

Caracterização de Material Particulado de Madeiras de Pinus e Eucalipto

Characterization of Particulate Material from Pine and Eucalyptus Woods

Ithalo Amorim de Melo, mestre, IFAL.

ithaloamorim@gmail.com

Áurea Luiza Quixabeira Rosa e Silva Raposo, doutora, IFAL.

aurea.raposo@ifal.edu.br

Resumo

Este artigo teve como objetivo a caracterização de materiais compósitos de Pinus e Eucalipto provenientes de lixamento em empresa de beneficiamento de madeira em Marechal Deodoro/AL. Trata-se de estudo de pesquisa aplicada, tecnológica, descritiva e explicativa, com abordagem quantitativa-qualitativa. Para a caracterização físico-química do material particulado de Pinus + Eucalipto (MPPE), foram realizadas a Análise Granulométrica, a Fluorescência de Raios X, a Difração de Raios X e a Microscopia Eletrônica de Varredura. Os resultados revelaram que o MPPE é composto por partículas finas, apresentando estrutura lamelar e partículas aglomeradas.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável; Material Compósito; Tratamento de Fendas

Abstract

This article aimed to characterize composite materials of Pine and Eucalyptus derived from sanding in a wood processing company in Marechal Deodoro/AL. It is an applied, technological, descriptive, and explanatory research study with a quantitative-qualitative approach. For the physicochemical characterization of the Pine + Eucalyptus particulate material (MPPE), Granulometric Analysis, X-Ray Fluorescence, X-Ray Diffraction, and Scanning Electron Microscopy were performed. The results revealed that the MPPE is composed of fine particles, presenting a lamellar structure and agglomerated particles.

Keywords: Sustainable Development; Composite Material; Crack Treatment

1. Introdução

Os problemas ambientais têm provocado na sociedade preocupações sobre o desequilíbrio ambiental, e as discussões têm se destacado em várias partes do mundo em busca de soluções para o equilíbrio dos ecossistemas (Andrade; Silva, 2017) [1]. Em 2015, a ONU assumiu a responsabilidade de liderar a Agenda 2030, que colocou em discussão os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. A Agenda 2030 estabeleceu um plano de ação com base em quatro dimensões: desenvolvimento econômico, inclusão social, sustentabilidade ambiental e boa governança, incluindo 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e 169 metas. A Agenda 2030 traz à tona questões relacionadas à responsabilidade social, incentivando a interação entre organizações, empresários e cidadãos para ações voltadas às demandas sociais que visem melhorar as condições de vida das pessoas e a interação com o meio ambiente (ONU, 2024) [2].

A sustentabilidade refere-se à capacidade de manter determinada atividade ou sistema ao longo do tempo, sem comprometer a sua capacidade de continuar a produzir e atender às necessidades das gerações futuras. Em outras palavras, a sustentabilidade envolve a busca pelo equilíbrio entre os aspectos ambientais, sociais e econômicos de uma atividade ou sistema (Carvalho, 2019) [3].

O desenvolvimento sustentável consiste no modelo de desenvolvimento que busca atender às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. Surgiu como resposta à crescente preocupação com os impactos ambientais negativos do modelo de desenvolvimento econômico tradicional sobre o meio ambiente e a sociedade. O desenvolvimento sustentável envolve a adoção de práticas e políticas que consideram não apenas os aspectos econômicos de determinada atividade, mas também os aspectos sociais e ambientais. Isso significa promover o uso sustentável dos recursos naturais, a redução dos impactos ambientais, a inclusão social e o respeito aos direitos humanos (Carvalho, 2019) [3].

Este artigo, derivado de pesquisa desenvolvida no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais do Instituto Federal de Alagoas (IFAL), Campus Marechal Deodoro/AL, aborda a importância do reprocessamento de material particulado de Pinus + Eucalipto (MPPE), tomando por referência o contexto produtivo de uma empresa alagoana, visto que esses materiais não são utilizados no processo de beneficiamento de origem, sendo destinados para aterros sanitários, incinerados em fornos, entre outras destinações finais ambientalmente adequadas. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) define, no inciso VII do Art. 3º, as destinações finais ambientalmente adequadas:

VII – destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (Brasil, 2010) [4].

Baseado na PNRS (Brasil, 2010) [4], o destino dos materiais particulados da empresa alagoana atende aos requisitos legais; no entanto, existem outras formas de destinação final ambientalmente adequada que poderiam ser adotadas no processo operacional da empresa, com a finalidade de contribuir com a redução do envio de materiais para essas unidades de tratamento, visto que os aterros sanitários possuem tempo de uso e esse tempo poderia ser

ampliado com a utilização de outros métodos que reduzem a sua carga ambiental, tais como reutilização, reciclagem e compostagem.

Outro ponto observado, que pode ser ajustado no processo de beneficiamento das peças de madeira da empresa local, foi o método de tratamento de fendas de madeira de Eucalipto, realizado por meio da aplicação de MPPE + adesivo acrílico à base de Acetato de Polivinila (PVA) e/ou de pastas acrílicas industrializadas. Esses métodos possuem etapas que geram materiais contaminados devido ao uso de produtos químicos considerados agressivos ao meio ambiente, como solventes químicos e materiais sintéticos.

Esses métodos de reparo e tratamento apresentam problemas ambientais locais quando analisados sob a perspectiva dos conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável apresentados. O tratamento de fendas pode causar impactos ambientais devido ao uso de produtos e materiais que, quando em contato com o meio ambiente, podem gerar danos ambientais. Isso gerou a demanda para se analisar o potencial técnico do material particulado de Pinus + Eucalipto (MPPE) quanto às suas características físico-químicas, visando a aplicação em material compósito para tratar as fendas da madeira de Eucalipto. A relevância dessa pesquisa se justificou face às problemáticas ambientais encontradas no processo produtivo da empresa alagoana e à busca por soluções técnicas para reduzir o uso de materiais sintéticos e o envio de resíduos para unidades de tratamento.

O reprocessamento de material particulado proveniente do processo de beneficiamento das madeiras reflorestadas de Pinus e Eucalipto mostrou-se alinhado com os ODS 15 (vida terrestre), ODS 12 (consumo e produção responsável) e ODS 9 (indústria, inovação e infraestrutura); pois pode contribuir para reduzir o desmatamento de áreas de proteção ambiental (ODS 15.2), incentivar empresas a adotar políticas sustentáveis (ODS 12.6), reduzir o envio potencial de materiais para locais inadequados (ODS 12.c) e tornar processos industriais mais limpos (ODS 9.4) (ONU, 2015). Os ODS 15, 12 e 9 também estão relacionados aos princípios da economia circular, já que se trata de reduzir o desperdício de recursos naturais e materiais e promover o reprocessamento de materiais secundários para minimizar os danos ambientais causados.

2. Procedimentos Metodológicos

Esse estudo deriva de pesquisa aplicada, de natureza tecnológica, descritiva e explicativa, cuja abordagem metodológica foi quantitativa-qualitativa (Will, 2012) [5]. Para Santos (2018) [6], estudos de natureza descritiva buscam estabelecer o estado da arte de determinado tema, a fim de analisar e integrar o aprendizado obtido com pesquisas anteriores à solução do problema da pesquisa. Como procedimentos metodológicos, a pesquisa utilizou: pesquisa bibliográfica e documental, estudo de caso e pesquisa experimental. A pesquisa experimental foi delineada em sete etapas. A primeira etapa, composta pela revisão bibliográfica, foi realizada visando a fundamentação teórica. A segunda etapa consistiu na coleta de dados *in loco* do processo de beneficiamento da madeira de Pinus e Eucalipto, durante a qual foram coletados os dados e realizado o diagnóstico ambiental. Na terceira etapa, foi realizada a coleta do MPPE. A quarta etapa consistiu na caracterização do MPPE em laboratório a partir dos ensaios de análise granulométrica, microscopia de varredura, difração de Raios X, fluorescência de Raios X e densidade. Na quinta etapa, foram definidas as composições das amostras que foram submetidas aos ensaios tecnológicos. Na sexta etapa, foram moldados os corpos-de-prova para os ensaios tecnológicos. Por fim, a sétima etapa compôs-se pelos ensaios tecnológicos de resistência à compressão e flexão. Este artigo

apresenta os resultados da quarta etapa da pesquisa experimental, relacionada aos ensaios de caracterização.

Para a obtenção dos materiais particulados de Pinus e Eucalipto, foram realizadas visitas técnicas na oficina de beneficiamento de madeira, para fins de levantamento e identificação dos métodos operacionais da empresa alagoana, que está localizada às margens da Rodovia AL-101 Sul, na cidade de Marechal Deodoro-AL, bem como para a coleta da amostra MPPE.

Durante as visitas, constatou-se a existência de problemas ambientais decorrentes do processo produtivo. A fim de analisar os impactos ambientais gerados pelas atividades, foi realizada uma avaliação qualitativa dos aspectos ambientais, utilizando o método de Matriz de Interação ou checklist descrito por Moreira (1985) [7], conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 01/1986. O objetivo principal dessa avaliação foi fornecer subsídios para a tomada de decisão sobre o processo produtivo e as soluções técnicas que seriam compatíveis para melhorar as atividades operacionais e para mitigar os impactos ambientais identificados, cujos resultados encontram-se sintetizados no estudo de Melo (2023) [8].

Os materiais particulados de Pinus e Eucalipto foram coletados e enviados para análise em laboratórios técnicos. Em seguida, as amostras de MPPE passaram por ensaios de Análise Granulométrica (AG), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Fluorescência de Raios X (FRX) e Difração de Raios X (DRX). A caracterização físico-química ocorreu nos Laboratórios de Solos do IFAL, Química do IFAL, e CTGAS-ER, SENAI em Natal-RN. A densidade foi determinada após secagem em estufa eletrônica da SolidSteel, no Laboratório de Materiais do IFAL, *campus* Maceió.

3. Resultados

Os resultados e discussões apresentados neste artigo foram gerados por meio dos ensaios de caracterização do MPPE, com o intuito de obter informações sobre suas características físico-químicas.

3.1. Análise Granulométrica

A amostra do MPPE foi pesada em balança eletrônica, com 500g; e, em seguida, foi inserida no conjunto de peneiras com malhas de: 4,80 mm; 2,40 mm; 1,20 mm; 600 mm; 300 mm e 150 mm, conforme apresenta a Tabela 1. A Tabela 1 foi elaborada com base na ABNT NBR 248 (ABNT, 2003) [9] - “Agregados - Determinação da composição granulométrica”, adaptada para materiais particulados de madeira de Pinus e Eucalipto.

Tabela 1: Peneiramento.

Peneiras	Massa Retida (g)	% Retido
4,80 mm	6,468	1,44
2,40 mm	6,574	1,30
4,80 mm	8,695	1,71
600 mm	13,114	2,59
300 mm	115,681	22,80
150 mm	159,156	31,37

Fundo	181,930	35,86
-------	---------	-------

Fonte: Melo (2023) [8].

Com base na Tabela 1, pôde-se constatar que o MPPE apresentou composição heterogênea, com a presença de materiais fibrosos e particulados. Essas diferenças na composição do material estão diretamente relacionadas com sua origem, já que os particulados são gerados em diferentes etapas do processo produtivo na oficina. A presença de materiais heterogêneos no MPPE pode ter impactos significativos no processo de beneficiamento, visto que diferentes tipos de partículas podem apresentar comportamentos distintos durante as etapas de produção.

De acordo com a Tabela 1, o material retido na peneira de 2,40 mm tem origem na fase de cortes com ferramentas e/ou máquinas que raspam as peças de madeiras de Pinus e Eucalipto. Na peneira de 1,20 mm, ficaram retidos materiais provenientes da fase de cortes com ferramentas que possuem lâminas com espessuras menores que a retida na peneira anterior. Na peneira de 600 µm, o material retido apresentou características de transição da fase de fibras para particulados, visto que esse material foi proveniente da etapa de cortes das peças de MPPE com serra. Na peneira de 300 µm, ficaram retidos materiais com granulometria fina, provenientes dos serviços de cortes e lixamento. Na peneira de 150 µm, ficaram retidos os materiais particulados provenientes de serviços de lixamento manual e/ou mecânico com lixas que possuem granulometrias pequenas. Por fim, os materiais que ficaram no fundo do conjunto de peneiras também são provenientes dos serviços de lixamento.

O ensaio de peneiramento permitiu identificar que o MPPE possui característica granulométrica fina, devido ao maior percentual de material ficar retido na peneira com abertura de 150 µm. Convém destacar que, após a conclusão do processo de peneiramento, foi constatado que 8,380 g do material foram dispersos, em função da densidade do MPPE. Esse resultado evidencia a importância de se considerar a densidade do material em processos de separação por peneiramento e em outras etapas do processo produtivo.

Dessa forma, pôde-se concluir que o processo de peneiramento do MPPE foi executado de acordo com as normas estabelecidas pela ABNT NBR 248 (ABNT, 2003) [9], o que garante a precisão dos resultados obtidos. O ensaio permitiu a identificação das características granulométricas do MPPE, que são fundamentais para a definição de estratégias de processamento mais eficientes.

3.2. Fluorescência de Raios X (DRX)

O resultado da análise química semiquantitativa em percentual (%) de peso em óxido da amostra analisada encontra-se apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Resultado da análise química semi-quantitativa da amostra.

Óxido	(%)
Cr ₂ O ₃	30,02
As ₂ O ₃	14,58
Si O ₂	12,03
Fe ₂ O ₃	11,35

CaO	11,25
Al ₂ O ₃	8,03
CuO	7,30
K ₂ O	2,69
SO ₃	1,83
TiO ₂	0,76
ZnO	0,16

Fonte: Melo (2023) [8].

De acordo com a Tabela 2, após o ensaio de DRX, foi identificada na amostra a presença de óxido de cromo (Cr₂O₃) e trióxido de arsênio (As₂O₃). Esses compostos químicos são considerados tóxicos e carcinogênicos, porque apresentam características que podem afetar negativamente a saúde humana e o meio ambiente (Lau, 2020) [10]. O cromo hexavalente (Cr6+) é capaz de penetrar no organismo por meio da ingestão, inalação ou contato com a pele e pode causar danos genéticos, mutações, danos ao fígado, rins e pulmões, além de estar associado a diversos tipos de câncer, como câncer de pulmão, próstata e estômago (Lau, 2020) [10].

Observa-se que o Cr₂O₃ e o As₂O₃ são substâncias comumente empregadas na etapa de tratamento químico da madeira de Eucalipto, conhecida como tratamento preservativo. Essa técnica tem como objetivo aumentar a resistência e a durabilidade da madeira, protegendo-a contra a ação de agentes biológicos, como insetos, fungos e cupins. Esses compostos químicos são utilizados como parte dos produtos preservativos à base de cobre cromatado e arseniato de cobre cromatado (CCA). O CCA é o composto químico que contém cobre, cromo e arsênio, sendo frequentemente empregado na indústria madeireira para a preservação de madeiras (Cabral; Raposo, 2011) [11].

Na análise de DRX, foram identificadas as presenças dos compostos químicos carbeto de silício (SiC) e dióxido de silício (SiO₂) na amostra do MPPE. A presença de SiC e SiO₂ na amostra do MPPE pode estar relacionada com o processo de tratamento da madeira de Pinus e/ou Eucalipto ou com o processo de beneficiamento das peças de madeira. A fase SiC não foi encontrada na composição da madeira de Pinus e Eucalipto, pois o SiC é um composto sintético produzido industrialmente a partir de sílica (Si) e carbono (C) em altas temperaturas, que geralmente não é encontrado na natureza (Rovedder Jr *et al.*, 2021) [12]. No entanto, é possível que a amostra tenha sido contaminada no processo de lixamento das madeiras com os grãos abrasivos das lixas. De acordo com a ABNT NBR 15230 (ABNT, 2023) [13], as lixas são revestidas com camadas compostas por partículas e ligas abrasivas que podem incluir óxido de alumínio (Al₂O₃), carbeto de silício (SiC) e alumina-zircônia.

Já a presença de SiO₂ na madeira de Pinus pode estar relacionada com a incorporação de Si durante o processo de silicificação da madeira, que é o tratamento químico utilizado para melhorar a durabilidade e as propriedades mecânicas da madeira. Nesse processo, o Si é adicionado à estrutura da madeira, formando uma rede de Si dentro das células da madeira (Rovedder Jr *et al.*, 2021) [12]. A madeira de Eucalipto pode conter SiO₂ na composição, que é um composto comum encontrado na natureza, incluindo em plantas, como o Eucalipto. A quantidade de SiO₂ na madeira de Eucalipto pode variar, dependendo de fatores como o tipo de solo e o clima em que a árvore cresceu. A presença de SiO₂ na madeira pode ter algumas implicações para sua qualidade e usabilidade, mas geralmente não é considerada prejudicial (Oliveira; Pinto Junior, 2021) [14].

3.3. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Figura 1 ilustra imagem gerada no MEV para o MPPE. Foi gerada 1 (uma) micrografia eletrônica das amostras de MPPE, com magnificação de 502x e escala de 100 μm . A imagem capturada no MEV forneceu dados importantes para a compreensão da composição do MPPE.



Figura 1 : MEV da superfície do MPPE com magnificação de 502x. Fonte: Melo (2023) [8].

As características das fibras de Pinus e de Eucalipto são bastante distintas. No entanto, na imagem gerada, foi possível observar a união dessas duas madeiras, resultando em material composto com estrutura combinada. Através das micrografias geradas no MEV e ilustradas na Figura 1, foi possível observar características como a distribuição, a aglomeração, os aspectos da superfície e o formato das partículas. Essas informações foram importantes para a caracterização do MPPE.

As micrografias revelaram a interação entre as fibras de Pinus e Eucalipto, destacando a compatibilidade entre as duas espécies no material composto. Observou-se que as fibras de Pinus, conhecidas por possuir maior flexibilidade e menor densidade, se entrelaçavam com as fibras de Eucalipto, que apresentaram maior rigidez e densidade. Essa combinação resultou em material com propriedades mecânicas melhoradas, como maior resistência e durabilidade.

4. Análises dos Resultados ou Discussões

Durante as observações realizadas na imagem do MEV, constatou-se que o material em questão consiste em particulados finos, confirmando os resultados da análise granulométrica, com superfícies irregulares e formato lamelar, conforme pode ser verificado na Figura 1. Essa característica resulta em área de contato maior para o material, o que pode facilitar a formação de material composto. Essas formações podem atuar como pontos de apoio,

permitindo a ligação com o material aglomerante a ser utilizado. A interação entre as partículas e o aglomerante é favorecida devido à ampla superfície de contato proporcionada pelas superfícies não uniformes das partículas finas. Como resultado, a junção entre esses componentes pode ser mais eficiente e resistente. Essa afirmação também foi confirmada em estudo correlato desenvolvido por Leite Filho (2021) [15].

Além disso, a presença de superfícies irregulares nas partículas pode influenciar significativamente as propriedades mecânicas do material composto. As superfícies não uniformes aumentam a fricção entre as partículas e o aglomerante, resultando em matriz mais coesa e estável. Este fator é importante para aplicações onde a resistência à tração e à compressão são essenciais, como em materiais de construção e componentes estruturais (Merlini, 2021) [16].

Portanto, a caracterização detalhada dos particulados finos, com superfícies irregulares e formato lamelar, não só confirma os resultados da análise granulométrica, mas também proporciona percepções valiosas sobre a formação e a eficiência do material composto (Merlini, 2021) [16].

5. Conclusão

Portanto, as informações obtidas através das imagens do MEV, análise granulométrica, FRX e DRX foram fundamentais para a análise e descrição detalhada dos materiais em escala microscópica. Essa análise permitiu obter dados relevantes sobre o formato das partículas, o que contribuiu de forma significativa para o avanço da pesquisa. Após as análises granulométricas, foi possível concluir que o composto MPPE apresenta granulometria fina. Além disso, essa análise permitiu compreender melhor as características dos materiais, contribuindo significativamente para o reprocessamento do MPPE.

Recomenda-se expandir a caracterização do material através da realização de ensaios complementares adicionais, como a Análise Termogravimétrica (TG) e outros ensaios. A Análise Termogravimétrica pode fornecer informações detalhadas sobre a estabilidade térmica do material e sua composição, ajudando a identificar a temperatura de decomposição dos componentes presentes no MPPE.

A expansão dessas análises permitirá compreensão mais abrangente das propriedades do MPPE, possibilitando a otimização dos processos de produção e aplicação em diferentes setores industriais. A realização desses ensaios adicionais pode também contribuir para o desenvolvimento de novos materiais compostos com características avançadas, ampliando as aplicações e melhorando a performance.

Referências

- [1] ANDRADE, M. C. K.; SILVA, M. L. da. Os Impactos Ambientais da Atividade Mineradora. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade – v.11 n.6 – 2017.
- [2] ONU. Organização das Nações Unidas. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil, 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acessado em: 11 jul 2024.
- [3] CARVALHO, G. O. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: uma visão contemporânea. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, 8(1), 789–792. Disponível em: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v8e12019789-792>. 2019.
- [4] BRASIL. Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília-DF, 2 ago. 2010.
- [5] WILL, D. E. M. Metodologia da pesquisa científica. Livro digital / Design instrucional. 2a Ed. Rev. e atual. – Palhoça: Unisul Virtual, 2012. 126 p. il.; 28 cm.
- [6] SANTOS, A. dos. Seleção do Método de Pesquisa: guia para pós-graduação em design e áreas afins. Curitiba, PR: Insight, 2018.
- [7] MOREIRA, I. V. D. Avaliação de impactos ambientais. Rio de Janeiro: FEEMA/RJ. 1985. 34 p.
- [8] MELO. I. A. de. Análise de material compósito para reparação e tratamento de fendas em madeira de eucalipto reflorestado em Alagoas. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais. Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, Alagoas. 2023.
- [9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.
- [10] LAU, L. L. Comportamento dos elementos-traço (arsênio, cádmio, chumbo, cloro, cobre, mercúrio e níquel) no processo de sinterização piloto de minério de ferro. Tese. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte - MG, 2020.
- [11] CABRAL, R. Q.; RAPOSO, R. Manual para Montagem de Estruturas com Sistema Construtivo AMARU PERFILADO e Acabamento em Osmocolor. Manual técnico. 1ª edição - REV 06-25.01. Belo Horizonte. 2011.
- [12] ROVEDDER Jr., P.; ACOSTA, A. P.; SCHULZ, H. R.; GALLIO, E.; GATTO, D. A. Propriedades físicas e químicas da madeira de *Pinus elliottii* impregnada com sílica. Scientia Forestalis, 49(130), e3478. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n130.24>. Pelotas – Rs. 2021.
- [13] ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15230:2023: Ferramentas abrasivas — Uso, manuseio, segurança, classificação e padronização. Rio de Janeiro, 2023.
- [14] OLIVEIRA, E. B. de; PINTO JUNIOR, J. E. O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento. Embrapa. ISBN: 978-65-87380-04-9. Brasília – DF. 2021
- [15] LEITE FILHO, G.P. Análise das características físico-químicas de material particulado de painel de fibra de média densidade e de plástico reforçado com fibra de

vidro para material compósito. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais. Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, Alagoas. 2021.

[16] MERLINI, C. Ciência e Tecnologia de Compósitos Poliméricos. Artliber Editora, 2021.