

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

NATALIA ANTUNES SEIDL
THAIS FERNANDA MEIDAS CORRÊA

ANÁLISE DA APLICABILIDADE E DA INSERÇÃO DE CONCEITO
DE ECONOMIA CIRCULAR EM UMA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE
MADEIRA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2020

**NATALIA ANTUNES SEIDL
THAIS FERNANDA MEIDAS CORRÊA**

**ANÁLISE DA APLICABILIDADE E DA INSERÇÃO DE CONCEITO
DE ECONOMIA CIRCULAR EM UMA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE
MADEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, do Departamento de Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski

Coorientador: Me. Murillo Vetroni Barros

PONTA GROSSA

2020

	<p>Ministério da Educação UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ CÂMPUS PONTA GROSSA Departamento Acadêmico de Engenharia de Produção</p>	
---	--	---

TERMO DE APROVAÇÃO DE TCC

ANÁLISE DA APLICABILIDADE E DA INSERÇÃO DE CONCEITO DE ECONOMIA CIRCULAR EM UMA INDÚSTRIA DE PAINÉIS DE MADEIRA

por

Natalia Antunes Seidl
Thais Fernanda Meidas Corrêa

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 17 de agosto de 2020 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção. As candidatas foram arguidas pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Cassiano Moro Piekarski
Prof. Orientador(a)

Prof. Dr. Antonio Carlos De Francisco
Membro titular

Prof. Dr. Fábio Neves Puglieri
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho só foi possível com a parceria e amizade entre nós e por isso agradecemos, primeiramente, à esta união que nos deu forças e determinação em todos os momentos.

Agradecemos às nossas famílias e amigos pelo incentivo perante adversidades, o que nos possibilitou superação e aprendizado.

À empresa de painéis de madeira que colaborou com o fornecimento das informações e nos deu a oportunidade da realização deste estudo, principalmente ao gestor responsável pelo preenchimento do formulário, que foi peça chave para os resultados obtidos.

Ao nosso orientador, Professor Dr. Cassiano Moro Piekarski pelo direcionamento concedido, e ao nosso coorientador, Me. Murillo Vetroni Barros, pela paciência e por sempre nos auxiliar prontamente.

Finalmente, à Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ao Departamento de Engenharia de Produção e a todos os professores pelos recursos e conhecimentos concedidos em todos os nossos anos de formação.

RESUMO

SEIDL, Natalia Antunes, CORRÊA, Thais Fernanda Meidas. **Análise da aplicabilidade e da inserção de conceito de Economia Circular em uma indústria de painéis de madeira.** 2020, 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2020.

A crescente conscientização ambiental da sociedade torna essencial às organizações avaliarem e controlarem os impactos relacionados à sustentabilidade em seu processo de produto ou serviço. Porém, quando se trata de práticas circulares, nota-se, ainda, a falta de estrutura e informação por parte das empresas quanto à sua implantação. Assim, o objetivo deste trabalho é analisar a aplicabilidade e a inserção de conceito da Economia Circular em uma indústria de painéis de MDF, identificando oportunidades e barreiras de atuação. Para entender o avanço e motivação das indústrias neste assunto, um questionário foi aplicado na área de gestão de uma indústria produtora de painéis de MDF (*Medium Density Fiberboard*), localizada no Sul do Brasil. A elaboração das perguntas foi baseada em um estudo que relacionou cinco modelos de negócio para a Economia Circular (Materiais Circulares, Recuperação de Recursos, Extensão da Vida do Produto, Plataforma de Compartilhamento e Produtos como Serviços) com práticas já existentes ou potenciais do setor de painéis de madeira. Nos resultados, os métodos de inclusão de matéria-prima no processo e reutilização do lodo foram considerados inviáveis, o primeiro por não ser valorizado pelo mercado e o segundo por questões logísticas e financeiras, porém a reutilização de água, de painéis não conformes para a produção de calço e de casca de tora e pó de madeira como biomassa para geração de energia já é realizada; a substituição da resina sintética no processo vem sendo estudada; a utilização de materiais hidrofóbicos já acontece em outra planta da indústria; a inserção de nanopartículas se mostrou possível por já existir tal matéria-prima em uma unidade da empresa; os métodos de melhoria de revestimento e tratamento térmico são ainda desconhecidos; além dos métodos apresentados, a empresa está lançando um produto à base de cobre ou prata com o intuito de estender a vida útil do produto e, por fim, o oferecimento de serviços de reparo, as plataformas de compartilhamento e produtos como serviço foram vistas como desestimuladoras de vendas de produtos novos. Portanto, como conclusão, foram encontradas oportunidades de estudo quanto à substituição de matérias-primas não ecológicas e quanto aos métodos de melhoria de revestimento, tratamento térmico e inserção de nanopartículas e as barreiras foram percebidas na reutilização de materiais como matéria-prima, na destinação do lodo e na introdução dos conceitos de plataforma de compartilhamento, produtos como serviço e serviços de reparo.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Economia Circular. Painéis de MDF. Modelos de Negócio.

ABSTRACT

SEIDL, Natalia Antunes, CORRÊA, Thais Fernanda Meidas. **Applicability and insertion analysis of Circular Economy concept in a wooden panel industry.** 2020. 60 p. Work of Conclusion Course (Graduation in Production Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Ponta Grossa, 2020.

The growing environmental awareness of society makes it essential for organizations to assess and control the impacts related to sustainability in their product or service process. However, when it comes to circular practices, there is also a lack of structure and information on the part of companies regarding their implementation. Thus, the objective of this work is to analyze the applicability of improvements in the Circular Economy in a MDF panel industry, identifying opportunities and barriers to action. To understand the progress and motivation of the industries in this matter, a questionnaire was applied in the management area of an industry producing MDF (Medium Density Fiberboard) panels, located in southern Brazil. The elaboration of the questions was based on a study that related five business models for the Circular Economy (Circular Materials, Resource Recovery, Product Life Extension, Sharing Platform and Products as Services) with existing or potential practices in the wood panels industry. In the results, the methods of including raw material in the process and reusing sludge were considered unfeasible, the first for not being valued by the market and the second for logistical and financial issues, but the reuse of water, non-compliant panels for the production of shim and log bark and wood powder as biomass for energy generation is already done; the substitution of synthetic resin in the process has been studied; the use of hydrophobic materials already happens at another plant in the industry; the insertion of nanoparticles proved possible because such raw material already exists in a company unit; the methods of improving coating and heat treatment are still unknown; in addition to the methods presented, the company is launching a copper or silver based product with the aim of extending the product's useful life and, finally, offering repair services, sharing platforms and products as a service were seen as discouraging sales of new products. Therefore, as a conclusion, study opportunities were found regarding the replacement of non-ecological raw materials and the methods of coating improvement, heat treatment and insertion of nanoparticles and the barriers were perceived in the reuse of materials as raw material, in the destination sludge and the introduction of sharing platform concepts, products as a service and repair services.

Keywords: Sustainability. Circular Economy. MDF panels. Business Models.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Etapas da organização do trabalho.....	14
Figura 2 - Etapas do trabalho	16
Figura 3 - Ciclo de vida do produto	20
Figura 4 - Distribuição geográfica das principais unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída.....	30
Figura 5 - Etapas do processo de produção do MDF.....	31
Figura 6 - Modelos de negócio de Economia Circular no setor de painéis de madeira	33
Gráfico 1 - Produção de PMR no Brasil em m ³	29
Gráfico 2 - Viabilidade dos métodos de extensão de vida do painel	42
Quadro 1 - Classificação da pesquisa deste trabalho	15

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEO	<i>Chief Executive Officer</i>
HB	<i>Hard Board</i>
HDF	<i>High Density Fiberboard</i>
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i>
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
MDP	<i>Medium Density Particleboard</i>
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PMR	Painel de Madeira Reconstituído
PMVA	Produto de Maior Valor Agregado
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
WBCSD	<i>World Business Council for Sustainable Development</i>

LISTA DE ACRÔNIMOS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
EUA	Estados Unidos da América
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
ONU	Organização das Nações Unidas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 JUSTIFICATIVA	12
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	13
2 METODOLOGIA	15
2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	15
2.2 APLICAÇÃO	16
2.3 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO	16
2.3.1 Levantamento Bibliográfico	17
2.3.2 Estudo de caso	17
2.3.3 Resultados	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 CICLO DE VIDA AMBIENTAL DO PRODUTO	20
3.2 ECONOMIA CIRCULAR	21
3.2.1 Ações da Economia Circular	24
3.2.2 O cenário atual da Economia Circular	25
3.3 PAINÉIS DE MADEIRA	27
3.3.1 Cenário do PMR no Brasil	28
3.3.2 Produção do MDF	30
3.4 MODELOS DE NEGÓCIO PARA ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR DE PAINÉIS DE MADEIRA	32
3.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE ESTUDOS RELACIONADOS ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS ENVOLVENDO PAINÉIS DE MADEIRA	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
4.1 PERFIL DO ENTREVISTADO	39
4.2 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE MATERIAIS CIRCULARES	39
4.3 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE RECUPERAÇÃO DE RECURSOS	40
4.4 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE EXTENSÃO DA VIDA DO PRODUTO	42
4.5 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE PLATAFORMA DE COMPARTILHAMENTO	43
4.6 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE PRODUTOS COMO SERVIÇOS	44
4.7 INTERPRETAÇÃO GERAL	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	47

REFERÊNCIAS.....	48
APÊNDICE A - Questionário para coleta de informações.....	56

1 INTRODUÇÃO

Vantagens competitivas, economia de alta performance e ações sustentáveis são os principais pilares de uma Economia Circular. A prática tem o objetivo de “dissociar a atividade econômica do consumo de recursos finitos e eliminar resíduos do sistema”, buscando, ainda, a permanência de materiais e a regeneração de sistemas naturais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2020).

Além das vantagens que a Economia Circular concede, o interesse pela implantação vem decorrente da pressão que as organizações estão sofrendo para levar em conta aspectos relacionados ao meio ambiente ao tomarem suas decisões, sendo referentes à aquisição de matéria-prima ou à destinação final do produto (MAY; GUENTHER; HALLER, 2017).

Um importante setor que a Economia Circular pode atuar é o madeireiro, pois este, em especial o de painéis reconstituídos, vêm ganhando espaço no mercado graças à capacidade de aproveitamento de matéria-prima proveniente de reflorestamento (ARAUJO, 2019a). Dentro desta categoria, se destacam o MDF (*Medium Density Fiberboard*) e o HDF (*High Density Fiberboard*), dos quais a produção anual de 2017 chegou a 95,2% do total de painéis de madeira produzidos no país.

Porém, este setor ainda utiliza elevada quantidade de matérias-primas virgens, o que, juntamente com a geração de resíduos, resulta em diversas deficiências relacionadas à área ambiental passíveis de atuação (ZENG et al., 2018). Conseqüentemente, o segmento acaba influenciando as mudanças climáticas, o que torna essencial a investigação de estratégias eficazes para uma produção sustentável.

Desta forma, os valores associados à sustentabilidade estão se tornando cada vez mais importantes nas indústrias deste setor, fazendo com que aumentem seu interesse em aprimorar os processos para se tornarem cada vez mais eficientes (LINKOSALMI *et al.*, 2016). Neste contexto, a Economia Circular se torna uma abordagem importante no que diz respeito a impulsionar as questões ambientais, pelas quais o mercado está sendo pressionado, juntamente com o desenvolvimento econômico (EUROPEAN COMMISSION, 2020).

O conceito desta abordagem envolve garantir que produtos, componentes e materiais sejam mantidos em seu maior nível de utilidade, incluindo práticas como

produção mais limpa, uso de materiais e energias renováveis, eliminação de resíduos, aumento da responsabilidade tanto dos produtos quanto dos consumidores, entre outros (GULDMANN; HUULGAARD, 2020; KRAVCHENKO; PIGOSSO; MCALOONE, 2019). A prática, portanto, visa impedir que novos recursos sejam constantemente extraídos da natureza em prol da produção de materiais que serão, no fim de suas vidas úteis, depositados em aterros (LU et al., 2020). Porém, ainda falta estrutura e informação por parte das organizações quando se almeja práticas circulares (GULDMANN; HUULGAARD, 2020).

Tendo como princípio esta atual conjuntura, estudos com o objetivo de entender a aplicabilidade e as oportunidades de práticas da Economia Circular no setor de painéis de madeira tornam-se essenciais para criar diretrizes e permitir uma antecipação à possíveis erros de atuação.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo responder à seguinte pergunta:

- Quais as oportunidades e barreiras da aplicabilidade da Economia Circular e como o conceito está inserido na indústria de painéis de MDF?

1.1 OBJETIVOS

Ao se constatar oportunidades de aprimoramento da Economia Circular no setor de painéis de madeira, foram traçados objetivos para avaliar a aplicabilidade destas em uma indústria de painéis de MDF na região Sul do Brasil.

1.1.1 Objetivo Geral

Identificar as oportunidades e barreiras da aplicabilidade e inserção de conceito da Economia Circular em uma indústria de painéis de MDF.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Compreender o atual cenário da Economia Circular no setor de painéis de madeira no Brasil;

- Realizar um estudo de caso em uma indústria de painéis de MDF na região Sul do Brasil;
- Avaliar os resultados obtidos na indústria de painéis de MDF;
- Identificar oportunidades e barreiras da aplicabilidade e inserção do conceito de Economia Circular na indústria de painéis de MDF.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica, primeiramente, pelos efeitos nos âmbitos ambientais, econômicos e sociais que se deseja alcançar através de práticas ofertadas pela Economia Circular, com mudanças que se perpetuem devido à geração de valor.

Quanto ao alcance concedido por este trabalho, pode-se encontrar nas questões ambientais oportunidades de atuação para reduzir a geração de resíduos provenientes da indústria de painéis de madeira, manter os materiais no processo de produção o máximo possível e permitir o retorno do produto no pós-uso, com o fechamento do ciclo. As medidas adotadas podem trazer como consequência a redução de custos e menor vulnerabilidade quanto à variação de preço de recursos e sua escassez na natureza. Além disso, os impactos sociais podem abranger a geração de emprego, valorização e qualificação dos funcionários, incentivando novas ações de melhoria e desenvolvimento social.

O trabalho pode também ser base de estudo para outras indústrias do setor de painéis de madeira, podendo ser aproveitadas as recomendações de potenciais oportunidades de fomento da Economia Circular na indústria de painéis de MDF.

As consequências deste trabalho podem ser sentidas por diversas esferas:

- Da empresa onde foi realizada o estudo de caso, com oportunidades para redução de custos, geração de processos mais cíclicos e fluidos, e aperfeiçoamento de seus valores e metas;
- Do meio ambiente, com menor geração de resíduos e menor extração de matérias-primas virgens da natureza;
- Da sociedade, com a inserção de produtos com maior valor agregado para consumo e com potencial de redução de custo;

- Governamental, considerando a responsabilidade social de tratamento/disposição dos resíduos, atendendo às exigências e normativas legais;
- Por fim, do meio científico, com a admissão de um novo estudo sobre o tema, trazendo novas particularidades, pontos de vista e possibilidades de fomento da Economia Circular na indústria de painéis de MDF.

Portanto, o presente trabalho se justifica pelas novas e relevantes contribuições que a Economia Circular pode fornecer no que diz respeito a cooperar com os interesses de todas as partes envolvidas, fundamentando-se em estudos, pensamentos e visões considerados relevantes no campo científico.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos, sendo que o primeiro se refere à apresentação do tema, contendo o problema, seus objetivos e justificativa.

O capítulo dois contém a metodologia, com as classificações nas quais se encaixam esta pesquisa, as etapas de desenvolvimento do questionário e os critérios usados para sua elaboração.

O terceiro capítulo trata sobre os elementos fundamentais para o entendimento do trabalho, sendo descritos os princípios, ações e o cenário atual da Economia Circular, além de discorrer sobre a indústria e produção de painéis de madeira, abrangendo principalmente a produção do MDF no Brasil.

Os resultados e discussões obtidos na indústria de painéis de MDF estão presentes no capítulo quatro.

Por fim, o capítulo cinco diz respeito às conclusões deste estudo e, ainda, às propostas de avanço para trabalhos futuros.

Neste sentido, a Figura 1 mostra, em forma de fluxograma, a estrutura que este trabalho foi organizado e os conteúdos apresentados por cada divisão.

Figura 1 - Etapas da organização do trabalho



Fonte: Autoria própria (2020)

2 METODOLOGIA

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a categorização desta pesquisa quanto à natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Além disso, tem como propósito mostrar a forma de elaboração do questionário e o modo que foi aplicado em uma indústria de MDF no Sul no Brasil.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Inicialmente, o Quadro 1, seguindo as definições de Ramalho e Marques (2009), apresenta cada classificação que este estudo pode receber.

Quadro 1 - Classificação da pesquisa deste trabalho

Categoria	Classificação
Natureza	Básica
Abordagem	Qualitativa
Objetivos	Descritiva
Procedimentos técnicos	Estudo de caso

Fonte: Autoria própria (2020)

De acordo com o Quadro 1, a pesquisa é classificada, dentro do ponto de vista “natureza”, como básica, pois tem como objetivo gerar conhecimento, sem que haja uma aplicação prevista dos resultados.

Considerando a ótica de “abordagem”, o estudo se enquadra como qualitativo, visto que o questionário aplicado exige respostas subjetivas, retratando o ponto de vista do entrevistado e, ainda, a parte de sugestão de melhorias é de cunho exploratório, com o objetivo de se obter ideias que possam facilitar e direcionar a implantação do processo.

No aspecto “objetivos”, a pesquisa é classificada como descritiva, pois visa levantar informações para descrever as possibilidades de práticas da Economia Circular a serem implantadas na empresa.

Por fim, para “procedimentos técnicos”, a pesquisa é categorizada como estudo de caso, já que envolve o estudo e análise de uma empresa específica, seguindo suas individualidades e a conjuntura em que se encontra.

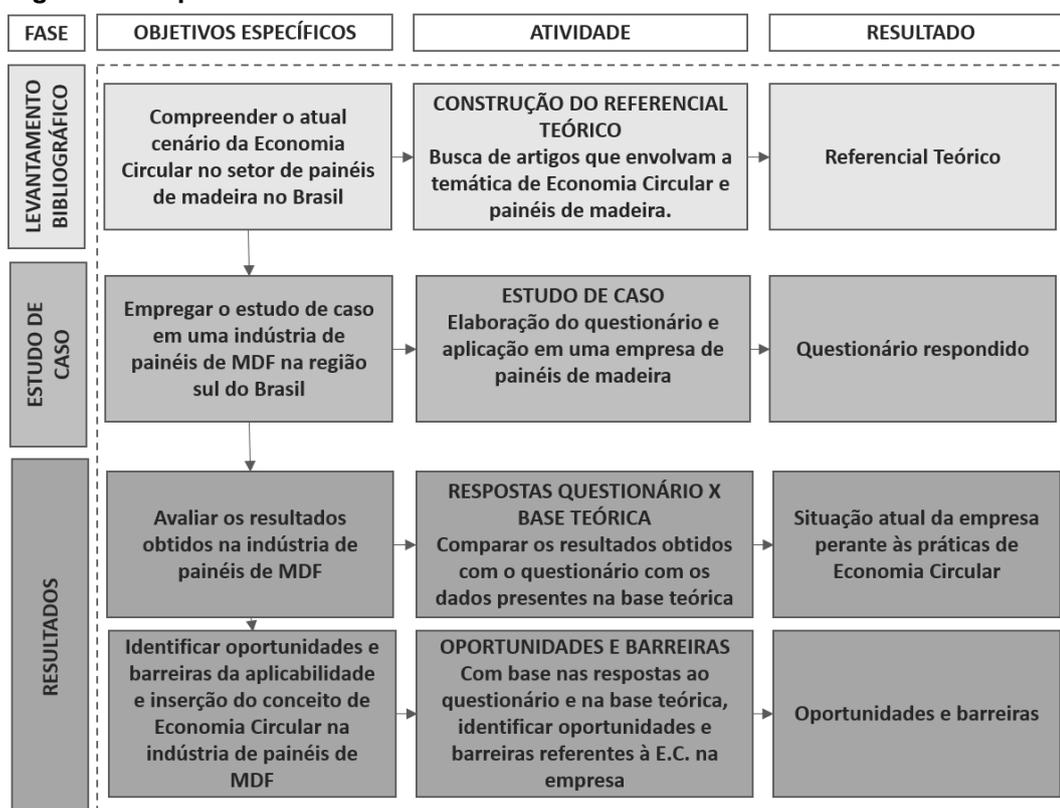
2.2 APLICAÇÃO

A pesquisa foi aplicada em uma indústria de painéis de madeira, mais especificamente na produção de MDF. Suas fábricas estão instaladas em alguns continentes, mas em especial nos países da América do Sul. A indústria onde foi realizado o estudo de caso é uma unidade fabril localizada na região Sul do Brasil.

2.3 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO

A Figura 2 apresenta as etapas de desenvolvimento deste trabalho.

Figura 2 - Etapas do trabalho



Fonte: Autoria própria (2020)

A Figura 2 esquematiza, portanto, a pesquisa em três grandes etapas, sendo estas subdivididas e exploradas nas seções a seguir.

2.3.1 Levantamento Bibliográfico

A primeira etapa refere-se à elaboração da revisão sistemática, sendo um embasamento teórico para a construção do trabalho. Esta foi desenvolvida a partir de conceitos apresentados em artigos científicos, sites específicos da área em estudo, sites de notícias e o livro “*Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*” de McDonough Braungart (2002), uma das principais obras publicadas sobre o tema.

Para a realização da pesquisa de artigos foi utilizado o Periódico da CAPES nas bases “*Scopus*” e “*Web of Science*” com combinações de palavras-chaves como “*medium density fiberboard*” e “*circular economy*”, “*resin formaldehyde*” e “*circular economy*”, além de “*medium density fiberboard*” ou “*resin formaldehyde*” juntamente com “*recycl*”. Após a seleção de todos os documentos disponíveis a partir da busca, foi obtido um total de 52 artigos com concepções significativas para a construção da base teórica deste estudo.

Foram empregadas publicações com data de 2002 a 2020, sendo que a maior parte dos documentos foram publicados nos anos de 2019 e 2020, comprovando uma base de estudo recente, seguida pela atualidade e relevância do tema em pesquisas científicas.

Para enriquecimento dos conceitos trazidos neste estudo, foi utilizada uma dissertação de mestrado cujo objetivo foi o de apresentar uma proposta de melhoria de desempenho ambiental para o ciclo de vida dos painéis de madeira, incluindo o MDF (Araújo, 2020).

2.3.2 Estudo de caso

O estudo de caso deste trabalho contou com a aplicação de um questionário elaborado com base no trabalho de Araújo (2020), que teve como objetivo identificar práticas de Economia Circular potenciais e já empregadas por empresas do setor de painéis de madeira. Para isso, a autora levantou os impactos ambientais relacionados ao ciclo de vida dos painéis, avaliou o potencial de circularidade e, então, relacionou as práticas do setor produtivo com cinco modelos de negócio para

a Economia Circular: Materiais Circulares, Recuperação de Recursos, Extensão da Vida do Produto, Plataforma de Compartilhamento e Produtos como Serviços.

Assim, fundamentando-se nestas novas possibilidades de atuação, este trabalho estruturou perguntas em um questionário (Apêndice A), buscando entender como cada proposta se enquadra no contexto da indústria de painéis de madeira estudada, sua viabilidade, inclusão no planejamento da empresa e as práticas que já estão sendo realizadas.

O questionário foi enviado à empresa produtora de painéis de MDF com a solicitação de resposta de um colaborador pertencente ao nível de gerência da planta. O envio foi realizado via e-mail para garantir que o resultado não sofresse nenhum tipo de influência, contendo, ainda, orientações sobre o preenchimento e contato das autoras em caso de dúvidas. Além disso, foi solicitado que concordasse com um termo de aprovação, onde foram expostos o sigilo e a proposta deste trabalho (Apêndice A).

O questionário contém 26 perguntas, divididas entre múltipla escolha, resposta única e descritivas. O tempo médio de resposta é de aproximadamente 20 minutos, para que não se torne cansativo ao entrevistado, visando a qualidade das respostas.

O início do questionário contém três perguntas abrangentes sobre Economia Circular. As perguntas seguintes focam gradualmente em termos mais específicos sobre o processo produtivo do MDF, combinando questões sobre como é a atual postura da empresa em relação às questões ambientais e qual a visão do entrevistado sobre possíveis oportunidades de melhoria nos processos da empresa.

Além disso, o questionário foi dividido em cinco partes, sendo cada uma referente à um determinado modelo de negócio da Economia Circular (Materiais Circulares, Recuperação de Recursos, Extensão da Vida do Produto, Plataforma de Compartilhamento e Produtos como Serviços), contando com 6 perguntas direcionadas à identificação de práticas já realizadas pela empresa e 17 com o objetivo de entender a viabilidade da aplicação de novas ideias, considerando o cenário econômico, ambiental, social e cultural em que a organização está inserida.

Após o envio do questionário, as questões foram verificadas, porém nem todas foram suficientemente respondidas para o alcance dos objetivos deste trabalho. Assim, na busca por entender e aprofundar melhor as justificativas, os

critérios e as ponderações de cada questão, o entrevistado foi posteriormente contatado por telefone a fim de se obter respostas mais objetivas e aprofundadas.

2.3.3 Resultados

Na sequência, os resultados foram apresentados e discutidos conforme respostas obtidas pelo questionário. Para esta avaliação, a aplicabilidade de cada um dos métodos apresentados por Araújo (2020) foi considerada, sendo verificado se são realizados, se estão em estudo ou no escopo e, caso não considerados viáveis, quais as razões, o posicionamento e especificidades da empresa em relação a eles. Além disso, foi verificado se existem outras formas de atuação relacionadas à Economia Circular aplicadas na empresa (seção 4).

A seção 5 engloba a análise das barreiras e oportunidades observadas a partir dos resultados obtidos, além de sugestões para trabalhos futuros.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O capítulo a seguir resume os tópicos necessários para o entendimento do presente estudo, apresentando os conceitos de ciclo de vida ambiental do produto e mostrando como se relacionam com a Economia Circular, além de dissertar sobre a indústria de painéis de madeira.

3.1 CICLO DE VIDA AMBIENTAL DO PRODUTO

Enquanto o ciclo de vida mercadológico trata da popularidade do produto variando no decorrer de sua vida, sendo avaliado desde a inclusão do seu *design* no mercado até sua eliminação, conforme apontam Liu *et al.* (2020), a ABNT ISO 14040 (2014, p.1) define ciclo de vida ambiental do produto como “estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, desde a aquisição da matéria-prima ou de sua geração a partir de recursos naturais até a disposição final”, como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Ciclo de vida do produto



Fonte: Sebrae (2017)

As abordagens deste último conceito são, de acordo com Menna *et al.* (2020), geralmente utilizadas para analisar os impactos ambientais de um produto e

como este ciclo de vida pode ser otimizado no sentido de, como explica a Confederação Nacional da Indústria (2019), reduzir os danos à saúde humana e ao meio ambiente, abrangendo, inclusive, segundo Suomala (2004), o pós-venda e os *upgrades* do produto.

O sistema Linear de Economia segue o raciocínio do “pegar, fabricar e usar”, como mostra Accenture (2014, p. 3), em que a matéria-prima é extraída, o produto final desejado é fabricado, vendido, usado e descartado e pode ser analisado diante de três perspectivas: *Cradle to Gate* (avaliação parcial do ciclo de vida que vai da extração de recursos, ou berço, até o portão da fábrica, omitindo as fases de uso e descarte realizadas pelo consumidor), *Gate to Gate* (restrita a análise a somente uma parte do ciclo de vida, ou seja, dentro dos portões da fábrica) e *Cradle to Grave* (engloba todo o ciclo de vida de um produto, ou seja, extração da matéria-prima, fabricação, transporte, vida útil e disposição final) (GAGLIO *et al.*, 2019; GIAMA; PAPADOPOULOS, 2020; KOROL *et al.*, 2020).

McDonough e Braungart (2002) apresentaram o conceito de *Cradle to Cradle*, ou zero desperdício, apontando o propósito não só de examinar todos os processos presentes no ciclo de vida, como também de garantir o reuso ou reciclagem dos materiais ao fim do seu ciclo, o que surgiu, segundo Schroder, Lemille e Desmond (2020) e Smieja e Babcock (2017), devido aos problemas relacionados ao aumento da geração de resíduos decorrentes da Economia Linear, além das dificuldades enfrentadas pelas empresas devido à volatilidade dos preços da energia e das matérias-primas e de seu esgotamento.

Desta forma, com a pressão por mudança vinda dos órgãos governamentais, as exigências vindas dos consumidores, preocupados com a produção desenfreada de resíduos e com a pretensão da própria empresa em buscar alternativas mais rentáveis de produção, a Economia Circular e seus propósitos passam a ser quistos e explorados.

3.2 ECONOMIA CIRCULAR

O conceito de Economia Circular foi introduzido à sociedade, conforme informam alguns relatos como o de Rios e Charnley (2017), a partir de publicações como, por exemplo, “*Waste Products and Undeveloped Substances*” de Peter Lund

Simmonds (1862) que, conforme o avanço dos estudos e experimentações, foram sendo unidas à conceitos mais recentes como “*Cradle to Cradle*” de McDonough e Braungart (2002), já apresentado acima, passando a ganhar visibilidade por oferecer uma alternativa para um crescimento sustentável considerando a importância da força de trabalho e da comunidade e garantindo a qualidade ambiental, ao incentivar o consumo responsável (OLIVEIRA; LUNA; CAMPOS, 2019).

Este sistema econômico, de acordo com Kristensen e Mosgaard (2020), tem por finalidade incluir ideias como reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar em substituição às de “fim de vida” ou “*grave*” utilizadas nos processos e foi, inclusive, considerado relevante na formulação das medidas a serem praticadas a fim de aumentar a sustentabilidade nas políticas de consumo durante a 4ª Assembleia da ONU para o Meio Ambiente realizada em março de 2019 (NAÇÕES UNIDAS, 2019).

A Economia Circular costuma ter como prática a supra reciclagem ou modelo cascata em que, ao invés de descartado, o produto é transformado em outro de igual ou maior valor, mantendo as matérias-primas usadas em um ciclo até perderem suas propriedades e, somente neste momento, retornarem ao ciclo biológico (CABOT *et al.*, 2019). O objetivo é buscar uma visão biomimética na tentativa de reproduzir os métodos e processos da natureza, fazendo com que cada ciclo de produção seja fechado (TATE *et al.*, 2019).

Sua aplicação pode acontecer em três níveis, sendo que em todos eles é primordial o comprometimento de seus membros: o empresarial (onde o foco é a produção mais limpa), o regional (cuja ideia se concentra, principalmente, na construção de parques eco industriais de reciclagem) e o nacional (em que o foco é a regulamentação de ações, como é o caso da Holanda, que estabeleceu metas de desempenho para serem alcançadas até 2050 ou da Itália que aprovou leis a fim de direcionar e fundamentalizar seu crescimento nos princípios da Economia Circular) (GHISELLINI; ULGIATI, 2020; KRISTENSEN; MOSGAARD, 2020). Especificamente no nível empresarial, os benefícios incluem, de acordo com Rios e Charnley (2017), a economia de material, redução de riscos de suprimento, fidelização dos clientes e o desenvolvimento de novos fluxos de receita.

Porém, Ghisellini e Ulgiati (2020) deixam claro que o processo demanda tempo e possui certa complexidade, o que acontece, segundo Zhang *et al.* (2020), porque os impactos em uma produção são variáveis dependentes tanto do produto

como do estágio do ciclo de vida a ser analisado e, além disso, Donati *et al.* (2020) explicam que existem poucas informações sobre as consequências indiretas da implantação da Economia Circular.

Considerando uma ordem decrescente de influência, a pesquisa de Guldammann e Huulgaard (2020) explica que as dificuldades da implantação da Economia Circular estão ligadas, principalmente, ao nível organizacional, seguidas da cadeia de valor, funcionários, mercado e empresa. O estudo de Ngan *et al.* (2019) mostra que estes empecilhos se amplificam em países em desenvolvimento, pois o fato de estarem procurando se encaixar no mercado a qualquer custo resulta em um baixo interesse pela adoção das práticas da Economia Circular.

A insuficiência de ferramentas financeiras e políticas também se mostra bastante notória para diversos autores, de acordo com Ghisellini e Ulgiati (2020) e, além disso, mostra-se relevante a avaliação das seguintes barreiras mencionadas por Kristensen e Mosgaard (2020):

- Tecnológicas, pois como explicam Jia *et al.* (2020), a transição para sistemas tecnológicos que permitam rastrear os produtos retornados através de reciclagem ou recuperação de produtos, por exemplo, demanda um alto valor de investimento por parte da indústria;
- Culturais, que abrangem, entre outras situações, a resistência dos colaboradores e a indisponibilidade da empresa em conscientizar seu consumidor alvo;
- Regulatórias. No Brasil, por exemplo, Oliveira, Luna e Campos (2019) dizem que o governo falha ao cobrar ICMS, ou Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, sobre produtos reciclados, o que aumenta o preço final deste tipo de mercadoria, desencorajando sua venda.

Apesar das barreiras encontradas pelas empresas brasileiras na adoção das práticas, casos de sucesso têm se despontado (ZENG *et al.*, 2018). Isso se deve ao fato de que a Economia Circular exige uma mudança mais estrutural, que reformule o modo de produção da empresa ou da etapa do ciclo de vida analisada e, por isso, deve ser estudada previamente para que as barreiras e despesas sejam previstas e a opção mais adequada seja aplicada, considerando o escopo desejado pela empresa, até onde as mudanças e propostas são adequadas e quais medidas os gestores estão dispostos a acatar.

3.2.1 Ações da Economia Circular

O conceito de Economia Circular engloba ideias de diversos segmentos, sendo dependente do quadro social, cultural e político em que a organização em estudo se encontra, o que desencadeou o desenvolvimento de uma gama de definições, indicadores e ferramentas (LONCA; BERNARD; MARGNI, 2019; NGAN *et al.*, 2019).

A Ellen MacArthur Foundation (2015), por exemplo, na busca por fazer com que o esgotamento desenfreado de recursos deixe de ser uma realidade e o valor do produto na indústria passe a ser estimulado, apontou quatro metas a serem exploradas: a otimização dos recursos e energia durante seu ciclo de vida, a permanência de uso dos produtos e seus componentes pelo maior tempo possível, o reuso dos materiais pelo mesmo sistema, criando uma metodologia de cascata e, por último, a utilização de materiais puros para que sua qualidade de uso pós-vida seja fomentada.

Considerando que a valorização do produto também deve ser levada para as demais etapas de seu ciclo de vida, os padrões de consumo enraizados na sociedade precisam ser quebrados e, para isto, Andrews (2015) apresenta que os *designers* escolhidos para serem usados nos produtos têm a capacidade de associá-los à Economia Circular, estimulando sua reciclagem. A ferramenta de *design* também é mencionada por Herajarvi *et al.* (2020) na busca pela melhoria da durabilidade e do potencial de reciclagem do produto.

A eficiência da implantação de novas tecnologias é citada nos trabalhos de Navarro *et al.* (2020) e de Stanchev *et al.* (2020) e a substituição ou inclusão de matérias-primas biodegradáveis nos processos produtivos foram objeto de estudo de Zhu *et al.* (2020) e Ingrassia (2020), respectivamente, na busca pela Economia Circular. É possível, ainda, atuar na otimização da logística de matérias-primas, produtos e resíduos e na logística reversa das mercadorias, como apontam Herajarvi *et al.* (2020) e Donner, Gohier e Vris (2020) e até mesmo empregar ferramentas adequadas para que o Desenvolvimento Humano e a Economia Circular sejam impulsionados concomitantemente, como sugerem Schroder, Lemille e Desmond (2020) em um estudo sobre a aplicação de indicadores de circularidade nos Índices de Desenvolvimento Humano.

Buscando analisar as barreiras e oportunidades de um processo dentro da própria empresa, muitos estudos utilizam a aplicação de questionários (JABBOUR *et al.*, 2020) e, além disso, é importante ressaltar a importância dos indicadores para medir os resultados das ações implantadas, tanto nos quesitos de lucratividade, como nos de geração de empregos e impactos ambientais. Estes podem ser adquiridos por meios quantitativos e qualitativos, desde que incluam parâmetros que representem todo o processo em análise e sejam simples de serem aplicados (LINDER; SARASINI; LOON, 2017; ZORPAS, 2020).

Porém, as incertezas sobre os benefícios e o receio de resultados indesejáveis podem se tornar uma barreira de entrada para a empresa (DONATI *et al.*, 2020). Desta forma, pode-se iniciar este processo buscando abordagens que sejam mais fáceis de introduzir considerando seu escopo de investimento, como parcerias com organizações de catadores que já existam na cidade para realizar a logística reversa ou a utilização do *marketing* para influenciar seus consumidores a reciclarem, caso já possuam um bom canal de comunicação, por exemplo.

Com isso, entende-se que conhecer o contexto da empresa e qual seu nível de desenvolvimento e conhecimento ambiental e cultural é o primeiro passo para um resultado plausível e satisfatório, sendo possível, assim, mensurar a dimensão da transição, as alternativas e os caminhos realizáveis e quais resultados e impactos são apropriados de se esperar.

3.2.2 O cenário atual da Economia Circular

Os primeiros sinais da Economia Circular no Brasil surgiram com a Lei nº 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, ou PNRS, e foi avançando com outras iniciativas como a do Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), uma associação sem fins lucrativos que tem como propósito “conscientizar a sociedade sobre a importância da redução, reutilização e reciclagem do resíduo através de publicações, pesquisas técnicas, seminários e bancos de dados” (ASSUNÇÃO, 2019; CEMPRE, 2020; PNRS, 2010).

A PNRS está relacionada à prevenção e redução da geração de resíduos, através de práticas de consumo sustentável e incentivo à reciclagem e reutilização de resíduos sólidos, estabelecendo a responsabilidade compartilhada dos resíduos

entre todos os integrantes da cadeia de suprimentos. Sua aplicabilidade ocorre através de metas para as políticas governamentais e a exigibilidade do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos por parte das esferas particulares (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2020).

De acordo com um estudo apresentado por Oh e Hettiarachchi (2020), o Brasil possuía, em 2018, a posição de 5º maior produtor de resíduos sólidos do mundo, sendo produzidas 79 milhões de toneladas. Apesar de a coleta contar com 92% do total descartado, 40% deste volume ainda é depositado em lixões ou aterros que não oferecem as condições consideradas necessárias para uma destinação adequada (ABRELPE, 2020).

Uma possível razão para este número é a falta de vantagens financeiras em se adotar a Economia Circular, o que foi apontado pela Confederação Nacional da Indústria (2019) como o principal motivo para as empresas não a praticarem. O estudo explica que a reciclagem, por exemplo, não é beneficiada tributariamente de nenhuma forma no Brasil, o que tem desmotivado os investimentos no setor. Essa barreira para a viabilidade da reciclagem também foi notada por Nunes e Mahler (2020) em um estudo de gerenciamento de resíduos comparativo entre o Brasil e os Estados Unidos (EUA). Além disso, as políticas públicas das quais estas indústrias têm conhecimento são somente as relacionadas à logística reversa e gestão de resíduos (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019).

Contudo, ainda que 70% das empresas de uma pesquisa afirmem não conhecer a Economia Circular, 76,4% a exercem de alguma forma mesmo sem ter ciência, principalmente através da reutilização dos insumos e da recuperação da energia utilizada no processo. Estes dados foram coletados entre 1261 indústrias brasileiras escolhidas aleatoriamente para o estudo (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2019).

Desta forma, por mais que seja possível encontrar evidências da Economia Circular nas indústrias brasileiras, entende-se que seu conceito ainda precisa ser difundido e incentivado tanto em um quadro cultural, com seus propósitos sendo transmitidos e, então, mais valorizados pelo consumidor e, conseqüentemente pelo meio fabril, quanto no sentido econômico em que novas legislações, políticas tributárias e até mesmo metas são implantadas na busca por estimular suas práticas no país.

3.3 PAINÉIS DE MADEIRA

Dominando grande parte da indústria madeireira, os painéis de madeira são, de acordo com Biazus, da Hora e Leite (2013), fabricados com madeiras em lâminas, ou em outros estágios de desagregação, aglutinados a partir do uso de resinas, pressão e temperatura.

Segundo Freire *et al.* (2015), os painéis de madeira podem ser divididos em duas categorias com base em seu processo de manufatura: feitos a partir de lâminas de madeira maciça ou reconstituída. De acordo com BNDES (2014), os painéis de madeira maciça podem ser divididos em serrados, Produtos de Maior Valor Agregado (PMVA), laminados e painéis de madeira processados mecanicamente, sendo estes últimos constituídos basicamente pelos compensados. Já os Painéis de Madeira Reconstituídos, também chamados de PMR, segundo o BNDES (2014), são formados a partir de um processamento químico da madeira, transformando-a em fibras ou partículas, podendo ser divididos nas categorias abaixo:

- Chapa de fibra: formada por uma chapa de espessura fina que resulta da prensagem a quente de fibras sem adição de resina. Também é conhecida como HB (*Hard Board*);
- *Insulation board*: produzido a partir de fibras de madeira em um processo úmido e que, após fabricado, possui baixa densidade;
- MDP ou *Medium Density Particleboard*: também chamado de painel de partículas de média densidade, é produzido em uma prensagem contínua, se diferenciando do aglomerado tradicional por apresentar maior resistência;
- MDF ou *Medium Density Fiberboard*: o painel de fibras de média densidade se assemelha em vários aspectos ao MDP, com a diferença de que em seu processo as partículas são cozidas e desagregadas até formarem fibras;
- OSB ou *Oriented Strand Board*: é formado por diversas camadas de tiras ou lascas de madeira orientadas.

Os PMR podem, ainda, ser comercializados sem acabamento, com pintura ou com revestimento, o que acaba se tornando uma camada protetora ao painel. Estes revestimentos podem ser classificados em diversas categorias, sendo as mais produzidas no Brasil:

- Lâmina de madeira: lâmina de madeira colada com resina ureia-formaldeído;

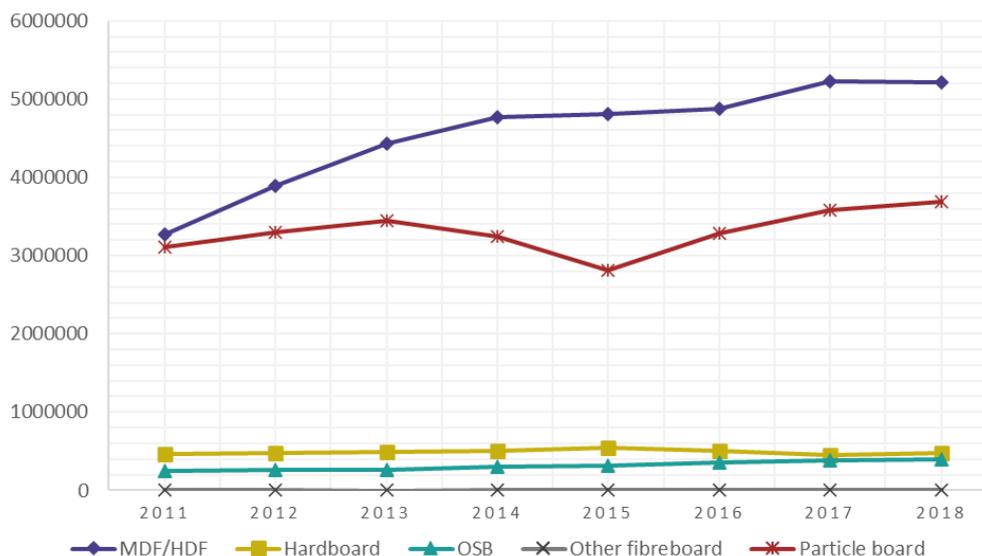
- *Finish foil*: película de papel pintada e colada com resina ureia-formaldeído;
- Baixa pressão: papel impregnado com resina melamínica aderida ao painel com uso de temperatura e pressão (BNDES, 2014).

Dentro das categorias de painéis de madeira explanadas acima, nos próximos tópicos serão descritos mais a fundo o cenário e as etapas produtivas do *Medium Density Fiberboard* – MDF.

3.3.1 Cenário do PMR no Brasil

No ano de 2018 para 2019 houve uma redução de aproximadamente 3% no consumo aparente de painéis de madeira no Brasil, totalizando neste último ano apenas 6,7 milhões de m³ (CORRÊA, 2019). Independente desta queda de demanda, segundo Araujo (2019a), quando comparada ao painel de madeira maciça, a procura pelo PMR e seu espaço no mercado vêm aumentando consideravelmente graças à possibilidade que este material traz de um aproveitamento praticamente integral das toras, através do reuso de seus resíduos. Além disso, a escassez da madeira sólida também motivou o desenvolvimento da tecnologia de painéis de madeira reconstituída.

No ano de 2018, de acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2019), a produção de painéis de madeira reconstituída foi de 8,2 milhões de m³, representando um aumento de 2,8% quando comparada a 2017. Esta evolução vem acontecendo de forma gradual, sendo evidente principalmente quanto aos painéis de fibra e de partículas, o que pode ser observado no Gráfico 1, que apresenta a quantidade produzida em metros cúbicos de PMR no Brasil de 2011 a 2018.

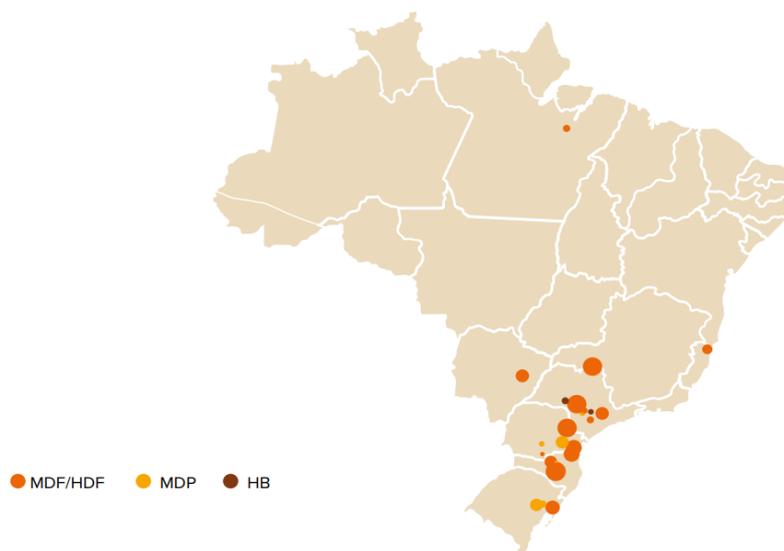
Gráfico 1 - Produção de PMR no Brasil em m³

Fonte: Adaptado de FAO (2020)

Selvatti *et al.* (2019), ao realizaram um estudo sobre a evolução mundial do MDF de 1995 a 2016, encontraram um crescimento de 12,81% ao ano. Ainda em 2016, o Brasil se encontrava na posição de terceiro maior produtor de MDF do mundo, com um volume de 4 milhões de m³, sendo que a estatística da FAO (*Food and Agriculture Organization* ou Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) publicou o primeiro registro de produção de MDF no Brasil em 1997 (FAO, 2017). A produção de MDF/HDF teve sua alta no ano de 2017, onde chegou a atingir 5.227.829 m³ e, apesar deste número ter reduzido em 2018, os painéis de fibra continuaram superando o de partículas em 17% (FAO, 2020).

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (2019), a produção de painéis de madeira reconstituída no Brasil é feita em 23 unidades, localizadas em 8 estados diferentes, conforme mostra a Figura 4 abaixo.

Figura 4 - Distribuição geográfica das principais unidades produtoras de painéis de madeira reconstituída



Fonte: Indústria Brasileira de Árvores (2019) citando PÖYRY (2018)

Pode-se observar a grande quantidade de empresas localizadas nas regiões sul e sudeste. Ainda, a maioria destas segue o ramo de MDf/HDF, sendo poucas as que produzem MDP e HB. Por este motivo, a produção de MDf/HDF chegou a 95,2% do total no ano de 2017 (INDUSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES, 2019).

Fundamentando-se no contexto exposto neste tópico, é possível notar que o MDf, que será o foco deste trabalho, é a base produtiva da grande maioria das empresas deste setor no país. Ademais, a quantidade produzida deste tipo de painel possui um vasto potencial de crescimento, visto a vantagem que possui no que tange o aproveitamento das toras de madeira, reduzindo custos relacionados à matéria-prima.

3.3.2 Produção do MDf

Segundo Elias e Bartlett (2018), o MDf é feito com o processamento de lascas de madeira trituradas até a formação de fibras que, após a adição de um produto adesivo, são secas até certo teor de umidade e prensadas a quente para que aconteça a cura da resina e se forme o painel. Para a fixação das fibras ou partículas de madeira antes da prensagem são utilizadas soluções adesivas à base, principalmente, de formaldeído, como ureia-formaldeído e fenol-formaldeído (AMINI *et al.*, 2017). Estas, segundo Dazmiri *et al.* (2019), totalizam 10% do peso do painel

As chapas formadas na etapa anterior são resfriadas e empilhadas e, após 36 horas de climatização, são encaminhadas para o lixamento e corte.

As etapas produtivas do MDF citadas acima possuem diversos pontos de deficiência relacionadas à área ambiental passíveis de atuação, como a grande quantidade de matéria-prima extraída, a considerável geração de resíduos, como serragem e poeira, além dos gases provenientes da queima destes resíduos, sendo este o seu fim mais comum (ZENG *et al.*, 2018). Estas limitações, de acordo com Zeng *et al.* (2018), concedem a este ramo um amplo potencial quando relacionado à sustentabilidade a longo prazo. Segundo Wan *et al.* (2014), após seu uso o painel pode ser reciclado ao invés de descartado ou incinerado, passando a ser matéria-prima para reconstituir um novo painel, mas este é um procedimento que envolve a preparação das entradas do processo, seleção do sistema certo de resina e otimização da estratégia da prensa, o que aumenta a complexidade do procedimento. Outra oportunidade é investir em utilização de resíduos como substituição de matéria-prima virgem ou em geração de energia a partir de biomassa, reduzindo gastos com extração, transporte e descarte.

Nota-se, a partir do que foi exposto neste trabalho, que algumas características da produção do MDF têm motivado diversos estudos de melhoria em relação aos quesitos ambientais e de saúde humana. O seu processo produtivo demanda uma grande quantidade de insumos muitas vezes nocivos ao meio ambiente, o que torna importante uma ponderação sobre qual seria o melhor destino para os resíduos após sua utilização.

3.4 MODELOS DE NEGÓCIO PARA ECONOMIA CIRCULAR NO SETOR DE PAINÉIS DE MADEIRA

Buscando apoiar e estimular a sustentabilidade mundial, CEO's de mais de 200 empresas formaram uma organização intitulada "*The World Business Council for Sustainable Development*", ou WBCSD, onde são publicados guias que trazem o ponto de vista de líderes empresariais em relação aos riscos e oportunidades de negócios (WBCSD, 2020a, 2020b).

O *CEO Guide* para a Economia Circular de 2017 foi desenvolvido em parceria com a *Accenture* e assinado por 14 CEO's, incluindo as empresas como Danone e

Unilever, e teve o propósito de oferecer ferramentas necessárias para auxiliar a implantação da Economia Circular nas instituições, identificando cinco modelos de negócio (WBCSD, 2017):

- Materiais circulares: uso de energia renovável e insumos de base biológica ou totalmente recicláveis;
- Recuperação de recursos: recuperação dos recursos úteis de materiais, subprodutos ou resíduos;
- Extensão de vida do produto: reparo, atualização, revenda, inovação e *design* do produto;
- Plataforma de compartilhamento: conexão de usuários dos produtos e incentivo ao uso, acesso ou propriedade compartilhada, para aumentar a utilização do produto;
- Produtos como serviços: oferta de acesso pago aos produtos em forma de aluguel, permitindo que empresas mantenham os benefícios da recuperação ou propriedade circular de recursos para aumentar o seu uso.

Araújo (2020) correlacionou, ainda, estes cinco modelos de negócio com práticas já existentes ou potenciais no setor de painéis de madeira, como mostra a Figura 6.

Figura 6 - Modelos de negócio de Economia Circular no setor de painéis de madeira

Modelos de Negócios	Práticas Identificadas	Potenciais Práticas
 Materiais Circulares	- Uso de madeira, água; - Uso de energias renováveis (queima da biomassa/solar)	- Uso de resinas verdes; - Uso de resíduos agroindustriais; - Uso da lignina como proveniente do processo de polpação como parte da resina;
 Recuperação de recursos	- Uso de resíduos de madeira para a geração de energia térmica; - Uso de painéis em não conformidade como pallets ou pequenos objetos; - Uso do lodo do tratamento de efluentes como fertilizante; - Reinscrição de água recuperada no processo	- Recuperação de painéis pós-uso ou não conformes como matéria-prima para wood plastic composite ou wood cement composite
 Extensão da vida do produto	- Aplicação de materiais que aumentam a vida útil dos painéis de madeira; - Revestimento	- Tratamento térmico em estufa ou prensa; - Inserção de nanopartículas; - Revestimentos (Imersão, Plasma frio, sol-gel); Manutenção de componentes (Puxadores, dobradiças,...)
 Plataforma de compartilhamento	Não Identificada	- Plataforma Digital; - Peer-to-peer
 Produtos como serviços	Não Identificado	- PSS

Fonte: Araújo (2020)

A Figura 6 mostra que algumas práticas, identificadas nos modelos de negócio “materiais circulares”, “recuperação de recursos” e “extensão de vida do produto” já são investimentos e estratégias utilizadas no setor de produção estudado. No entanto, temas de estudos mais recentes ainda não são exercidos em todos os cinco modelos apresentados, o que indica uma lacuna, onde o conhecimento sobre estas atividades, os benefícios e dificuldades de implantação são pontos a serem explorados.

No modelo de negócio para “materiais circulares”, o uso de madeira, água e energias renováveis já se mostra uma prática comum entre as empresas produtoras de painéis de madeira. No entanto, de acordo com Araújo (2020), outras ações importantes também poderiam ser aplicadas:

- Uso de resina verde: de acordo Moubarik *et al.* (2013), esta diminui o uso de resinas de formaldeído, produto cuja emissão gera vários riscos para a saúde humana e, segundo Li *et al.* (2004), como é de origem petroquímica, não é renovável sendo, portanto, um recurso finito;
- Uso de resíduos agroindustriais no processo: como testado por Sartori *et al.* (2015) que utilizaram bagaço de cana-de-açúcar para constituir painéis de partículas, obtendo resultados semelhantes aos de painéis fabricados em larga escala pelas indústrias;
- Uso da lignina obtida no processo de polpação da madeira: como as emissões de formaldeído trazem possíveis riscos à saúde humana, a lignina pode ser uma alternativa mais ecológica para o uso das resinas sintéticas (SAVOV; ANTOV, 2020).

Em busca de uma maior recuperação de recursos, práticas como utilização dos resíduos da madeira para geração de energia térmica, uso de painéis não conformes como *pallets* ou pequenos objetos, uso do lodo do tratamento de efluentes como fertilizante e reinserção de água recuperada no processo já estão sendo realizadas nas indústrias do setor de painéis de madeira. Todavia, a recuperação de painéis pós-uso ou não conformes como matéria-prima para a produção de *wood plastic composite* ou *wood cement composite* ainda é uma prática a ser explorada (ARAÚJO, 2020).

A fim de estender a vida útil do painel de madeira, a aplicação de materiais como cupinicida e melamina são processos já utilizados nas indústrias do setor. Entretanto, Araújo (2020) aponta potenciais práticas que estão em ascensão:

- Tratamento térmico em estufa ou prensa: ataque a agente xilófagos através de um método mais sustentável;
- Inserção de nanopartículas: Silva *et al.* (2019), por exemplo, utilizaram nanopartículas com óxido de zinco para aumentar a durabilidade e reduzir o ataque de fungos ao MDF e Zhang *et al.* (2018) perceberam o aumento da taxa de cura ao aplicarem nanopartículas de alumina na resina fenol-formaldeído;
- Revestimento (imersão, plasma frio e sol-gel): aplicação de uma camada protetora para aumento da durabilidade dos componentes do painel;
- Manutenção de componentes: reparo nos produtos a fim de aumentar seu tempo de uso antes da disposição final.

Os modelos de negócio “plataforma de compartilhamento”, composto pelas práticas potenciais de plataforma digital e compartilhamento *peer-to-peer* e “produtos como serviço” são precursores para as indústrias de painéis de madeira, já que suas práticas não foram identificadas neste setor. A “plataforma digital” é um sistema onde usuários de produtos à base de painel de madeira podem oferecê-los a outra pessoa, quando não necessitarem mais destes. Por exemplo: um usuário possui um guarda-roupa que não deseja mais utilizar e então, ao invés de descartá-lo, o cadastra nesta plataforma digital e o divulga até encontrar alguém que queira comprá-lo. Já o “compartilhamento *peer-to-peer*” permite que clientes disponibilizem um móvel que não utilizam mais em forma de aluguel para outro usuário. Neste caso, um usuário que possui um mobiliário que não utiliza em casa, pode alugá-lo por um preço mais acessível para alguém que precise. Por fim, “produtos como serviço” tem como objetivo a oferta dos produtos fabricados por determinada empresa em forma de aluguel, sendo esta responsável por todo o procedimento de instalação, manutenção e retirada do produto (ARAÚJO, 2020).

3.5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE ESTUDOS RELACIONADOS ÀS QUESTÕES AMBIENTAIS ENVOLVENDO PAINÉIS DE MADEIRA

Alguns trabalhos anteriores abordam o tema apresentado neste estudo, como é o caso do de Freire *et al.* (2015), que com o objetivo de identificar os impactos ambientais causados pela produção de painéis de madeira e seus derivados e, então, sugerir alternativas para eles, analisaram dezesseis estudos realizados por outros autores em seis diferentes países, entre eles o Brasil. As respostas mais relevantes encontradas incluíam a redução ou substituição de matérias-primas virgens e de resinas químicas e a utilização de energia limpa e renovável.

Partindo desta mesma concepção, o estudo de Silva, Simioni e Hoff (2020), que também se baseou em uma pesquisa qualitativa, teve como propósito mapear um modelo que tivesse como foco reduzir o uso de matérias-primas virgens e também a geração de resíduos no setor florestal no Estado de Santa Catarina (Brasil), almejando desenvolver a Economia Circular. A pesquisa contou com questionários, entrevistas e visitas a empresas e trouxe como solução um arranjo fabril, onde os resíduos de uma unidade pudessem ser usados como combustível para vapor em outra, por exemplo.

Já a pesquisa de Araújo *et al.* (2019b) buscou identificar, em uma revisão de literatura, as possíveis ações a serem praticadas em indústrias de painéis de madeira para se alcançar a metodologia da Economia Circular. A análise foi feita nas bases de dados “*ScienceDirect*”, “*Scopus*” e “*Web of Science*” e foram aplicados alguns filtros como o de palavras-chaves, por exemplo. Concluiu-se que o conceito ainda é muito novo, principalmente em indústria de painéis de madeira, o que gera uma lacuna de estudos a serem feitos, porém foram identificados diversos caminhos a serem percorridos e percebeu-se que os relacionados ao fim de vida do produto podem trazer significativos resultados para este setor da indústria, como a reciclagem de resíduos de madeira, que reduz o uso de água e energia e, ainda, a substituição das resinas sintéticas por naturais para que não haja a necessidade da logística reversa de resíduos e/ou rejeitos.

Outra forma de ponderar a produção de resíduos com potenciais de toxicidade é reciclar os produtos que contenham ureia-formaldeído que, como

explicado anteriormente, é um químico preponderante dos resíduos adesivos da madeira. O trabalho realizado por Dazmiri *et al.* (2019) visou comparar as propriedades das resinas de ureia-formaldeído antes e depois da adição de resina polimerizada reciclada, em 1% de seu peso. O resultado apontou melhoras nas propriedades físico-mecânicas do MDF, sem que fosse perdida a estrutura química da resina de ureia-formaldeído.

A publicação de Barbaritano, Bravi e Savelli (2019), mostrou que as ações focadas no fim de vida do produto são pouco discutidas nas empresas de móveis de luxo, pois a concepção de Economia Circular que possuem ainda está muito presa aos procedimentos de redução. O estudo foi realizado na Itália e tinha como objetivo revelar o nível de conhecimento deste setor quanto à Economia Circular através de um questionário que investigava três âmbitos: a situação da empresa (o que produz, número de trabalhadores, etc.), o *feedback* que possuíam em relação à Economia Circular e análise das certificações e abordagens utilizadas pela empresa.

O conhecimento e a informação que uma empresa possui sobre a Economia Circular são os fatores que as guiam nas medidas e políticas que adotam. Foi, então, com o intuito de quebrar o paradigma de que a Logística Reversa é um meio caro e complexo de exercer a Economia Circular que Julianelli *et al.* (2020) criaram uma taxonomia, a partir de uma pesquisa de cunho qualitativo, que relaciona cinco fatores críticos de sucesso da Logística Reversa (Planejamento e Gerenciamento de Materiais, Avaliação do Ciclo de Vida, Sustentabilidade Industrial, Tecnologia da Informação e Comunicação e Divulgação e Relacionamento) com cada componente de uma cadeia de suprimentos circular, mostrando, assim, sua geração de valor dentro de uma empresa.

A base de estudos analisada apresenta uma gama de opções de aplicação da Economia Circular, englobando diferentes estágios do ciclo de vida do produto. A substituição de matérias-primas não-ecológicas e a reutilização de materiais têm sido tópicos bastante abordados, juntamente com a reciclagem e logística reversa, que já são práticas mais enraizadas na cultura da sustentabilidade.

Esta diversidade de pesquisas aponta a preocupação e necessidade das corporações em mudar sua vertente de atuação, trazendo um olhar mais criterioso quanto às consequências ambientais, sociais e financeiras decorrentes do seu modo de produção e até mesmo do seu próprio produto.

Diante de todas as possibilidades, a abordagem escolhida deve estar vinculada com o setor, localização e política da organização e, por isso, nota-se que sua implantação sempre sucede de uma análise para se entender qual a mais viável e que se molda melhor ao contexto da empresa, considerando seu quadro ambiental, social, financeiro e cultural, que é justamente o que o presente estudo tem como objetivo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta as respostas e explicações oriundas do questionário aplicado na indústria de painéis de madeira referentes às aplicações e conhecimentos da Economia Circular.

4.1 PERFIL DO ENTREVISTADO

O questionário foi respondido pelo gerente industrial, que possui 20 anos de atuação em indústria de painéis de madeira. Se auto classifica com baixo conhecimento sobre a Economia Circular, seguindo uma escala *Likert* de 5 níveis, ainda que, segundo ele, o tema seja pauta de reuniões na empresa frequentemente. Diante de seu ponto de vista, a principal barreira para a ampliação das práticas da Economia Circular dentro da indústria de painéis de madeira ocorre em termos da viabilidade financeira.

É importante ressaltar que, por mais que as estratégias e ideias centrais permaneçam as mesmas para todas as unidades da empresa, cada planta possui suas particularidades na gestão, fontes de geração de energia e métodos de produção, o que deve ser considerado na avaliação e interpretação das respostas apresentadas.

4.2 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE MATERIAIS CIRCULARES

Como mostrado na Figura 6, o modelo de negócio de “Materiais Circulares” tem como foco o uso de energia renovável e de insumos de base biológica ou totalmente recicláveis. A partir dele, buscou-se entender pela percepção do gestor, o quão viável seria incorporar à matéria-prima do painel resíduos agroindustriais resultantes, por exemplo, da colheita da produção agrícola de milho, arroz, soja, cana-de-açúcar, feijão e trigo, além de embalagens de adubo e defensivos agrícolas. A prática foi apontada como inviável, pois o gestor considera que o reaproveitamento de materiais não é uma prática valorizada pelo mercado, tornando este tipo de investimento pouco atrativo para ser inserido na produção.

Porém, quando questionado sobre a viabilidade, visando um prazo de 10 anos, da substituição da resina ureia-formaldeído pela lignina proveniente do processo de polpação da madeira ou outro tipo de resina verde, a resposta obtida foi 4, em uma escala de 1 sendo “inviável” e 5 “muito viável”. Isto porque a área de desenvolvimento da empresa já está fazendo estudos em relação a este assunto. Desta forma, de acordo com o entrevistado, a longo prazo, espera-se que os testes tragam resultados positivos e, conseqüentemente, esta seja uma técnica implantada na empresa.

Na seqüência do questionário, a abordagem foi direcionada aos tipos de energia utilizados na produção da indústria estudada, como energia elétrica, térmica ou solar e de onde são geradas (biomassa de resíduos de madeira, por exemplo). Além da energia elétrica comprada da rede de distribuição local, existem duas plantas de geração de energia térmica na unidade fabril. A primeira gera energia para aquecer o óleo térmico a partir da biomassa da casca de tora. Já a segunda, utiliza o pó de madeira advindo do processo da lixadeira, ou seja, material com resina, para gerar gás quente e utilizá-lo para secar fibras e produzir vapor. O gestor levantou, ainda, a observação de que toda a emissão resultante deste processo é medida e controlada para se encaixar nas normas legais.

Quando solicitado ao gestor que comentasse sobre a ampliação e uso de materiais circulares como elemento estratégico na empresa, o programa de ideias de inovação foi mencionado como um fator de motivação na busca por alternativas para uso de materiais circulares na produção. Acontecendo anualmente, o programa possui um diferente tema para cada edição, onde os projetos finalistas participam de um concurso realizado na sede da empresa. De acordo com o entrevistado, os últimos dois anos tiveram como foco a Bioeconomia, ou Economia Sustentável, sendo abordadas questões como o reaproveitamento de materiais.

4.3 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE RECUPERAÇÃO DE RECURSOS

Sobre o modelo de negócio de “Recuperação de Recursos”, foi perguntado ao gerente qual o destino de painéis considerados não conformes da planta. Foi respondido que 100% destes é utilizado como embalagem do produto acabado, como calço, que auxilia no armazenamento do *pallet*, ou capa, que protege as

placas a serem vendidas, não havendo descartes no processo, mesmo que o produto possua algum defeito.

Ainda nessa abordagem, ele declarou que 50% de toda a água utilizada como entrada no processo é recuperada. O restante da água utilizada no processo provém de água da chuva. Mas também pode ser retirada de lagoa ou poços artesianos, caso seja um período de seca.

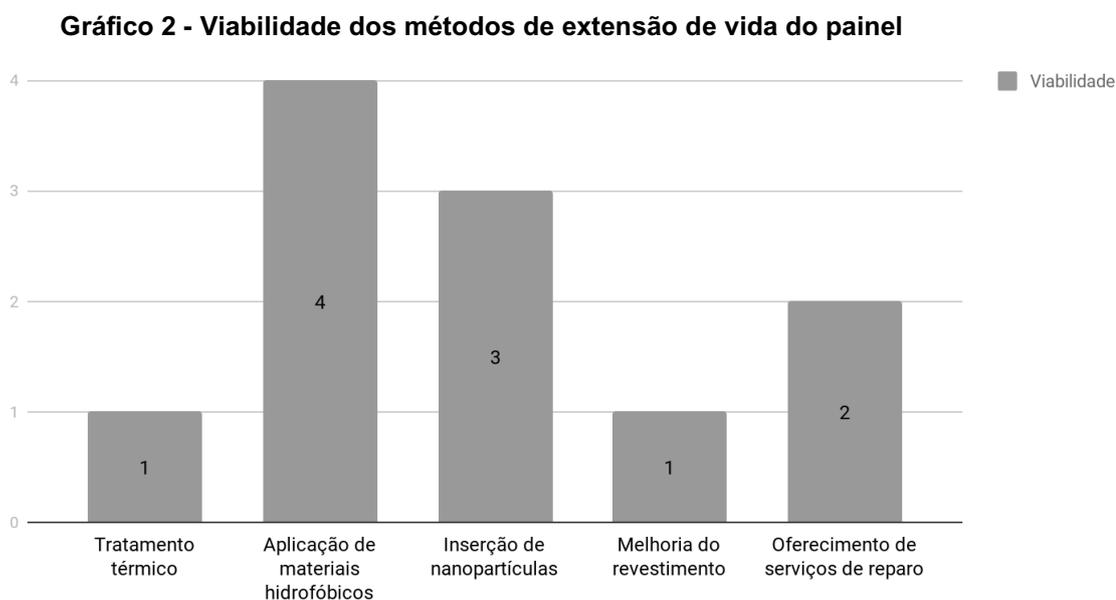
Além disso, foi informado que na empresa não há envio do lodo gerado na estação de tratamento para uso como fertilizante ou para outra finalidade. Isto porque a estação de tratamento de esgoto da planta apenas recebe materiais sanitários e os efluentes industriais são encaminhados ao evaporador, diminuindo significativamente a quantidade de lodo gerado. Além disso, a distância entre a planta em estudo e as florestas de plantio é muito grande, o que também acarretaria alto custo de transporte. No entanto, outras plantas da mesma empresa que são localizadas próximas às áreas de plantação e geram mais lodo, o recirculam para o início da cadeia produtiva, na adubação das árvores que futuramente servirão de matéria-prima para a empresa.

Quanto ao envio de painéis não conformes para a recuperação como matéria-prima para compósito de plástico de madeira ou compósito de cimento de madeira, o gerente declarou que considera o método momentaneamente inviável para a empresa. Afirmou ainda, que a empresa não realizou estudos para o reaproveitamento de painéis não conformes como matéria-prima.

Como mencionado na seção 4.2, a empresa não considera o reaproveitamento de materiais como matéria-prima do processo como algo valorizado no mercado, porém utiliza 100% dos painéis não conformes como embalagem dos *pallets*. Estes são muitas vezes reaproveitados pelos consumidores para preenchimento de partes não visíveis dos móveis, como fundos de armário, por exemplo, mas este fato não é garantido pela empresa produtora de painéis, já que só acompanha os produtos até a saída da fábrica, mostrando uma lacuna de responsabilidade social compartilhada que pode ser explorada de forma mais precisa, já que o intuito de reduzir os resíduos sólidos e rejeitos deve englobar, segundo a Confederação Nacional da Indústria (2019, p. 45), não só os fabricantes como também “importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos”.

4.4 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE EXTENSÃO DA VIDA DO PRODUTO

Após a exposição de conceitos sobre potenciais métodos aplicados para estender a vida de painéis de madeira: tratamento térmico em estufa ou prensa, aplicação de materiais hidrofóbicos, inserção de nanopartículas, melhoria da qualidade do revestimento e manutenção dos produtos, foi perguntado ao entrevistado se alguma destas ou outra estratégia com este mesmo fim são aplicadas. A resposta obtida foi que está sendo lançado um produto antibacteriano e antifúngico através da aplicação de bactericida à base de cobre ou prata e que ainda está sendo testado para escolha do método mais rentável e eficiente. Já dentro das estratégias citadas anteriormente foi perguntada a viabilidade de cada uma na escala *Likert*, sendo 1 “inviável” e 5 “muito viável”. O resultado obtido está presente no Gráfico 2.



Fonte: Autoria própria (2020)

Com base nas respostas expostas acima, pode-se identificar que o método de aplicação de materiais hidrofóbicos é visto como viável pela empresa, recebendo o fator 4, de uma escala de 1 a 5. O motivo dado é de que este método já é utilizado em uma planta próxima à deste estudo de caso, onde se adiciona uma resina diferenciada que impede a absorção de água pelo painel, além de um corante para diferenciá-lo dos painéis comuns. Portanto, apesar de aplicável, a empresa não o

realiza por questões estratégicas. Já o método de inserção de nanopartículas não é considerado tão viável, recebendo nota 3, pois há geração de nanocelulose em algumas plantas em outros países, o que torna a ideia possível, porém mais remota que as anteriores.

As estratégias de oferecimento de serviços de reparo receberam nota 2, seguindo a justificativa de que investir em programas para reaproveitamento de materiais já vendidos e lançados no mercado poderia impactar de forma negativa as vendas dos novos produtos, trazendo exatamente o viés oposto do propósito do *marketing* da empresa. Já os métodos de melhoria de revestimento e tratamento térmico do painel receberam nota 1, pelo fato do gestor não ter tido contato com estes assuntos dentro da empresa, sugerindo que não há uma tendência para aplicação destes atualmente.

É importante destacar que as estratégias abordadas neste tópico, se aplicadas, nem sempre garantem que o produto final desempenhe menor impacto ambiental. Cada uma deve ser estudada considerando o contexto da empresa, através da Avaliação do Ciclo de Vida, ponderando-se os impactos de cada método com suas respectivas vantagens, para que seja possível encontrar a melhor alternativa diante de todas as variáveis existentes. Além disso, torna-se necessária uma análise de viabilidade econômica e técnica como uma segunda fase de verificação dos métodos a serem incorporados ao sistema produtivo.

4.5 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE PLATAFORMA DE COMPARTILHAMENTO

Quando iniciados os questionamentos sobre “Plataforma de Compartilhamento”, a empresa, além de se enquadrar nos resultados apresentados por Araújo (2020) onde as práticas pertencentes a este modelo de negócio não são identificadas no setor de painéis de madeira, ainda não considera viável e nem mesmo um elemento estratégico, segundo o entrevistado, a criação e/ou apoio às plataformas digitais e ao compartilhamento *peer-to-peer*. A resposta é uma extensão do raciocínio exposto no tópico acima de que o método pode desestimular a venda de novos produtos.

4.6 INTERPRETAÇÃO DAS QUESTÕES SOBRE PRODUTOS COMO SERVIÇOS

Da mesma forma, a proposta de oferta de produtos em forma de aluguel (como móveis, por exemplo), apresentada pelo modelo de negócio “Produtos como Serviços”, onde a empresa se responsabiliza por manter as propriedades circulares dos recursos com o objetivo de prolongar seu uso, foi tida como uma estratégia inviável para ser criada e/ou apoiada no momento. Declara-se que o tema ainda não foi abordado dentro da empresa e a justificativa parte exatamente do mesmo pressuposto já apresentado acima.

4.7 INTERPRETAÇÃO GERAL

Apoiando-se nas informações acima expostas, foi possível identificar o posicionamento atual da planta de painel de madeira no que se diz respeito às práticas de Economia Circular. Primeiramente, percebe-se o interesse da empresa por este tema a partir do concurso de inovação realizado todo ano, cujos dois últimos anos tiveram propostas relacionadas à Bioeconomia.

O efetivo planejamento de reutilização na produção do painel de MDF para que o descarte de resíduos seja o mínimo possível mostra que a circularidade está começando a ser aplicada, onde grande parte destes resíduos é utilizada como entrada do próprio processo, sendo como biomassa para produção de energia ou como calço e capa para proteção do produto final, havendo, ainda, a reutilização de água que passa por tratamento após a saída do processo. Apesar disso, o lodo proveniente do tratamento de efluentes não se mostrou um caminho viável por questões geográficas e de custo. No entanto, é necessário lembrar que a perspectiva de ciclo de vida do produto requer que esta consciência e planejamento se estenda para os demais agentes da cadeia produtiva, já que o conceito de circularidade envolve também a disposição final do produto, incluindo, desta forma, distribuidores e consumidores.

Ainda, estão sendo analisadas pela empresa estratégias para o aumento da vida útil dos painéis, como a inserção de um produto à base de cobre ou prata o que, apesar de inicialmente vantajoso, pode acarretar em um desempenho ambiental inferior ao que não possui este tipo de aplicação. Para esclarecimento,

recomenda-se um estudo baseado em ACV para as duas possibilidades, confrontando os impactos dos novos químicos e insumos com a ampliação da durabilidade do produto.

A utilização de resina verde como substituição de parte da resina à base de formaldeído é um método que está sendo estudado pela empresa em outros países. Ademais, a inserção de nanopartículas pode ser considerada uma possibilidade futura na empresa pela existência de nanocelulose em outra unidade fabril.

Alguns métodos encontrados na literatura de extensão não estão tão difundidos na empresa, como o método de tratamento térmico para ataque de agentes xilófagos e a melhoria da qualidade do revestimento através do processo de imersão, deposição de filmes por plasma frio ou revestimento por método sol-gel. Já a inserção de materiais hidrofóbicos se mostra significativa por já estar implantada em uma unidade próxima da empresa em estudo.

Ainda, algumas técnicas vistas como potenciais no ramo madeireiro foram descartadas pela empresa, como a incorporação à matéria-prima resíduos agroindustriais ou painéis recuperados e o envio de painéis não conformes para a recuperação como matéria-prima para compósito de plástico de madeira ou compósito de cimento de madeira, o que foi justificado pelo fato do mercado não valorizar a reutilização de produtos. Outras foram consideradas até mesmo momentaneamente impraticáveis por desestimularem a compra de novos painéis, como o oferecimento de serviços de reparo, o compartilhamento *peer-to-peer* e a venda do produto como serviço.

Levando em conta as abordagens levantadas, pode-se notar pontos em consonância com a Economia Circular já presentes na empresa, além das ações que ainda estão sendo planejadas e que, quando aplicadas, possibilitarão uma importante evolução neste aspecto. Vale ressaltar, que as práticas de Economia Circular devem ser avaliadas juntamente com técnicas de quantificação de potenciais impactos ambientais (como ACV, por exemplo) e outros estudos mercadológicos e técnicos para sua plena viabilidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O primeiro objetivo específico deste trabalho foi alcançado ao se analisar o cenário geral das indústrias de painéis de madeira e as atuais práticas, conceitos e possibilidades da Economia Circular. A partir disso, o tema foi contextualizado em um estudo de caso e foram analisadas a viabilidade e a efetividade de determinadas propostas baseadas em cinco modelos de negócio para a Economia Circular.

Ao abranger o segundo objetivo específico através do estudo de caso, foi possível perceber que, apesar de as práticas da Economia Circular estarem se difundindo e se destacando cada vez mais no setor de painéis de madeira, suas implantações exigem uma mudança cultural, tecnológica e estratégica na empresa. Esta transição pôde ser sentida no questionário aplicado, onde foi possível presenciar um progresso no posicionamento, com o estudo de novas possibilidades e a apresentação do assunto sendo cada vez mais recorrente nas pautas de reuniões da empresa.

Para atender ao terceiro e ao quarto objetivos específicos, os resultados apresentados pela indústria de painéis de madeira foram avaliados, sendo observada uma inserção parcial da Economia Circular através do processo de redução de resíduos e reutilização de recursos, com a água sendo reaproveitada em alguns processos, a casca de tora e pó de madeira constituindo matéria-prima para a geração de energia térmica e os painéis de madeira não conformes sendo empregues na produção de calços.

Porém, a reutilização de materiais como matéria-prima, a destinação do lodo e a introdução dos conceitos de plataforma de compartilhamento, produtos como serviço e serviços de reparo foram métodos que evidenciaram que avançar em determinados preceitos da Economia Circular exige um redirecionamento do mercado, não sendo medido esforços para incluir a circularidade como tendência nos padrões ambientais, principalmente através da comunicação, o que inclui, primeiramente, a quebra de resistência em remodelar a estratégia e o sistema atual de produção, o que pode ser visto como a barreira de entrada para estas novas formas de atuação. Enquanto isso, as oportunidades de estudo e análises se mostram presentes na substituição de matérias-primas não ecológicas, nos métodos de melhoria de revestimento, tratamento térmico e inserção de nanopartículas.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, estudos sobre a viabilidade da oferta de serviços de reparo, das plataformas de compartilhamento e produtos como serviço são recomendados. Ainda, é possível explorar os métodos de melhoria de revestimento e tratamento térmico, colocando-os em pauta e analisando a possibilidade de suas aplicações, já que estes são assuntos pouco explorados na empresa em estudo. Ademais, pesquisas focadas na Avaliação do Ciclo de Vida para se descobrir o desempenho ambiental da aplicação de cada método de extensão de vida do painel se tornam de grande importância neste contexto.

Levando em conta os conceitos de responsabilidade compartilhada, sugere-se, também, um mapeamento do destino dos resíduos gerados após a saída do produto pelo portão da fábrica, como os resquícios de marcenaria e as capas e calços dos *pallets*.

REFERÊNCIAS

ACCENTURE. **Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth**. Ano de publicação: 2014. Disponível em: <https://www.accenture.com/t20150523T053139__w__/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Strategy_6/Accenture-Circular-Advantage-Innovative-Business-Models-Technologies-Value-Growth.pdf>. Acesso em 09 de abril de 2020.

ADEEB, Ehsan; KIM, Tae-woo; SOHN, Changyun. Cost-benefit analysis of medium-density fiberboard production by adding fiber from recycled medium-density fiberboard. **Forest Products Journal**, v. 68, p. 414-418, 2019.

AMINI, Ezatollah *et al.* Utilization of cellulose nanofibrils as a binder for particleboard manufacture. **Bioresources**, v. 12, 2017.

ANDREWS, Deborah. The circular economy, design thinking and education for sustainability. **Local Economy**, v. 30, p. 305-315, 2015.

ARAÚJO, Cristiane Karyn de Carvalho. **Práticas de Economia Circular no sistema produtivo de painéis de madeira**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2020.

ARAUJO, Elesandra da Silva *et al.* **Evolução do mercado de painéis MDF e MDP**. Revista da Madeira, ano 28, n. 158, p.10-13, 14 de março de 2019. Disponível em: <https://issuu.com/revistadamadeira/docs/ed_158>. Acesso em 09 de abril de 2020 (a).

ARAÚJO, Cristiane Karyn de Carvalho *et al.* Circular Economy Practices on Wood Panels: A Bibliographic Analysis. **Sustainability**, v. 11, 2019 (b).

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Os descaminhos do lixo**. Disponível em: <<http://abrelpe.org.br/brasil-produz-mais-lixo-mas-nao-avanca-em-coleta-seletiva/>>. Acesso em 26 de março de 2020.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). **NBR ISO 14040: Gestão Ambiental - Avaliação do Ciclo de Vida - Princípios e Estrutura**. Rio de Janeiro.

ASSUNÇÃO, Gardênia Mendes de. A Gestão Ambiental rumo à Economia Circular: Como o Brasil se apresenta nessa discussão. **Sistemas e Gestão**, v. 14, p. 223-231, 2019.

BARBARITANO, Marica; BRAVI, Laura; SAVELLI, Elisabetta. Sustainability and Quality Management in the Italian Luxury Furniture Sector: A Circular Economy Perspective. **Sustainability**, v. 11, 2019.

BIAZUS, André; DA HORA, André Barros; LEITE, Bruno Gomes Pereira. **Painéis de Madeira MDP e MDF – Mercado e Competitividade**. Revista da Madeira, ano 27, n. 136, 2013. Disponível em: <<https://pt.calameo.com/read/00229864828a29407647e>>. Acesso em 20 de agosto de 2020.

BNDES. **Panorama de mercado: painéis de madeira**. 40. ed. Rio de Janeiro, 2014. p. 323-384. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3023/1/Panorama%20de%20mercado.pdf>>. Acesso em: 26 de março de 2020.

CABOT, María Inés *et al.* Aspects of sustainability and design engineering for the production of interconnected smart food packaging. **Plos One**, v. 14, 2019.

CEMPRE. **Compromisso Empresarial para Reciclagem**. Disponível em: <<http://cempre.org.br/sobre/id/1/institucional>>. Acesso em 26 de março de 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Economia Circular: Caminho estratégico para a indústria brasileira**. Publicado em setembro de 2019. Disponível em: <<http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2019/9/economia-circular-caminho-estrategico-para-industria-brasileira/>>. Acesso em 26 de março de 2020.

CORRÊA, Cindy. **Cenário Ibá: 4º trimestre de 2019**. Indústria Brasileira de Árvores. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/e-mail-marketing/cenarios/60-cenarios_2.pdf>. Acesso em 09 de abril de 2020.

DAZMIRI, Mohensn Khonakdar *et al.* Revealing the impacts of recycled urea–formaldehyde wastes on the physical–mechanical properties of MDF. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 77, p. 293–299, 2019.

DONATI, Franco *et al.* Modeling the circular economy in environmentally extended input-output tables: Methods, software and case study. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 152, 2020.

DONNER, Mechthild; GOHIER, Romane; VRIES Hugo de. A new circular business model typology for creating value from agro-waste. **Science of the Total Environment**, v. 716, 2020.

ELIAS, Rob; BARLETT, Craig. Briefing: Closing the loop for Medium-Density Fiberboard. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Waste and Resource Management**, v. 171, p. 33-35, 2018.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Economia Circular**. Disponível em: <<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/economia-circular/conceito>>. Acesso em 22 de agosto de 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Rumo à Economia Circular: o racional de negócio para acelerar a transição**. Publicado em 2015. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Rumo-a%CC%80-economia-circular_Updated_08-12-15.pdf>. Acesso em 09 de junho de 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Towards a Circular Economy: Closing the loop of the products lifecycle**. Disponível em: <https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_en#documents>. Acesso em 09 de abril de 2020.

FREIRE, Ana Lúcia Feitoza. *et al.* Impactos ambientais de painéis de madeira e derivados - Uma revisão de literatura. **Espacios**, v. 36, p. 3, 2015.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United States. **Forest Products 2017**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca5703m/ca5703m.pdf>>. Acesso em 09 de abril de 2020.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United States. **Forestry Production and Trade**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/?#data/FO>>. Acesso em 09 de junho de 2020.

GAGLIO, Mattias *et al.* Life Cycle Assessment of Maize-Germ Oil Production and the Use of Bioenergy to Mitigate Environmental Impacts: A Gate-To-Gate Case Study. **Resources**, v. 8, 2019.

GHISELLINI, Patrizia; ULGIATI, Sergio. Circular economy transition in Italy. Achievements, perspectives and constraints. **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 2020.

GIAMA, Effrosyni; PAPADOPOULOS, Agis. Benchmarking carbon footprint and circularity in production processes: The case of stonewool and extruded polystyrene. **Journal of Cleaner Production**, v. 257, 2020.

GULDAMANN, Eva; HUULGAARD, Rikke Dorothea. Barriers to circular business model innovation: A multiple-case study. **Journal of Cleaner Production**, v.243, 2020.

HERAJARVI, Henrik *et al.* Outlook for modified wood use and regulations in circular economy. **De Gruyter**, v. 74, p. 334-343, 2020.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2019**. Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em 09 de abril de 2020.

INGRASSIA, Lorenzo Paolo *et al.* Investigating the “circular propensity” of road bio-binders: Effectiveness in hot recycling of reclaimed asphalt and recyclability potential. **Journal of Cleaner Production**, v. 255, 2020.

JABBOUR, Charbel Jose Chiappetta *et al.* First-mover firms in the transition towards the sharing economy in metallic natural resource-intensive industries: Implications for the circular economy and emerging industry 4.0 technologies. **Resources Policy**, v. 66, 2020.

JIA, Fu *et al.* The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, 2020.

JULIANELLI, Vivianne *et al.* Interplay between reverse logistics and circular economy: Critical success factors-based taxonomy and framework. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 158, 2020.

KRAVCHENKO, Mariia; PIGOSSO, Daniela Cristina Antelmi; MCALOONE, Tim C. Towards the ex-ante sustainability screening of circular economy initiatives in manufacturing companies: Consolidation of leading sustainability-related performance indicators. **Journal of Cleaner Production**, v. 241, 2019.

KOROL, Dorota Burchart *et al.* Life cycle impact assessment of electric vehicle battery charging in European Union countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 257, 2020.

KRISTENSEN, Heidi Simone; MOSGAARD, Mette Alberg. A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability? **Journal of Cleaner Production**, v. 243, 2020.

LI, Kuibao *et al.* Novel wood adhesives from condensed tannins and polyethylenimine. **International journal of adhesion and adhesives**, v. 24, p. 327-333, 2004.

LINDER, Marcus; SARASINI, Steven; LOON, Patricia van. A Metric for Quantifying Product-Level Circularity. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, p. 545-558, 2017.

LINKOSALMI, Lauri *et al.* Main factors influencing greenhouse gas emissions of wood-based furniture industry in Finland. **Journal of Cleaner Production**, v. 113, p. 596-605, 2016.

LIU, Yue *et al.* An integrated retrieval framework for similar questions: Word-semantic embedded label clustering – LDA with question life cycle. **Information Sciences**, v. 537, p. 227-245, 2020.

LONCA, Geoffrey; BERNARD, Sophie; MARGNI, Manuele. A versatile approach to assess circularity: The case of decoupling. **Journal of Cleaner Production**, v. 240, 2019.

LU, Qi *et al.* A hybrid metaheuristic algorithm for a profit-oriented and energy-efficient disassembly sequencing problem. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 61, 2020.

MAY, Nadine; GUENTHER, Edeltraud; HALLER, Peer. Environmental Indicators for the Evaluation of Wood Products in Consideration of Site-Dependent Aspects: A Review and Integrated Approach. **Sustainability**, v. 9, 2017.

MCDONOUGH, William; BRAUNGART, Michael. **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things**. Editora Durabook, 1ª edição, 199 páginas, 2002.

MENNA, Fabio de *et al.* A combined framework for the life cycle assessment and costing of food waste prevention and valorization: an application to school canteens. **Agricultural and Food Economics**, v. 8, artigo nº 2, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/politica-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em 26 de março de 2020.

MOSLEMI, Amin *et al.* Addition of cellulose nanofibers extracted from rice straw to urea formaldehyde resin; effect on the adhesive characteristics and medium density fiberboard properties. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 99, 2020.

MOUBARIK, A. *et al.* Evaluation of mechanical and physical properties of industrial particleboard bonded with a corn flour–urea formaldehyde adhesive. **Composites Part B: Engineering**, v. 44, p. 48-51, 2013.

NAÇÕES UNIDAS. **Ministros adotam resoluções sobre economia circular e produção sustentável**. Publicado em 18 de março de 2019. Disponível em:

<<https://nacoesunidas.org/ministros-adotam-resolucoes-sobre-economia-circular-plastico-descartavel-e-producao-sustentavel>>. Acesso em 22 de março de 2020.

NAVARRO, Diego *et al.* Circular economy: The case of a shared wastewater treatment plant and its adaptation to changes of the industrial zone over time. **Journal of Cleaner Production**, v. 261, 2020.

NGAN, Sue Lin *et al.* Prioritization of sustainability indicators for promoting the circular economy: The case of developing countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 111, p. 314-331, 2019.

NUNES, Katia Regina Alves; MAHLER, Claudio Fernando. Comparison of construction and demolition waste management between Brazil, European Union and USA. **Waste Management and Research**, v.38, p. 415-422, 2020.

OH, Jinkyung; HETTIARACHCHI, Hiroshan. Collective Action in Waste Management: A Comparative Study of Recycling and Recovery Initiatives from Brazil, Indonesia, and Nigeria Using the Institutional Analysis and Development Framework. **Recycling**, v. 5, 2020.

OLIVEIRA, Carla Tognato de; LUNA, Mônica M. M.; CAMPOS, Lucila, M. S. Understanding the Brazilian expanded polystyrene supply chain and its reverse logistics towards circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 235, p. 562-573, 2019.

PNRS. **Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12.305**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 24 de abril de 2020.

PUPO, Paulo. **Saldo positivo e as oportunidades de 2020**. Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). Disponível em: <<https://abimci.com.br/publicacao/saldo-positivo-e-as-oportunidades-de-2020/>>. Acesso em 09 de abril de 2020.

RAMALHO, Ângela Maria Cavalcanti; MARQUES, Francisca Luseni Machado. **Classificação da pesquisa científica**. Paraíba: UFRN/UEPB. Apostila, 2009.

RIOS, Irel Carolina de Los; CHARNLEY, Fiona J.S. Skills and capabilities for a sustainable and circular economy: The changing role of design. **Journal of Cleaner Production**, v. 160, p. 109-122, 2017.

SARTORI, Diogo de Lucca *et al.* Modular panel with wood and particleboards of sugarcane bagasse for cattle handling facilities. **Acta Scientiarum**, v. 37, p. 3–9, 2015.

SAVOV, V.; ANTOV, P. Engineering the properties of eco-friendly medium density fibreboards bonded with lignosulfonate adhesive. **Journal Drvna Industrija**, v. 71, p. 157-162, 2020.

SCHRODER, Patrick; LEMILLE, Alexandre; DESMOND, Peter. Making the circular economy work for human development. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 156, 2020.

SEBRAE. **Pensamento do Ciclo de Vida: Negócios Conscientes à Caminho da Sustentabilidade**. Cuiabá - MT, 39 p., 2017. Disponível em: <http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%B5es/Sebrae-Ciclo_de_Vida.pdf>. Acesso em 09 de abril de 2020.

SELVATTI, Thaisa de Souza *et al.* Global production of medium-density fiberboard (MDF) (1995-2016). **Revista Árvore**, v. 42, 2019.

SILVA, Ana Paula Santos da *et al.* Physical properties of medium density fiberboard produced with the addition of ZnO nanoparticles. **BioResources**, v. 14, p. 1618-1625, 2019.

SILVA, Flávia Arcari da; SIMIONI, Flávio José; HOFF, Débora Nayar. Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 706, 2020.

SMIEJA, Jonathan M.; BABCOCK, Kaitlyn E. The intersection of green chemistry and Steelcase's path to circular economy. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v.10, p. 331-335, 2017.

SONDAGEM INDUSTRIAL. **Publicado em Agência FIEP em 10 de dezembro de 2019**. Disponível em: <<https://agenciafiep.com.br/2019/12/10/xxiv-sondagem-industrial/>>. Acesso em 26 de março de 2020.

STANCHEV, Peyo. *et al.* Multilevel environmental assessment of the anaerobic treatment of dairy processing effluents in the context of circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 261, 2020.

SUOMALA, Petri. The life cycle dimension of new product development performance measurement. **International Journal of Innovation Management**, v. 08, p. 193-221, 2004.

TATE, Wendy L. *et al.* Seeing the forest and not the trees: Learning from nature's circular economy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 149, p. 115-129, 2019.

WAN, Hui *et al.* Recycling Wood Composite Panels: Characterizing Recycled Materials. **Bioresources**, v. 9, p. 7544-7565, 2014.

WBCSD. **CEO Guides**. Disponível em: <<https://www.wbcds.org/Overview/About-us>>. Acesso em 18 de maio de 2020 (a).

WBCSD. **CEO Guides**. Disponível em: <<https://www.wbcds.org/Overview/CEO-Guides>>. Acesso em 18 de maio de 2020 (b).

WBCSD. **CEO Guide to the Circular Economy**. Finlândia, 5 de junho de 2017. Disponível em: <<https://www.wbcds.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Resources/CEO-Guide-to-the-Circular-Economy>>. Acesso em 18 de maio de 2020.

ZENG, Qinzhi *et al.* Circular development of recycled natural fibers from medium density fiberboard wastes. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, p. 456-464, 2018.

ZHANG, Rong *et al.* Alumina nanoparticle modified phenol-formaldehyde resin as a wood adhesive. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, v. 81, p. 79-82, 2018.

ZHANG, Xiang *et al.* Sustainable product design: A life-cycle approach. **Chemical Engineering Science**, v. 217, 2020.

ZHU, Wenkai *et al.* Formaldehyde-free resin impregnated paper reinforced with cellulose nanocrystal (CNC): Formulation and property analysis. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 137, 2020.

ZORPAS, Antonis A. Strategy development in the framework of waste management. **Science of the Total Environment**, v. 716, 2020.

APÊNDICE A - Questionário para coleta de informações

Como você considera o seu nível de conhecimento sobre práticas da Economia Circular? *

1 2 3 4 5

Muito baixo Muito alto

A Economia Circular é pauta de reuniões na empresa? *

1 2 3 4 5

Nunca Sempre

Quais seriam as principais barreiras para a empresa ampliar as práticas de Economia Circular? *

Culturais

Tecnológicas

Econômicas

Institucionais

Outro

1 - Materiais circulares

Quais são os tipos de energia utilizados no processo (combustíveis, energia térmica ou elétrica)? Quais foram seus valores totais em MJ no ano anterior e qual a fonte/origem desta energia? EXEMPLO- Tipo de energia: Térmica. Quantidade: 5000 MJ/ano. De onde vem/Geração: Biomassa comprovada de resíduos de madeira do processo e utilizada como combustível em planta térmica. *

	Fonte de energia	Quantidade em MJ/ ano-1	De onde vem (Geração)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

A empresa acredita que substituir a resina UF por resina verde ou lignina proveniente do processo de polpação seria uma estratégia viável em um prazo de 10 anos? *

1 2 3 4 5

Com certeza não Com certeza sim

A empresa acredita ser viável o uso de resíduos agroindustriais (resíduos de colheita da produção agrícola, tais como milho, arroz, soja, cana-de-açúcar, feijão e trigo, embalagens de adubo, defensivos agrícolas, entre outros) como matéria-prima incorporada em painéis? *

1 2 3 4 5

Com certeza não Com certeza sim

Comente como a empresa considera a ampliação e uso de materiais circulares (energia de fonte renovável, matérias-primas de origem não virgem, etc.) como elemento estratégico na empresa? *

2 - Recuperação de recursos

Em média, quanto dos resíduos de madeira (com ou sem resina) é utilizado para geração de energia térmica (em %)? *

Qual o destino de painéis considerados não conformes da planta? Alguma porcentagem é utilizada para capa/calço/pallet? *

Na empresa há o envio do lodo criado na estação de tratamento para uso como fertilizante ou para outra finalidade? Se sim, quantos % aproximadamente são reaproveitados? *

Dentro do processo de produção do painel, há utilização da água recuperada? Se sim, quantos % do total de água usada se enquadra nesta categoria e por quantas vezes ocorre a recirculação de água recuperada? *

A empresa acredita que o envio de painéis não conformes para a recuperação como matéria-prima para compósito de plástico de madeira ou compósito de cimento de madeira seria uma estratégia viável? *

1 2 3 4 5

Com certeza não Com certeza sim

Comente como a empresa considera a recuperação de recursos como elemento estratégico na empresa? *

3 - Extensão de vida do produto

Na produção do painel, alguma estratégia é utilizada para o aumento de sua vida útil ao consumidor final? Se sim, qual(is)? (Exemplos: uso de cupinícida, tratamentos térmicos, agentes hidrofóbicos, etc.) *

A empresa acredita que seria viável aplicar o tratamento térmico no painel? *

1 2 3 4 5
Com certeza não Com certeza sim

A empresa acredita que seria viável aplicar materiais hidrofóbicos no painel? *

1 2 3 4 5
Com certeza não Com certeza sim

A empresa acredita que seria viável a inserção de nanopartículas no painel? *

1 2 3 4 5
Com certeza não Com certeza sim

A empresa acredita que seria viável a melhoria da qualidade do revestimento? *

1 2 3 4 5
Com certeza não Com certeza sim

A empresa acredita que seria viável oferecer serviços de reparo do produto? *

1 2 3 4 5
Com certeza não Com certeza sim

Comente como a empresa considera estratégias de extensão de vida útil do produto como elemento estratégico na empresa? *

4 - Plataforma de compartilhamento

A empresa acredita que seria viável apoiar/criar plataformas digitais? *

1 2 3 4 5

Com certeza não Com certeza sim

A empresa acredita que seria viável apoiar/criar o compartilhamento peer-to-peer? *

1 2 3 4 5

Com certeza não Com certeza sim

Comente como a empresa considera o uso de plataformas de compartilhamento para apoiar o aumento da vida útil do produto e auxiliar em estratégias de fim de vida aos painéis como elemento estratégico na empresa? *