

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

MATHEUS ALVES COSTA



ANÁLISE DE CIRCULARIDADE NA INDÚSTRIA DE
PAPEL E CELULOSE

RIO DE JANEIRO

2023

MATHEUS ALVES COSTA

ANÁLISE DE CIRCULARIDADE NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Orientador(es): Fábio de Almeida Oroski

Rio de Janeiro

2023

CIP - Catalogação na Publicação

A427a Alves Costa, Matheus
 ANÁLISE DE CIRCULARIDADE NA INDÚSTRIA DE PAPEL E
 CELULOSE / Matheus Alves Costa. -- Rio de Janeiro,
 2023.
 67 f.

 Orientador: Fábio Almeida Oroski.
 Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
 Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de
 Química, Bacharel em Engenharia Química, 2023.

 1. Economia Circular. 2. Indústria de Papel e
 Celulose. 3. Sustentabilidade. 4. Recursos
 Naturais. 5. Reciclagem. I. Almeida Oroski, Fábio ,
 orient. II. Título.

Matheus Alves Costa

ANÁLISE DE CIRCULARIDADE NA INDÚSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado em 19 de Julho de 2023.

Aprovado por:

Bettina Susanne Hoffmann, D.Sc.

Flavia Chaves Alves, D.Sc.

Orientado por:

Fábio de Almeida Oroski, D.Sc.

Rio de Janeiro
2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer, primeiramente, aos meus pais e familiares por todo o apoio e suporte que nos deram ao longo de toda minha caminhada estudantil. Sua luta fez com que me torna-se o primeiro graduando de uma universidade federal.

Gostaria de agradecer à minha então noiva, também formanda da UFRJ, a qual me ajudou a manter a devida disciplina e foco, sendo minha motivação pessoal para nunca me contentar com nada menos que minha melhor versão.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em especial ao corpo docente da Escola de Química, o qual me propiciou novos e importantes desafios, apresentando perspectivas de vidas únicas.

Ao orientador, Fábio de Almeida Oroski, por sua predisposição a ajudar, pela sua preocupação com o aluno e seu tato diferenciado, características sem as quais não teria sido possível entregar o presente trabalho.

Aos meus colegas e amigos de faculdade, com os quais pude vivenciar as mais diversas experiências, contribuindo para a construção de um ser-humano melhor que a versão que adentrou a UFRJ.

“A única maneira de fazer algo excelente é amar o que você faz.

Se você ainda não a encontrou, continue procurando.

Não se acomode”

(Steve Jobs)

RESUMO

Costa, Matheus. **Análise de Circularidade na Indústria de Papel e Celulose: Uma análise da Klabin**. Rio de Janeiro, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

A economia circular é um conceito fundamental para promover a sustentabilidade e a eficiência no uso de recursos naturais. No contexto atual, em que a escassez de recursos e as preocupações ambientais estão cada vez mais presentes, a transição para uma economia circular é essencial para minimizar os impactos negativos da produção e do consumo. A indústria de papel e celulose desempenha um papel fundamental na economia brasileira, sendo responsável pela produção de materiais essenciais para diversos setores, como embalagens, papel higiênico, papéis de escritório, entre outros. Dado o papel estratégico da indústria de papel e celulose no Brasil, é crucial analisar sua abordagem em relação à economia circular. Uma indústria circular busca maximizar o uso de recursos, promover a reciclagem e reduzir a geração de resíduos, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e econômica. Portanto, entender se a indústria de papel e celulose adota práticas circulares é fundamental para avaliar seu desempenho ambiental e seu compromisso com a sustentabilidade. O presente trabalho tem como objetivo principal investigar a inserção da economia circular em diversas iniciativas da indústria de papel e celulose. Para alcançar esse objetivo, foi realizado um estudo de caso em uma empresa relevante do setor, identificando e analisando as iniciativas existentes para avaliar a sua aderência aos princípios da circularidade. Este estudo analisou a presença de iniciativas de economia circular na indústria de papel e celulose, utilizando a Klabin como estudo de caso. Os resultados mostraram um movimento progressivo em direção à economia circular, com destaque para o projeto Puma II como uma referência em circularidade. As iniciativas de redução, reutilização e reciclagem foram identificadas, sendo a reciclagem predominante. No entanto, desafios de escalabilidade foram observados em algumas iniciativas. A empresa já adotava práticas da economia circular antes mesmo de mencioná-las nos relatórios, entretanto, os relatórios de sustentabilidade revelaram uma evolução na importância da economia circular ao longo dos anos. Os resultados obtidos fornecem caminhos possíveis sobre a aplicação da

economia circular na indústria de papel e celulose e identificam obstáculos significativos que podem ser representativos para todo o setor, como a ampliação de escala de algumas iniciativas.

Palavras-chave: economia circular, indústria de papel e celulose, sustentabilidade, recursos naturais, reciclagem.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva de crescimento do PIB e da produção de papel ondulado no Brasil.	19
Figura 2 - Esquema do processo de obtenção de polpa celulósica.	20
Figura 3 - Processo produtivo da Klabin S.Fonte: Klabin, 2018.	22
Figura 4 - Abertura da receita líquida da Klabin por segmento	27
Figura 5 - Máquina de Papel MP28, projeto Puma II.	36
Figura 6 - Objetivos de desenvolvimento Sustentável.	41
Figura 7 - Material de construção obtidos a partir de dregs e grits	45
Figura 8 - Embalagem utilizando a tecnologia EcoLayer	50
Figura 9 - Klafold GB.	51
Figura 10 - Relacionamento da Maturidade e Impacto das Iniciativas na Cadeia de Valor.	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Quadro de informações sobre as iniciativas	32
Quadro 2 - Quadro de métricas qualitativas de análise do grau de aderência das iniciativas. .	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Maiores produtores de celulose do Mundo.....	30
Tabela 2- Ranking dos maiores produtores de papel no mundo em 2020. (IBÁ, 2021, e FAO, 2021).....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASG	Ambiental, Social e Governança
CTO	<i>Crude Tall Oil</i>
EMF	Ellen MacArthur Foundation
ESG	<i>Environmental, social, and corporate governance</i>
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
KODS	objetivos klabin de desenvolvimento sustentável
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 ECONOMIA CIRCULAR	15
2.2 ÍNDUSTRIA DE PAPEL E CELULOSE	18
2.3 KLABIN S/A.....	24
3 METODOLOGIA.....	29
3.1 ESTUDO DE CASO	29
3.2 COLETA DE DADOS	31
3.3 ANÁLISE DE DADOS.....	32
4 INICIATIVAS.....	34
4.1 INICIATIVA 01: PROJETO PUMA II.....	34
4.2 INICIATIVA 02: PROGRAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	36
4.3 INICIATIVA 03: TERRITÓRIO 100% CIRCULAR.....	39
4.4 INICIATIVA 04: KODS	40
4.5 INICIATIVA 05: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS	42
4.6 INICIATIVA 06: ECODESIGN	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
5.1 MATURIDADE E IMPACTO DAS INICIATIVAS.....	57
5.2 OS 3R'S DA CIRCULARIDADE	59
6 CONCLUSÕES.....	62
7 REFERÊNCIAS	64

1 INTRODUÇÃO

Em um mundo repleto de desafios, onde há uma busca incessante por formas de mitigar ou até mesmo consertar os estragos produzidos ao longo do desenvolvimento econômico, modelos de negócios e produtos de algumas linhas de empresa são vistos como soluções para resolver alguns problemas como microplásticos, uso de materiais não renováveis, aumento de emissões etc. Uma das soluções propostas para fugir desse modelo padrão extrativista, cunhado de economia linear, o qual pode ser expresso logicamente pela frase “extrair, transformar, descartar.”, é a reintegração da cadeia produtiva, onde resíduos de uma indústria podem ser matéria prima para outras empresas, ou até para si. A esse modelo integrado, temos a denominação de economia circular, que, cujo nome sugere, é uma economia baseada na reutilização de resíduos, remanufatura, além de outros pontos, os quais propiciam um desenvolvimento econômico ambientalmente mais sustentável (MCKINSEY & COMPANY; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014).

A economia circular representa uma mudança de paradigma que envolve repensar a forma como os produtos são projetados, fabricados, distribuídos e descartados. Em vez de seguir a abordagem tradicional de "usar e descartar", a economia circular busca maximizar o valor dos recursos ao longo de seu ciclo de vida, promovendo a redução do desperdício, a reutilização, a reciclagem e a recuperação de materiais. Além disso, a economia circular enfatiza a importância de fechar os ciclos de materiais e minimizar a extração de recursos naturais, visando à preservação do meio ambiente e à mitigação dos impactos ambientais.

Dentro do contexto da indústria de papel e celulose, essa é uma área de grande importância econômica e social. A indústria de papel e celulose desempenha um papel fundamental na produção de matérias-primas para uma ampla variedade de produtos, como embalagens, papel higiênico, papéis de escritório e muitos outros. No entanto, essa indústria também enfrenta desafios ambientais significativos. A demanda intensiva por recursos naturais, como água e madeira, e a geração de resíduos sólidos e emissões de gases de efeito estufa são questões críticas a serem abordadas. É nesse contexto que se faz necessário explorar como os princípios da economia circular podem ser aplicados na indústria de papel e celulose. A adoção de práticas circulares nesse setor pode ajudar a mitigar os impactos ambientais associados a ele, promovendo a eficiência no uso de recursos, a redução da geração de resíduos e a recuperação de materiais ao longo de seu ciclo de vida.

Diante dessa necessidade, este trabalho de pesquisa tem como objetivo analisar se a indústria de papel e celulose, especificamente a empresa Klabin, está se direcionando para

práticas da economia circular. Para atingir esse objetivo, será realizado um estudo de caso que investigará as iniciativas adotadas pela Klabin em relação à economia circular. Serão examinados relatórios, políticas, programas e práticas implementadas pela empresa, a fim de avaliar seu alinhamento com os princípios e diretrizes da economia circular.

A pergunta norteadora deste estudo é: "Até que ponto as iniciativas da Klabin na indústria de papel e celulose estão alinhadas com os princípios da economia circular?" Para responder a essa pergunta, serão estabelecidos objetivos específicos, como compreender os conceitos e princípios da economia circular, identificar os desafios enfrentados na transição para uma economia circular, investigar a importância estratégica da indústria de papel e celulose e seus desafios ambientais, explorar as práticas e iniciativas adotadas pela Klabin em relação à economia circular, e avaliar o grau de alinhamento dessas iniciativas com os princípios da economia circular.

O desenvolvimento deste trabalho será realizado por meio da coleta e análise de dados. Os principais dados serão obtidos a partir dos relatórios anuais de sustentabilidade da empresa Klabin, abrangendo o período de 2018 a 2021. Esses relatórios fornecerão informações relevantes sobre as iniciativas e práticas adotadas pela Klabin em relação à economia circular. Além disso, serão utilizadas fontes complementares, como publicações de mídia especializada, outros relatórios relevantes e informações disponíveis no site da Klabin. Essas fontes adicionais complementarão os dados obtidos nos relatórios de sustentabilidade, fornecendo uma visão abrangente das ações e estratégias da empresa em relação à economia circular.

A partir da coleta e análise desses dados, foi possível realizar uma avaliação do nível de inserção da economia circular na Klabin quanto as suas iniciativas. Com isso, os resultados obtidos fornecerão insights importantes para promover uma transição mais efetiva e sustentável para a economia circular nesse setor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ECONOMIA CIRCULAR

A forma como a sociedade atualmente produz, consome e descarta recursos está se mostrando insustentável e prejudicial tanto para o meio ambiente quanto para a economia global. O modelo predominante, conhecido como Economia Linear, é baseado em um processo linear de extração de recursos naturais, produção de bens, consumo e descarte de resíduos. No entanto, essa abordagem tem limites claros e enfrenta uma série de desafios que demandam uma nova visão e uma nova abordagem para a gestão de recursos. Nesse contexto, surge a Economia Circular como uma solução promissora e inovadora.

A Economia Linear se baseia em um sistema de produção e consumo que segue um fluxo linear, no qual recursos naturais são extraídos, utilizados para a produção de bens e, em seguida, descartados como resíduos após o consumo (SAIDINI et al, 2017). Esse modelo é fundamentado na premissa de que os recursos são abundantes, de fácil acesso e que a capacidade do meio ambiente em absorver os resíduos é ilimitada. No entanto, essa visão simplista está cada vez mais distante da realidade.

A extração intensiva de recursos naturais não renováveis, como minerais, metais e combustíveis fósseis, tem levado ao seu esgotamento. A demanda crescente por esses recursos, impulsionada pelo crescimento econômico e pela população mundial em expansão, coloca em risco a disponibilidade futura desses materiais. Além disso, a extração e o uso de recursos naturais geram impactos ambientais significativos, incluindo a destruição de ecossistemas, perda de biodiversidade e poluição do ar, da água e do solo (BROWN, 2008).

A Economia Linear também enfrenta o desafio da geração excessiva de resíduos. O modelo de produção e consumo atual resulta em uma quantidade significativa de resíduos, muitos dos quais são descartados de forma inadequada, ocupando espaço em aterros sanitários e contribuindo para a poluição ambiental. Além disso, a gestão inadequada dos resíduos impede a recuperação de recursos valiosos que poderiam ser reutilizados ou reciclados.

Outro problema associado à Economia Linear é a dependência de energia não renovável. O modelo atual depende fortemente de combustíveis fósseis, que são fontes finitas e contribuem para as emissões de gases de efeito estufa e para as mudanças climáticas. Além disso, o uso ineficiente de energia ao longo do ciclo de vida dos produtos resulta em desperdício e na perda de oportunidades para a eficiência energética (BEE CIRCULAR, 2019).

A abordagem da Economia Circular propõe uma visão mais abrangente e integrada, que valoriza e utiliza os recursos de maneira eficiente ao longo de seu ciclo de vida. Em contraste

com a Economia Linear, que segue a lógica de "extrair-produzir-descartar", a Economia Circular busca fechar os ciclos de materiais e energia, minimizando a extração de recursos virgens, reduzindo a geração de resíduos e promovendo a regeneração de sistemas naturais (MCKINSEY & COMPANY; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014).

Ao longo dos anos do surgimento da expressão, vários conteúdos e definições foram propostos para descrever e aprimorar o conceito. Não é possível atrelar a origem da economia circular a um autor específico, mas sim, a um conjunto de autores e pesquisadores que deram base ao seu desenvolvimento (WAUTELET et al., 2018).

Para alcançar os princípios da Economia Circular, são necessárias estratégias e práticas inovadoras. O design sustentável desempenha um papel fundamental, pois o desenvolvimento de produtos duráveis, passíveis de reparo e com facilidade de desmontagem e reciclagem contribui para prolongar sua vida útil e facilitar a recuperação de materiais. A reutilização e o reparo de produtos também são essenciais, permitindo encontrar novos usos e prolongar seu ciclo de vida, reduzindo o desperdício e promovendo a cultura da manutenção (MANZINI; VEZZOLI, 2011).

A reciclagem e a recuperação de recursos são estratégias-chave na Economia Circular. Por meio da coleta seletiva e da separação adequada dos materiais, é possível recuperar recursos valiosos dos resíduos e reintroduzi-los na cadeia produtiva, reduzindo a necessidade de extrair recursos naturais, economizando energia e diminuindo a quantidade de resíduos destinados aos aterros sanitários (ANDERSEN, 2006).

A Economia Circular também promove a economia do compartilhamento. Ao incentivar o compartilhamento de bens e serviços, reduz-se a necessidade de posse individual, otimizando a utilização dos recursos disponíveis e evitando o consumo excessivo. Modelos de negócios baseados no compartilhamento, como aluguel, assinaturas e plataformas de compartilhamento, tornam possível uma melhor utilização dos recursos existentes (NESS, 2008).

A transição para fontes de energia renovável e o aumento da eficiência energética são pilares fundamentais da Economia Circular. Ao utilizar energias limpas e renováveis, reduzem-se as emissões de gases de efeito estufa e a dependência de combustíveis fósseis. Além disso, a eficiência energética permite otimizar o uso da energia em todas as etapas do ciclo de vida dos produtos, desde a extração de matérias-primas até a produção, utilização e descarte. (NESS, 2008).

A Economia Circular propõe uma mudança de paradigma, onde os recursos são vistos como parte de um sistema integrado, no qual a regeneração e a sustentabilidade são fundamentais. Essa abordagem não apenas beneficia o meio ambiente, reduzindo os impactos

negativos da atividade humana, mas também oferece oportunidades econômicas, criando novos empregos, promovendo a inovação e gerando valor a longo prazo. A transição para a Economia Circular é um desafio complexo, que exige a colaboração de diversos atores, incluindo governos, empresas, sociedade civil e consumidores. No entanto, os benefícios potenciais são significativos, possibilitando um futuro mais sustentável e próspero para as gerações presentes e futuras (MCKINSEY & COMPANY; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014).

A implementação da Economia Circular requer uma mudança de mentalidade e ações coordenadas em diferentes níveis. No âmbito governamental, políticas e regulamentações favoráveis devem ser estabelecidas para incentivar práticas circulares e desincentivar abordagens lineares não sustentáveis. Isso pode incluir incentivos fiscais para empresas que adotam modelos circulares, estabelecimento de metas de reciclagem e reutilização de resíduos, investimentos em infraestrutura de reciclagem e educação pública sobre a importância da Economia Circular.

As empresas também desempenham um papel fundamental na transição para a Economia Circular. Elas devem repensar suas estratégias de produção e adotar práticas que valorizem a eficiência de recursos, a reciclagem, a reutilização e a incorporação de materiais reciclados em seus produtos. Isso requer investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, colaboração com fornecedores e parceiros ao longo da cadeia de suprimentos e a promoção de uma cultura organizacional voltada para a sustentabilidade.

A sociedade civil e os consumidores também têm um papel fundamental na Economia Circular. Ao adotar comportamentos conscientes, como a redução do consumo excessivo, a preferência por produtos duráveis e reparáveis, a participação em programas de reciclagem e a promoção do compartilhamento de recursos, os indivíduos podem contribuir para a criação de uma demanda por produtos circulares e pressionar por mudanças em larga escala.

Além dos benefícios ambientais óbvios, a Economia Circular também apresenta oportunidades econômicas significativas. A transição para modelos circulares pode estimular a criação de empregos verdes, impulsionar a inovação tecnológica, gerar novos mercados e fortalecer a competitividade das empresas. A recuperação de recursos valiosos dos resíduos pode reduzir a dependência de matérias-primas caras e voláteis, melhorando a resiliência das cadeias de suprimentos e contribuindo para a estabilidade econômica.

A economia circular é um conceito fundamental na busca por um modelo econômico mais sustentável, e os princípios dos 3R - Reduzir, Reutilizar e Reciclar - desempenham um papel crucial nesse contexto. Diversos autores renomados contribuíram com suas visões sobre

a aplicação dos 3R na economia circular, fornecendo insights valiosos sobre como alcançar uma gestão mais eficiente de recursos e minimizar o desperdício.

Um dos pioneiros nessa área é Walter R. Stahel, que propôs o conceito de "economia de serviço". Stahel enfatiza a importância de reduzir a extração de recursos naturais através do prolongamento da vida útil dos produtos. Para ele, é essencial repensar a forma como projetamos, produzimos e consumimos, buscando modelos de negócios baseados em compartilhamento, aluguel e recuperação de produtos (STAHHEL, 2016).

Ellen MacArthur, navegadora e fundadora da Fundação Ellen MacArthur, destaca a necessidade de reutilização como uma das pedras angulares da economia circular. Em sua visão, a transição para um modelo circular requer a criação de sistemas que permitam a recuperação e a reintegração de materiais em ciclos produtivos. Isso implica em projetar produtos com durabilidade, modularidade e facilidade de reparo, bem como promover a remanufatura e a revitalização de componentes (MCKINSEY & COMPANY; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2014).

William McDonough e Michael Braungart defendem a reciclagem como um aspecto vital da economia circular. Eles propõem que os produtos sejam projetados para serem regenerativos, ou seja, que possam ser desmontados em seus componentes, materiais e nutrientes, possibilitando sua recuperação total ou parcial para novos ciclos de produção. Isso envolve o uso de materiais seguros e não tóxicos, facilitando sua recuperação e reintrodução na cadeia de valor (MCDONOUGH et al, 2002).

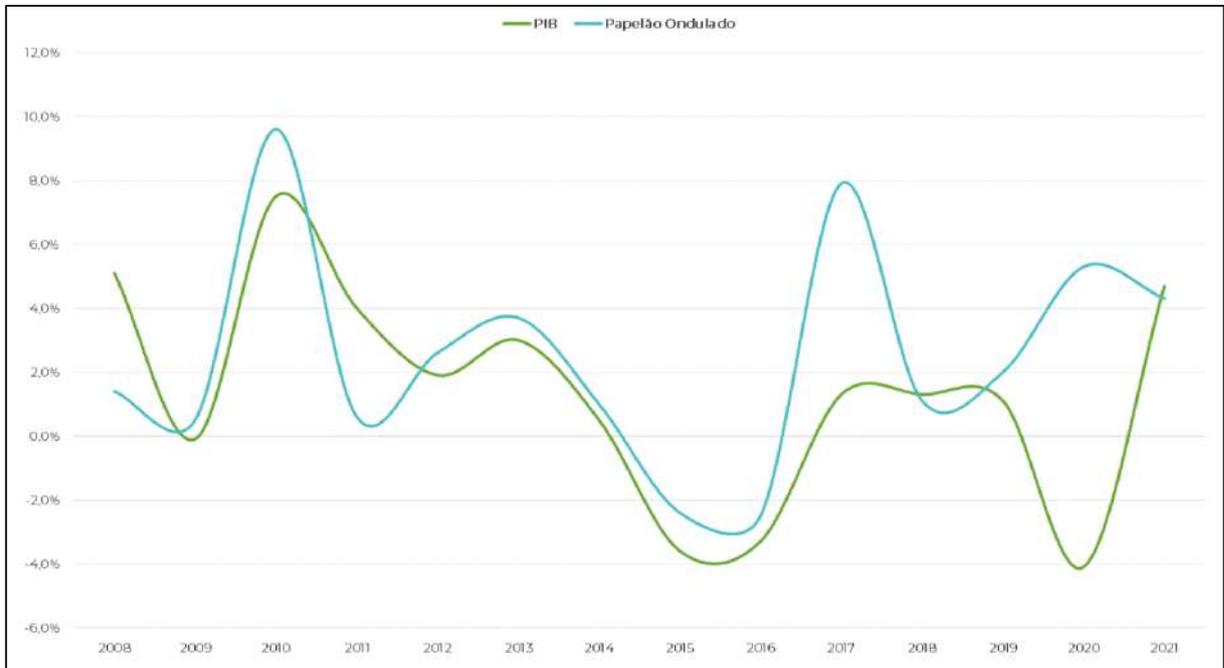
Ken Webster, ressalta a importância da abordagem sistêmica na implementação dos 3R da circularidade. Ele argumenta que a economia circular exige uma mudança radical na forma como projetamos e gerenciamos os fluxos de materiais, buscando criar sistemas que se assemelhem aos ciclos naturais, onde os resíduos de um processo se tornam recursos para outros. Isso implica em repensar os modelos de negócios, as cadeias de suprimentos e as práticas de consumo, promovendo a colaboração e a inovação (WEBSTER, 2015).

2.2 ÍNDUSTRIA DE PAPEL E CELULOSE

A indústria de papel e celulose desempenha um papel fundamental na economia mundial, devido a seus benefícios econômicos (FURLEY et al., 2018) e no Brasil, sendo um dos setores mais importantes e dinâmicos do país, representando 1,3% do PIB brasileiro. A produção de celulose e papel tem uma longa história no Brasil, impulsionada pela abundância de recursos naturais, como florestas tropicais e plantações de eucalipto. Nesse sentido, o Brasil é o 2º maior produtor de celulose do mundo e 8º maior produtor de papel. O setor representa

6% de toda a indústria nacional (IBA, 2021). Abaixo, temos a figura 1, a qual mostra aderência entre a produção de papel ondulado com o crescimento do PIB nacional.

Figura 1 - Curva de crescimento do PIB e da produção de papel ondulado no Brasil.



Fonte: Klabin, 2021.

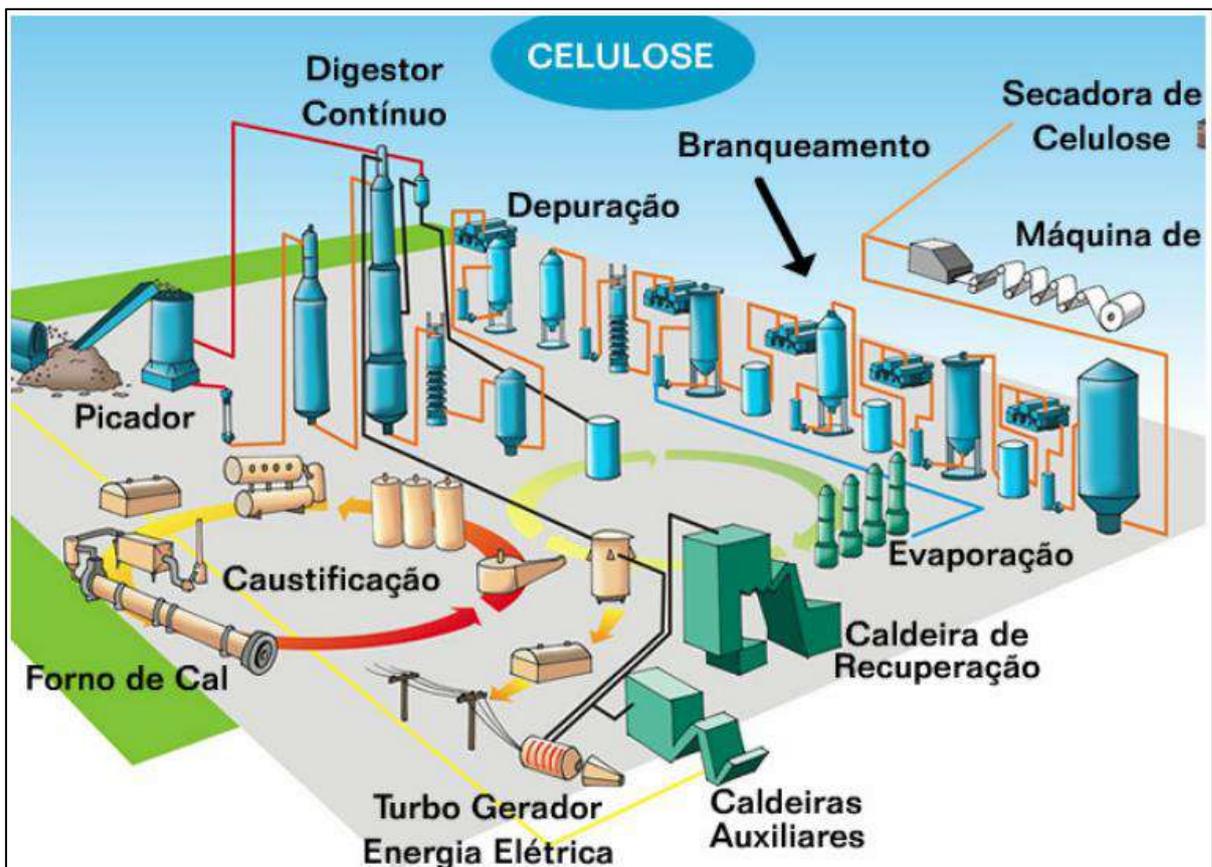
A celulose é uma matéria-prima essencial para a produção de papel, mas também é utilizada em uma ampla variedade de produtos. Ela é obtida através do processamento da madeira, mais comumente de espécies de eucalipto. A indústria de papel e celulose tem buscado alternativas modernas de cultivo e manejo florestal sustentável, embora ainda haja problemas relativos a monocultura de suas plantações (Klabin, 2022).

A celulose é um composto natural de extrema importância nas células vegetais, sendo um dos principais constituintes. Além da celulose, as células vegetais também contêm hemicelulose, lignina e extrativos. Para obter a polpa celulósica, também conhecida como pasta de celulose, é necessário separar a celulose dos demais componentes vegetais, especialmente a lignina. Existem diversos métodos para realizar esse processo, sendo o método químico de polpação Kraft um dos mais amplamente utilizados e difundidos. Esse processo tem como objetivo dissolver a lignina, enquanto preserva a resistência das fibras (NAVARRO et al., 2007). No Brasil, a produção de celulose é principalmente baseada em duas fontes de madeira: pinus e eucalipto, que juntas representam mais de 98% do volume produzido (IBÁ, 2015).

O método Kraft (Figura 2), amplamente utilizado pelo setor, tem como característica a capacidade de reduzir as perdas químicas. Sua estrutura essencial envolve uma sequência de

fibras, seguida por etapas de recuperação e caustificação. Inicialmente, as toras de madeira passam por um processo de lavagem e são fragmentadas em cavacos de tamanho pré-determinado na fase de fibras. Após passarem pelo estágio de fragmentação e triagem, os cavacos são direcionados aos digestores, que são grandes recipientes de pressão, onde ocorre a reação com o licor alcalino (sulfeto de sódio - Na_2S e hidróxido de sódio/soda cáustica - NaOH) em condições apropriadas de temperatura e pressão. Após o processo de cozimento, a polpa celulósica é submetida a uma etapa de purificação para remover impurezas provenientes da madeira e cavacos não fragmentados. Em seguida, a polpa passa por um processo de deslignificação, visando eliminar qualquer vestígio de lignina, além de passar por etapas de branqueamento para alcançar os níveis desejados de brancura, limpeza e pureza química. Após o branqueamento, a polpa é seca e fica pronta para ser utilizada na fabricação de papel ou comercializada como folhas de celulose (DE MARINS, 2012; FOELKEL, 2013).

Figura 2 - Esquema do processo de obtenção de polpa celulósica.



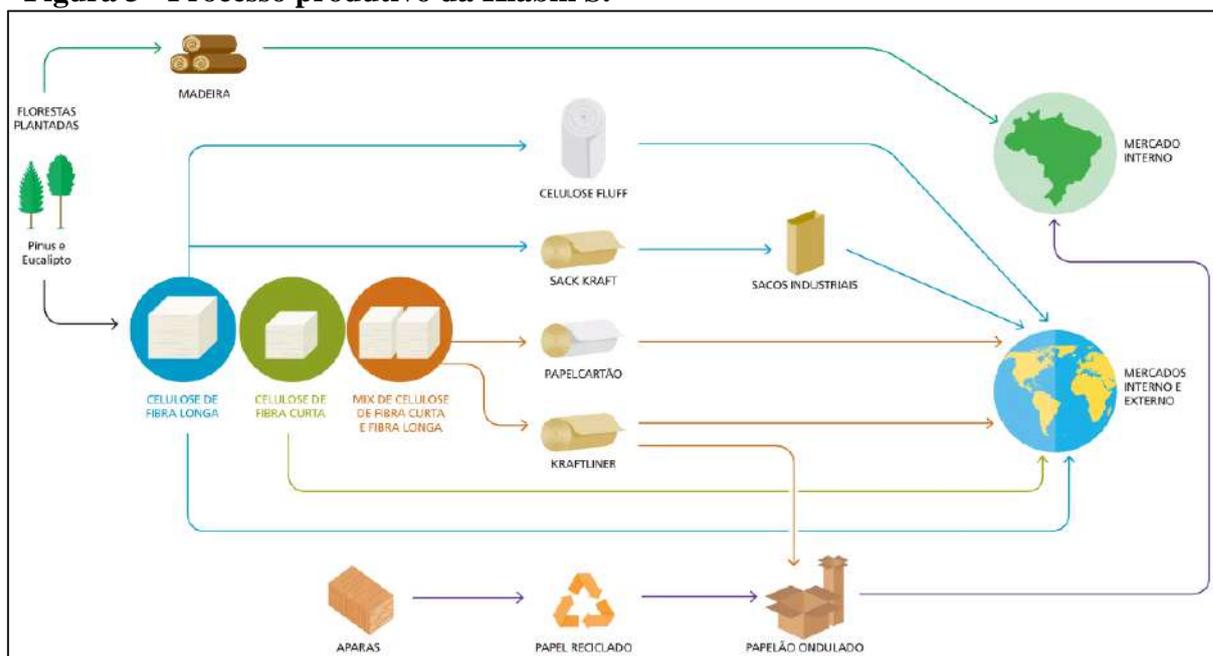
Fonte: Castro, 2009.

O método Kraft é notável por sua capacidade de recuperar a maioria dos produtos químicos, estabelecendo assim um ciclo fechado. Nesse sentido, destaca-se a etapa de

recuperação, na qual o licor negro (que é composto pela parte da madeira dissolvida no licor residual de cozimento) é concentrado em evaporadores e transformado em um biocombustível. Esse biocombustível é queimado em uma caldeira especial, conhecida como caldeira de recuperação, onde a fração orgânica gera energia térmica e elétrica. A fração inorgânica é direcionada para o processo de caustificação, que envolve a calcinação e a recuperação da soda cáustica. Dessa maneira, os reagentes químicos minerais são recuperados e podem ser reutilizados para um novo ciclo de cozimento (DE MARINS, 2012; FOELKEL, 2013).

Uma vez produzida, a celulose é utilizada em diferentes setores industriais. Um dos principais usos da celulose é na fabricação de papel. O papel é um material versátil e amplamente utilizado, presente em diversos aspectos de nossas vidas. Ele é utilizado na produção de embalagens, jornais, revistas, livros, cadernos, papéis de escritório, entre outros. A indústria de papel desempenha um papel fundamental na comunicação, educação e no suporte logístico de outros setores econômicos. Abaixo, temos a figura 3, a qual mostra algumas variedades de celulose. Primeiramente, têm-se as celuloses de fibra longa e as de fibra curta. A primeira apresenta maior resistência física em relação a segunda, fazendo com que seja usada especialmente em funções mais nobres, como na celulose *fluff* (do inglês: fofa), a qual possui grande capacidade de absorção de água, por exemplo. Além disso, temos o Sack kraft, utilizado para embrulhos, embalagens, etc. Também se tem o papel cartão, conhecido pelo seu uso em cartolinas e similares, além do Kraftliner, utilizado para a produção de caixas de papelão, além de outros usos.

Figura 3 - Processo produtivo da Klabin S.



Fonte: Klabin, 2018.

No entanto, a produção de papel também gera uma quantidade significativa de resíduos. Durante o processo de produção, ocorre a geração de resíduos sólidos, como lodos de papel, resíduos de fibras e aparas. Esses resíduos precisam ser gerenciados adequadamente para minimizar os impactos ambientais (BARRETTO, 2008).

A indústria de papel e celulose tem adotado práticas de gestão de resíduos sólidos visando a sustentabilidade. A reciclagem de papel é uma das estratégias importantes nesse sentido. A coleta seletiva e a recuperação de papel usado permitem a reintrodução de fibras de papel na cadeia produtiva, reduzindo a necessidade de extração de celulose virgem e o impacto ambiental associado.

Além disso, a indústria de papel e celulose busca constantemente por inovações tecnológicas que possam melhorar a eficiência do processo produtivo e reduzir o consumo de recursos naturais. Novas técnicas de produção têm sido desenvolvidas para reduzir a geração de resíduos e a emissão de poluentes. Como exemplo, a Klabin, entre 2003 e 2021 reduziu em 45% o consumo de água e em cerca de 64% a emissão direta nas operações, como pode ser visto ao longo dos relatórios de sustentabilidade da Klabin de 2021.

A indústria de papel e celulose também tem investido em pesquisas para o desenvolvimento de novos produtos e aplicações para a celulose, buscando ampliar sua utilização e agregar valor aos seus subprodutos. A celulose microfibrilada, por exemplo, possui propriedades mecânicas e químicas únicas, sendo utilizada em diversas aplicações, como em

materiais compósitos, produtos farmacêuticos, aditivos alimentares e revestimentos (GONZÁLEZ et al, 2012).

No âmbito social, a indústria de papel e celulose desempenha um papel importante na geração de empregos e no desenvolvimento econômico das regiões onde está presente. As plantações de eucalipto, por exemplo, têm proporcionado oportunidades de trabalho para comunidades rurais, contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico local.

A indústria de papel e celulose também tem buscado promover a sustentabilidade por meio da gestão responsável das florestas. As empresas do setor têm adotado práticas de manejo florestal sustentável, garantindo a preservação da biodiversidade, a proteção dos recursos hídricos e o respeito aos direitos das comunidades indígenas e tradicionais. (KLABIN, 2023)

Em relação à economia circular, a indústria de papel e celulose é considerada por muitos um exemplo desse modelo econômico. Ela utiliza recursos renováveis, como as plantações de eucalipto, como matéria-prima para a produção de celulose e papel. Além disso, a reciclagem de papel desempenha um papel importante na redução da demanda por celulose virgem, ao reintroduzir as fibras de papel na cadeia produtiva (HICHE, 2023).

No entanto, é importante destacar que a indústria de papel e celulose ainda enfrenta desafios significativos no caminho para avançar na implementação economia circular. Apesar dos esforços em gestão de resíduos e reciclagem, nem todo papel utilizado é reciclado, o que resulta em uma demanda contínua por celulose virgem. Além disso, o processo de produção de celulose requer uma quantidade significativa de água e energia, o que impactos ambientais relevantes.

O ciclo de reciclagem de papel é uma prática essencial para a sustentabilidade ambiental na indústria de papel e celulose. Esse processo inicia-se com a coleta cuidadosa de papel usado, que pode incluir jornais, revistas, caixas de papelão e outros materiais impressos. Após a coleta, o papel é levado para centros de reciclagem especializados, onde passa por etapas criteriosas de triagem e remoção de contaminantes. Em seguida, é triturado em pequenos pedaços, transformando-se em aparas de papel. Essas aparas, então, são misturadas com água para criar uma polpa, que passa por um refinamento e purificação antes de estar pronta para ser utilizada na produção de novos produtos de papel. Esse ciclo se completa quando os produtos de papel reciclado são consumidos, descartados e recolhidos novamente para reciclagem, mantendo assim um fluxo sustentável de reaproveitamento do papel.

Contudo, é importante considerar o conceito de "*downcycling*" (reciclagem para baixo, tradução livre) no contexto da reciclagem de papel. O "*downcycling*" ocorre quando o produto reciclado tem uma qualidade inferior ao produto original devido à degradação das fibras do

papel durante os ciclos de reciclagem. Por exemplo, o papel de alta qualidade utilizado em livros e papéis de escritório pode ser reciclados para produzir papéis de menor qualidade, como papel reciclado utilizado em caixas de papelão ou sacos de papel. Embora o *downcycling* permita prolongar a vida útil do papel e reduzir o consumo de matérias-primas, é importante destacar que esse processo também revela a necessidade de encontrar um equilíbrio entre a reciclagem e o uso de materiais virgens para preservar a qualidade dos produtos finais e impulsionar uma economia circular verdadeiramente sustentável. Dessa forma, o ciclo de reciclagem de papel é um importante aliado na busca por práticas mais sustentáveis na indústria, mas requer uma abordagem cuidadosa e estratégica para otimizar os benefícios ambientais e econômicos da reciclagem de papel (SMITH,2022).

Outro ponto a ser considerado é o manejo florestal adequado. Embora a indústria de papel e celulose esteja avançando em práticas sustentáveis de cultivo de florestas, ainda existem preocupações em relação à possível expansão descontrolada das plantações de eucalipto, o que pode ter impactos negativos sobre a biodiversidade e a utilização de recursos hídricos (VITAL, 2007).

Além disso, é importante que a indústria de papel e celulose continue investindo em pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias que possam melhorar ainda mais a eficiência dos processos produtivos, reduzir o consumo de recursos naturais e minimizar os impactos ambientais (MEIRELLES; CALAZANS, 2006).

2.3 KLABIN S/A

A Klabin S/A é uma empresa de papel e celulose que opera no mercado de capitais desde 1979, com ações negociadas publicamente na Bolsa de Valores de São Paulo. Classificada no Nível 2 de Governança Corporativa, a empresa é controlada pela Klabin Irmãos e Cia, detentora de 52% das ações ordinárias. A Klabin se destaca como um dos principais atores da indústria no Brasil, sendo referência tanto a nível nacional quanto mundial. Possui uma gama variada de produto, incluindo papéis para embalagens, embalagens de papelão ondulado, sacos industriais, celulose de fibra curta (eucalipto), celulose de fibra longa (pinus) e celulose fluff (utilizada na fabricação de absorventes e fraldas). A empresa possui 23 unidades industriais, sendo uma delas localizada na Argentina e as outras 22 distribuídas por diversos estados brasileiros, como Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Bahia e Pernambuco. A empresa conta com mais de 25 mil colaboradores (Klabin, 2021).

A Klabin possui produtos voltados, principalmente, para as indústrias de alimentos, a (leite, carnes frigorificadas, frutas, entre outros), além de também possuir produtos voltados ao setor de saúde e higiene pessoal, oferecendo papel higiênico, lenços umedecidos, fraldas e creme dental, entre outros. A empresa marca presença na indústria de higiene e limpeza, com produtos como sabão em pó e sabonetes. A Klabin possui parcerias e clientes em outros países, não se restringindo ao mercado brasileiro, exportando seus produtos para cerca de 80 países ao redor do mundo (Klabin, 2020).

No ano de 2016, a Klabin deu início às atividades de sua Unidade Puma, uma fábrica situada no estado do Paraná, que se destacou como um projeto ambicioso devido à sua complexidade. Esse empreendimento representou um investimento expressivo, totalizando cerca de 8,5 bilhões de reais, incluindo despesas com infraestrutura, impostos e correções contratuais, configurando-se como o maior investimento privado já realizado na história do Paraná (Klabin, 2020).

A Unidade Puma possui uma capacidade produtiva de cerca 1,5 milhão de toneladas de celulose por ano, divididas em 1,1 milhão de toneladas de celulose de fibra curta e 400 mil toneladas de celulose de fibra longa, o que representa uma duplicação da capacidade total de produção da Klabin. Segundo a própria empresa, a partir dessa nova fábrica, a Klabin estabelece uma posição consolidada no mercado de celulose de fibra longa e fibra curta (Klabin, 2019).

Além da obra do projeto Puma, a empresa, até o presente momento, está em um novo empreendimento chamado Puma II, sendo seu maior investimento da história. O complexo industrial localizado em Ortigueira, no Paraná, conta com duas etapas de expansão até 2023 por meio da construção de, inclusive, duas máquinas de papel. O projeto, dentro das novas vertentes de sustentabilidade da empresa, promete ser autossuficiente na geração de energia, ser a primeira planta de gaseificação de biomassa do setor, aproveitar, pelo menos 98% de todo resíduo gerado, além de ter emissões de gases de efeito estufa 50% abaixo da legislação ambiental vigente (Klabin, 2020).

O desenvolvimento do Projeto Puma II ocorre em duas fases. Na primeira etapa, está em andamento a construção da linha de produção principal, que será responsável pela fabricação do papel Eukaliner, um kraftliner feito exclusivamente a partir de fibras de eucalipto. As operações do Projeto Puma II foram iniciadas em agosto de 2021, com a máquina MP27, cuja capacidade anual de produção alcança 100 mil toneladas de Eukaliner. A previsão é de que até 2024, a capacidade de produção dessa linha principal seja ampliada para 450 mil toneladas de papel Eukaliner. Ao final de 2022, já haviam sido produzidas 345 mil toneladas desse papel considerado inovador pela empresa, por apresentar economia de vapor em ondulateiras, melhor

estrutura e resistência ao produto final, além de proporcionar a redução da gramatura do produto final, atribuindo melhor aproveitamento dos insumos utilizados (Klabin, 2020).

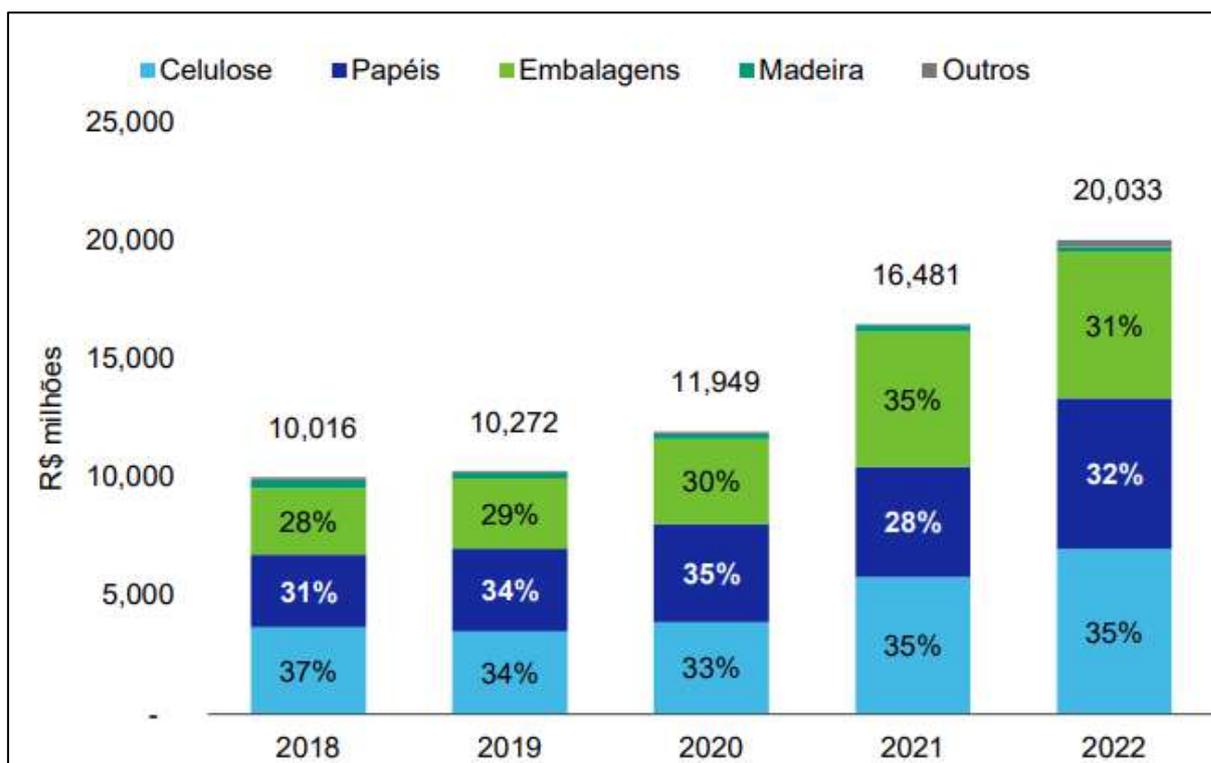
Na segunda fase do projeto, está em curso a construção da linha de produção complementar, conhecida como MP28, que terá uma capacidade anual de 460 mil toneladas de papel-cartão e kraftliner. O início das operações dessa linha está previsto para o segundo trimestre de 2023, com uma produção estimada de 190 mil toneladas no primeiro ano. Posteriormente, será realizado um processo gradual de aumento da capacidade produtiva, visando atingir melhores resultados. Além do papel-cartão marrom tradicional, a MP28 terá a capacidade de produzir papel-cartão branco a partir do segundo trimestre de 2024, ampliando a gama de produtos oferecidos pela empresa e abrindo novas oportunidades em segmentos de maior valor agregado. (Klabin, 2022)

Para a concretização do projeto, foram investidos aproximadamente R\$ 12,9 bilhões, sendo que grande parte desse montante foi financiado por recursos próprios e pelo fluxo de caixa gerado pelas operações. Além disso, a empresa obteve linhas de financiamento com bancos de desenvolvimento, que oferecem taxas favoráveis. Até dezembro de 2022, cerca de 86% dos investimentos previstos já haviam sido realizados, restando apenas a conclusão de alguns desembolsos ao longo de 2023.

2.3.1 Negócios

Conforme apresentado pelo próprio site da empresa, ela apresenta 4 linhas principais de negócios, sendo estes as fontes principais de renda da empresa. São estas as frentes: Florestal, Celulose, Papéis e Embalagens. Como é sabido, esses 4 setores são representações de outras frentes menores, como, por exemplo, temos o fato de que a celulose atende diversos clientes para as diversas finalidades, tendo essas características físicas, por exemplo, diferentes. Outras frentes alternativas de negócios são vistas ao longo de relatórios da empresa, mas não são representativos para a receita até o momento do presente trabalho. Abaixo, na Figura 4, segue representativa de cada um dos segmentos:

Figura 4 - Abertura da receita líquida da Klabin por segmento



Fonte: Klabin, 2022.

O ramo de papéis e embalagens da Klabin abrange quatro linhas de negócios principais: kraftliner, papelão ondulado, cartões revestidos e sacos industriais. No mercado brasileiro, a Klabin possui uma posição relevante em termos de capacidade instalada nessas áreas: ela detém 56% do mercado de kraftliner, 33% do mercado de papel cartão, 50% do mercado de sacos industriais e 23% do mercado de caixas de papelão. A maior parte das vendas de papel e embalagens da Klabin está direcionada para o setor alimentício, representando 67% das vendas, seguido por bens de consumo (13%), construção (8%) e outros setores (12%).

No segmento de celulose, a Klabin se destaca como a única empresa brasileira que produz celulose tanto de madeira dura (eucalipto/fibra curta) quanto de madeira macia (pinus/fibra longa). A celulose de fibra curta é amplamente utilizada nos mercados de *tissue* (papel higiênico, lenços de papel, guardanapos) e papéis para impressão e escrita (livros, papel-jornal, catálogos). Por outro lado, a celulose de fibra longa é principalmente destinada aos mercados de papéis gráficos e embalagens. Cerca de um terço da produção de celulose da Klabin é vendida no mercado interno, enquanto os outros dois terços são direcionados a mercados na Europa, Ásia e outras regiões, como o Oriente Médio e os Estados Unidos. A diversificação dos negócios da Klabin é de suma importância para o seu perfil de crédito. O setor de celulose proporciona uma diversificação geográfica das receitas e um potencial

significativo para obter lucros. No entanto, é importante ressaltar que esse setor é intrinsecamente volátil. Já o setor de papel e embalagens oferece estabilidade moderada às margens da empresa, uma vez que a maior parte dos papéis e embalagens produzidos pela Klabin é destinada ao setor alimentício, que é considerado resiliente.

3 METODOLOGIA

O presente capítulo discorre sobre a metodologia adotada no presente trabalho. São definidos, aqui, a forma como foi realizada a pesquisa e o modelo de análise seguido. Dentro deste tópico, também são apresentados quais os métodos prospectivos utilizados para uma melhor filtragem dos dados encontrados. Por fim, a metodologia logra uma avaliação qualitativa de iniciativas circulares implementadas ou em implementação pela empresa do setor de papel e celulose escolhida como estudo de caso. A partir da avaliação das iniciativas da empresa selecionada será possível entender o grau de aderência de cada iniciativa, de forma qualitativa, ao tema circularidade.

3.1 ESTUDO DE CASO

Para abordar o presente tema, optou-se por realizar um estudo de caso de uma das principais empresas a nível nacional que compõem o setor de papel e celulose. A estratégia metodológica adotada para o desenvolvimento deste trabalho baseia-se no estudo de caso, uma vez que a utilização de uma pesquisa qualitativa exploratória possibilita a análise de problemas e situações complexas, envolvendo múltiplas variáveis e evidências. Além disso, essa abordagem metodológica constitui uma investigação empírica que se dedica a examinar minuciosamente um fenômeno contemporâneo de natureza social, dentro do seu contexto de vida real (YIN, 2005). Com isso, ao se fazer um estudo das iniciativas internas da empresa, tem-se um contexto real sobre a utilização do conceito de economia circular pela organização e se, de fato, realidade e teoria estão aderentes.

No tocante à indústria de celulose, um estudo conjunto realizado pela IEA e pela EPE (2022) mostrou que o Brasil é o segundo maior produtor de celulose do planeta, com 11,3% da produção, perdendo apenas para os Estados Unidos, com 27,4% de toda a produção mundial, conforme tabela 1 abaixo:

Tabela 1 – Maiores produtores de celulose do Mundo.

País	Produção (10 ⁶ t)	% da Produção
EUA	50,9	27,4
Brasil	21	11,3
Canadá	15,4	8,3
China	14,9	8
Suécia	12	6,5
Finlândia	10,5	5,7

Fonte: elaboração própria.

Além disso, no tocante à produção de papel, o Brasil figura em 8º lugar no ranking mundial (Tabela 2), posição menos representativa que a de celulose, dado que o Brasil a celulose é matéria prima para produção de papel, tendo cerca de 2,5% da produção mundial, e, além disso, importadores de celulose usam a celulose brasileira para produzir outros produtos regionalmente, como o próprio papel em si. China figura em primeiro lugar tendo 29,2% da produção e Estados Unidos com 16,5%, figurando em segundo lugar, conforme também mostra a tabela abaixo retirada de um estudo do IBÁ (2021) e FAO (2021):

Tabela 2- Ranking dos maiores produtores de papel no mundo em 2020. (IBÁ, 2021, e FAO, 2021)

País	Produção (10 ⁶ t)	% da Produção
China	117,2	29,2%
Estados Unidos	66,2	16,5%
Japão	22,7	5,7%
Alemanha	21,3	5,3%
Índia	17,3	4,3%
Coreia do Sul	12	3%
Indonésia	12	3%
Brasil	10,2	2,5%
Rússia	9,5	2,4%

Fonte: elaboração própria.

Dado isso, com representatividade relativa alta, e para facilitação dos casos a serem estudados, optou-se por estudar apenas uma empresa brasileira de capital aberto no presente estudo. Como é exigido um certo grau de governança corporativa para empresas listadas em bolsa, as empresas listadas na bolsa possuem websites de relação com os investidores que tornam públicas diversas informações, dentre as quais em parte serão fonte para o estudo em questão.

Com isso, a empresa escolhida tanto para o ramo de celulose quanto o de papel foi a Klabin, segunda maior empresa nacional no ramo de papel e celulose, com uma receita estimada de US\$ 3 bilhões em 2021 (Klabin, 2021). Outras empresas como a Suzano, a qual apresentou receita total de US\$ 7,93 bilhões em 2021 (Klabin, 2022), figurando em primeiro lugar a nível nacional e em 8º lugar no ranking mundial ou a Irani Papel e Embalagem S.A., empresa de capital aberto cuja receita chegou a R\$ 1,6 bilhões em 2021, poderiam também ter sido uma escolha interessante, sendo, portanto, opções para estudos futuros.. No entanto, a escolha da Klabin se deu principalmente pelo desenvolvimento dos projetos Puma e Puma II que a princípio apresentam relação com o tema da circularidade.

3.2 COLETA DE DADOS

Já selecionados os elementos de análise nos estudos de caso, ou seja, as iniciativas das empresas em torno da circularidade, definiu-se diferentes fontes de informação para dar corpo à análise em questão. Como optou-se por escolher apenas uma empresa de capital aberto, o principal canal de comunicação que o presente trabalho se apoia são os relatórios anuais de sustentabilidade, fazendo uma análise entre os períodos de 2018 e 2021. A partir dele, será feito um estudo prospectivo, baseado nas premissas apresentadas ao longo das referências bibliográficas sobre o que pode ser enquadrado como de Economia Circular. Esse estudo prospectivo visa encontrar iniciativas de cunho circular, mesmo que a empresa não os defina assim. Para isso, uma base de dados robusta foi criada para localizar as iniciativas e, assim, classificá-las quanto a sua aderência ao tema. Com isso, seria possível identificar a evolução do tema circularidade dentro das iniciativas da empresa em questão, buscando, ao longo dos relatórios e das fontes de informações auxiliares, dados sobre a evolução dessas iniciativas. Com isso, além desses dados emitidos pela empresa dentro do relatório anual, os quais são auditados por ser tratar de uma companhia de capital aberto, dados externos poderão ser buscados para melhor compreensão das iniciativas listadas, como parceiros das iniciativas, etapas de desenvolvimento, etc. Esses dados externos não serão usados para agregar novas iniciativas, mas sim, trazer maior detalhamento como novos pontos e perspectivas sobre as iniciativas já encontradas ao longo dos relatórios de sustentabilidade de 2018 a 2021.

3.3 ANÁLISE DE DADOS

O presente trabalho de conclusão de curso busca analisar a empresa Klabin através de um estudo de caso, pois, o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo em profundidade e em seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes (Yin, 2005). Dada a escolha da empresa, fez-se necessário propor dimensões de análise que dê representatividade aos eventos circulares da empresa. Em busca de trazer esses elementos, optou-se por avaliar suas iniciativas, cuja definição, no presente trabalho, refere-se aos movimentos que a empresa faz para que se alcance a circularidade. Tais movimentos podem ser enquadrados como processos internos, projetos internos e externos, podendo estes ser de forma conjunta, como também de forma singular, ou seja, apenas tendo a companhia como parte do movimento.

Para responder questões levantadas no presente trabalho sobre circularidade, as iniciativas foram inicialmente organizadas em quadros, contando com título, companhia, problema, solução proposta, escala, localização, metas propostas e resultados obtidos até a data do presente trabalho de conclusão de curso. Com essa forma analítica de visualização, espera-se evidenciar e sintetizar as iniciativas, conforme apresentado no Quadro 1 abaixo:

Quadro 1 - Quadro de informações sobre as iniciativas

Iniciativas	Problema	Solução	Início	Metas Propostas	Resultados
I.01					
I.02					
I.03					
I.04					
I.05					
I.06					

Fonte: Elaboração própria

Após a escolha das principais iniciativas da Klabin, uma nova matriz faz-se necessária para avaliar o grau de aderência com o tema economia circular. Alguns tópicos importantes que precisam ser avaliados de forma qualitativa são: Clareza das metas estipuladas; quais os R's

estão envolvidos em cada iniciativa; quais são os atores envolvidos para além da empresa; e quais são os desafios da iniciativa, conforme quadro 4 abaixo:

Quadro 2 - Quadro de métricas qualitativas de análise do grau de aderência das iniciativas.

Iniciativas	Clareza das metas	3RS	Atores envolvidos	Desafios	Inserção no atual negócio	Comentários
I. 01						
I.02						

Fonte: Elaboração própria

Com o quadro acima, o trabalho busca responder, analiticamente, pontos pertinentes a economia circular. Busca-se, portanto, entender o quão clara são as metas e objetivos para cada iniciativa levantada. Aqui, quanto a clareza, foram atribuídos 3 níveis, como alta, média e baixa, a qual será discorrida posteriormente no texto de discussão. Quanto aos 3RS, citados ao longo da revisão bibliográfica, o que se busca é entender quais Rs da circularidade a iniciativa tenta implementar. A análise de atores envolvidos consegue trazer pontos como grau de engajamento da empresa com a iniciativa, o qual poderá ser medido, por exemplo, pelo número de vezes que aparece ao longo dos relatórios e se, por exemplo, foi tema pontual de um relatório ou tema com certa sequência ao longo dos anos, trazendo resultados dinâmicos, e não estáticos, as iniciativas analisadas. Além disso, analisar os atores/parceiros envolvidos também pode mostrar o quão valorizada é a iniciativa dado o alto número de parceiros que veem valor nela.

O tópico de desafios busca trazer pontos críticos que as iniciativas enfrentam para sua implementação, seja problema de infraestrutura pública, problemas regulatórios, desafios internos e externos etc. O outro tópico importante a ser analisado é o grau de inserção da iniciativa no negócio chave da empresa. Esse tópico em específico busca entender se a iniciativa em questão tem a capacidade de gerar novas linhas de receita, ou se são medidas da empresa para mitigar problemas ambientais, sem necessariamente possui algum tipo de desejo específico de faturar com a iniciativa. Para tal, a análise de inserção no negócio atual vislumbra entender se a iniciativa faz parte do negócio chave ou se pode ser vista como uma atividade complementar, podendo ser, inclusive, vendida para outras companhias ou criar uma linha de receitas. O tópico de comentários busca sintetizar pontos chaves que as métricas conseguiram captar e/ou adicionar pontos críticos que inicialmente não foram abordados pelos tópicos apresentados na tabela acima.

4 INICIATIVAS

Conforme citado ao longo da metodologia, foi-se feito um estudo prospectivo, cuja fonte eram os relatórios de sustentabilidade anuais emitidos pela Klabin. Buscou-se analisar as iniciativas para além das definições dadas pela empresa, ou seja, além de avaliar o que era denominado como pertencente a economia circular, também trouxemos para análise iniciativas que não eram denominadas assim, mas que possuem características aderentes ao conceito de economia circular.

Ao longo do relatório de 2019, a palavra “Economia Circular” não foi citada nenhuma vez, sendo que sua aparição foi brevemente introduzida no relatório de 2020, sem que houvesse um tópico específico para o tema. Em contrapartida, já no relatório de 2021, houve a criação de um tópico específico para o tema, trazendo as principais ações e iniciativas que são julgados pela empresa como de economia circular.

4.1 INICIATIVA 01: PROJETO PUMA II

O Projeto Puma II foi aprovado no ano de 2019, sendo trazido no relatório deste ano como um importante marco em busca da sustentabilidade financeira e ambiental. O projeto consiste na construção de duas máquinas de papel para embalagens, com produção de celulose integrada, as quais serão instaladas no local em que funciona a unidade Puma. Um dos pontos destacados no relatório de 2019 foi a utilização de um sistema de gaseificação de madeira, até então inédito no Brasil, o qual possibilitaria a operação do forno de cal com 100% de combustível renovável (gás de síntese). Quanto aos 3Rs, o projeto pode ser visto como Reciclagem, dado que se dá um novo fim ao biocombustível que é reintegrado a cadeia de produção. Além da obtenção de gás de síntese, a presente planta também é autossuficiente em geração de energia, além de transformar energia térmica em elétrica.

Com a utilização de biomassa gaseificada, a empresa reduzirá o consumo em 21,5 mil toneladas por ano de óleo BPF, combustível derivado do petróleo para abastecer os fornos de Cal. Como resultado, a empresa pretende ver um incremento significativo na proporção de fontes de energia renovável em sua matriz energética, superando a marca de 90%. Além disso, haverá uma diminuição de aproximadamente 67 mil toneladas de CO₂ equivalente anualmente nas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) provenientes das operações da organização. A empresa afirma que essa iniciativa reflete o seu compromisso em promover a sustentabilidade

ambiental e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas (Klabin, 2022). Essa redução está em linha com suas metas propostas pelos Objetivos Klabin de desenvolvimento sustentável – KODS - (iniciativa 04), que, dentre os compromissos estabelecidos, destaca-se a meta de diminuir gradativamente a presença de fontes de energia baseadas em combustíveis fósseis, buscando alcançar uma matriz energética composta por no mínimo 92% de fontes renováveis até o ano de 2030. Essa estratégia reflete o comprometimento da empresa em promover a transição para uma economia de baixo carbono e reforça seu papel como agente impulsionador da sustentabilidade ambiental.

Quanto ao reuso, a presente planta é capaz de aproveitar 98% dos resíduos gerados na operação, conforme o relatório de sustentabilidade. A esses subprodutos, parte é reutilizada como adubo, corretivo de solo, pavimentadoras e manilhas para construção civil, trazendo assim um beneficiamento para o que, antes poderia ser visto como resíduo, agora é reintegrado à produção como insumo.

Além dos pontos acima destacados, vale ressaltar mais um ponto presente no projeto Puma II. Para além dos resíduos sólidos, a planta também é a primeira planta de ácido sulfúrico integrada do Brasil. Com isso, parte dos gases industriais que seriam perdidos agora também são reinseridos na cadeia produtiva, promovendo, assim, também o prolongamento do ciclo de vida dos gases gerados.

A Klabin utiliza ácido sulfúrico como um componente importante na produção de celulose e papel em sua unidade industrial. Esse ácido é gerado, por exemplo, através do licor de cozimento utilizado no processo kraft. Esse ácido é consumido nas Máquinas de Secagem, na planta de Tall Oil, nas Linhas de Fibras e em outros processos da empresa. A instalação da planta, desenvolvida pela Andritz com tecnologia da Haldor Topsoe, permite à Unidade Puma produzir diariamente 150 toneladas de ácido concentrado. Essa estratégia de aproveitamento de subprodutos ao longo da cadeia produtiva contribui para maior agregação de valor à produção da Klabin.

Entrando mais a fundo no projeto, temos a primeira fase do projeto, a qual marcou o início das operações da Máquina de Papel 27 (MP27) em 2021. Essa máquina é responsável pela produção do Eukaliner®, um papel Kraftliner que utiliza exclusivamente fibras de eucalipto. Essa inovação permitiu reduzir a gramatura do papel, enquanto aumenta sua resistência, além de melhorar a qualidade de impressão em embalagens de papelão ondulado. Com isso, houve a otimização e, assim, redução do uso de recursos florestais, exigindo menos área para produzir a mesma quantidade de papel.

Além da MP27, a iniciativa Puma II também conta com a operação da nova máquina MP28, a qual promete ainda menor uso específico de água, energia e químicos, contando com um alto grau de automação. Com essas novas duas máquinas, o projeto promete caminhar fortemente para a redução no uso de recursos naturais, melhora na reciclagem e melhora no beneficiamento de resíduos.

Com os dados acima apresentados, podemos ver um direcionamento da empresa, através dessa iniciativa, que a empresa tem buscado desenvolver sistemas industriais e econômicos mais sustentáveis e integrados, promovendo maior eficiência dos recursos.

Figura 5 - Máquina de Papel MP28, projeto Puma II



Fonte: Klabin, 2023

4.2 INICIATIVA 02: PROGRAMA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Durante a operação de uma organização, sejam suas atividades industriais ou administrativas, diversos tipos de resíduos podem ser gerados. Esses resíduos podem incluir desde resíduos sanitários e alimentícios até descartes de escritório, excesso de produção,

produtos e embalagens. A gestão de resíduos industriais abrange um conjunto de atividades que engloba a coleta, transporte, manipulação, tratamento, eliminação ou reciclagem desses resíduos. Ela requer uma abordagem multidisciplinar, considerando aspectos administrativos, financeiros, legais, de planejamento e de engenharia para encontrar soluções adequadas.

No contexto da gestão de resíduos sólidos, é fundamental adotar boas práticas que promovam a sustentabilidade ambiental e a responsabilidade social. Uma dessas práticas é a implementação de processos de reciclagem, reuso e reutilização dos resíduos sempre que possível. A reciclagem permite transformar os resíduos em novos produtos ou matérias-primas, reduzindo a necessidade de extrair recursos naturais e minimizando o impacto ambiental.

Além da reciclagem, a reutilização e o reuso também desempenham um papel importante na gestão de resíduos. A reutilização envolve utilizar um produto ou embalagem várias vezes antes de descartá-lo, prolongando sua vida útil. Já o reuso consiste em utilizar um produto ou material descartado de uma forma diferente da sua aplicação original. Essas práticas contribuem para reduzir a quantidade de resíduos gerados e podem gerar economia de recursos para as empresas.

A gestão eficiente de resíduos sólidos traz benefícios tanto para as empresas quanto para a sociedade como um todo. Além de minimizar os impactos ambientais, ela pode resultar em redução de custos operacionais, melhoria da imagem da empresa, cumprimento das legislações ambientais e contribuição para a preservação dos recursos naturais. Portanto, investir em práticas sustentáveis de gestão de resíduos é uma estratégia inteligente e responsável para as organizações.

A Iniciativa, focada em resíduos pós-consumo, a qual tem como objetivo apoiar a gestão de resíduos sólidos em seis municípios do Paraná, sendo estes Imbaú, Ortigueira, Reserva, Tamarana, Tibagi e Telêmaco Borba; fornece estruturas e equipamentos, os quais auxiliam cooperativas e associações, além de realizar atividades de acompanhamento, capacitações e fortalecimento institucional para catadores de materiais recicláveis.

O programa em si vai para além da empresa. Como citado ao longo do relatório de 2019, por exemplo, o programa também atuou junto ao poder público para melhorar a coleta seletiva no município. Essa atuação, para além da sensibilização do poder público, também contou com a sensibilização da população, a qual foram disponibilizadas sacolas para mais de 13.200 residências pertencentes aos municípios supracitados. Além disso, o programa também atua em escolas, com o intuito de formar, desde a infância, jovens e crianças a se importarem com a parte de gestão de resíduos (Klabin, 2019).

Com o aprimoramento das KODS (iniciativa 04), uma das iniciativas que aqui será citada, a política de sustentabilidade da empresa no ano de 2020 foi além da parte apenas de gestão do resíduo gerado, mas também criou como métrica induzir a redução na geração de resíduos, com a busca de tecnologias e soluções e mais eficientes. A meta da KODS que direciona essa nova vertente é a de zerar em 100% a destinação de resíduos industriais para aterros (Klabin, 2020).

Em 2021, a presente iniciativa teve seu escopo ampliado ao agregar-se ao programa ViraSer, da consultoria Gaia Social. Esse programa tem foco nos profissionais da reciclagem, visando proporcionar o desenvolvimento das lideranças do setor e a sua eficiência, tanto educacional quanto comercial, tendo como um resultado social o aumento da renda dos profissionais dessa área. Números do presente relatório de 2021 mostram um aumento de 63% na renda dos profissionais do programa nesse ano, e um aumento de 54% no volume de recuperação de materiais reciclados pelo programa (Klabin, 2021).

Trazendo para a análise da circularidade, a presente iniciativa apresenta-se como um projeto no tocante a circularidade, sendo que, como contraponto, apresenta escala reduzida. Essa ideia de escala se faz presente, pois, é um projeto concentrado em poucas cidades de um mesmo estado, cidades essas com certa proximidade regional que, somadas, apresentam uma população de cerca de 168 mil pessoas. Esse número representa cerca de 0,1% de toda a população do território brasileiro, além de representar uma área de abrangência de 4,7% do território do Paraná e 0,1% de todo território nacional. (IBGE, 2021).

A iniciativa ainda conta com a conscientização da importância de um melhor aproveitamento dos materiais usados, gerando maior eficiência para que, assim, menor quantidade de resíduos sejam gerados. No quesito logística reversa, tanto o projeto em conjunto com as cidades, quanto a parceria com ViraSer mostram um empenho por parte da empresa, mesmo que em escala menor, de recuperar parte dos resíduos e conscientizar localmente a população sobre a importância da sustentabilidade.

Por fim, é importante entender que, saindo do espaço amostral do projeto, e indo para além dos resíduos industriais, o Brasil, até o ano de 2019, apresentou um índice de reciclagem de 66,9% no quesito papel (ANAP, 2019), número que já figura o Brasil entre os melhores recicladores do mundo no setor. Com isso, para que a presente iniciativa alcance toda sua completude, é importante sair do escopo do atual espaço amostral delimitada por ela, e passe a ser um escopo a nível nacional. Ainda assim, a presente iniciativa apresentou-se de suma importância para a reciclagem, para o reuso, mesmo que por vezes menos nobre, e também apresentou resultados importantes quando se olha para redução, contemplando assim os 3Rs.

4.3 INICIATIVA 03: TERRITÓRIO 100% CIRCULAR

O Território 100% Circular, um projeto estruturado pela Hub Incríveis, empresa que atua em participação com outras marcas para cocriarem soluções circulares para embalagens, que conta com a parceria da Klabin e diversos outros parceiros como Grupo Heineken, segunda maior cervejaria do Brasil, tem como propósito a redução, reutilização, reciclagem e reavaliação do uso de embalagens de vidro, papel, alumínio, metal e plástico, em vez de destiná-las a aterros sanitários, promovendo a implementação de uma economia circular nas cidades. A iniciativa pioneira teve seu início na cidade de Telêmaco Borba, localizada no estado do Paraná (Agira, 2023).

Na primeira fase do projeto, realizada em 2021, foi conduzido um diagnóstico detalhado que revelou que apenas 12% das embalagens são recicladas anualmente no município. Com base nesse cenário, foram identificados os principais problemas e desafios na gestão de resíduos na região, e foram indicados caminhos e oportunidades para maximizar esse potencial. Graças aos avanços nas ações da prefeitura e no Programa de Resíduos Sólidos da Klabin, que foi fortalecido em 2021 pelo Programa ViraSer, o município foi selecionado como piloto para o projeto.

Para estimular a colaboração e engajar uma ampla gama de stakeholders, em fevereiro de 2022, foi lançada uma Chamada Pública que atraiu empresas, startups, ONGs, redes de cooperação, consórcios municipais e instituições de ensino e pesquisa. O objetivo foi fomentar a apresentação de soluções inovadoras capazes de impulsionar a circularidade das embalagens no território. Essa abordagem colaborativa busca alavancar conhecimentos especializados e sinergias entre diversos atores da sociedade, visando acelerar a transformação efetiva de Telêmaco Borba em um modelo de economia circular de referência no país.

Até o relatório de 2021, a presente iniciativa se apresentou como um dos braços do programa maior de resíduos sólidos (iniciativa 02) da empresa. Além disso, a presente iniciativa aplica os conceitos de reciclagem, reutilização e redução, embora este último seja menos exposto ao longo da descrição do processo, até o relatório de 2021. Como fora dito, o projeto ainda estava em fase inicial, mas seu sucesso pode servir de modelo para outros municípios e, assim, escalar a nível nacional.

4.4 INICIATIVA 04: KODS

As ODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável) da Organização das Nações Unidas (ONU) são um conjunto de elementos encontrados para que a sociedade evolua rumo a um desenvolvimento sustentável. Esses elementos abrangem 17 objetivos que buscam ser contemplados para se chegar a esses objetivos. Muitos desses objetivos possuem alta correlação com os ideais propostos pela economia circular, sendo por muitas vezes considerado condição necessário o uso da economia circular para que se chegue a alguns dos objetivos propostos pelas ODS.

Em 2020, a empresa Klabin S.A. deu um passo importante na elaboração de métricas sustentáveis alinhadas aos objetivos tanto da empresa quanto da sociedade. Os KODS (Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da Klabin) são objetivos da empresa alinhados com os objetivos da agenda de 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Os KODS apresentam objetivos de curto, médio e longo prazo, com métricas relacionados a cada um desses objetivos alinhados ao tempo.

Além disso, como o próprio nome já faz referência, essas métricas fazem alusão direta aos objetivos da ONU para sustentabilidade e prosperidade. Em 2015, houve a determinação, na Agenda de 2030, de um plano de ação com metas e objetivos nos quais devem ser pautadas ações nas mais diversas áreas de importância crucial para a humanidade, para o planeta terra e a prosperidade de ambos. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) representam uma abordagem abrangente para enfrentar desafios socioambientais urgentes, tais como mudanças climáticas, conservação da vida terrestre, garantia de educação de qualidade, acesso à água potável, redução das desigualdades e promoção da agricultura sustentável, entre outros. Com o intuito de traduzir esse compromisso em ações concretas, foram desenvolvidos novos objetivos e metas que integram tanto as questões relevantes para o âmbito empresarial quanto os temas abordados nessa agenda global.

Figura 6 - Objetivos de desenvolvimento Sustentável.



Fonte: ONU, 2015.

Dentre os objetivos da Klabin, destacam-se a utilização das ODS 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 16. Dentre esses objetivos, há algumas metas para 2030, como as listadas abaixo:

- 100% das localidades onde atuamos com iniciativas para o aumento da segurança hídrica territorial;
- 100% de operações florestais sob gestão própria com manejo hidrossolidário;
- Reduzir em 20% o consumo específico de água industrial;
- 92% de participação de fontes renováveis na matriz energética;
- 100% de compra de energia certificada proveniente de fonte renovável;
- Zerar destinação de resíduos industriais a aterros;
- Captura líquida de 45 milhões de toneladas de CO₂eq da atmosfera entre 2020 e 2030.
- 100% dos fornecedores críticos contemplados pelo Programa de Gestão Sustentável da Cadeia de Fornecimento;
- 100% dos municípios prioritários com gestão participativa incentivada;

- 10 cases benchmarking de economia circular em parceria com clientes.

Como podemos perceber, a iniciativa não apresenta resultados diretos, mas sim, apresenta direcionamento para que surjam novas iniciativas ou que haja o aprimoramento de iniciativas em vigência para que se adequem ao atual plano diretor da companhia. Como a presente iniciativa é de escopo amplo, é notório que seu objetivo permeia a circularidade. Grande parte dos objetivos possuem metas claras que dizem o quanto a empresa está aderente a cada um de seus objetivos.

4.5 INICIATIVA 05: APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS

Ao longo dos relatórios de sustentabilidade, mesmo nos relatórios onde não se tinha uma clara distinção do que seria ou não a economia circular, alguns produtos se destacaram como potenciais pertencentes tanto a uma economia de baixo carbono quanto a economia circular em si. Como destacado em outras iniciativas, e mesmo na revisão bibliográfica, parte importante da cadeia de suprimentos da indústria de papel e celulose passa pela utilização de diversos produtos, sendo estes, por exemplo, produtos agroindustriais e produtos inorgânicos. Como parte da cadeia é dependente dessas matérias primas, muitas vezes lignocelulósicas, sendo a celulose o grande foco hoje das empresas do setor, abre-se um bom espaço para inovar nesses resíduos. Com isso, previamente, alguns pontos precisam ser apresentados, antes de falarmos sobre a iniciativa em si.

Os resíduos orgânicos gerados em uma planta industrial de papel e celulose são um recurso valioso com o potencial de encontrar novos propósitos e trazer benefícios tanto para a indústria quanto para o meio ambiente. Compostos por uma diversidade de materiais, como resíduos de madeira, cascas, serragem e lodo de depuração, esses subprodutos são resultado das várias etapas do processo de produção, desde a preparação da madeira até o acabamento dos papéis.

Uma das possibilidades é a utilização dos resíduos orgânicos é o seu uso como biomassa para geração de energia, como foi a finalidade da obtenção de Syngas na planta de Puma II. Além disso, também poderia ser utilizado, por exemplo, para obtenção de etanol celulósico. Através de processos como a queima em caldeiras de recuperação, esses materiais podem se

tornar uma fonte limpa e renovável de vapor, que pode ser aproveitado para gerar eletricidade, aquecer água e movimentar equipamentos.

Além disso, esses resíduos orgânicos também podem ser uma fonte para a criação de materiais inovadores. Por meio de tecnologias avançadas, como a biotecnologia e a química verde, é possível extrair e transformar os componentes desses resíduos em materiais lignocelulósicos avançados, como bioplásticos e materiais compósitos. Esses materiais têm um enorme potencial de aplicação em diversos setores industriais, como embalagens e construção civil, e podem ajudar a reduzir nossa dependência de recursos não renováveis.

Ao tomar decisões sobre a destinação desses resíduos orgânicos, é essencial considerar não apenas os aspectos técnicos e econômicos, mas também os impactos ambientais. Cada planta industrial de papel e celulose tem a oportunidade de adotar soluções específicas, buscando o máximo aproveitamento desses recursos de forma sustentável e em conformidade com as regulamentações ambientais vigentes. O avanço e a implementação de tecnologias inovadoras e práticas responsáveis são fundamentais para impulsionar a indústria em direção a uma economia circular e de baixo carbono.

A gestão dos resíduos inorgânicos em uma planta industrial de papel e celulose desempenha um papel crucial na busca por práticas sustentáveis e na preservação ambiental. Esses resíduos, provenientes de diversas etapas do processo de produção, requerem uma atenção especial devido ao seu impacto potencial no meio ambiente e na saúde pública.

Entre os resíduos inorgânicos encontrados nesse contexto, é possível destacar cinco categorias principais. Uma delas é o dregs, que consiste em subprodutos sólidos resultantes do processo de clarificação da celulose. Esses dregs são compostos por partículas finas de sílica, alumínio, lignina e outros compostos inorgânicos. A gestão adequada dos dregs é de extrema importância para evitar a sua dispersão no meio ambiente, bem como buscar opções de reciclagem ou reutilização, reduzindo assim o impacto ambiental (ASSUMPCÃO et al., 2005).

Outra categoria de resíduos inorgânicos são as cinzas, que são resultantes da queima da biomassa utilizada como fonte de energia na planta industrial. Essas cinzas contêm minerais inorgânicos, como óxidos de cálcio, silício, alumínio e ferro. É fundamental implementar medidas adequadas para o manejo das cinzas, visando minimizar seu impacto ambiental e explorar possíveis opções de reciclagem ou utilização em outros processos industriais, como a produção de materiais de construção.

As águas residuais também desempenham um papel importante como resíduos inorgânicos em uma planta de papel e celulose. Essas águas residuais contêm uma variedade de compostos químicos inorgânicos, incluindo sais, metais pesados e produtos químicos utilizados

no processo de produção. Para minimizar a poluição hídrica, é essencial adotar sistemas de tratamento eficientes que removam esses compostos e garantam a devolução da água ao meio ambiente de forma segura.

Os resíduos de materiais refratários também são encontrados nas plantas industriais de papel e celulose. Esses resíduos consistem em materiais cerâmicos, como tijolos refratários e placas isolantes, que são utilizados em fornos e caldeiras. O manejo adequado desses resíduos envolve a avaliação de opções de reciclagem ou descarte seguro, levando em consideração as características desses materiais, a fim de evitar impactos negativos na saúde humana e no meio ambiente (DESCOLLI, 2002).

Por fim, as escórias são outro tipo de resíduo inorgânico gerado no processo de produção. Essas escórias são formadas por substâncias inorgânicas remanescentes da fusão de minerais durante a fabricação do papel e da celulose. A gestão adequada das escórias envolve a avaliação de sua composição química e possíveis opções de reciclagem ou descarte ambientalmente correto, visando evitar a contaminação do solo e dos recursos hídricos.

Finalizando esse embasamento sobre possibilidades a serem feitas com os resíduos e dando início a análise da iniciativa, ao longo dos 4 relatórios anuais da Klabin, algumas iniciativas foram encontradas com a finalidade de resolver alguns dos resíduos aqui listados. Para a resolução dos produtos inorgânicos, a Klabin, em parceria com a Ambipar, empresa de gestão ambiental, desenvolveu uma nova tecnologia de obtenção de pavers, tijolos, calçadas, etc. Na produção desses materiais de construção civil, a Klabin utiliza dois resíduos resultantes do processo de produção de celulose: os grits e os dregs, que são gerados durante a etapa de recuperação da soda cáustica. Esses materiais de construção têm uma característica especial, pois são produzidos a partir de resíduos provenientes da Unidade Puma, o que proporciona uma importante redução na utilização de matéria-prima em comparação com as pavimentadoras tradicionais.

Grits, de acordo com Machado et al, 2003, são resíduos sólidos com textura arenosa e coloração acinzentada, originados na indústria de polpa kraft durante o processo de recuperação do licor branco utilizado no cozimento dos cavacos de madeira. Já os dregs são um subproduto característico da indústria de papel e celulose, surgindo durante o processo de recuperação dos produtos químicos inorgânicos presentes no licor verde, mais especificamente na fase de clarificação. Esses dregs consistem principalmente em precipitados de carbonato, hidróxido e sulfuretos de sódio e cálcio, além de partículas de carbono e vestígios de metais pesados provenientes da combustão na caldeira de recuperação. (ASSUMPCÃO et al, 2005).

Com a conclusão do Projeto Puma II (Iniciativa 01), que engloba novos processos implementados na fábrica, haverá a continuidade na geração desses resíduos, garantindo a disponibilidade de matéria-prima para a produção dos materiais de construção.

Figura 7 - Material de construção obtidos a partir de dregs e grits



Fonte: Klabin, 2020.

Além dos compostos inorgânicos, alguns resíduos orgânicos também são gerados e apresentam grande potencial econômico para a Klabin, seja para venda direta ao consumidor final, seja para reutilização dentro da cadeia produtiva como um insumo que aumenta a eficiência do processo, tanto economicamente, quanto ambientalmente. A Klabin, no ano de 2021, destinou cerca de 0,5% de todo o faturamento em pesquisa e desenvolvimento onde, abaixo, poderemos ver alguns de seus projetos em andamento.

Para os problemas do liquor negro, há o *Crude Tall Oil* (CTO) na Klabin, também conhecido como *tall oil* ou óleo de pínus, é um óleo vegetal bruto não refinado que é produzido a partir da acidulação do sabão de licor negro, um subproduto do processo de recuperação química nas indústrias de papel e celulose. Esse óleo é obtido a partir do extrativo do pínus, uma matéria-prima abundante nesse setor.

Uma das principais vantagens do CTO é o fato de ser derivado de uma fonte renovável de base florestal. Isso significa que ele pode substituir outros óleos de origem petroquímica em diversas aplicações, tornando essas utilizações mais sustentáveis do ponto de vista ambiental.

O CTO possui uma ampla gama de aplicações. Ele pode ser utilizado como matéria-prima na produção de diversos produtos, como resinas, adesivos, tintas, lubrificantes e até mesmo biodiesel. Além disso, o tall oil também pode ser processado e refinado para obtenção de subprodutos como o ácido tallóico e o ester de tallóico, que possuem diversas aplicações na indústria química.

Quanto a seu uso, a Klabin apresentou ao longo do relatório de 2019 na criação de uma nova unidade de tall oil, a qual ficaria pronta ao longo do ano de 2020. Poucos dados sobre avanços da operação da planta de extração foram encontrados ao longo da janela temporal em que o presente trabalho é feito.

Outro produto orgânico obtido seria o bio-óleo tem encontrado aplicação principalmente como combustível para aquecimento de ambientes e geração de energia elétrica. Sua composição química varia dependendo da biomassa utilizada, mas geralmente apresenta uma complexa mistura de compostos orgânicos, incluindo hidrocarbonetos, ácidos carboxílicos, aldeídos e fenóis.

Uma das principais vantagens do bio-óleo é o fato de ser uma fonte de energia renovável, derivada de biomassa, o que contribui para reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Além disso, sua produção a partir de resíduos agrícolas, resíduos florestais ou culturas energéticas pode auxiliar na redução da quantidade de resíduos orgânicos descartados, promovendo ao bio-óleo, um líquido de tonalidade escura, é obtido através de um processo chamado pirólise, no qual a biomassa é submetida a altas temperaturas em um ambiente controlado, com restrição de oxigênio. Essa reação termoquímica de decomposição da biomassa resulta na formação do bio-óleo, acompanhado de outros subprodutos, como gases e carvão vegetal.

No entanto, é importante ressaltar que o bio-óleo, no tocante a iniciativa, ainda passa por uma vontade declarada da empresa ao longo dos relatórios, mas nenhum avanço expressivo no tema foi encontrado ao longo da etapa prospectiva.

Com isso, fica evidente que a Klabin segue investindo fortemente para o beneficiamento de resíduos, não só para ampliar sua linha de negócios, como também para trazer uma pegada ambiental ainda mais forte a seus negócios. Consegue-se ver que a reciclagem e reutilização se fazem presente aqui nessa iniciativa, pois, o âmago dela é reutilizar e dar novas finalidades aos resíduos e, para isso, investe-se pesado em pesquisa. Quanto a resultados, temos visto um amplo

esforço da empresa, o que pode ser visto até a nível de percentual do faturamento aplicado em P&D.

4.6 INICIATIVA 06: ECODESIGN

Para além do aproveitamento de resíduos, o conceito de Ecodesign, conforme descrito por Manzini e Vezzoli (2011), refere-se à abordagem de design que incorpora critérios ecológicos em todas as etapas do processo de desenvolvimento de um produto ou serviço. Essa abordagem tem como objetivo principal a criação de soluções que sejam ambientalmente sustentáveis ao longo de todo o ciclo de vida, levando em consideração a ecoeficiência.

O Ecodesign busca integrar aspectos ambientais desde as fases iniciais do projeto, considerando tanto a seleção de materiais e processos de fabricação quanto a utilização, manutenção e descarte do produto. Isso envolve a análise criteriosa de diversos fatores, como consumo de energia, uso de recursos naturais, emissões de poluentes, geração de resíduos e impactos ambientais associados.

Embora a empresa não tenha criado uma iniciativa precisamente com o nome “ecodesign”, este termo se faz o mais adequado para descrever alguns dos produtos desenvolvidos pela Klabin para resolver alguns problemas ambientais específicos. Alguns produtos possuem uma alta aderência a descrição de Manzini e Vezzoli (2011), o que fazem valer a presente descrição.

Um exemplo seriam os estudos realizados pela Klabin em relação aos usos múltiplos da madeira resultaram na descoberta de uma nova aplicação em desenvolvimento para a celulose microfibrilada (MFC). Essa inovação tem o potencial, de acordo com a empresa, de substituir os aditivos de irrigação não renováveis, como os derivados do petróleo. A MFC desempenha um papel crucial na retenção de água próxima às mudas, liberando-a de forma mais lenta e prolongando o período de umidificação. Além disso, ela possui a capacidade de substituir totalmente os aditivos tradicionais de irrigação, que são amplamente utilizados durante períodos de seca. Essa solução desempenha a mesma função dos aditivos sintéticos, que alteram a viscosidade da água.

Esse produto não apenas por si pode ser considerado como um aderente ao ecodesign, mas também, um insumo para o ecodesign. Ao pensar que hoje, muitos produtos contêm plástico em sua composição, como em camadas protetoras, o que dificulta a recuperação destes e, além disso, geram produtos verdadeiramente danosos para o meio ambiente, as propostas

aqui pela Klabin, em quase toda a sua totalidade, são opções que são biodegradáveis, que podem ser usadas exatamente como substitutas a esses produtos de origem fóssil.

Diversos estudos indicam que a celulose microfibrilada (MFC), um material facilmente renovável, possui aplicações promissoras em diferentes setores. Entre eles, destaca-se o uso da MFC na produção de cosméticos, no fortalecimento de materiais de construção civil, na fabricação de peças leves para automóveis e até mesmo na indústria têxtil.

Segundo especialistas, a MFC é obtida a partir da extração da celulose e ocupa uma posição intermediária entre a celulose convencional e a celulose nanofibrilada. Essa característica confere à MFC propriedades únicas, como alta resistência e flexibilidade, tornando-a um material versátil e de grande potencial para inovação em diversos setores industriais.

No âmbito da Klabin, por exemplo, no ano de 2021, na Unidade Monte Alegre, foram conduzidos uma série de testes visando a aplicação de barreira em papel-cartão. Essas iniciativas contaram com o apoio da planta-piloto de celulose microfibrilada (MFC). Além disso, foram realizados testes industriais para o desenvolvimento de novos papéis e cartões, com propriedades distintas das atualmente disponíveis no mercado. Essas ações demonstram o compromisso da empresa em impulsionar a inovação e oferecer soluções diferenciadas aos seus clientes.

O desenvolvimento do Eukaliner® pela Klabin, um kraftliner feito exclusivamente com fibras de eucalipto, está em consonância com os princípios do ecodesign. O ecodesign envolve a consideração de critérios ecológicos durante o desenvolvimento de produtos, buscando maximizar sua eficiência ecológica e reduzir seu impacto ambiental ao longo do ciclo de vida.

Nesse sentido, o Eukaliner® representa uma abordagem mais sustentável na indústria de embalagens. Ao utilizar fibras de eucalipto, uma matéria-prima renovável, em vez de fibras longas tradicionais, a Klabin reduz a necessidade de áreas plantadas, contribuindo para a preservação dos recursos naturais. Além disso, o papel oferece uma estrutura mais resistente e de melhor qualidade de impressão, permitindo a redução da gramatura das embalagens, o que pode resultar em menor consumo de recursos e menor impacto ambiental ao longo do ciclo de vida do produto.

O desenvolvimento do Eukaliner® demonstra como o ecodesign pode ser aplicado na prática, buscando soluções inovadoras que combinam desempenho ecológico com eficiência e viabilidade econômica.

Além desses produtos acima citados, outros três apresentam uma grande adesão ao ecodesign, sendo eles o Ecolayer e Klafold GB®. Ambas possuem aplicações que reduzem

drasticamente a demanda, por exemplo, de plásticos e materiais compostos que contenham plástico, sendo esses de difícil reciclagem.

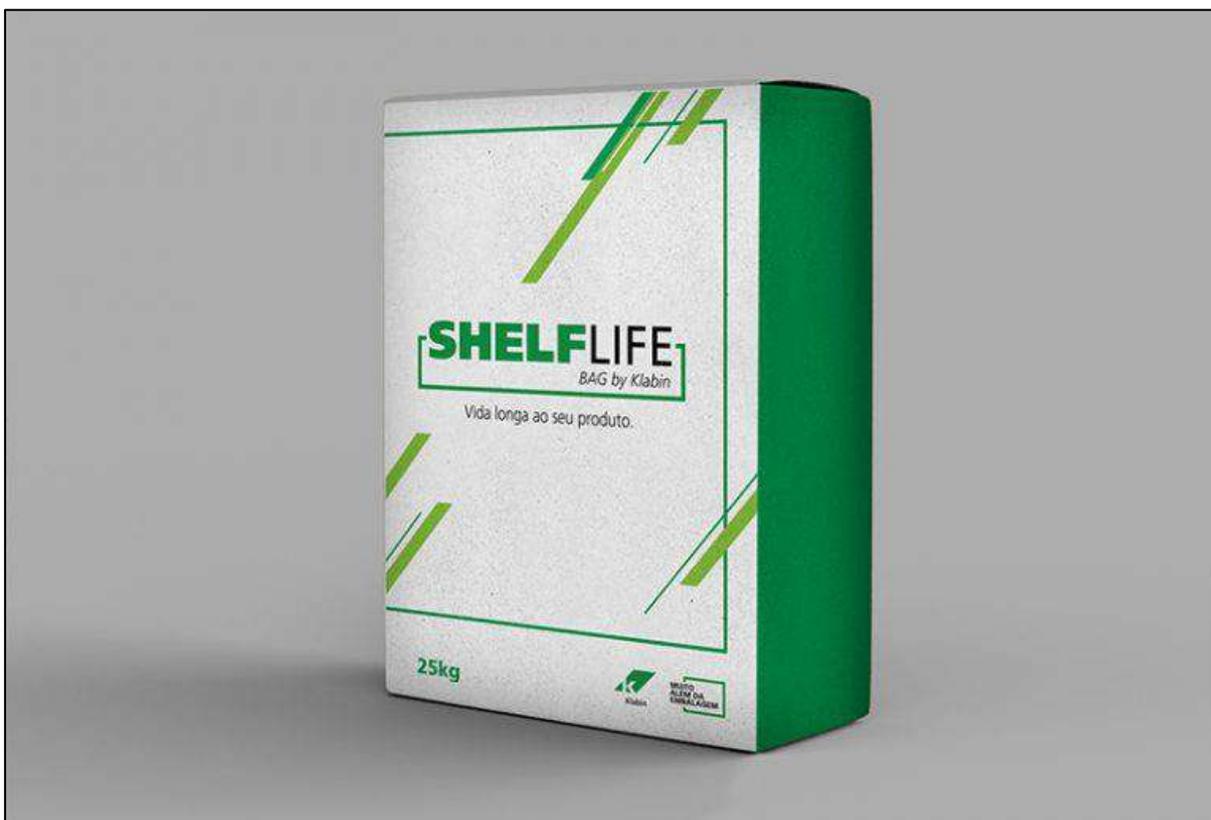
O EcoLayer, mencionado anteriormente, é uma nova embalagem sackraft com aplicação de barreira em resina sustentável desenvolvida pela Klabin em parceria com seu Centro de Tecnologia, área Comercial e o conteúdo de Desenvolvimento de Produtos. Esse produto representa uma melhoria significativa em relação às opções anteriores da empresa.

O EcoLayer conta com uma nova barreira que impede a entrada de umidade, prolongando a vida útil dos produtos e mantendo sua qualidade. Esse aspecto é particularmente relevante para atender às necessidades do setor de construção civil, fertilizantes e sementes, que exigem embalagens de alta resistência e proteção. Com isso o EcoLayer também é útil por eliminar o uso de filme plástico em sua composição, reduzindo a geração de resíduos e tornando-se uma opção reciclável.

Um cliente da Klabin que já utiliza o Ecolayer é a Quartzolit, empresa de construção civil que vende, dentre outros produtos, argamassas e impermeabilizantes, a qual integra o grupo Saint-Gobain, líder mundial na produção de argamassas industrializadas. (Revenda, 2022).

Com isso, pode-se observar que o Ecolayer é um produto com múltiplas funcionalidades, sendo bastante útil para a facilitação da reciclagem, evitando o uso de materiais compostos. Assim, como matérias compostos são de difícil reciclagem, a inserção desse produto a cadeia produtiva se mostra um avanço, especialmente no tocante a setores de construção, por exemplo.

Figura 8 - Embalagem utilizando a tecnologia EcoLayer



Fonte: Klabin, 2020.

Outro produto que se destaca, embora ainda seja um produto que, por si, seja de um uso imediato, é a embalagem Klafold GB®. É importante entender que soluções para manter a assepsia alimentar sempre serão tomadas, e como para manter o alimento fora do contato de outros organismos é necessária a criação de uma barreira física, se essa barreira física for biodegradável, reciclável e sem uso de plástico ou materiais compostos que dificultam a reciclagem, além de também ser feito dentro de uma indústria que, como foi falado, reutiliza 98% dos resíduos em 2021, esta solução então é uma solução que merece atenção.

Essa solução consiste em um revestimento à base de água aplicado ao cartão, que proporciona funções de barreira contra gordura para aplicações em embalagens de alimentos. O objetivo principal dessa inovação, desenvolvida pela equipe de pesquisa do Centro de Tecnologia da Klabin em parceria com a equipe de Desenvolvimento de Produtos, é criar embalagens mais sustentáveis que eliminem a necessidade de embalagens adicionais ou aplicação de revestimentos extras ao cartão, facilitando assim a recuperação das fibras durante os processos de reciclagem.

O Klafold GB é produzido a partir de fibras virgens e possui todas as certificações exigidas para aplicações de contato com alimentos. Essa solução, que já sai da Unidade Monte

Alegre, no estado do Paraná, com a barreira aplicada, está sendo adotada em todo o Brasil e já é utilizada em soluções de embalagem em países como Nova Zelândia, África do Sul e México. Além disso, o produto é reciclável e está alinhado com os compromissos e metas de preservação ambiental estabelecidos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Klabin.

Figura 9 - Klafold GB



Fonte: Klabin, 2020.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas premissas adotadas no capítulo 4 (Iniciativas) e no capítulo 3 (metodologia), serão apresentados os resultados da análise do estudo de caso das iniciativas apresentadas. Os quadros 1 e 2, introduzidos ao longo do capítulo de metodologia, foram preenchidos de acordo com os conceitos apresentados ao longo do trabalho e também com a apresentação de cada uma das iniciativas. Com isso, o presente capítulo objetiva expor um panorama obtido através do estudo de caso apresentado e, então, discutir pontos críticos do que foi dito. Ao final, haverá a discussão sobre os quadros aqui apresentados.

Além disso, há uma representação qualitativa através da figura 8, a qual relaciona maturidade e impacto das iniciativas na cadeia de valor e nos consumidores. O eixo vertical divide em maturidade das iniciativas, ou seja, se as iniciativas se encontram em escala piloto (I), ou seja, em fase inicial de implementação ou em escala reduzida, ou se já estão consolidadas, com maior escala de operação e maturidade. Além desse aspecto, outro ponto relevante que a figura busca responder é se as iniciativas vão para além das fronteiras da empresa, ou seja, iniciativas externas (II) contam com outros parceiros, o que promove um maior engajamento e participação na cadeia produtiva, ou se tratam de iniciativas internas, as quais possuem pouca influência na cadeia de valor. As cores das iniciativas representam quais dimensões dos 3R's são alcançados, com base nos resultados do quadro 4, não havendo restrição quanto ao número de cores. O tamanho e disposição espacial das iniciativas em cada quadrante não possuem representação quantitativa.

Quadro 3 - Quadro de informações sobre as iniciativas preenchido

Iniciativas	Problema	Solução	Início	Metas Propostas	Resultados
I.01	Geração de resíduos industriais; Aumento de produtividade da planta; Utilização de combustível fóssil.	Criar uma planta capaz de utilizar combustível renovável, aumentar a produtividade e reduzir a geração de resíduos.	2019	Reaproveitamento de 98% dos resíduos da operação, geração energética autossuficiente; redução da emissão a níveis 50% abaixo da legislação vigente, etc.	Ainda há poucos resultados no período analisado.
I.02	Geração de resíduos sólidos pelas atividades desempenhadas pela empresa.	Criar um programa atuante em 6 cidades para solucionar, localmente, a gestão de resíduos sólidos, a educação ambiental nas comunidades e as condições de trabalho e renda dos agentes ambientais de reciclagem.	2012	Zerar 100% da destinação de resíduos industriais a aterros.	Poucas informações quantitativas foram apresentadas pela empresa.
I.03	Desorganização na cadeia de reciclagem do Brasil.	Diagnosticar e auxiliar a colaboração e engajamento da sociedade e dos recicladores,	2019	No tocante a Klabin, Transformar Telêmaco Borba em um território 100% circular em embalagens.	Diagnóstico do problema, com chamada pública para possíveis soluções,

I.04		acelerando e profissionalizando o setor de reciclagem.			sem resultados numéricos.
	Métricas claras que direcionam os resultados da empresa em busca da circularidade e do desenvolvimento sustentável.	Criar métricas, condizentes com as ODS da ONU, que buscavam responder de forma específica problemas da empresa.	2020	<ul style="list-style-type: none"> • 100% das localidades onde atuam com iniciativas para o aumento da segurança hídrica territorial; • 100% de operações florestais sob gestão própria com manejo hidrossolidário; • Reduzir em 20% o consumo específico de água industrial; etc. 	Com métricas mais claras, ficou possível averiguar o grau de aderência das frentes da empresa com o caminho de busca pela sustentabilidade, trazendo clareza ao que é buscado.
	Descarte de resíduos industriais sem beneficiamento.	Através de pesquisa e desenvolvimento, achar alternativas para os resíduos gerados, reintegrando a cadeia produtiva.		Zerar 100% da destinação de resíduos industriais a aterros.	Criação de produtos, como de materiais de construção, além de produtos em fase de teste.
I.06	Utilização de coprodutos ou insumos, ao longo da cadeia produtiva e de consumo, que são problemáticos no quesito circularidade.	Através de pesquisa e desenvolvimento, criar produtos substitutos ou complementares, na cadeia produtiva e/ou consumo, que auxiliem na circularidade.		Atribuir múltiplos usos a madeira e resíduos industriais.	Criação de embalagens hidrofóbicas que dispensam uso de plásticos,

Fonte: Elaboração própria.

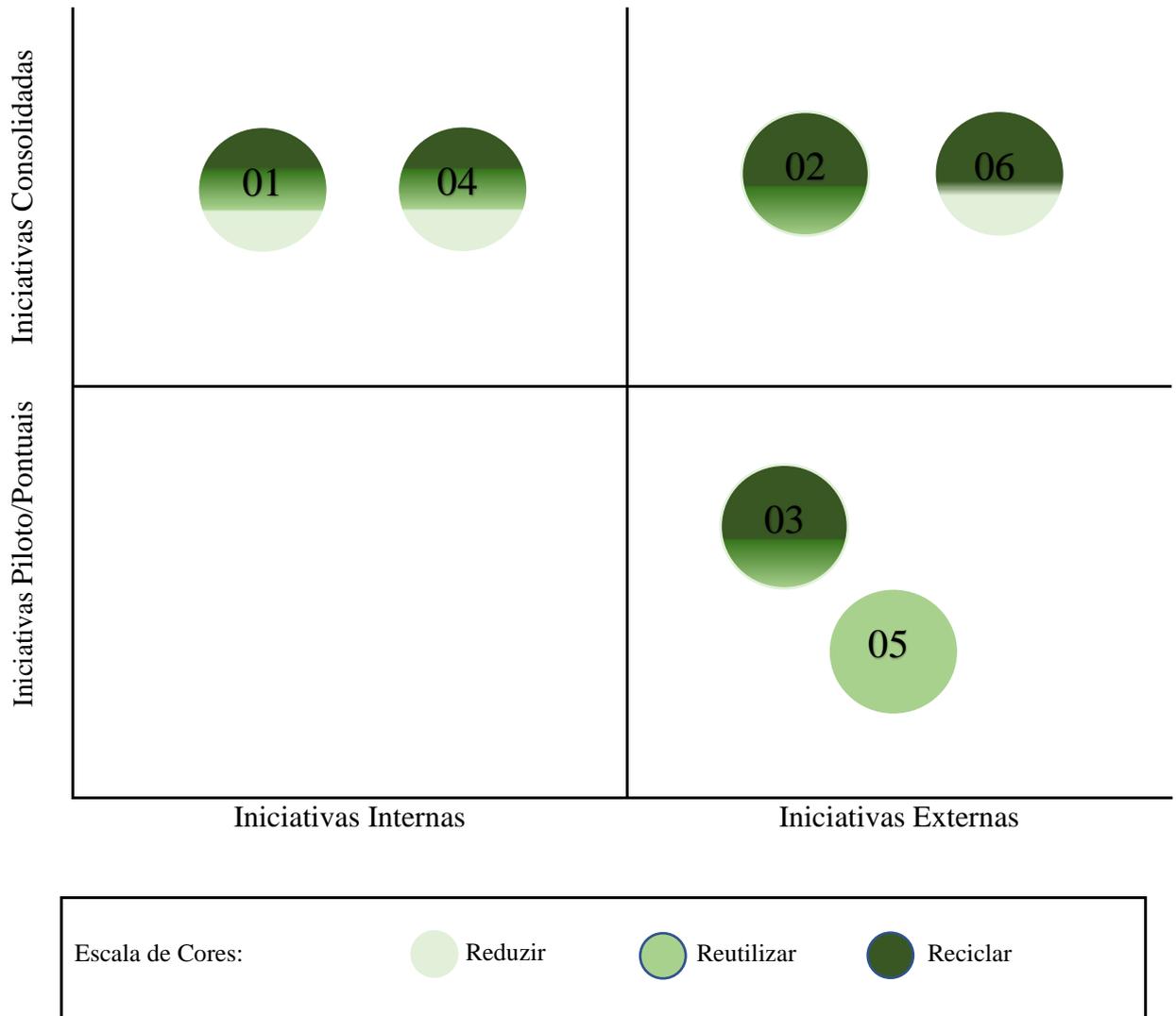
Quadro 4- Quadro com as métricas qualitativas de análise do grau de aderência das iniciativas preenchido

Iniciativas	Clareza das metas	3RS	Atores envolvidos	Desafios	Inserção no atual negócio	Comentários
1.01	Alta	Reduzir, Reciclar, Reutilizar.	A empresa e seus fornecedores.	Implementação do projeto industrial de longa duração, que, uma vez estabelecido, apresenta poucos desafios inovadores.	O projeto se integra a planta indústria, sendo uma planta com algumas opções de negócios.	O projeto em si das máquinas MP27 e MP28 reduz o consumo e auxilia na reciclagem e reutilização do resíduos.
1.02	Alta	Reutilizar, Reciclar	Além da empresa, atores externos com a ViraSer.	Ampliar a escala, a qual ainda se encontra representando cerca de 0,1% do território nacional.	A iniciativa é complementar, não gerando receita direta a companhia em seu estágio atual.	A iniciativa tem como objetivos principais acelerar a reutilização e reciclagem.
1.03	Alta	Reutilizar, Reciclar	Hub, Grupo Heineken entre outros participantes.	Ampliar a escala do projeto.	Assim como a iniciativa 02, a presente iniciativa é complementar ao negócio, e não tem obrigatoriedade de gerar receita.	Os objetivos da iniciativa são reutilizar e reciclar embalagens.

I.04	Média	Reduzir, Reutilizar e Reciclar	A empresa e, indiretamente, seus fornecedores	Atribuir metas claras a todas as linhas de atuação da empresa.	A presente iniciativa se insere como um indicador de aderência ou não ao tema sustentabilidade, sem obrigatoriedade de gerar receita direta.	Iniciativa 04 serve como base teórica para todas as ações e metas estipuladas para outras iniciativas chegarem a um bem comum, condensado em metas na presente iniciativa.
I.05	Baixa	Reutilizar	A empresa, Start-ups, aceleradoras, etc.	Criar soluções para todos os tipos de resíduos gerados na linha de produção e consumo.	Além de reutilizar os resíduos gerados, pode ou não atuar como gerador de receita para a empresa.	Iniciativa com potencial de geração de receita, que visa beneficiar os resíduos gerados.
I.06	Baixa	Reduzir, Reciclar	A empresa, Start-ups, aceleradoras, etc.	Criar produtos, com aceitação no mercado, que possam substituir produtos de origem não renováveis, tanto em características físico-químicas, quanto em preço.	A presente iniciativa pode ser vista como uma atividade complementar as outras atividades geradoras de receita da companhia.	Trata-se de criar produtos capazes de substituir outros, como plásticos, seja pela reciclagem, seja pela redução na utilização de insumos.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 10 - Relacionamento da Maturidade e Impacto das Iniciativas na Cadeia de Valor.



5.1 MATURIDADE E IMPACTO DAS INICIATIVAS

Ao longo do texto de estudo de caso, foi possível fazer uma análise sobre a quais dos 3 elementos dos 3Rs cada iniciativa poderia ser representada. Com a figura 8, podemos ver que a maioria das iniciativas apresentam um viés pró-reciclagem, o que é bastante pertinente com o trabalho aqui apresentado. A reciclagem é um elemento de análise que vai além da concepção de economia circular. Além de reciclagem, outro elemento que apareceu com frequência foi a

reutilização. A reutilização nessa indústria, a qual gera muito resíduo, é um fator de suma importância para se alcançar a sustentabilidade.

Ao se debruçar sobre a figura 8, podemos observar que a maior parte das iniciativas possuem uma abordagem mais externa, ou seja, há relevante influência de outros atores externos, onde apenas as iniciativas 01 e 04 são classificadas como internas. A iniciativa 01 encontra certa dificuldade em ser expandida para um escopo externo a empresa, por se tratar de uma iniciativa cujo objetivo é a criação de uma planta industrial denominada Puma II. No entanto, projetos como o da iniciativa 04, por exemplo, poderiam ser expandidos para além das barreiras da empresa, como um pacto entre as empresas do setor de papel e celulose para alcançarem um bem comum, baseado nas ODS da ONU de forma a entender, especificamente, as dores do setor. No entanto, talvez por posicionamento de marca, a Klabin fez dessa iniciativa uma iniciativa própria, inclusive, colocando a primeira letra de seu nome como um marcador da iniciativa – KODS - que, obviamente, poderá servir de ideia para outras empresas, mas sabendo que o dono desse projeto é a Klabin. Com isso, a empresa perde em novas ideias e visões que poderiam aprimorar essa abordagem de métricas e estratégias rumo a um setor mais ambientalmente sustentável.

Além disso, os outros projetos, conforme discorrido ao longo do texto, possuem influência externa significativa. Por exemplo, conforme foi citado, a iniciativa 05 contou com auxílio da Ambipar, por exemplo, a qual conjuntamente desenvolveram uma tecnologia capaz de utilizar grits e dregs para obtenção de matérias da indústria de construção. No entanto, de acordo com a figura 4, essas iniciativas ainda não possuem um efeito significativo de geração de caixa para a empresa e, por isso, enquadrou-se essa iniciativa como não consolidada ou em escala piloto. Talvez por falta de um período de maturação tecnológica, a presente iniciativa ainda encontra certa inércia para evoluir, embora talvez seja por falta de prioridade da empresa. Embora haja grandes potencialidades de parcerias para utilização das tecnologias aqui apresentadas, até o momento em que esse trabalho é redigido, a iniciativa encontra tímida utilização pela empresa.

Quanto a iniciativa 06, o que pode ser observado é um posicionamento forte da empresa para promover seus produtos. A Klabin já conta com parceiros externos que consomem os produtos aqui desenvolvidos, conforme apresentado pelo texto de estudo de caso. Por exemplo, temos o Ecolayer, o qual já possui parceiros comerciais como a Quartzolit, pertencente ao grupo líder mundial na venda de argamassas. Essa parceria é de suma importância para a consolidação do projeto, o que já dá a este um escopo de negócio consolidado ou em alto estágio de consolidação.

5.2 OS 3R'S DA CIRCULARIDADE

Ao longo do texto de estudo de caso, foi possível fazer uma análise sobre a quais dos 3 elementos dos 3Rs cada iniciativa poderia ser representada. Com a figura 8, podemos ver que a maioria das iniciativas apresentam um viés pró-reciclagem, o que é bastante pertinente com o trabalho aqui apresentado. A reciclagem é um elemento de análise que vai além da concepção de economia circular, por isso, a sua inserção nas indústrias acabam por ser facilitadas, especialmente pelo fato de ser uma das primeiras ideias de solução quando se pensa em negócios sustentáveis. Além de reciclagem, outro elemento que apareceu com frequência foi a reutilização. A reutilização nessa indústria, a qual gera muito resíduo, é um fator de suma importância para se alcançar a sustentabilidade.

Analisando de forma mais ampla o papel de cada um dos Rs, podemos fazer uma análise crítica de cada uma das iniciativas. A iniciativa 01 e 04 são de cunho interno, mas que abraçam os 3 elementos de análise dos 3R's. A iniciativa 01, por exemplo, se propõe a ser uma planta autossuficiente, altamente integrada e com baixo descarte de resíduos. Além disso, no que tange a emissões, se propõe a ficar abaixo até mesmo dos padrões estabelecidos pelo órgão nacional de vigilância. Embora a iniciativa 01 seja focada na cidade em que é situada a planta, a escala pode ser considerada a nível não apenas nacional, mas mundial, dado que a Klabin é uma significativa exportadora do setor. Com isso, é um projeto que apresenta escala e dimensões de circularidade favoráveis. Além disso, como os dados encontrados no site da empresa mostraram metas claras quanto ao projeto, como tem sido o andamento, com direito a site exclusivo para a iniciativa. Como se trata de um projeto de alto custo, com potencial de gerar um alto retorno, não apenas socioambiental, como econômico, tem sido o projeto de maior destaque da empresa e de maior atenção.

Quanto ao projeto 04, temos um projeto consolidado e com prazo de execução, o qual contempla os 3R's. No entanto, com metas ainda não muito claras para todos os seus objetivos. Mesmo assim, com metas nem sempre possuem clareza evidente. A iniciativa serve de norte para outras iniciativas importantes da empresa, como as citadas ao longo deste trabalho de conclusão de curso. No entanto, quando se atribui um parâmetro de média clareza das metas, foi-se feito especialmente por, em seu site, nem todos os objetivos do KODS possuem metas quantitativas claras e, em alguns casos, apresentarem métricas que não necessariamente representem resultados positivos para a circularidade. Uma potencial forma de resolver esse problema é com a expansão do KODS para além das barreiras da própria Klabin, trazendo problemas, ideias e soluções pertinentes.

A iniciativa 02 do programa aborda a reutilização e reciclagem de resíduos sólidos, porém não trata diretamente da redução. Um desafio significativo dessa iniciativa é a sua limitação em termos de escalabilidade. Conforme evidenciado no quadro 6, as cidades contempladas representam apenas 0,1% da população e do território nacional, coincidindo com as áreas de atuação da Klabin. É importante ressaltar que a Klabin é uma empresa de comércio internacional, o que implica em possibilidades de expansão em diferentes escalas. É possível considerar a ampliação da iniciativa para todo o estado do Paraná, seguida pela expansão para todo o Brasil e, posteriormente, para os países importadores dos produtos da Klabin. Embora essa iniciativa represente um avanço rumo à circularidade, sua limitação em termos de escala e a falta de incentivos financeiros podem ser obstáculos para sua ampliação. Portanto, trata-se de uma iniciativa restrita a um controle de custo baixo para a empresa, devido à proximidade geográfica das regiões contempladas com suas plantas industriais.

Quanto a iniciativa 03, esta sofre com problemas parecidos com a iniciativa 02, contemplando os mesmos R's, mas com escala ainda menor e ainda em fase de consolidação, conforme apresentado na figura 8. Quanto a clareza de metas, foi definido como meta altamente clara pois o objetivo é alcançar a circularidade de embalagens dentro de um município específico. É uma iniciativa que apresenta parceiros que podem impulsionar o projeto, mas, na prática, sua escala ainda é muito reduzida. Além disso, essa iniciativa é pouco madura no tocante a aplicação pela empresa, dado que ainda está em etapa experimental e de busca de soluções com terceiros, por exemplo. No entanto, mesmo pequena, é importante ressaltar que, em caso de sucesso, a presente iniciativa pode ser usada de modelo para outros municípios de porte parecido ao redor do Brasil.

Quanto a iniciativa 05, ela se propõe a ser um meio de reutilização de resíduos. Conforme foi apresentado ao longo do texto, a indústria de papel e celulose, assim como qualquer indústria, gera resíduo. No entanto, a iniciativa 5, mesmo que em escala piloto, tem potencial de romper essa barreira de escala, pois pode gerar, de fato, insumos complementares para outras indústrias e, assim, se também utilizada como fonte de receita adicional a empresa, como apresentado no quadro 6. As metas foram vistas como de clareza média, pois, embora se queira zerar a destinação de resíduos para os aterros, ainda não se sabe ao certo qual é o destino que esse resíduo irá tomar, pois ainda se trata de projetos piloto dentro da iniciativa que, embora de potencial razoável, ainda concentram muitas incertezas.

Por fim, a iniciativa 06 compartilha de alguns dos problemas da iniciativa 05, como a clareza de metas. Aqui, assim como na iniciativa anterior, temos produtos que ainda precisam passar pela validação do mercado e, mesmo que representem um grande potencial, tanto de

geração de caixa, quanto de, de fato, assumirem um papel de substituto de produtos de fontes não renováveis, ainda apresentam um alto risco de execução e com alta demanda das áreas de pesquisa e desenvolvimento. Quanto a escalabilidade, assim como a iniciativa 05, trata-se de produtos que podem romper, inclusive, a barreira do país e serem exportados, como já é o caso da embalagem Klafold GB®. Quanto a análise dos 3R's da circularidade, a presente iniciativa apresenta-se como um forte representante da reciclagem e, especialmente, a redução. A presente iniciativa tem a capacidade de gerar soluções que promovem a redução de compostos que contenham plástico, por exemplo, o que facilita substancialmente a reciclagem, dado que hoje, papelão e o papel possuem um índice de reciclagem de 66,9% (ANAP, 2019). Além disso, o papel ou papelão produzido, caso sendo atribuído a funções mais nobres, como embalagens hidrofóbicas, qualidade que antes era especialmente sanada com uso de plásticos ou matérias compostas, por serem um material que, mesmo que possua diferentes fibras celulósicas, ainda assim são de fácil reciclagem em relação, por exemplo, a uma embalagem como a Tetra Pak, a qual é cartonada, possuindo 6 camadas, como polietileno, papelão e alumínio, o qual exige um processo fino de separação e reciclagem total final.

6 CONCLUSÕES

O paradigma da economia circular desafia o modelo linear predominante, buscando uma gestão mais eficiente dos recursos ao longo do ciclo de vida de sistemas e produtos. A redução, reutilização e reciclagem são fundamentais nesse novo modelo, que visa ampliar e diversificar a criação, proposição e captura de valor, tendo o sistema como um todo como elemento central da economia. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi investigar como os conceitos da economia circular estão presentes Klabin, aqui representante da indústria de papel e celulose, e quais são os principais pontos para aplicação e escalabilidade, por meio de um estudo de caso abrangente e único.

Com base nos conceitos de economia circular, especialmente no conceito dos 3R's (reduzir, reutilizar e reciclar), o trabalho se propôs a apresentar como a circularidade está presente em diversas iniciativas encontradas ao longo dos relatórios de rentabilidade anuais apresentados pela empresa. Com isso, buscou-se analisar as dimensões que são contempladas, e como a empresa tem se posicionado ao longo dos últimos 4 anos sobre o tema.

A indústria de papel e celulose foi escolhida por ser considerada, por muitos, símbolo de economia circular e setor ESG. No entanto, como a definição de sustentável muda ao longo dos anos, o estudo se mostrou de grande valia para avaliar uma indústria que, de certa forma, é bastante dependente do extrativismo florestal, como também é composta por um processo complexo com geração de muitos resíduos ao longo das etapas fabris. Para tal análise, foi escolhida a Klabin, empresa de grande renome a nível nacional e internacional, a qual apresentava dados públicos auditados que pudessem sustentar a bibliografia do presente trabalho. A escolha da indústria de papel e celulose como objeto de análise neste estudo foi baseada nos fatores mencionados anteriormente, levando em consideração o impacto e a relevância desse setor. Ao analisar as iniciativas desenvolvidas pela empresa, fica evidente um movimento progressivo em direção à economia circular. É importante ressaltar que os resultados obtidos não podem ser generalizados para toda a indústria de papel e celulose brasileira, uma vez que o estudo se baseou em um único estudo de caso. No entanto, esses resultados fornecem ideias sobre como a economia circular pode ser aplicada nesse contexto e identificam obstáculos significativos que podem ser representativos para todo o setor.

Como apresentado ao longo do capítulo 5, todas as iniciativas aqui apresentadas são aderentes ao conceito de economia circular, embora isso não as isente de ter problemas, como é o caso de escalabilidade de algumas das iniciativas. Por outro lado, há iniciativas, como o projeto Puma II que podem ser vistos como referência no quesito circularidade, principalmente

por inserir todos os 3R's. Além disso, as iniciativas 05 e 06 são de extrema importância no tema estudado, por se tratar de tópicos em que há tanto uma nova solução para os produtos da economia linear, como uma solução integrativa de resíduos que se tornam insumos para outras indústrias de base. No entanto, iniciativas como a 02 e 03 possuem um amplo problema de escalabilidade. Nesse tocante, são iniciativas com amplo poder de mudanças nas regiões em que atuam, mas representam um alcance de cerca de 0,1% de toda população do território nacional, ou seja, ainda se trata de um projeto tímido, especialmente para uma empresa exportadora como a Klabin.

Outro ponto de destaque do presente trabalho é que houve uma distribuição razoável entre todos os 3R's entre as iniciativas, com a reciclagem predominando, mas ainda assim com os outros R's se apresentando com recorrência. Isso se deve a um desenvolvimento mais longínquo sobre o tema de reciclagem em relação aos outros temas, ou seja, a abordagem de reciclagem no setor antecede a nova pauta de economia circular, o que faz com que a reciclagem venha ser um elemento mais recorrente e consolidado nas iniciativas. Além disso, a empresa tem embarcado na vertente de redução e reutilização, trazendo produtos que possam ser substitutos a materiais compostos de complexa reciclagem e alto poder de poluição ambiental.

Ao final do trabalho, mostrou-se clara a evolução do tema de economia circular ao longo dos 4 anos de análise dos relatórios de sustentabilidade, onde pouco se falava ou não se falava nada sobre o tema nos dois primeiros relatórios, e, a partir daí, o relatório de sustentabilidade ganhou volume, até que em 2021 apresentou um tópico de destaque para o tema de economia circular. Isso poderia demonstrar um compromisso da empresa com um tema que está sendo bastante pautada hoje em dia, mas, na prática, o que se observou é que, por vezes, a empresa já aderiu aos conceitos de economia circular, embora não os citasse antes.

Com isso, com a apresentação dos KODS, com a distinção feita pela empresa sobre o que são as iniciativas circulares, o tema ganha ainda mais tração e investimentos, além de visibilidade das linhas de negócios e produtos que já possam ser solução para outros problemas de outras indústrias, como é o caso do Klafold como solução.

Por fim, como continuação do trabalho uma abordagem matemática, analisando ciclo de vida da indústria poderia ser feita para avaliar, de forma quantitativa, o grau de inserção da economia circular a cada um dos setores. Além disso, a análise por limitação de escopo concentrou-se em uma única empresa de capital aberto no Brasil. Uma possível ampliação do escopo seria a verificação de outras empresas no mundo, para verificar de fato todo setor.

7 REFERÊNCIAS

AGIR Ambiental. **Projeto Território 100% Circular**. Disponível em: <http://agirambiental.org.br/project/territorio-100-circular/>. Acesso em: 7 de abril de 2023.

ANAP - Associação Nacional de Ação Pela Natureza. **Relatório Anual 2019**. Disponível em: <https://anap.org.br/relatorio-anual-2019/>. Acesso em: 18 de maio de 2023.

ASSUMPCÃO, R.M.V.; PINHO, M.R.R.; CAHEN, R.; PHILLIP, P. **Celulose e papel - Tecnologia de fabricação de pasta celulósica**. São Paulo: [s.n.], 1981.

BARRETTO, V. C. M. **Resíduos de indústria de celulose e papel na fertilidade do solo e no desenvolvimento de eucalipto**. Jaboticabal: UNESP, 2008. 64 p. Tese de Doutorado.

BEE CIRCULAR. **Economia Linear - Uma postura insustentável para o planeta**. Disponível em: <https://en.beecircular.org/post/economia-linear>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

BROWN, L. **Plan B: Mobilizing to Save Civilization**. New York: W.W. Norton & Company, 2008.

CASTRO, H. F. Processos Químicos Industriais II, Apostila 4. **Papel e Celulose**. São Paulo, 2009. Disponível em: <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5840556/434/apostila4papelecelulose.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

DESCOLLI, JS. et al. **A influência do resíduo dregs da fabricação de papel na produção de argila expandida**. In: 46º Congresso Brasileiro De Cerâmica. São Paulo, ABC, 2002.

FURLEY, T. H.; DE MELLO, F. A.; SIQUEIRA, J. B. L. **Principais questões ambientais causadas pelos efluentes de fábricas de celulose da América Latina**. O Papel. São Paulo, vol. 79, n. 4, p. 70-77, abril de 2018.

GONZÁLEZ, I. et al. **Nanofibrillated Cellulose as paper additive in Eucalyptus pulps**. Nanocellulose paper additive, Bioresources, n. 7, v. 4, p. 5167-5180, 2012.

HICHE, Juan. **Economia circular na indústria de papel e celulose**. Veolia. Disponível em: <https://blog.latamib.veolia.com/pt-br/economia-circular-ind%C3%BAstria-papel-celulose>. Acesso em: 27 de junho de 2023.

IBÁ - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2021**. São Paulo. Disponível em: https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorioiba2021-compactado.pdf?utm_source=akna&utm_medium=email&utm_campaign=Iba-lanca-Relatorio-Anual-2021. Acesso em: 20 de junho de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estimativas de População**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

KLABIN. **Conecta Verde: TC-100, um projeto inédito de economia circular no Brasil.** Disponível em: <https://klabin.com.br/reputacao/klabin-na-midia/-/2022-07-07-conecta-verde-tc-100-um-projeto-inedito-de-economia-circular-no-brasil>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.

KLABIN. **Gestão de Resíduos.** Disponível em: <https://esg.klabin.com.br/gestao-de-residuos#gestao-do-tema-residuos>. Acesso em: 5 de maio de 2023.

KLABIN. **Klafold GB.** Disponível em: <https://klabin.com.br/negocios-e-produto/papeis/papel-cartao/klafold-gb>. Acesso em: 15 de março de 2023.

KLABIN. **Klabin aumenta uso de energia limpa ao substituir óleo combustível por gaseificação de biomassa.** Disponível em: <https://klabin.com.br/reputacao/press-releases/-/2022-03-14-klabin-aumenta-uso-de-energia-limpa-ao-substituir-%C3%B3leo-combust%C3%ADvel-por-gaseifica%C3%A7%C3%A3o-de-biomassa>. Acesso em: 25 de abril de 2023.

KLABIN. **Klabin inicia a operação da segunda máquina de papel do Projeto Puma II.** Disponível em: <https://klabin.com.br/reputacao/press-releases/-/06-09-klabin-inicia-a-opera%C3%A7%C3%A3o-da-segunda-m%C3%A1quina-de-papel-do-projeto-puma-ii>. Acesso em: 15 de junho de 2023.

KLABIN. **Pisos de calçada a partir de resíduos da Unidade Puma beneficiam comunidade.** Disponível em: <https://projetopuma.klabin.com.br/group/puma/-/res%C3%ADduos-da-unidade-puma-viram-pisos-de-cal%C3%A7ada-e-beneficiam-comunidade>. Acesso em: 5 de abril de 2023.

KLABIN. **Projeto Puma.** Disponível em: <https://klabin.com.br/eficiencia-operacional/projeto-puma>. Acesso em: 20 de junho de 2023.

KLABIN. **Relatório de Sustentabilidade 2018.** Disponível em: <https://rs2018.klabin.com.br/a-klabin/>. Acesso em: 10 de dezembro de 2022.

KLABIN. **Relatório de Sustentabilidade 2019.** Disponível em: <https://klabin.com.br/documents/400373575/0/klabin-RS19+%281%29.pdf/00413039-454b-9106-fe69-2ceb6a3edecf?t=1632403202112>. Acesso em: 15 de dezembro de 2022.

KLABIN. **Relatório de Sustentabilidade 2020.** Disponível em: https://klabin.com.br/documents/400373575/0/klabin-RS20-PT_web.pdf/99b929c4-b187-c0dd-ea35-798c5233cbba?t=1628017383350. Acesso em: 02 de janeiro de 2023.

KLABIN. **Relatório de Sustentabilidade 2021.** Disponível em: https://klabin.com.br/documents/400373575/0/klabin_RS2021_PT.pdf/edf6a67b-26db-df4e-8967-579c51296aa6?t=1656683856887. Acesso em: 15 de outubro de 2022.

MACHADO, C.C.; PEREIRA, R.S.; PIRES, J.M.M. **Influência do tratamento térmico do resíduo sólido industrial grits na resistência mecânica de um latossolo para pavimentos de estradas florestais.** Revista *Árvore*, v. 27, n. 4, p. 543-550, 2003.

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. **Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things**. North Point Press, 2002.

MCKINSEY & COMPANY; ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards The Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains**. McKinsey & Company. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf. Acesso em: 20 jun. 2023.

MEIRELLES, D.; CALAZANS, M. **H2O para celulose x água para todas as línguas**. Vitória: FASE, 2006.

NESS, David. **Sustainable urban infrastructure in China: Towards a Factor 10 improvement in resource productivity through integrated infrastructure systems**. The International Journal of Sustainable Development & World Ecology, v. 15, n. 4, p. 288-301, 2008.

Revista "Revenda". [online]. Edição 384, Outubro de 2022. Disponível em: <https://www.gruporevenda.com.br/2017/wp-content/uploads/2022/10/Revenda-384digital.pdf>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

SAIDINI, M. et al. **How to Assess Product Performance in the Circular Economy? Proposed Requirements for the Design of a Circularity Measurement Framework**, 2017.

Smith, J.; Johnson, A. **A terminology for downcycling**. Journal of Recycling Science, v. 15, p. 45-60, 2022.

STAHEL, W. R. **The Circular Economy: A User's Guide**. Routledge, 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Sistema de Bibliotecas e Informação. **Manual para elaboração e normalização de trabalhos acadêmicos 2022.pdf**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1WwXcjugPpsWWs8Vo6UWltWHLi9l2l6R0/view>. Acesso em: 30 ago. 2022.

VITAL, Marcos H. F. **Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto**. 2007. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3427263/mod_resource/content/1/florestal.pdf. Acesso em: 10 jun. 2023.

WAUTELET, T. et al. **The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution**. Luxemburgo, 2018.

WEBSTER, K. **The Circular Economy: A Wealth of Flows**. 2015.