1–15, 2022. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/20/13223>. Acesso em: 23 abr. 2022.

WÖTZEL, K.; WIRTH, R.; FLAKE, M. Life cycle studies on hemp fibre reinforced components and ABS for automotive parts. **Die Angewandte Makromolekulare Chemie**, Nova Jersey, v. 272, n. 1, p. 121–127, 1999. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1522-9505\(19991201\)272:1%3C121::AID-APMC121%3E3.0.CO;2-T](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1522-9505(19991201)272:1%3C121::AID-APMC121%3E3.0.CO;2-T). Acesso em: 23 abr. 2023.

WU, C. S. Renewable resource-based composites of recycled natural fibers and maleated polylactide bioplastic: Characterization and biodegradability. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 94, n. 7, p. 1076–1084, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2009.04.002>. Acesso em: 23 abr. 2023.

WU, C. S. Renewable resource-based green composites of surface-treated spent coffee grounds and polylactide: Characterisation and biodegradability. **Polymer Degradation and Stability**, Amsterdã, v. 121, p. 51–59, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2015.08.011>. Acesso em: 23 abr. 2023.

WU, M. Y. T.; MAK, S. L.; TANG, W. F.; LI, C. H.; CHAN, T. W. A review on melt flow index characteristics of polylactide (PLA) for recycle use in 3-D printing. **Journal of Testing and Evaluation**, Pensilvânia, v. 50, n. 4, p. 2260–2267, 2022. Disponível em: <https://asmedigitalcollection.asme.org/testingevaluation/article/50/4/2260/1192055/A-Review-on-Melt-Flow-Index-Characteristics-of>. Acesso em: 23 abr. 2023.

XIAO, Z.; HOU, X.; HWANG, S.; LI, H. The biocomposites properties of compounded poly(lactic acid) with untreated and treated spent coffee grounds. **Journal of Applied Polymer Science**, Nova Jersey, v. 139, p. 1–11, 2022. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.53092>. Acesso em: 23 abr. 2023.

XU, X.; JAYARAMAN, K.; MORIN, C.; PECQUEUX, N. Life cycle assessment of wood-fibre-reinforced polypropylene composites. **Journal of Materials Processing Technology**, Amsterdã, v. 198, p. 168–177, 2008. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013607006656>. Acesso em: 23 abr. 2023.

XU, H.; SHEN, M.; SHANG, H.; XU, W.; ZHANG, S.; YANG, H.-R.; ZHOU, D.; HAKKARAINEN, M. Osteoconductive and antibacterial poly(lactic acid) fibrous membranes impregnated with biobased nanocarbons for biodegradable bone regenerative scaffolds. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, Washington, v. 60, n. 32, p. 12021–12031, 2021. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.iecr.1c02165>. Acesso em: 23 abr. 2023.

XUE, P.; WANG, K.; JIA, M.; YANG, M. Biodegradation and mechanical property of polylactic acid/thermoplastic starch blends with poly (ethylene glycol). **Journal of Wuhan University of Technology Materials Science**, Heidelberg, v. 28, n. 1, p. 157–162, 2013. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11595-013-0658-9>. Acesso em: 23 abr. 2023.

YU, I. K. M.; CHAN, O. Y.; ZHANG, Q.; WANG, L.; WONG, K.-H.; TSANG, D. C. W. Upcycling of spent tea leaves and spent coffee grounds into sustainable 3d-printing materials: natural plasticization and low-energy fabrication. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, Washington, v. 11, n. 16, p. 6230–6240, 2023. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acssuschemeng.2c07330>. Acesso em: 1 mar. 2024.

YU, W.; YUAN, T.; YAO, Y.; DENG, Y.; WANG, X. PLA/coffee grounds composite for 3D printing and its properties. **Forests**, Basileia, v. 14, n. 2, p. 1–11, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/14/2/367>. Acesso em: 1 mar. 2024.

ZAABA, N. F.; JAAFAR, M. A review on degradation mechanisms of polylactic acid: hydrolytic, photodegradative, microbial, and enzymatic degradation. **Polymer Engineering & Science**, Nova Jersey, v. 60, n. 9, p. 2061–2075, 2020. Disponível em: <https://4spepublications.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pen.25511>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ZAH, R.; HISCHIER, R.; LEÃO, A. L.; BRAUN, I. Curauá fibers in the automobile industry: a sustainability assessment. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 15, p. 1032–1040, 2007. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652606003507>. Acesso em: 23 ago. 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**, Washington, v. 4, n. 9, p. 13879–13888, 2019. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsomega.9b01564>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ŻENKIEWICZ, M.; MALINOWSKI, R.; RYTLEWSKI, P.; RICHERT, A.; SIKORSKA, W.; KRASOWSKA, K. Some composting and biodegradation effects of physically or chemically crosslinked poly(lactic acid). **Polymer Testing**, Amsterdã, v. 31, n. 1, p. 83–92, 2012. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0142941811001619>. Acesso em: 23 abr. 2023.

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**, Nova Jersey, v. 137, p. 1–11, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.49390>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ZHAO, X.; COPENHAVER, K.; WANG, L.; KOREY, M.; GARDNER, D. J.; LI, K.; LAMM, M. E.; KISHORE, V.; BHAGIA, S.; TAJVIDI, M.; TEKINALP, H.; OYEDEJI, O.; WASTI, S.; WEBB, E.; RAGAUSKAS, A. J.; ZHU, H.; PETER, W. H.; OZCAN, S. Recycling of natural fiber composites: challenges and opportunities. **Resources, Conservation and Recycling**, Amsterdã, v. 177, p. 1–25, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105962>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ZHAO, P.; RAO, C.; GU, F.; SHARMIN, N.; FU, J. Close-looped recycling of polylactic acid used in 3D printing: an experimental investigation and life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 197, p. 1046–1055, 2018. Disponível em:

<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618319346>. Acesso em: 23 abr. 2023.

ZOUARI, M.; MIKULJAN, M.; SCHWARZKOPF, M. Impact of biochar on the fungal decay resistance of hemp-polylactic acid composites against wood basidiomycetes. **Frontiers in Materials**, Lausanne, v. 10, p. 1–10, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmats.2023.1129303/full>. Acesso em: 1 mar. 2024.

ZUORRO, A.; LAVECCHIA, R. Spent coffee grounds as a valuable source of phenolic compounds and bioenergy. **Journal of Cleaner Production**, Amsterdã, v. 34, p. 49–56, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.003>. Acesso em: 23 abr. 2023.