



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA
DEPARTAMENTO DE PROCESSOS ORGÂNICOS

Desafios da Aplicação de Economia Circular no Setor de Detergentes: Recomendações a partir da Análise de Indicadores

Pedro Magno Campos de Abreu

Trabalho de Conclusão de Curso

Orientadores:

Estevão Freire, D. Sc.

Susanne Hoffmann, D. Sc.

Fevereiro de 2023

Desafios da Aplicação de Economia Circular no Setor de Detergentes: Recomendações a partir da Análise de Indicadores

Pedro Magno Campos de Abreu

Projeto de Final de Curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Engenheiro Químico.

Aprovado por:

Prof. Fábio Oroski

Profa. Carla Reis

Orientado por:

Estevão Freire, D. Sc.

Susanne Hoffman, D. Sc.

Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Fevereiro de 2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a meus pais e família, pelo apoio e incentivo ao longo desses anos de faculdade. Obrigado pela paciência, investimento, conselhos, ajudas e muito mais que vocês fizeram por mim.

Agradeço a minha avó Eloisa por sempre acompanhar de perto meus passos na faculdade, desde o incentivo a entrar na Universidade pública até compartilhar vitórias em conseguir um emprego.

Agradeço a minha namorada Ilva, por me aguentar nessa reta final de curso. Pela disponibilidade, pelas conversas e companheirismo.

Aos meus amigos da graduação que me acompanharam nessa caminhada com momentos de estudos e descontração, de provas, de insatisfação, de vitórias e de conquistas.

Aos meu orientadores, Estevão e Susanne, por toda paciência e disponibilidade em ajudar a tornar possível esse trabalho.

À UFRJ, pela oportunidade de formação profissional, crescimento pessoal e experiências vividas.

Resumo do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Escola de Química/UFRJ como parte dos requisitos necessários para conclusão do curso de Engenharia Química.

Desafios da Aplicação de Economia Circular no Setor de Detergentes: Recomendações a partir da Análise de Indicadores

Pedro Magno Campos de Abreu (pedromagno@eq.ufrj.br)

Fevereiro, 2023

Orientadores: Prof. Estevão Freire (DPO/EQ), D. Sc.

Profa. Susanne Hoffmann (DPO/EQ), D. Sc.

A Economia Circular é um conceito que está no cerne das discussões sobre sustentabilidade e melhor aproveitamento de recursos finitos, porém sua implementação em determinados setores industriais, como em detergentes, ainda tem um longo caminho a percorrer. A indústria no seu estado atual é voltada apenas para consumo e não para o pós-consumo, característica notável de uma economia linear que domina as relações comerciais atualmente. Em vista dos desafios impostos por uma economia mais limpa e autossustentável, o setor de detergente apresenta um cenário de intervenções de circularidade pouco desenvolvidas na escala nacional, apesar de sua grande relevância em termos de mercado e uso cotidiano intensificado após início da pandemia da COVID-19. Para sanar essas dificuldades, o trabalho visa oferecer um panorama da linearidade atual do mercado de detergentes, sob uma ótica de análise de indicadores de economia circular. Como resultado, recomendações de reutilização de embalagens e alternativas de compostos de origem biológica são propostas para esse setor na direção de um mercado mais circular.

Palavras-chave: Economia Circular; Indicadores; Detergentes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1	Sustentabilidade	10
2.2	Economia Circular.....	12
2.3	Indústria dos Detergentes.....	14
2.3.1	Histórico dos Produtos de Limpeza	14
2.3.2	Análise de Composição dos Produtos	16
2.3.3	Contextualização do Setor	18
2.3.4	Impactos Ambientais do Setor	19
2.3.5	Posição Linear-Circular do Setor	21
2.4	Indicadores Circulares	28
2.4.1	Categorização.....	28
2.4.2	Pensamento de Ciclo de Vida.....	31
2.4.3	Indicadores Micro	33
2.4.4	Indicadores Meso/Macro	36
3	METODOLOGIA.....	38
3.1	Determinação do Escopo de Estudo.....	38
3.2	Definição dos Indicadores de Circularidade.....	39
3.2.1	Eco-Efficiency Value Rate (EVR).....	41
3.2.2	Material Circularity Indicator (MCI).....	42
3.2.3	Circularity Calculator (CC).....	43
3.3	Avaliação dos indicadores circulares	46
3.4	Recomendações para o setor	46
4	ANÁLISE DE INDICADORES NO SETOR.....	47
4.1	Eco-Efficiency Value Rate (EVR)	47
4.2	MCI Aplicado.....	50
4.3	CC Aplicado	54
5	CONCLUSÃO.....	58
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de modelo de economia linear.....	13
Figura 2 - Percentual de plásticos por diferentes setores.	22
Figura 3 - Visão de surfactantes usados no mercado com base em sua origem.	25
Figura 4 - Diagrama de evolução do conceito de Product-Service System.....	26
Figura 5 - Composição de indicadores de circularidade por categoria.....	29
Figura 6 - Fases de um ACV.	32
Figura 7 - Gráfico de impacto de utilidade de produtos sobre MCI.	34
Figura 8 - Interface da ferramenta Circular Economy Toolkit.....	36
Figura 9 - Interface do Circularity Calculator.	44
Figura 10 - Circularity Calculator no cenário atual.	55
Figura 11 - Circularity Calculator no cenário de reutilização.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Divisão de mercado de domissanitários.....	19
Tabela 2 - Estimativa de preço de venda médio.	47
Tabela 3 - Estimativa de custo de produção.	47
Tabela 4 - Custo ambiental por tipo de impacto.....	48
Tabela 5 - Avaliação final do EVR.	49
Tabela 6 - Resumo de parâmetros para cálculo de MCI.	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação de Indicadores Circulares Micro.....	39
--	----

1 INTRODUÇÃO

O setor de produtos de limpeza, chamados também de produtos saneantes ou de domissanitários, é historicamente de grande importância no mundo e no cotidiano dos brasileiros. Em uma pesquisa da *Euromonitor International* de 2020 (ABIPLA, 2021), o Brasil é apontado como o 6º maior consumidor de produtos de limpeza doméstica global e ainda elevará em 8,5% suas vendas, podendo figurar na 4ª posição global até 2025. A importância do setor foi ainda intensificada após início da pandemia da COVID-19 no ano de 2020, no qual o consumo dessa categoria de produtos atingiu picos influenciados pelo efeito de “compras em pânico” (*panic buying*) por produtos de limpeza e higiene pessoal, gerando inclusive falta de estoque de determinados itens nos mercados (PEREIRA, 2022). Com esse súbito aumento da demanda sobre os produtos de limpeza, surge também um risco associado de uma acelerada produção industrial, que implica na preocupação com a sustentabilidade dos processos.

Sobre essa perspectiva de sustentabilidade, o conceito de economia circular vem ganhando espaço sobre otimização do uso de matérias-primas, trazendo um contraponto ao atual modelo de mercado do tipo “*take-make-dispose*” (NESS, 2008). A economia circular, portanto, age nas análises de como seria possível manter cada parte integrante dos processos, como matérias-primas e resíduos dentro de um ciclo, e não destinados a um descarte final. Ao observar especificamente no setor de detergentes, percebe-se que o cenário de circularidade é pouco desenvolvido em escala nacional (SILVA, 2021), fazendo-se necessário um aprofundamento de ideias, sugestões e ferramentas de monitoramento que possam fazer a economia circular neste setor ser mais presente e efetiva.

Uma dessas ferramentas envolve a implementação de indicadores de circularidade aplicados ao setor de produtos de limpeza, cujo papel é de permitir ou facilitar análises de forma quali e quantitativa sobre os padrões e panorama atual da indústria em questão. Ao se estruturar uma rede robusta de diferentes indicadores simplificados, torna-se possível entender onde estão as principais oportunidades de processo atuais, para facilitar a identificação das principais intervenções de circularidade a serem feitas por parte de indústrias, governos ou produtores locais. Indicadores também podem auxiliar na padronização de monitoramento de

circularidade no *framework* desejado, a fim de que uma vez que haja implementação de novas políticas ou práticas, também haja clareza em como mantê-las.

Portanto, o presente trabalho irá focalizar as análises de indicadores de economia circular aplicadas ao setor de detergentes, com o objetivo de propor recomendações e alertas pertinentes para o setor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SUSTENTABILIDADE

O desenvolvimento sustentável foi um paradigma que desafiou o mundo acadêmico, e tem sido um grande desafio entender a fundo como colocar em prática seus valores. O avanço da questão se dá ao conceituarmos que sustentabilidade é o “[...] princípio que assegura que nossas ações de hoje não limitarão a gama de opções econômicas, sociais e ambientais disponíveis para as futuras gerações” (ELKINGTON, 2001). Ou seja, o conceito da sustentabilidade está intrinsecamente ligado às ideias de manutenção, renovação, e restauração de algo específico.

Dessa maneira, evidencia-se uma grande parcela das discussões sobre três principais elementos interdependentes que compõem a sustentabilidade: o desenvolvimento econômico, social e ambiental, denominados por *Triple Bottom Line* (TBL). O TBL auxilia as organizações e empresas a melhor nortear suas ações no sentido da sustentabilidade. Isso é feito ao manter:

- A dimensão econômica, ao gerenciar empresas lucrativas e geradoras de valor; ou seja, para que uma empresa seja economicamente sustentável, ela deve ser capaz de produzir, distribuir e oferecer seus produtos ou serviços de forma que estabeleça uma relação de competitividade justa em relação aos demais concorrentes do mercado;
- A dimensão social, ao estimular a educação, cultura, lazer e justiça social à comunidade, envolvendo todo capital humano que está, direta ou indiretamente, relacionado às atividades desenvolvidas por uma empresa. Isso inclui, além de seus funcionários, seu público-alvo, seus fornecedores, a comunidade a seu entorno e a sociedade em geral;
- A dimensão ambiental, ao manter ecossistemas vivos, com diversidade. Está ligado a todas as condutas que possam, direta ou indiretamente, causar algum impacto no meio ambiente, seja a curto, médio ou longo prazos. É comum as empresas adotarem medidas compensatórias, como, por exemplo, promover ações de plantio de árvores após a emissão de gases poluidores; porém, uma coisa não compensa a outra (VELLANI; RIBEIRO, 2009).

Um conceito que tem chamado muita atenção das empresas em relação à sustentabilidade é o de ESG (*Environmental, Social and Governance*), que consiste em uma agenda de planejamento estratégico das corporações e tem servido para definir metas e critérios, principalmente em relação ao pilar ambiental, e ajuda a construir um espaço em que seja mais fácil de se introduzir ações circulares e sustentáveis a longo prazo.

Cada um dos pilares e possíveis intervenções de cada esfera podem ser detalhado a seguir (VALOR, 2022):

- **Ambiental (*Environmental*):** diz respeito às práticas da empresa ou entidade voltadas ao meio ambiente. Alguns dos temas tocados por esse pilar são sobre aquecimento global, emissão de gases poluentes, como o carbono e metano, poluição do ar e da água, desmatamento, gestão de resíduos, eficiência energética, biodiversidade, entre outros;
- **Social:** relaciona-se à responsabilidade social e ao impacto das empresas e entidades em favor de uma comunidade e sociedade. Em maior parte, se refere a temas como respeito aos direitos humanos e às leis trabalhistas, segurança no trabalho, salário justo, diversidade de gênero, raça, etnia, credo etc., proteção de dados e privacidade, satisfação dos clientes, investimento social e relacionamento com a comunidade local;
- **Governança (*Governance*):** está ligado às políticas, processos, estratégias e orientações de administração das empresas e entidades. Entram no tema, por exemplo, conduta corporativa, composição do conselho e sua independência, práticas anticorrupção, existência de canais de denúncias sobre casos de discriminação, assédio e corrupção, auditorias internas e externas, respeito a direitos de consumidores, fornecedores e investidores; transparência de dados, entre outros. Está intimamente ligado aos dois outros termos (Social e Ambiental), por ser quem dita, orienta, fiscaliza e reporta as práticas sustentáveis.

Através do monitoramento desses aspectos por parte das empresas, torna-se mais propício um espaço de construção para sustentabilidade na indústria. Isso também vai ao encontro da percepção dos consumidores sobre a importância de

temas de fatores ambientais, sociais e de governança sobre os produtos comercializados pelas empresas.

Esse nível de comprometimento das empresas com esses pilares pode ser decisivo no momento de escolha de quais produtos comprar por parte dos consumidores. Uma pesquisa da Nielsen em 2017, com consumidores em todo o mundo, mostrou que 81% dos consumidores acreditam fortemente que as empresas devem ajudar a melhorar o meio ambiente e que mais de 60% dos consumidores estão muito ou extremamente preocupados com a poluição do ar, da água, uso de embalagens, resíduos de alimentos, etc. (UNGARETTI, 2021).

Dessa maneira, a principal conexão criada entre sustentabilidade e ESG se dá pelo pilar ambiental, embora possa-se inferir que as aplicações de ESG e sustentabilidade não apareçam com frequência no mesmo contexto.

2.2 ECONOMIA CIRCULAR

Hoje a maior parte dos setores industriais é voltado apenas para o consumo de seus produtos e não para o seu pós-consumo, o que caracteriza uma economia linear. Ao contrário deste comportamento, a economia circular tem proposta de ressignificar quaisquer subprodutos ou rejeitos da cadeia produtiva, no sentido que tudo deve ser incluído como parte integrante dos produtos, e não descartados, a fim de eliminar os resíduos gerados.

Dentro da última década se popularizou o conceito e desenvolvimento do modelo de economia circular, com o objetivo de prover uma alternativa melhor ao modelo de desenvolvimento econômico atual, conhecido como “*take-make-dispose*” (NESS, 2008). Os efeitos negativos causados por esse modelo linear de economia, exemplificado na Figura 1, representam uma ameaça ao meio ambiente, comprometendo a integridade de ecossistemas naturais que são essenciais para a sobrevivência da humanidade.

Figura 1 - Esquema de modelo de economia linear.



Fonte: CARINHO ECO GREEN, 2020.

Como conceito, sua definição está no “uso restaurativo” de recursos, no qual matérias primas não devem ser descartadas em projetos de economia circular, mas sim reinseridas buscando otimização de seu uso através dos processos de produção de produtos ou serviços. Uma das mais importantes instituições de pesquisa e fomento sobre economia circular é a Fundação Ellen MacArthur, que contribui com a definição: “Uma economia circular é um sistema industrial que é restaurador ou regenerativo por intenção e design. Substitui o conceito de “fim-de-vida” com restauração, muda para o uso de energia renovável, elimina o uso de químicos tóxicos, no qual diminui o reuso, e mira na eliminação de resíduos através de design superior de materiais, produtos, sistema, e, dentro disso, modelos de negócios”. (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2013).

Considerando essa interpretação de modelo de negócios, a economia circular é base para uma economia sustentável e uma sociedade mais duradoura. Além disso, a economia circular adota abordagens em diferentes níveis em aplicação, tanto em micro processos em uma empresa ou em um produto, até aplicação no nível macro, como em planejamentos econômicos de países ou regiões (BIRAT, 2015).

Muito da concepção moderna da economia circular é focada como uma abordagem a um descarte mais eficiente de resíduos, porém essa é uma definição incompleta para as intenções da economia circular. Essa definição incompleta muitas vezes é conectada com outros princípios importantes, mas que não constituem a essência da economia circular, como o dos 3R (reduzir, reusar e reciclar), geralmente citados a fim de sumarizar a economia circular.

Entretanto, o ponto de vista do tratamento de resíduos pelos 3R é muito limitado e sua contribuição dentro da economia circular vai além. Por exemplo, o primeiro R, de “reduzir”, é representado como o esforço da eco eficiência na produção e consumo (DESIMONE, POPOFF, 2000). Eco eficiência é entendida como uma ferramenta para análise de sustentabilidade e desenvolvimento, na qual tenta responder como melhor balancear o uso de recursos naturais com uma maior necessidade de atividade

econômica (HUPPES, ISHIKAWA, 2009). Portanto, a dimensão social não é tratada como objetivo principal da eco eficiência, apesar de que é necessário conectar a eco eficiência com outras ferramentas e indicadores (e.g. indicadores sociais e culturais) para ser mais capacitada para o desenvolvimento sustentável (ZHANG, 2008).

O segundo R, “reusar”, também implica em um melhor projeto de produtos e modelos de negócio para um sistema cíclico “desmontagem e reuso” (GHISELLINI, 2016). Porém, o princípio de reuso pode ser implementado com sucesso apenas se os consumidores estiverem dispostos a comprar serviços ou produtos remanufaturados. Isso vai demandar marketing adicional, educação ao consumidor e uma responsabilidade compartilhada entre consumidores e produtores no sentido de coletar os produtos após o fim de ciclo de uso (LENZEN, MURRAY, SACK, WIEDMANN, 2007).

O terceiro R, “reciclar”, se refere à reciclagem de resíduos em novos recursos para maior uso e consumo, como um meio de transformar o modelo “take-make and dispose” para “take-make and recycle”, a fim de torná-lo um modelo cíclico. Por um lado, isso permite reciclagem de recursos, enquanto por outro, gera a criação de novos empregos e bem-estar socioeconômico (GOYAL, ESPOSITO, KAPOOR, 2018).

2.3 INDÚSTRIA DOS DETERGENTES

2.3.1 Histórico dos Produtos de Limpeza

A limpeza doméstica remonta a tempos remotos, quando o ser humano desenvolveu a necessidade de proteção das adversidades da natureza ao seu redor e passou a conviver em áreas protegidas e comunidades. Tendo como base a capacidade do ser humano em construir condições para sua melhor comodidade, procurava-se passar os conhecimentos adquiridos para serem aperfeiçoados por seus descendentes. O surgimento de produtos de limpeza tal como conhecemos teve início no século XIV, provocado pelo avanço das epidemias. Os antigos egípcios já utilizavam óleos vegetais e animais, porém apenas considerando aspectos de estética. Por volta do ano de 1740 foi enfim descoberto a fabricação de sabão e com

o passar dos anos, esse se tornou elemento de luxo para as necessidades diárias (ROCHA, ANDRE, ARAUJO, SILVA, 2013). Portanto, grande parte da história dos produtos de limpeza está conectada com a história e desenvolvimento do sabão.

O sabão surge de misturas brutas de materiais alcalinos e compostos graxos. Somente a partir do século XIII que o sabão começou a ser produzido em quantidades condizentes com a escala industrial. Até esse momento acreditava-se que o sabão fosse uma mistura física de gordura; nos princípios do século XIX, o químico francês Chevreul, graças aos seus exaustivos trabalhos, desvendou a estrutura das gorduras e mostrou que a formação de sabão era proveniente de uma reação química (BORSATO; GALÃO; MOREIRA, 2004).

Um importante acontecimento no avanço da tecnologia do sabão foi a invenção do químico belga, Ernest Solvay, que usou o sal de mesa comum, ou cloreto de sódio, para produzir carbonato de sódio. O processo Solvay reduziu ainda mais o custo da soda e aumentou tanto a qualidade quanto a quantidade de soda disponível para a fabricação de sabão. Com a maior disponibilidade de soda cáustica, mais barata e reativa que lixívia potássica, obtidas das cinzas de vegetais, as unidades fabris ampliaram significativamente suas escalas de produção e desenvolveram processos de refino, que além de permitirem a recuperação de glicerol, possibilitaram melhorar significativamente a pureza do produto (AMERICAN CLEANING INSTITUTE, 2014).

Posteriormente, com a chegada de outros produtos de limpeza de maior praticidade de uso, como os detergentes em pó e líquidos, que se popularizaram e mantêm-se em evidência até os dias atuais, observou-se uma queda no consumo dos sabões em barra em termos de volume nos últimos anos. Entretanto, devido ao seu baixo preço e a flexibilidade no uso, como na lavagem de roupas, utensílios domésticos e limpeza em geral, o sabão em barra deverá continuar a ter o seu espaço no mercado. Para o setor, o maior desafio está no fornecimento de matérias primas e o seu alto custo. Uma alternativa de baixo custo tem sido a utilização de óleo vegetal de cozinha usado como matéria prima no processo de fabricação. Além de ser uma alternativa de baixo custo é também uma alternativa ambientalmente correta, pois o descarte inadequado do óleo de cozinha causa o entupimento das tubulações residenciais e de esgoto fazendo com que seja necessária a aplicação de diversos produtos químicos para a sua remoção (CAOBIANCO, 2015).

2.3.2 Análise de Composição dos Produtos

A Resolução RDC Nº 184 de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001), define Produtos Saneantes Domissanitários e Afins como “as substâncias ou preparações destinadas à higienização, desinfecção, desinfestação, desodorização, odorização, de ambientes domiciliares, coletivos e/ou públicos”. O seu uso pode ser empregado tanto no cuidado doméstico (domissanitários) quanto no uso profissional.

Por conta do alto risco de contaminação e envenenamento ao manusear produtos saneantes, em muitas ocasiões por utilização ou armazenamento impróprio (ANSAM, 2007), normas rígidas se fazem necessárias para assegurar comercialização dentro das composições especificadas nas políticas, através de fiscalizações dos fabricantes em inspeções técnicas (ANVISA, 2013).

Apesar da enorme quantidade de substâncias a disposição do consumidor, é visível uma predominância de intoxicações por produtos de limpeza doméstica, como soda cáustica, hipoclorito de sódio e derivados de petróleo. Isto se deve ao fato de não serem observadas as normas básicas de segurança por aqueles que manuseiam os produtos, na limpeza do lar. O mecanismo de toxicidade dos produtos varia de acordo com as propriedades das substâncias e as vias de intoxicação são basicamente dérmicas e inalatórias (FERREIRA, 2001), o que evidencia a necessidade de regras bem definidas para comercialização desses produtos.

Dentro dessas normas de utilização, há também um controle das subcategorias pertencentes aos produtos de limpeza, no que diz respeito à classificação mais adequada de cada. De maneira geral, suas finalidades principais são (ABIPLA, 2021):

- 1) **Limpeza geral e remoção de sujidades:** Alvejantes, lava-roupas, amaciantes, detergentes, etc.
- 2) **Controle de microrganismos com ação antimicrobiana:** Desinfetantes, desodorizantes, esteletizantes, etc.
- 3) **Desinfecção para controle de pragas na forma de produtos inseticidas:** Inseticidas domésticos, repelentes, etc.

Mesmo com a grande gama de produtos distintos, uma parte dos produtos possui semelhança entre si, quando vistos sob os aspectos de composição e presença de princípios ativos. Dessa forma, é possível citar alguns dos princípios ativos mais comuns abaixo (CONSULTORIA MULT, 2021):

- **Tensoativos (Surfactantes):** Conferem a capacidade de remover óleos e gorduras das superfícies que entram em contato. Por conta da sua afinidade com gordura e água, é comumente comercializado como detergente ou desinfetante. O principal composto que forma esse grupo é o tensoativo aniônico alquilbenzeno sulfonato linear (LAS);
- **Espessantes:** Apresentam a característica de modificar viscosidade dos produtos sem alterar o restante das propriedades dos produtos. Alguns dos produtos de limpeza que utilizam são amaciantes, lava roupas e detergentes. Dois representantes desse grupo ativo são a hidroxietilcelulose e o álcool polivinílico (PVA).
- **Estabilizantes:** Têm a função de assegurar características físicas de determinados compostos que, naturalmente, seriam instáveis. Saneantes como água sanitária e lava roupas possuem na sua composição substâncias instáveis quimicamente, que podem ter suas reações químicas indesejadas interrompidas por meio de estabilizantes. Um representante do grupo é o cloreto de sódio.
- **Conservantes:** São utilizados para aumentar a vida útil dos produtos, prevenindo ou retardando o efeito de descoloração, degradação e oxidação. Dois representantes desse grupo são o isotiazol e o bronopol, que podem ser encontrados em lava roupas, por exemplo.
- **Hipoclorito de Sódio (Bleach):** Apresenta forte atividade antimicrobiana e antifúngica, além de caráter oxidativo, o que o confere característica de alvejante. É o principal componente da água sanitária.
- **Builders:** São um dos mais importantes componentes de um detergente porque aumentam a eficiência de limpeza do surfactante ao tornar a água menos dura, visto que a capacidade de limpeza do detergente decresce significativamente em água dura (YU, 2008). A principal substância típica deste componente é o tripolifosfato de sódio (STPP) e sua função é precipitar ou

sequestrar os íons de Ca^{2+} e Mg^{2+} , responsáveis por aumentar a dureza da água.

2.3.3 Contextualização do Setor

O setor de produtos saneantes se beneficia de padrões de consumo pautados pela necessidade de limpeza do ser humano. Nota-se que a utilização desses produtos e sua ação conjunta à vigilância sanitária são fatores decisivos para prevenção e desinfecção de microrganismos e doenças. Além do caráter prático e higiênico dos produtos, há também um aspecto relacionado à necessidade de limpeza, como um contraste da percepção de impureza por parte dos consumidores (MACHADO, 2016). Essa é uma importante característica para explicar a importância desses produtos dentro do mercado atual.

No consumo de produtos domissanitários no Brasil, observam-se aproximadamente 10 principais produtos em termos de faturamento, com destaque para detergentes lava roupas e amaciantes, que juntos somaram 50% do faturamento médio total no ano de 2021. O setor como um todo teve também aumento de 50% no seu faturamento total quando comparado a 2020, conforme visto na Tabela 1. Esse efeito vai de encontro ao comportamento de compras acelerado da população por conta de uma maior percepção de necessidade de limpeza e higiene frente ao vírus da COVID-19 (ABIPLA, 2022).

Pode ser observado na Tabela 1 que fica nítida a representatividade dos detergentes para a categoria de domissanitários. Apenas os detergentes lava-roupas representam 36,5% do mercado no ano de 2021 e, somados à participação de detergentes de outras utilidades, como os lava louças e multiusos, a família de detergentes chega a um subtotal de 54,6% do mercado.

Considerando uma perspectiva global, o mercado de domissanitários no Brasil se encontra como o maior do setor na América Latina, sendo o 9º maior consumidor global em 2021 em faturamento e ainda com perspectiva de crescimento, por conta de um contínuo investimento e fomento por parte da indústria no combate a vírus e doenças como um todo (STATISTA, 2022). Esse fator de conscientização de combate a doenças ajuda a demonstrar que a projeção do setor ainda é de forte crescimento,

o que pode levar à falta de controle sobre suas ações sustentáveis ou circulares na cadeia produtiva.

Tabela 1 - Divisão de mercado de domissanitários

Subcategoria	Valor 2020 (MMR\$)	Valor 2021 (MMR\$)	Valor 2021 (%)	Crescimento 21/20 (%)
Detergente Lava Roupa	7.581	11.249	36,5%	48,4%
Amaciantes	2.602	4.102	13,3%	57,6%
Água Sanitária E Alvejantes	2.198	3.261	10,6%	48,4%
Detergente Para Lavar Louça	1.896	3.183	10,3%	67,9%
Multiusos	1.616	2.398	7,8%	48,4%
Inseticidas	1.344	1.711	5,6%	27,3%
Sabão Em Barra	1.053	1.702	5,5%	61,6%
Desinfetantes	1.202	1.697	5,5%	41,3%
Esponjas Sintéticas	735	1.122	3,6%	52,7%
Limpadores Para Banheiro	250	393	1,3%	57,4%
Total	20.476	30.817	100,0%	50,5%

Fonte: Elaboração própria, com base em ABIPLA (2022).

2.3.4 Impactos Ambientais do Setor

A popularização da gama de produtos de limpeza presentes hoje no mercado eventualmente terá impactos sobre o meio ambiente, ao considerar que anualmente a produção aumenta. E apesar da crescente preocupação das empresas frente às questões técnicas e ambientais, a dificuldade de tratamento, entre outros problemas, está cada vez mais presentes nas discussões sobre o setor.

Uma constante quando se fala de produção de produtos de limpeza é a complexidade de montar uma rede efetiva de tratamentos dos diversos resíduos pós consumo de detergentes, alvejantes, entre outros produtos. E de maneira geral, suas composições apresentam similaridades o suficiente para ser possível apontar problemas comuns a quaisquer tipos de produtos de limpeza, que acabam por se somar em contato com água, no encontro de rios e lagos.

Os eventos de formação de espuma em rios e reservatórios, com a constatação da sua relação com a ausência de biodegradabilidade dos agentes tensoativos até então utilizados nos detergentes, os alquilbenzeno sulfonato lineares (LAS), são relacionados com esse descarte descontrolado dos resíduos. Outro fator é o

agravamento dos problemas de deterioração da qualidade das águas decorrentes da proliferação de algas e outros organismos aquáticos em eventos de eutrofização, com a identificação da contribuição do tripolifosfato de sódio, ou STPP, utilizado nas formulações dos detergentes em pó para limpeza de tecidos.

Esses e outros ingredientes presentes na composição dos produtos fazem com que sua degradação no meio ambiente seja muito dificultada; logo, se uma quantidade de esgoto for muito alta, até detergentes biodegradáveis podem não ser destruídos. Para bactérias conseguirem degradar o material orgânico desses resíduos, é necessário disponibilidade de oxigênio. Na ocasião de muito esgoto, não sobra oxigênio para que as bactérias degradem os produtos de limpeza e eles permanecem ativos na água. Dessa maneira, um impacto indesejado desse descarte é a formação de espumas em rios, que fazem obstáculo à oxigenação do ambiente da água.

A presença de fósforo em excesso nos produtos, notadamente na composição de detergentes em pó, nas águas tende a aumentar a produtividade biológica, podendo desencadear o fenômeno da eutrofização. Nesse cenário, pode haver uma drástica redução da disponibilidade hídrica, com diminuição da sua qualidade e quantidade, e crescente perda da capacidade de sustentabilidade do sistema (LAMPARELLI, 2014). Consequentemente, alguns usos da água podem ficar comprometidos, em especial o abastecimento público, contribuindo para um cenário de escassez.

Outro impacto causado é pela ampla presença de LAS nos produtos saneantes em geral, que age como tensoativo. A ação nociva do LAS afeta a vida da biota dos meios terrestres e aquáticos, principalmente devido a ruptura da membrana celular através da interação com os componentes lipídicos, e a reação com enzimas fundamentais para o funcionamento das células, efeitos estes intensificados pela sua concentração. Nos ambientes aquáticos, o LAS pode acarretar alterações nas taxas de oxigenação natural, deficiência na reprodução de peixes e invertebrados, eutrofização e situações de escassez qualitativa de recursos hídricos, sendo os efluentes de origem doméstica são os principais contribuintes do LAS (CAVALCANTE, 2014).

2.3.5 Posição Linear-Circular do Setor

Dentro das intervenções possíveis para o setor de produtos de limpeza, ou para a indústria como um todo, as políticas visando a sustentabilidade e a circularidade podem auxiliar a minimizar impactos negativos ao meio ambiente, além de garantir respostas sociais e econômicas aos processos industriais. Os produtos domissanitários podem ser associados a diversos casos de poluição por contaminação de solo ou água, haja vista que determinados princípios ativos de suas composições se baseiam na facilitação de dissolução em água. Em muitos casos, a liberação inadequada desses produtos químicos no solo ou água são responsáveis por comprometer qualidade de ambientes aquáticos, por exemplo.

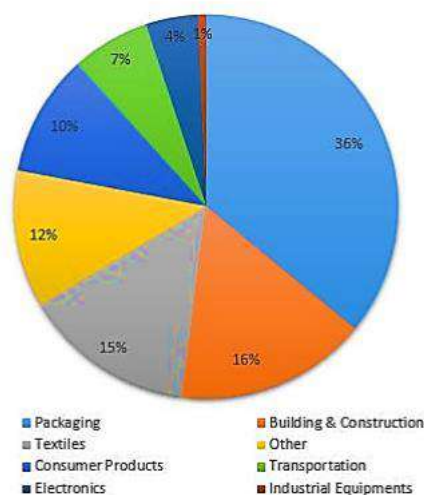
Nos subtópicos seguintes serão abordados alguns dos principais meios de se promover uma maior circularidade do setor de produtos de limpeza, ao explicitar as características que denotam o comportamento linear do setor e as oportunidades de melhorias.

2.3.5.1 Embalagens

Primeiramente, há de considerar os esforços possíveis no âmbito de embalagens que não agridam o meio ambiente. Duas principais maneiras de lidar com as embalagens são através de polímeros biodegradáveis ou através de reciclagem.

No modelo atual, embalagens plásticas em geral representam o principal produto de resina plástica entre setores, com cerca de 36%, conforme visto na Figura 2. Ao longo da fabricação, uso e descarte dessas embalagens plásticas, diferentes impactos ao meio ambiente são gerados, como esgotamento de recursos naturais, alto consumo de energia, entre outros.

Figura 2 - Percentual de plásticos por diferentes setores.



Fonte: MUNEER, 2021.

Alternativamente, embalagens de polímeros biodegradáveis são promovidas como uma alternativa de diversos benefícios ambientais. Elas podem ser recicladas em dióxido de carbono e água através de compostagem, e muitas de suas matérias-primas são provenientes de fontes renováveis, como o poli(ácido láctico) (PLA).

As principais soluções esperadas dos plásticos biodegradáveis sobre o meio ambiente são:

- Diminuir a dificuldade de descarte de produtos com difícil reciclagem. Reciclagem de plásticos nem sempre é economicamente viável, devido ao alto custo de transporte de embalagens leves e alto volume;
- Plásticos biodegradáveis de fontes renováveis contribuirão para uma sociedade mais sustentável ao conservar as fontes fósseis, não renováveis;
- Diminuir a pressão sobre os aterros; é esperado que plásticos biodegradáveis possam reduzir parte dos resíduos plásticos dos aterros sanitários. Seria também um facilitador de gerenciamento de lixo orgânico ao eliminar custos envolvidos na remoção da coleta de sacolas antes de entrar nas instalações de compostagem. É também uma solução esperada para a reciclagem das embalagens.

Sobre reciclagem, as embalagens utilizadas para o setor de produtos de limpeza em sua maioria são à base de polímeros termoplásticos, que podem ser reaproveitados por moldagem utilizando calor. Outro tipo de embalagem utilizado é o de papelão, comumente utilizado com sabões em pó, que além de facilmente reciclável é também biodegradável.

Já as embalagens de detergente, amaciante, sabão líquido, multiuso, alvejante, água sanitária e desinfetante apresentam diferentes materiais como parte da embalagem. Enquanto a tampa e o rótulo podem ser feitos de polipropileno (PP), por exemplo, a parte da embalagem que armazena o conteúdo em si pode ser encontrada em PET ou PEAD, sendo ambos recicláveis.

Alguns dos grandes desafios para a reciclagem de embalagens estão no suprimento incerto de matéria-prima, na ociosidade e na falta de planejamento logístico. Por outro lado, apesar do sistema precário de coleta e disposição dos resíduos sólidos, a necessidade de aumentar a renda familiar associada à viabilidade econômica e à questão ambiental favorece as atividades de reciclagem. A reciclagem de latas de alumínio é um exemplo bem-sucedido e favorecido pela alta relação peso/volume dessas embalagens, tal como o valor do material pós-consumo. Como as garrafas de PET são volumosas, esse fator acaba por limitar o crescimento exponencial de seus índices de reciclagem.

Resumidamente, as principais dificuldades inerentes do mercado do plástico reciclado são cadeias de logística reversa mal estruturadas, o baixo custo das resinas virgens e a alta contaminação dos resíduos (ABRELPE, 2021). Sobre a dificuldade de fornecimento de material pós-consumo no Brasil, um estudo da Associação Brasileira de Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2021) indica que apenas 23,1% dos resíduos plásticos pós consumo foram reciclados no Brasil em 2020, ano em que houve baixa nesse percentual por conta de redução no número de empregos e empresas parceiras no período da pandemia de COVID-19.

Outro fator consiste na contaminação indesejada do plástico, que ocorre por dificuldade na triagem ou por contaminação química de produto residual no interior das embalagens, prejudicando o potencial de reciclagem das embalagens.

2.3.5.2 Reciclagem de Efluentes

Resíduos de produtos de limpeza domésticos são grande parte do problema de impactos ao meio ambiente e da falta de eficiência no aproveitamento dos mesmos. No Brasil, é comum que algumas cidades descartem seus esgotos pouco ou não tratados diretamente em rios, lagos e águas costais. E como a maioria dos produtos

de limpeza atuais são sintéticos, é comum que detergentes e sabões em pó contenham fosfatos e entre outras substâncias em excesso, que acabam por afetar a saúde das formas de vida na água.

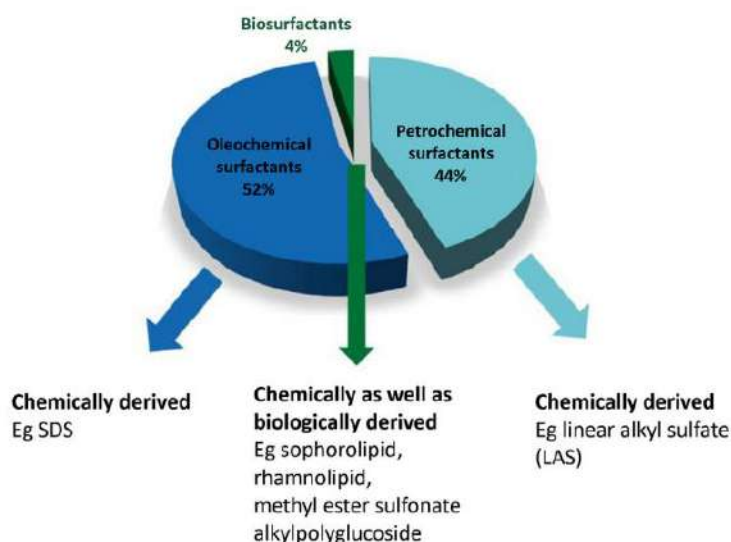
Para o caso de detergentes, que são comumente usados pela população para tarefas de lavagem diárias, é mais comum que sejam não degradáveis, permanecendo no meio ambiente por anos. Os impactos que esses efluentes não tratados podem causar na água podem ser de aumento nos níveis de pH, sólidos totais dissolvidos, cloretos, sulfatos, bicarbonatos, causados pela presença de espessantes e estabilizantes nesses detergentes (GOEL & KAUR, 2012).

Além do prejuízo ao meio ambiente, dentro da cadeia de economia linear há grande perda desses produtos por não haver um sistema de recuperação desses resíduos pós lavagem. Tecnologias na área de filtração por membranas já foram desenvolvidas no sentido de otimização dos fluxos de produtos de limpeza e sua recuperação, como na recuperação de surfactantes via ultrafiltração (KHERRY, 2022).

2.3.5.3 Biossurfactantes

Em geral, os surfactantes podem ser gerados por 3 rotas: as petroquímicas, óleo químicas, ou bioquímicas. O uso das vias petroquímicas e óleo químicas são predominantes atualmente devido às suas viabilidades econômicas comparados aos biossurfactantes. Porém, o custo ambiental da poluição induzida pelos primeiros dois processos causa um aumento das emissões de gases de efeito estufa, dificuldade de remoção da água, diminuição de efetividade da ação microbiana para tratamento de esgoto (JOHNSON, 2020), etc. Apesar disso, a representatividade de biossurfactantes no mundo ainda é pequena, conforme Figura 3 abaixo.

Figura 3 - Visão de surfactantes usados no mercado com base em sua origem.



Fonte: REBELLO, 2019.

Biossurfactantes são classificados como os surfactantes verdes, devido aos baixos impactos ao meio ambiente, biodegradabilidade e menor toxicidade que os surfactantes sintéticos. Biossurfactantes podem ser divididos em dois: aqueles produzidos usando derivados de ácidos graxos de plantas ou derivados de microrganismos .

Um estudo da síntese de sulfonato de éster metílico (MES) com base em óleo de palma indicou que seus impactos ambientais associados à sua produção, quando comparado ao composto sintético mais comum, o LAS, são menores. Além de apresentar menos impactos potenciais à mudança climática e à respiração de compostos orgânicos quando descartado (REBELLO, 2019).

2.3.5.4 Sistema Produto-Serviço

Alguns dos principais caminhos sustentáveis a serem tomados pelo setor de domissanitários envolve iniciativas de projetos *eco friendly*, como ecodesign de embalagens, reutilização de resíduos de produção para síntese de outros produtos de uso sanitário, como detergentes (HENRIQUE, 2017). Outro caminho interessante que tem ganhado espaço é o de Sistema Produto-Serviço (*Product-Service System* ou PSS) (GOEDKOOOP, 1999), no qual um fornecedor não apenas vende a matéria prima para a indústria produzir, mas oferece além disso o expertise em buscar eficiência de

processos e custos para a indústria ou consumidor, logo seus objetivos ficam mais alinhados do que o cenário comum sem PSS. O diagrama na Figura 4 ilustra a convergência de produto e serviço como uma única oferta.

Figura 4 - Diagrama de evolução do conceito de Product-Service System.

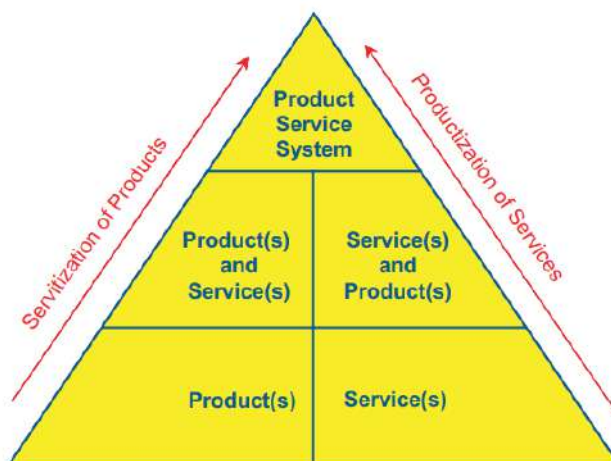


Figura 1: Diagrama de evolução do conceito de *Product-Service System*.

Fonte: BAINES; LIGHTFOOT; EVANS, 2007.

O PSS pode ser pensado como uma proposta de mercado que estende a funcionalidade tradicional de um produto ao incorporar serviços adicionais. Dessa maneira, se torna mais interessante a visão de “venda de uso” do que “venda de produto” (BAINES; LIGHTFOOT; EVANS, 2007). Um cliente em questão pagaria por usar um ativo, ao invés de comprar de fato, e assim diminuiria o risco de lidar com os riscos, responsabilidades e custos adicionais com a operação. Os tipos mais comuns de PSS incluem (TUKKER, 2004):

- **Pagamento por unidade de serviço:** O cliente paga toda vez que for usar o serviço. O provedor é responsável por todo ciclo de custos, logo é incentivado a desenhar um produto que seja otimizado para uso, manutenção, reutilização de partes ou do produto, remanufatura e reciclagem. Um exemplo é o de impressoras para escritórios, no qual o número de páginas impressas é cobrado, com o papel, tinta e serviço inclusos no preço de contrato, enquanto o fabricante provê uma máquina de operação e os consumíveis para manter.
- **Empréstimo ou compartilhamento de produto:** O cliente paga para acessar o produto e outros clientes sequencialmente usam o produto. Exemplos típicos são de aluguel de carros. O produto é fornecido, controlado e com manutenção pelo provedor.

- **Concessão de produto** (*Product Lease*): A propriedade ainda é do provedor, mas o cliente tem acesso contínuo ao produto. O provedor tipicamente controla, mantém e coleta o produto ao fim do contrato de concessão. Como exemplo, tem-se carros, maquinarias para construções, etc.
- **Agrupamento de produtos**: Isso é quando o produto é simultaneamente usado por muitos clientes. Um exemplo é o compartilhamento de caronas de carros, onde múltiplas pessoas usam o produto ao mesmo tempo.

A combinação de PSS com a economia circular se dá em grande parte pela convergência de atuação em sustentabilidade. A suposição é que um PSS terá menor impacto ambiental que, simplesmente, um modelo de transação mais comum no qual uma empresa fabrica um produto para então transferir a responsabilidade de manuseio de resíduos e uso para o consumidor. Em um estudo de Gottberg et al. (2010) realizado no Reino Unido, evidencia-se que o papel de um maior grau de implementação de PSS pode gerar cerca de 40% de prevenção de resíduos domésticos.

2.3.5.5 Estudo de casos

Ao observar o comportamento e ações circulares dos principais fornecedores do setor de produtos de limpeza em atuação no Brasil, percebe-se uma discrepância entre determinadas marcas que já atuam com linhas especiais ou projetos específicos visando a circularidade dos seus produtos, em comparação com outras que destinam apenas um esforço voltado à reciclagem, mas sem necessariamente entrar no mérito de economia circular. A seguir serão apresentados alguns casos obtidos dos principais fornecedores do mercado no sentido circular:

- **Veja Multiuso Power Nature**: O produto conta com uma fórmula biodegradável que concentra mais vezes os ativos de limpeza. Também é comercializado como complemento um refil em cápsula que permite a reutilização da embalagem original do produto por até 25 vezes, reduzindo 85% do uso do plástico;

- **OMO lavanderia compartilhada:** Oferece um serviço de lavanderia compartilhada, agindo como uma espécie de PSS ao oferecer suporte técnico, implantação e acompanhamento do uso diário. Gera economia de até 65% de água e energia;
- **Ypê Aterro Zero:** Projeto de destinação adequada de resíduos não recicláveis, que são direcionados para outras finalidades, como subprodutos para fornos de cimenteiras, ou utilizados para a pavimentação de estradas rurais, o que garante o seu reaproveitamento e o aumento de seu ciclo de vida (SUPERVAREJO, 2022).

Entretanto, apesar da incipiente tentativa das grandes empresas em ações de tendência circular, é sempre notado também um caráter de baixa escala ou pequena representatividade de vendas sobre o todo das marcas, adotando poucos planos de fortalecimento dessas ações. Esse fator desmotiva que iniciativas mais sólidas e de longo prazo das marcas sejam implementadas como de fato uma prioridade para a grande indústria de produtos de limpeza. Ao observar as empresas de pequeno e médio porte, percebe-se que ações para implementação da economia circular são quase inexistentes, visto que a procura por escala e forte prática comum da linearidade nos processos produtivos são considerados fatores decisivos para solidificação no mercado.

2.4 INDICADORES CIRCULARES

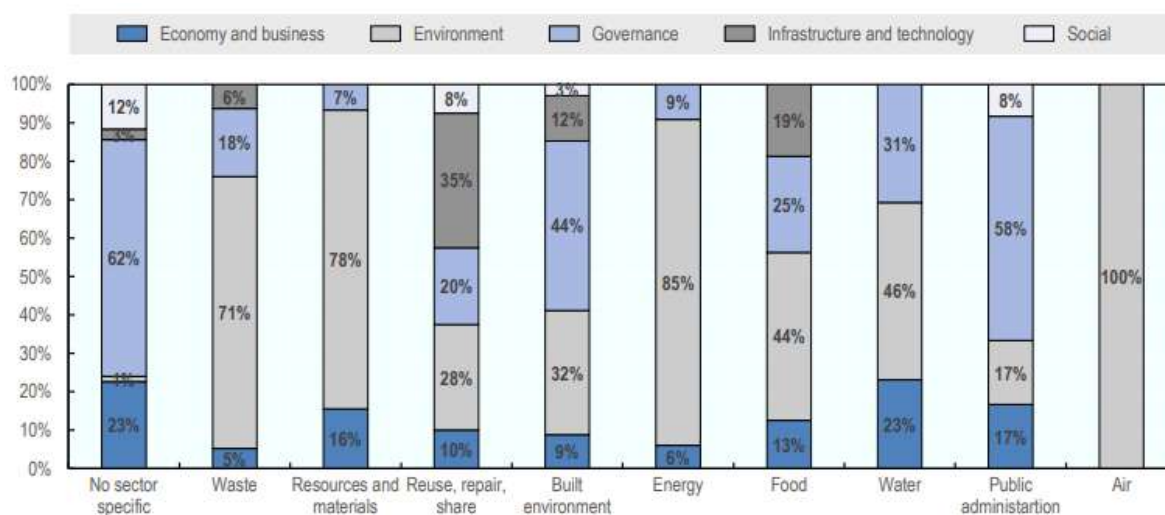
2.4.1 Categorização

A economia circular tem papel fundamental de sugerir aprimoramentos para a produção de diversos setores da indústria, incluindo a de produtos saneantes. Para facilitar a análise de circularidade de qualquer setor, é necessário que haja uma maneira padronizada de mensurar o grau de implementação de conceitos da economia circular, utilizando indicadores de circularidade.

Esforços exaustivos já foram feitos no sentido de fornecer indicadores que consigam traduzir cada uma das necessidades atreladas à uma economia circular.

Apesar de não haver uma maneira totalmente padronizada de analisar os indicadores disponíveis, a maioria dos temas explorados de sustentabilidade estão ligados a pautas ambiental e econômica, como pode ser visto na Figura 5, onde foram analisados 474 indicadores de circularidade, com publicações entre os anos de 2018 e 2020, indicando a diversidade de focos nos indicadores através de diferentes setores.

Figura 5 - Composição de indicadores de circularidade por categoria.



Fonte: OECD, 2021.

De maneira geral, a literatura apresenta uma divisão bem aceita de 3 grandes grupos de indicadores, baseados no escopo de seus *frameworks*: Micro, meso e macro (LINDER, 2017), no qual o micro se refere a produtos, organizações específicas e consumidores, nível meso a parques industriais e macro já atuando no nível de cidades, regiões ou países. A maioria dos indicadores de circularidade disponíveis hoje estão igualmente voltados para *frameworks* micro e macro (SAIDANI, 2019), com novas propostas de indicadores crescendo a cada ano, evidenciando a importância dessa abordagem para melhor implementação da Economia Circular.

Outra maneira de categorizar os indicadores é sobre suas 3 dimensões de atuação, a ambiental, econômica e social. Hoje se encontra na literatura um espectro amplo de indicadores para que se tenha versatilidade para atender diferentes necessidades de mercado ou indústria. Os casos mais comuns são os que englobam as esferas ambiental e econômica, o que demonstra que a maioria dos indicadores está focado em mostrar dimensões específicas. Entretanto, outro importante aspecto da sustentabilidade é o social, e segundo Pascale et al. (2021), é onde há uma frequência reduzida de indicadores com essa característica e não foi identificado

nenhum puramente social.

Nesse mesmo estudo foi feito um abrangente levantamento bibliográfico dos diversos indicadores presentes em artigos, no qual alguns apontamentos interessantes são feitos: 1) a maioria dos indicadores são de escopo micro - por volta de 50%; 2) maioria dos indicadores toca simultaneamente as 3 dimensões de ambiental, econômico e social; 3) maioria dos indicadores toca simultaneamente os conceitos de 3R. Esse comportamento ajuda a demonstrar que os indicadores presentes hoje podem desempenhar uma pluralidade de funções e aplicações.

Outro método de categorização mais recente, empregado apenas para indicadores do tipo micro, proposto por Kristensen e Mosgaard (2020), é interessante por condensar diversos indicadores em 9 categorias, tornando mais simples o exercício de priorização de qualidades e defeitos de cada análise:

- 1) Reciclagem (REC): contém as métricas que envolvem a estratégia de uso de material reciclado em novos produtos ou a reciclagem de produtos que chegaram ao final de suas vidas;
- 2) Remanufatura (REM): categoria que inclui as métricas que consideram o reparo de componentes de um produto anterior para serem utilizados em novos produtos;
- 3) Reuso (REU): métricas sobre componentes ou produtos que passaram por nenhum ou pequenos ajustes para serem reutilizados;
- 4) Eficiência de recursos (ER): as métricas que pertencem a esta categoria foram desenvolvidas para mensurar a quantidade de materiais em produtos visando a redução de consumo de recursos;
- 5) Desmontagem (DES): contém métricas que mensuram o tempo necessário na desmontagem de produtos ou o custo da operação de desmontagem;
- 6) Extensão da vida útil (EXT): esta categoria cobre métricas com foco na durabilidade do produto;
- 7) Gerenciamento de resíduos (GR): métricas para mensurar a quantidade de resíduo associada à produção de um produto ou os possíveis impactos econômico e social daquele resíduo;
- 8) Gerenciamento de fim de vida (GFV): métricas desta categoria foram desenvolvidas principalmente para suportar escolhas de tratamento de fim de vida, tais como reciclagem, reuso ou disposição em aterro considerando os custos envolvidos em cada tipo de tratamento;

- 9) Indicadores multidimensionais (IM): esta categoria contém métricas que consideram mais de uma estratégia de economia circular ou que combinam diferentes métricas e que são difíceis de serem classificadas nas categorias anteriores.

2.4.2 Pensamento de Ciclo de Vida

A abordagem para problemas ambientais através da análise de ciclo de vida (ACV) pode ser definida como “Pensamento de Ciclo de Vida” (Life Cycle Thinking). A metodologia ACV propõe uma maneira sistemática de computar cada fluxo de material que participa de um processo, com o objetivo de quantificar e avaliar a energia e impactos ambientais associados ao produto/processo/atividade e pode abranger análises de diferentes recortes. Análises desde a aquisição das matérias-primas até seu descarte final são chamadas de *berço-ao-túmulo*.

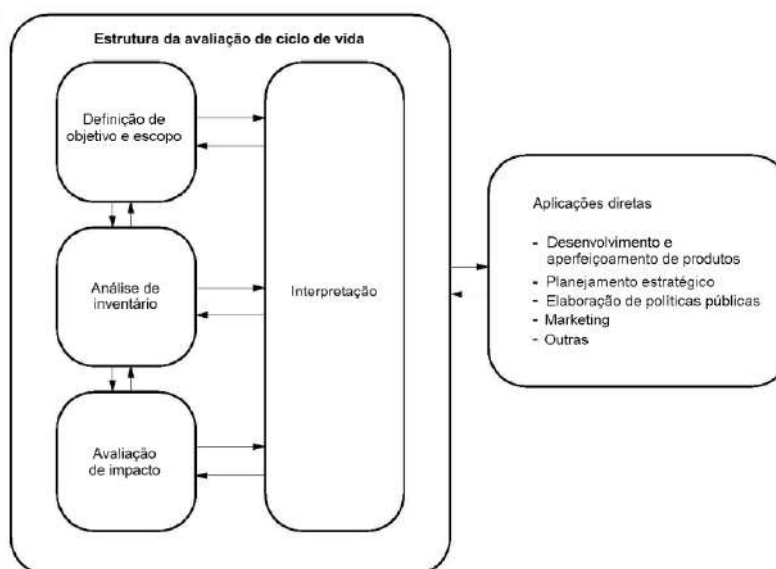
A ACV tem como objetivo especificar as consequências ambientais de produtos ou serviços. A análise se dá ao considerar todos os impactos ambientais do produto ou serviço desde a extração da matéria bruta, produção, distribuição e uso, manutenção, remanufatura, reciclagem e descarte. ACV mostra as áreas de problema dentro da cadeia de suprimentos a serem identificadas.

Dentro NBR ISO 14040: “não existe um método único para se conduzir uma ACV. As organizações têm a flexibilidade para implementar a ACV como descrito nesta Norma, de acordo com a aplicação pretendida e com os requisitos de cada organização”. Para cada sistema estudado é preciso definir uma própria unidade funcional, que representa o conjunto de características de desempenho apropriado para a análise do produto ou processo. Por exemplo, na função de uma máquina de lavar, podem ser estudadas as contagens de ciclo por lavagem. Sendo assim, a unidade funcional selecionada pode ser expressa em termos de um número inteiro de ciclos de lavagem por unidade de tempo para o sistema. Para cada sistema, é possível determinar o fluxo de referência, por exemplo, o volume médio de detergente ou o volume médio de água necessários para completar a ação de cada ciclo. Para qualquer sistema, é possível compilar um inventário de entradas e saídas com base

nos fluxos de referência. No nível mais simples, no caso da máquina de lavar, isto poderia estar relacionado ao detergente consumido para completar o ciclo.

De acordo com ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), (2009a), os estudos da ACV compreendem quatro fases, como mostra a Figura 6 que serão descritas em seguida.

Figura 6 - Fases de um ACV.



Fonte: ABNT NBR ISO 14040:2009

Fase 1 - Definição de objetivo e escopo: De modo geral, a fase 1 da ACV é importante para a definição clara da pretensão (objetivo) e as razões para a execução do estudo. Já o escopo abrange a descrição da função do produto (características de desempenho), a unidade funcional (referência pela qual os dados de entrada e saída são normalizados) e o fluxo de referência (fluxo quantitativo referente à unidade funcional definida). Além disso, devem ser definidas nesta fase as etapas que serão consideradas no projeto, ou seja, a fronteira do sistema do produto, os pressupostos, requisitos e limitações do estudo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2009b). Há a seleção do método e das categorias de impacto a serem analisadas na fase 3, de Avaliação dos Impactos do ciclo de vida (AICV) e que apresente informações relevantes sobre o sistema estudado (HAUSCHILD et al., 2017);

Fase 2 - Análise de inventário do ciclo de vida (ICV): Nesta fase, inicia-se a coleta dos dados dos processos do estudo, considerando as entradas de materiais, recursos e a saída de resíduos, emissões e as etapas do ciclo de vida dos produtos.

Os dados devem ser validados, ajustados e estruturados em um inventário conforme os requisitos determinados na fase 1 e o fluxo de referência selecionado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2009b);

Fase 3 - Avaliação dos impactos do ciclo de vida (AICV): Considerando os dados do inventário do ciclo de vida desenvolvido na fase anterior, a avaliação dos impactos do ciclo de vida (AICV) traduz os fluxos físicos do sistema do produto em impactos ao meio ambiente que são apresentados em diferentes categorias de impacto selecionadas na fase 1, de definição de objetivo e escopo (HAUSCHILD et al., 2017);

Fase 4 - Interpretação do ciclo de vida: Nesta fase, os resultados obtidos na AICV são interpretados de acordo com os parâmetros definidos na fase 1. Devido à natureza iterativa da ACV, as informações destas 4 fases podem ser ajustadas ao longo do estudo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2009b).

2.4.3 Indicadores Micro

Indicadores de nível micro se caracterizam por aplicação em análises de companhias, produtos ou nível de consumidor, segundo Ghisellini et al. (2016).

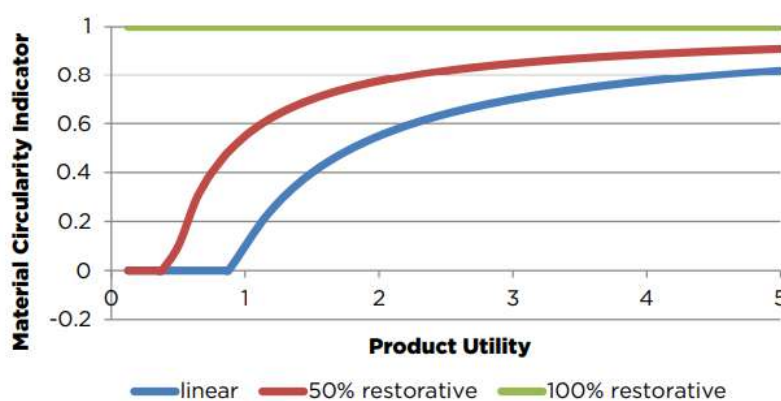
- **Material Circularity Indicator (MCI)**: Desenvolvida por Ellen MacArthur Foundation, o indicador permite análise de produto com base em qual o fluxo de material que pode ser restaurado dentro de um produto, permitindo que empresas encontrem valor circular adicional (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019). É categorizada como um indicador de caráter econômico e ambiental. O indicador funciona através de 6 princípios:
 - a. Utilizar fontes de material biológico, ao adotar práticas de regeneração máxima de sistemas naturais;
 - b. Utilizar matéria-prima de fontes reutilizáveis ou recicláveis;
 - c. Manter produtos em uso mais longo (e.g. por reuso, redistribuição, aumento de durabilidade);
 - d. Reutilizar componentes ou reciclar materiais depois do uso do produto;

- e. Fazer uso mais intenso dos produtos (e.g. via serviço, compartilhamento ou modelos de performance);
- f. Garantir que materiais biológicos se mantenham descontaminados ou biologicamente acessíveis.

A metodologia feita para o indicador envolve uma abordagem “e se” para guiar o design de produto e configurar metas de circularidade do produto. O MCI é construído primeiramente ao computar a matéria prima e o resíduo não recuperável, chamado de *Linear Flow Index* (LFI). Essa métrica adota valores de 0 a 1, sendo 1 um fluxo completamente linear e 0 um fluxo completamente restaurativo. Outra função que é contabilizada é a de utilidades, X , que tem duas componentes: uma para contabilizar a duração do uso de um produto (*lifetime*) e outra para a intensidade do uso. Com essas duas métricas é possível determinar o valor do MCI.

Como visto na Figura 7, quando temos valores de MCI tendendo a 1, maior é o caráter regenerativo do produto desenhado. É notado que MCI recebe a pontuação completa de 1 para um produto com fluxo totalmente restaurativo independente da utilidade do produto. Pode ser observado que a utilidade do produto tem muito mais influência no MCI para um produto puramente linear ao comparar com um de fluxo 50% restaurativo.

Figura 7 - Gráfico de impacto de utilidade de produtos sobre MCI.



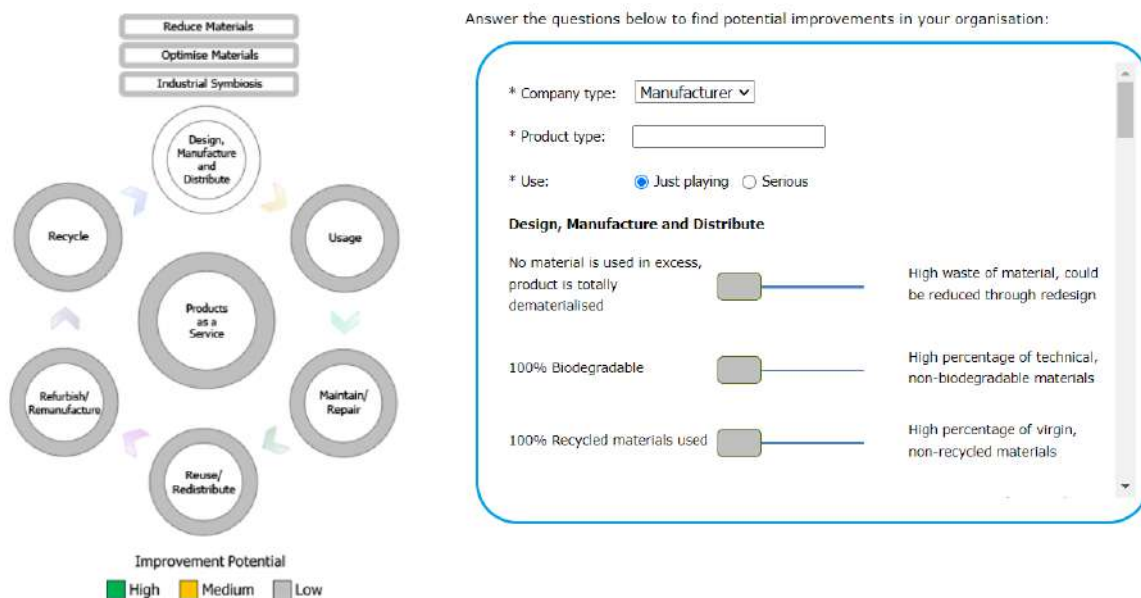
Fonte: ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2019

- **Product-level Circularity Metric (PLCM)**: A PLCM é uma métrica de circularidade de produtos considerando os valores econômicos como base dos cálculos. O resultado da aplicação da PLCM é um número entre 0 e 1,

encontrado através da razão entre o valor econômico do material que foi reciclado, reutilizado ou remanufaturado pelo valor econômico do produto total sendo que , quanto mais próximo de 1, maior é a circularidade daquele produto (LINDER, 2017);

- **Material Reutilization Score (MRS)**: A MRS considera como parâmetros dos cálculos as porcentagens de uso de materiais reciclados ou de fontes renováveis bem como o uso de materiais que podem ser reciclados, biodegradáveis ou utilizados em compostagem. O resultado é mostrado em um número entre 0 e 100, sendo que quanto mais próximo de 100, maior é o índice de reutilização de materiais de um dado produto (CRADLE TO CRADLE PRODUCTS INNOVATION INSTITUTE, 2016);
- **Circular Economy Toolkit (CET)**: Ferramenta online de avaliação que analisa os produtos e serviços de uma empresa e proporciona um guia para potenciais melhoramentos usando um questionário que cobre todas as etapas do ciclo de vida do produto ou serviço. Sendo assim, os dados necessários para utilizar o CET são voltados para o conhecimento qualitativo do ciclo de vida do produto (ROSSI, 2020). A ferramenta tem acesso online no endereço: <http://circulareconomytoolkit.org/> e interface de uso amigável, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Interface da ferramenta Circular Economy Toolkit.



Disponível em: <http://circulareconomytoolkit.org/>.

O questionário consiste em 33 questões sobre 7 categorias, cada uma contendo 2-10 subpontos. As companhias podem usar a ferramenta para alcançar uma visão geral de potencial de melhora dentro dessas 7 categorias, baseado nas respostas. As 7 categorias cobrem extensivamente princípios da EC de diferentes estratégias de reparo, reciclagem, remanufatura e reciclagem, assim como a produção, uso e modelos de negócios para EC, permitindo uma avaliação completa do objeto de estudo.

Após preenchimento do formulário, um resultado será mostrado identificando qual área da empresa ou produto apresenta potencial de melhora e qual deveria ser a sua prioridade de resolução.

2.4.4 Indicadores Meso/Macro

- **Resource Productivity Indicator (RP)**: O indicador, desenvolvido por Wen and Meng (2014), descreve eficiência de recursos através da medição da produção do PIB por unidade de recursos consumidos. Assim, RP é considerado um indicador adequado para a avaliação quantitativa do desenvolvimento da EC. Os resultados da estimativa de

RP demonstram que quanto maior RP menor o consumo de recursos. Portanto, PR pode ser considerado um indicador-chave capaz de indicar a eficiência da utilização de recursos no sistema industrial;

- **Eco-Efficiency Indicator**: O indicador é baseado na abordagem do Conselho Empresarial Mundial para Sustentabilidade Desenvolvimento (do inglês, WBCSD) e tende a pesar o desempenho das redes simbióticas de um Eco Parque Industrial (EIP). É composto por outros quatro indicadores: 1 indicador econômico e 3 indicadores ambientais. O Indicador de Ecoeficiência é igual à relação entre o Indicador de Desempenho (IE) e a Influência Ambiental Total, considerada em função do tipo de indicadores ambientais considerados (Consumo de matéria-prima; consumo de energia; emissão de CO₂). A ecoeficiência pode ser melhorada por meio de dois métodos: aumentando o numerador, ou seja, o valor econômico, ou diminuindo o denominador, ou seja, o impacto ambiental (Parque e Behera, 2014).

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos deste trabalho, as etapas a seguir foram estabelecidas: 1) Determinação do escopo do estudo; 2) Definição dos indicadores de circularidade que serão aplicados; 3) Análise dos indicadores dentro do escopo de estudo; 4) Recomendações para o setor através dos resultados da análise de indicadores.

3.1 DETERMINAÇÃO DO ESCOPO DE ESTUDO

O escopo de estudo será limitado aos produtos de limpeza classificados como detergentes, ou seja, todos os produtos classificados como lava-roupas, lava-louças e multiusos. Devido a suas semelhanças na composição as análises tornam-se mais abrangentes ao generalizar dessa maneira e agrupar esses 3 subsetores em apenas um de detergentes, que somado já ocuparia cerca de 60% do total do mercado de domissanitários do Brasil (ABIPLA, 2022). Dessa maneira, mantém-se a relevância e efetividade do estudo para as indústrias produtoras em adotar medidas considerando aspectos de circularidade, devido à fatia considerável do mercado em detergentes como um todo, além de uma ampla quantidade de trabalhos de pesquisa na área já disponível.

Os detergentes em pó foram descartados da análise, devido às diferenças em composição química e métodos de empacotamento, nestes mais voltadas para papelões, ao invés de plásticos, além do fato de serem sintetizados para armazenamento em estado sólido, enquanto o escopo de estudo definido no presente trabalho é em estado líquido.

Combinação dos seguintes termos foi procurada, a partir de bases de dados acadêmicas (Science Direct e Google Scholar) e não acadêmicas, em inglês e português, a partir do ano de 2009: 'circular economy', 'circular economy indicators', 'detergents', 'cleaning products', 'environmental impacts', 'recycling', 'reuse', 'waste'.

Os dados de valor de mercado foram extraídos da Associação Brasileira das Indústrias de Produtos de Higiene, Limpeza e Saneantes (ABIPLA), disponíveis em seu site e anuários.

Mathematical Model to Assess Sustainable Design and end-of-life options (SDEO)							x		
Model of Expanded Zero Waste Practice (EZWP)						x			
Product-level Circularity Metric (PLCM)	x	x							
Recycling Desirability Index (RDI)	x								
Recycling Indices (RI)	x								
Remanufacturing Product Profiles (REPRO ²)		x							
Reuse Potential Indicator (RPI)	x								
Sustainability Indicators in CE (SICE)	x		x			x			

Fonte: Elaboração própria, com base em Martins (2021).

Considerando a relevância para o setor de detergentes, as preferências entre as 9 categorias encontradas são Reciclagem e Eficiência de Recursos. As 2 categorias escolhidas são de extrema importância para o manuseio e tratamento de resíduos da produção de detergentes, visto que inúmeros problemas associados ao seu descarte e reaproveitamento geram impactos ambientais significativos.

A princípio, foram selecionados todos os 10 indicadores marcados na categoria de REC (CEI, CC, CM, MCI, MRS, PLCM, RDI, RI, RPI, SICE) e mais 3 indicadores marcados na categoria de ER (TQP, VRE, EVR). No intuito de gerar números de impactos para simplificação na leitura de performance dos indicadores, preferiu-se utilizar indicadores que contenham escalas de 0 a 1. Dessa maneira, é possível avaliar os parâmetros que compõem o valor dentro desse limite e trazer mensagens mais fáceis de como alterar o número no sentido mais circular.

Portanto, os indicadores que se enquadram nesse quesito e que apresentam boa maleabilidade para alteração dos seus parâmetros, seja em ferramenta de uso virtual, quanto em planilhas, são *Material Circularity Indicator* (MCI), *Circularity Calculator* (CC), dentro do âmbito de Reciclagem, e o *Eco-Efficiency Value Rate* (EVR), como parte do valor de Eficiência de Recursos. Outros fatores que levaram à escolha são: não ser baseado em valores macroeconômicos, considerar abrangência de produto e de nível família de produtos para generalização e simplificação das análises, no caso de detergentes, e ser robusta com parâmetros sobre uso de material reciclado, tratamento do material quando em fim de vida e a eficiência dos processos de reutilização e tratamento de impactos ambientais.

3.2.1 Eco-Efficiency Value Rate (EVR)

Primeiramente, é feita a análise de custo-benefício para obter o valor líquido, que é obtido pela redução do preço de venda pelo custo de produção (Equação 1). A análise de custo-benefício também pode determinar se o produto é elegível para ser vendido ou não.

$$\text{Valor Líquido} = \text{Preço de Venda} - \text{Custo de Produção} \quad (1)$$

O valor líquido é então utilizado para obter o Índice de Eco-eficiência ou EEI. A EEI é usada para determinar a viabilidade do produto em termos de eficiência ecológica (sustentabilidade) e eficiência econômica (rentabilidade). O valor do índice de eco-eficiência é obtido através da divisão do valor líquido pelo custo total (Equação 2), contando custos de tratamento ambiental e de produção (ICHIMURA, 2009).

$$EEI = \frac{\text{Valor Líquido}}{\text{Custo Total}} \quad (2)$$

Produtos categorizados como acessíveis e sustentáveis apresentam valores de EEI maiores que 1, enquanto acessíveis mas não sustentáveis resultam num indicador entre 0 e 1. Por fim, o produto pode ser categorizado como não acessível e não sustentável se o valor de EEI for menor que 1.

Em seguida, o EEI é usado para calcular o EVR (Eco-Efficiency Value Rate). EVR é um indicador que pode ser aplicado nos casos em que um projetista é solicitado a projetar um produto dentro de um determinado preço. A questão então é criar valor máximo para o usuário final com um mínimo de custos ecológicos e adota a expressão abaixo:

$$EVR = \frac{\text{Custo Ecológico}}{\text{Valor Líquido}} \quad (3)$$

No qual o Eco Cost determina a medida de ônus ambiental, medido em valor monetário, como custos de tratamento de emissão de CO₂, compostos orgânicos, voláteis (NMVOC), acidificação da água, entre outros.

3.2.2 Material Circularity Indicator (MCI)

O MCI é constituído por três fatores: a parcela V (equação 1) de MP virgem utilizada na produção, e o volume W (equações 2 a 5) de resíduos gerados, ambos utilizados para se calcular o LFI (Índice de Fluxo Linear) e o fator de utilidade X que contabiliza o tempo de duração e a intensidade de uso do produto:

$$V = M(1 - F_R - F_U) \quad (4)$$

Onde: M = massa de produto final; F_R = parcela de MP reciclada; e F_U = parcela de MP de reuso.

$$W_0 = M(1 - C_R - C_U) \quad (5)$$

Onde: W_0 = massa de resíduos irrecuperáveis; C_R = massa do produto que pode ser reciclada ao final de sua vida útil; e C_U = massa do produto destinada ao reuso.

$$W_C = M(1 - E_C)C_R \quad (6)$$

Onde: W_C = massa de resíduos não recuperáveis do processo de reciclagem de um produto (desde o fluxo reverso até a separação/classificação dos materiais recicláveis); e E_C = parâmetro da eficiência do processo de reciclagem ao final da vida útil do produto.

$$W_F = \frac{(1 - E_F)F_R}{E_F} \quad (7)$$

Onde: W_F = massa de resíduos não recuperáveis da produção de MP reciclada do produto; e E_F = eficiência do processo de reciclagem na produção da MP reciclada.

$$W = W_0 + \frac{W_F + W_C}{2} \quad (8)$$

O LFI (equação 6) mede a proporção de material que segue um fluxo linear e seu valor varia de 1 (completamente linear) a 0.

$$LFI = \frac{V + W}{2M + \frac{W_F - W_C}{2}} \quad (9)$$

O parâmetro X (equação 7) tem duas partes: o tempo de vida e a intensidade do uso do produto.

$$X = \frac{L}{L_{av}} * \frac{U}{U_{av}} \quad (10)$$

Onde: L/L_{av} = variação positiva ou negativa, no fluxo de geração de resíduos do produto baseado na comparação de sua vida útil em relação à média do setor e; U/U_{av} = intensidade do uso do produto em relação à média de uso de produtos similares.

O valor de 0,9 é uma constante pré-estabelecida por EMF (2019) pela qual o valor de X é dividido a fim de encontrar o Fator de utilidade F(x) do produto como mostra a equação 8.

$$F(X) = \frac{0,9}{X} \quad (11)$$

Assim, o cálculo do Indicador de Circularidade de Materiais (MCI) é dado pela equação 9, onde o valor do MCI varia 0, sendo totalmente linear, e 1, sendo totalmente circular.

$$MCI = 1 - LFI * F(X) \quad (9)$$

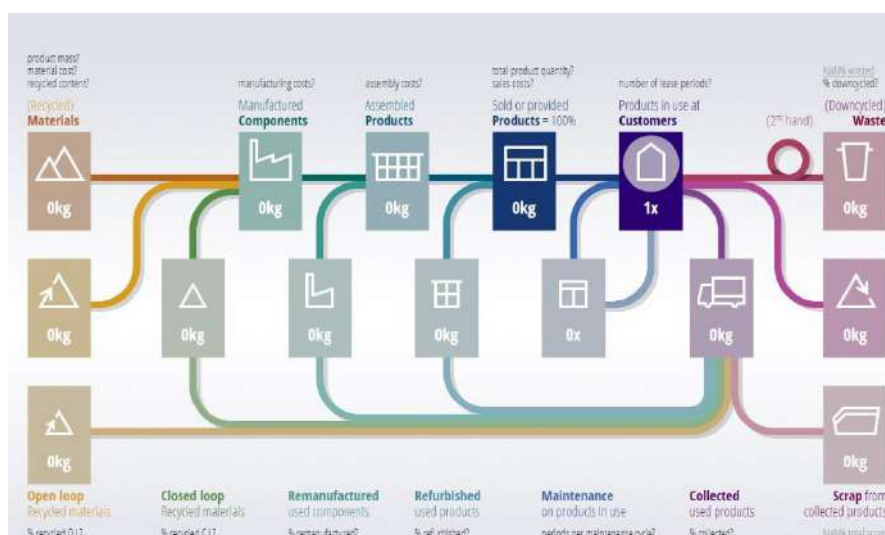
O foco da análise deste indicador considera apenas o aspecto da circularidade das embalagens dos detergentes, de maneira que o detergente em si não entre na leitura desse indicador. Isso é feito por conta do MCI não contabilizar questões de impactos ambientais no seu equacionamento, tornando a avaliação de tecnologias alternativas na composição dos detergentes pouco eficaz, como na comparação de detergentes com biodetergentes.

3.2.3 Circularity Calculator (CC)

A CC fornece uma representação esquemática do ciclo de vida do produto e do fluxo de recursos naquele sistema (Figura 9). No lado esquerdo do painel, os materiais são inseridos, alimentando a produção de componentes, montados em produtos, que são levados para o mercado a ser utilizado pelos clientes, seguido por

diferentes opções lineares e circulares para lidar com produtos após o primeiro período de uso. Os produtos podem ser modelados para serem reutilizados ou usados por mais tempo e após a etapa de uso, produtos ou componentes específicos podem acabar como resíduos, em um processo de *downcycling*, ou ser coletado para reentrar na cadeia de valor.

Figura 9 - Interface do *Circularity Calculator*.



Disponível em: <http://www.circularitycalculator.com/>.

Dentro da análise desse indicador propõe-se utilizar 2 cenários distintos para avaliar a circularidade do setor de detergentes, sendo: I) Cenário atual; II) Cenário de proposta de Sistema Produto-Serviço.

Para cada um dos cenários, o usuário pode inserir produtos ou dados de componentes (materiais, pesos, custos) e definir qual a porcentagem do produto ou componente entra em qual ciclo. Baseado na entrada, a ferramenta calcula a massa potencial e o fluxo de valor no sistema, para que o usuário possa ver os efeitos quando o produto ou seus componentes são usados por mais tempo, reconicionados, remanufaturados e/ou reciclados. O usuário pode modelar diferentes designs conceituais e cenários circulares, para explorar e comparar alternativas de design e ver o impacto sobre índices de desempenho.

No lado direito do painel, são mostrados indicadores de desempenho circulares. Primeiramente, o indicador de Circularidade (*Circularity %*) representa a porcentagem do fluxo de massa dos recursos que é circular, considerando o número total de produtos que são lançados no mercado. A entrada de materiais no sistema contribui para metade do indicador e a saída para os 50% restantes. A fórmula resultante para calcular a circularidade indicador é:

$$Circularidade = 1 - \frac{M\%_{virgem} + M\%_{residual} + M\%_{sub-ciclado} + M\%_{sucata}}{2} \quad (1)$$

A captura de valor potencial do produto é calculada a partir do valor que está embutido em materiais, componentes e produtos reutilizados e descrito no Indicador de Captura de Valor (Equação 2):

$$Captura\ de\ Valor = \frac{E_{OL} + E_{CL} + E_{RP} + E_{RC}}{E_{itens\ providos}} \quad (12)$$

Onde E é o valor embutido em Euros com OL para materiais reciclados em circuito aberto, CL em um circuito fechado, RC para componentes remanufaturados e RP para produtos reconicionados.

O indicador Conteúdo Reciclado (*Recycled Content*) ajuda a avaliar o desempenho da entrada de recursos, por mostrar a porcentagem do produto que é feito de material reciclado e/ou materiais renováveis. É calculado a partir da razão de massa de materiais reciclados e renováveis provenientes de um circuito aberto ou fechado em manufaturados componentes (Equação 3).

$$Conteúdo\ Reciclado = \frac{M_{ciclo} + M_{CL}}{M_{componentes\ manufaturados}} \quad (13)$$

E finalmente, o indicador de Índice de Reuso (*Reuse Index*) mede a extensão da vida de um produto. Modelos de negócios como o de Sistema Produto-Serviço (PSS), produtos robustos e reparáveis e manutenção podem prolongar a vida útil de um produto e, portanto, retardar o fluxo de recursos. Esta lentidão nos ciclos de uso não implica o fechamento de ciclos. O produto pode ter alto índice de reaproveitamento e baixo indicador de circularidade ao mesmo tempo, se é duradouro, mas acaba como desperdício.

O projetista pode modelar a redução resultante em volume de produção para estimar a economia em recursos, e o índice de reutilização fornece um indicador de desempenho que reflete o potencial diminuição de recursos por meio da desaceleração dos fluxos de recursos. Em um cenário puramente linear, o número de ciclos de uso é definido como 1, resultando em um índice de reutilização de 0% (Equação 4), onde N é o número de períodos de utilização.

$$\text{Índice de Reuso} = \left(1 - \frac{1}{N}\right) \quad (14)$$

3.3 AVALIAÇÃO DOS INDICADORES CIRCULARES

Aqui será feita a análise individual de cada indicador, de maneira que cada indicador avaliará com foco em uma faceta específica das oportunidades levantadas sobre a linearidade atual do setor. Especificamente, o indicador EVR fará uma leitura mais voltada para os impactos ambientais gerados no processo de produção dos detergentes, associados ao descarte, emissões totais, etc. O indicador MCI fará uma avaliação mais geral do setor, registrando as entradas e saídas dos processos e indicando oportunidades de maior reciclagem, reutilização ou maior emprego de recursos mais sustentáveis em comparação ao cenário linear atual; por fim, o indicador CC indicará uma análise de proposta de reutilização de embalagens ao setor de detergentes, como uma alternativa ao sistema puramente voltado para Sistema Produto atual.

3.4 RECOMENDAÇÕES PARA O SETOR

Ao final da análise de indicadores, serão reunidas as principais mensagens a serem recomendadas sobre oportunidades identificadas na leitura do setor.

4 ANÁLISE DE INDICADORES NO SETOR

4.1 ECO-EFFICIENCY VALUE RATE (EVR)

A primeira fase para cálculo de EVR se dá pela fase de caracterização do sistema, no qual opta-se por uma base de cálculo de 1000L de detergente para facilitação dos cálculos e por estar em linha com a literatura escolhida para continuidade dos cálculos. Logo, como um primeiro passo, calcula-se a estimativa de preço de venda total para compor o valor da valor líquido (*Net Value*), que por sua vez será usado para cálculo final do fator EVR. Para essa estimativa, dividiu-se os valores de vendas totais por volume de vendas dos detergentes (ABIPLA, 2021), entre os 3 maiores subsetores, sendo eles de detergentes para lava-roupas, lava-louças e multiuso, no qual adota-se que não há grandes diferenças de formulação entre si. Os valores de Real por volume estimados estão na Tabela 2.

Tabela 2 - Estimativa de preço de venda médio.

Preços Médios	Valor (R\$ mil)	Volume (ton)	R\$/L
Detergente Lava Louça	3.183.218	901.037	3,53
Detergente Lava Roupa	11.248.601	1.570.734	7,16
Detergente Multiuso	2.397.691	300.583	7,98
Total	16.829.510,00	2.772.354,00	6,07

Fonte: Elaboração própria, com base em ABIPLA (2021).

Posteriormente, é necessário estimar o custo de produção dos detergentes. Para isso, segundo (PIRES, 2018), são obtidos os parâmetros de custo por litro estimados, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Estimativa de custo de produção.

Parâmetros	Valor (R\$)	Volume (L)	R\$/L
Detergente Lava Louça	4,13	1,00	4,13
Detergente Lava Roupa	4,43	1,00	4,43
Detergente Multiuso	3,98	1,00	3,98
Total	12,54	3,00	4,18

Fonte: Elaboração própria, com base em PIRES (2021).

Sobre os parâmetros de custos ambientais associados à produção de detergentes, utiliza-se a ACV do trabalho de Nessi et al. (2014) para obter os valores de cada parâmetro, com base em detergentes de 1L. Dessa maneira, é possível contabilizar cada impacto ambiental associado à produção de detergentes na indústria. Um próximo passo é normalizar esses fatores ambientais para unidade monetária, para haver contabilização de gastos em Real desses custos ambientais.

Utilizando as conversões de Purwaningsih et al. (2020), onde o autor as determinou através de uma análise de ciclo de inventário no *software* Simapro, é possível normalizar as distintas medidas de impacto ambiental. Para converter os impactos ambientais em Euro, e considerando uma cotação do Euro a R\$5,56, constrói-se a Tabela 4 de custos ambientais em Real.

Tabela 4 - Custo ambiental por tipo de impacto.

Parâmetros (1000ml)	Valor	Unidade	Fator de normalização	Normalizado (R\$)
Mudança climática	244,00	kg CO2 eq	0,116	157,37
Formação fotoquímica de ozônio	1,08	kg C2H4 eq	10,38	62,33
Acidificação	1,23	kg SO2 eq	8,83	60,39
Eutrofização	3,56	kg PO4 eq	4,17	82,54
Toxicidade de água fresca	295,00	CTUe	0,037328226	61,23
Toxicidade humana	0,00	CTUh	919999	61,89
Esgotamento de recursos hídricos	1,22	m ³ água	8,83	59,90
Esgotamento de recursos fósseis	0,97	kg Sb	0,8	4,29
Demanda de energia cumulativa	21,30	MJ	1,125	133,23
Total	-	R\$/1000L	-	709,06

Fonte: Elaboração própria, com base em PURWANINGSIH (2021).

Por fim, constrói-se a Tabela 5, contabilizando os custos e receitas de venda estimados. O valor final do EVR é de 0.39, valor considerado intermediário, mas condizente com as oportunidades esperadas pelo setor, devido aos fatores de linearidade apresentados anteriormente. Através das análises dos dados coletados, há um grande caminho no sentido de melhor tratar os impactos ambientais gerados na produção de detergentes, tanto pela predominância de fontes fósseis, na cadeia petroquímica, para produção desse tipo de produto, quanto pela baixa eficiência de reutilização de produtos.

Tabela 5 - Avaliação final do EVR.

Parâmetros	Valor	Unidade
Preço de Venda	6.070,48	R\$
Custo de Produção	4.180,00	R\$
Valor Líquido	1.890,48	R\$
Custo Ecológico (Eco Cost)	709,06	R\$
EVI	0,39	-
EVR	0,38	-

Fonte: Elaboração própria.

Pela análise é visto que grande parte do impacto ambiental das estruturas de custos ecológicos é vindo do fator de mudança climática, associado à liberação de CO₂, devido a cadeia de petróleo ser referência para produção das embalagens plásticas, que é contemplada pela análise de ciclo de vida. Dessa maneira, torna-se importante para as empresas envolvidas explorar o lado de bioplásticos, quanto fomento à maior adoção de plástico reciclado, ao invés de plástico virgem, produzido do zero.

Pela análise de Otazu et al. (2022), é visto que essa tendência de adoção de medidas de substituição de plástico virgem tende a aliviar os custos ambientais, ao prevenir que certos impactos ambientais relacionados à liberação de compostos tóxicos sejam feitos e também de custos da extração desses materiais virgens para produção. Pela análise de EVR, outra recomendação interessante é de priorização por embalagens maiores, que é uma estratégia de simples execução e, portanto, diminui o impacto ambiental, e seus custos associados, devido ao menor uso total de plástico. Esse tipo de pensamento, além de diminuir consideravelmente o custo associados às emissões totais e eutrofização, é a chave para uma interessante modelo de negócios voltado para o refil, no qual depende de reuso e é uma alternativa ainda preferida sobre reciclagem, ao conseguir fechar o ciclo de energia dos materiais de maneira mais eficiente (KUNAMANENI, 2019).

Adicionalmente, o formato de refil poderia abrir portas para novas possibilidades de mercado, dado o fato que os consumidores cada vez mais procuram por alternativas de redução de plásticos, e não apenas reciclá-lo. Além disso, uma redução de preços por pacote poderia ser acompanhada de tal ação, tornando o produto mais atrativo e com possibilidade de reaproveitamento da embalagem para garantir durabilidade e reuso contínuo.

Uma última recomendação é relacionada com o uso de biossurfactantes, como uma alternativa para redução de liberação de LAB e LAS no meio ambiente, que apesar de não agredir tanto o meio ambiente, suas presenças em excesso devem ser evitadas. Estudos utilizando biossurfactantes derivados de biomassa mostram bons resultados na questão de impactos ambientais, como o óleo de coco ou óleo de semente de palma (LADU AND MORONE, 2021), no qual podem reduzir o consumo de recursos fósseis em uma faixa de 30%.

Em questão de custo de produção, os surfactantes sintéticos ainda apresentam melhores rendimentos e menor custo que biossurfactantes e representam uma barreira para seu maior uso. Porém, uma comparação justa deve considerar os custos do ciclo de vida total dos sintéticos não apenas na produção; deveria ser incluído os custos de danos ambientais e remediação, como limpeza em corpos aquáticos e possíveis multas devido a danos causados ao ecossistema.

4.2 MCI APLICADO

Primeiramente, serão calculados os fatores que compõem o indicador de leitura do plástico utilizado no setor de detergentes, em um cenário base de como é avaliado o setor atualmente. O cálculo do MCI é baseado na combinação de equações que consideram a quantidade de material virgem usada (V), a quantidade de resíduos atribuídos ao produto (W) e o fator de utilidade do produto (X).

Deve-se primeiramente calcular a quantidade de material virgem (V) usada no produto. Para isso, é necessário saber a porcentagem de material de origem reciclada (F_R), a porcentagem de material de origem de reuso (F_U), a porcentagem de material biológico (F_S) e a massa total deste produto (M). Adota-se como fluxo de referência a massa total (M) de uma embalagem plástica genérica para detergente como 1 kg, no intuito de padronizar os cálculos.

Nesse cenário, segundo relatório da Ellen MacArthur Foundation (2022), a média de reciclagem de conteúdo plástico nas indústrias de produtos domésticos e de cuidado pessoal em 2021 está em 14%, ou seja, ocorre reciclagem de plástico pós consumo, em detrimento ao plástico virgem, para confecção de novas embalagens.

Quanto ao uso de fontes biológicas, não há registros significativos de bioplásticos sendo industrialmente relevantes na utilização de embalagens não só de detergentes, mas de qualquer produto no geral, girando em torno de 1% de bioplásticos sobre a produção total de plásticos (CASTRO, 2019) e não há registros de reuso de embalagens plásticas nesse mercado de maneira significativa, fora em produtos específicos que prezam por uma mecânica de *Product-Service System* (PSS).

Caracteriza-se então $F_U = 0\%$, $F_S = 1\%$ e $F_R = 14\%$. Assim, para o cenário base o valor de V é 0,85 kg.

Outra informação importante para o cálculo do MCI é a quantidade de resíduos irre recuperáveis (W_0) associados ao produto. Assume-se que nenhuma peça plástica é destinada à compostagem (EEA, 2020), não há uso de material biológico e, portanto, não há porcentagem biológica destinada à recuperação de energia e nenhuma peça plástica é destinada à reutilização, caracterizando $C_C = 0$, $C_E = 0$ e $C_U = 0$. Por fim, foi considerado que 23% das peças são destinadas à reciclagem quando em fim de vida (ABIPLAST, 2021), então, para o MCI, o parâmetro C_r é igual a 23%.

Especificamente para a reciclagem, é calculado a quantidade de resíduo irre recuperáveis do processo (W_C), considerando a porcentagem de material coletado e destinado a reciclagem (C_R) e a eficiência do processo de reciclagem do material que foi utilizado no produto e que, quando em fim de vida, foi destinado à reciclagem (E_C). Quanto a esse ponto, adota-se um valor médio de 65% para essa eficiência E_C (GORNI, 2006).

Além de W_0 e W_C , é necessário conhecer a quantidade de resíduos irre recuperáveis associados ao processo de fabricação da matéria prima reciclada utilizada no produto (W_F), considerando a porcentagem de material de origem reciclada (F_R), a eficiência (E_F) do processo de fabricação da matéria-prima reciclada.

Assume-se $E_C = E_F$ quando o processo de fabricação da matéria-prima reciclada a ser utilizada no produto é o mesmo processo de reciclagem dos materiais utilizados no produto quando o mesmo alcançar o fim de vida. Desse modo, para evitar que o resíduo da reciclagem seja considerado em dobro usa-se a abordagem 50:50 onde os valores de W_C e W_F são somados e divididos por 2.

Em outras palavras, essa abordagem atribui 50% de W_F ao produto anterior de onde veio a matéria-prima reciclada e 50% de W_C ao produto seguinte que usará o

material coletado e reciclado. A partir dos valores de W_0 , W_C e W_F , é possível encontrar a massa de resíduos irrecuperáveis (W).

Como passo seguinte, é necessário calcular o Indicador de Fluxo Linear (LFI) associado ao produto. Este índice é um valor entre 0 e 1, onde 1 representa que o fluxo é completamente linear e 0 que o fluxo é completamente restaurativo, circular.

Para encontrar o MCI de um produto/material, é necessário conhecer o valor de X , ou seja, a utilidade do produto considerando sua vida útil (L), a vida útil de produtos de mesma categoria (L_{av}), a quantidade de funcionalidades do produto (U) e a quantidade de funcionalidades dos produtos de mesma categoria (U_{av}).

É assumido que a funcionalidade do plástico aqui é apenas armazenar o detergente, sem haver outro uso para o plástico no processo de produção. Portanto, $U = U_{av} = 1$. Também se assume $L = L_{av} = 1$, por conta da similaridade de vida útil de um ciclo de uso do plástico na função de armazenamento do detergente.

O valor de 0,9 é uma constante pré-estabelecida pelo EMF (2019) pela qual o valor de X é dividido a fim de encontrar o Fator de utilidade $F(x)$ do produto e finalmente o valor final do MCI.

Todos os valores considerados estão registrados e parâmetros calculados até o MCI estão na Tabela 6.

Tabela 6 - Resumo de parâmetros para cálculo de MCI.

Parâmetros	Definição	Valor	Unidade
M	Massa do produto	1.000	kg
Fr	Porcentagem de matéria-prima de fontes recicladas no produto	14,0%	%
Fu	Porcentagem de matéria-prima de fontes de reuso no produto	0,0%	%
Fs	Porcentagem de matéria-prima de fontes biológicas	1,0%	%
V	Massa de matéria-prima virgem usada no produto	850	kg
Cc	Porcentagem do produto coletada e destinada à compostagem	1,0%	%
Ce	Porcentagem do produto coletada e destinada à recuperação de energia O material deve ser biológico	0,0%	%
Cr	Porcentagem do produto coletada e destinada à reciclagem	23,0%	%
Cu	Porcentagem do produto destinada à reutilização	0,0%	%
Ec	Eficiência do processo de reciclagem do material que foi utilizado no produto que quando em fim de vida	65,0%	%
Ee	Eficiência do processo de recuperação de energia	22,0%	%
Ef	Eficiência do processo de fabricação da matéria-prima reciclada para ser utilizada no produto	65,0%	%
L	Vida útil média real do produto	1	anos

Lav	Vida útil média real de produtos de mesma função	1	anos
U	Número médio real de unidades funcionais atingidas durante o uso do produto	1	quantidade
Uav	Número médio real de unidades funcionais obtidas durante o uso do produto médio de mesma função	1	quantidade
W	Massa de resíduos irrecuperáveis associados ao produto	838	kg
W0	Massa de resíduos irrecuperáveis associados ao produto que vão para aterros ou outro tipo de processo no qual o material não é recuperável	760	kg
Wc	Massa de resíduos irrecuperáveis gerados no processo de reciclagem de partes do produto	81	kg
Wf	Massa de resíduos irrecuperáveis gerados na produção de matéria-prima reciclada para o produto	75	kg
LFI	Índice de linearidade	0,845	-
X	Utilidade do produto	1,000	-
F(X)	Fator de utilidade em função da utilidade X do produto	0,900	-
MCI	-	0,239	-

Fonte: Elaboração própria, com base em ELLEN MACARTHUR FOUNDATION (2021).

Como na escala do MCI, quanto mais o indicador se aproxima de 1 mais circular o produto é, avalia-se que o setor de detergente ainda tem grandes oportunidades de tornar o processo mais sustentável, por se posicionar mais perto de uma leitura linear, ou, mais próxima de 0. Isso vai de encontro com a revisão feita na seção 2.3.5, no qual é explicitado que pouco tem sido feito para tratar e reaproveitar os resíduos gerados durante a cadeia produtiva.

Alguns dos fatores que mais pesaram para o baixo índice de circularidade, pela ótica MCI, foram o quase inexistente percentual de bioplásticos utilizados, sendo uma ótima alternativa para garantir biodegradabilidade no descarte, e assim evitar que plástico seja perdido e não aproveitado em aterros sanitários. Outra vantagem que seria obtida seria de aliviar a pressão de reciclagem de outros plásticos não biodegradáveis mais comuns nas embalagens de detergentes, como PEAD e PET.

Um outro fator foi o ainda baixo percentual de reciclagem do plástico pós consumo para reinserção no ciclo de produção. Em pesquisa da ABIPLAST (2021), é visto que a taxa de reciclagem por material termoplástico não apresenta tendência positiva recente no ano a ano. E fora o PET, o outro dos termoplásticos mais comuns de se armazenar o detergente, o PEAD, ainda apresenta índice baixo se comparado ao PET, evidenciando limitações estruturais para conseguir aumentar a circularidade do setor e do consumo de plásticos como um todo.

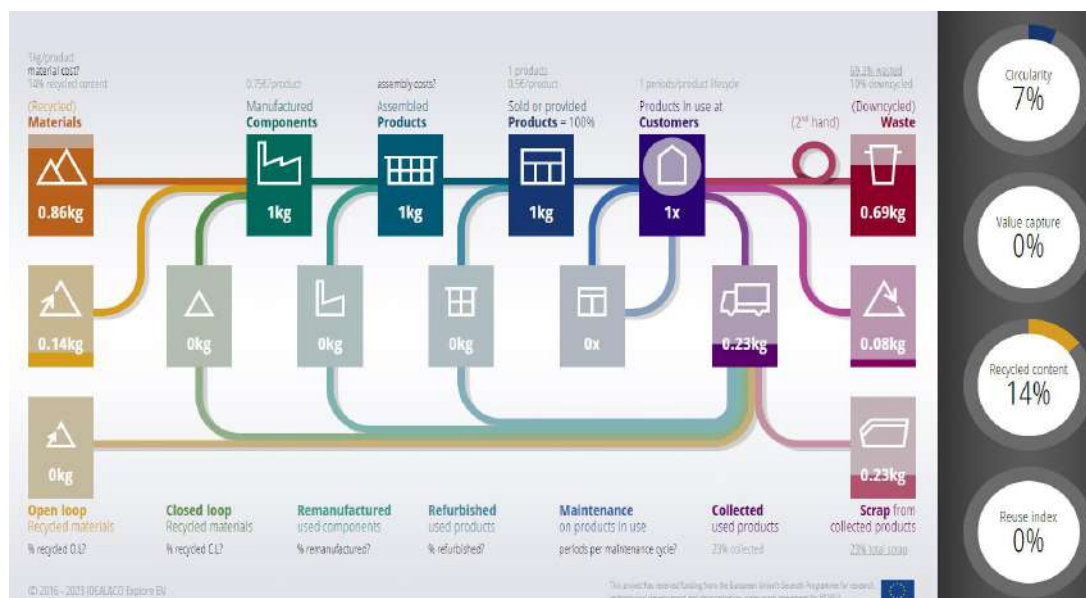
4.3 CC APLICADO

I) Cenário Atual: Inicialmente, é feita uma modelagem do sistema de produção e vendas dos detergentes predominantemente linear, de maneira que a maioria do plástico de suas embalagens seja feito de material virgem. Para esse valor, adota-se 14% de taxa de material reciclado na entrada do processo (Ellen MacArthur Foundation, 2022). Além disso, estima-se para entrada de materiais 1 kg por produto vendido e adota-se que o custo de manufatura das embalagens mais o detergente líquido seja totalizado em 0,75 Euro/kg, ou, convertido em Real, 4,18 R\$/kg (PIRES, 2018). Como o produto é vendido ao consumidor final, após distribuição aos varejos, assume-se que o custo de montagem é zero.

Por fim, é assumido que aproximadamente 23% dos resíduos plásticos produzidos são coletados ao final do uso para posterior reciclagem na entrada dos materiais ou para outros fins (ABIPLAST, 2021). Portanto, o restante seria dos componentes não reciclados seriam incinerados ou sub-ciclados em produtos de menor qualidade.

A Figura 10 ilustra o fluxo de recursos do sistema puramente produto, com os indicadores específicos à direita. A Circularidade (*Circularity*) nesse cenário é de 7%. Esse percentual deriva do uso de conteúdo reciclado nas embalagens utilizadas. O *Value Capture* e o *Reuse Index* estão zerados porque a indústria em questão não coleta e reutiliza o valor embutido nos componentes e materiais do produto. Esse torna-se o cenário base no qual a indústria pode usar para comparação com cenários mais circulares, como o de Sistema Produto-Serviço (PSS) ou de reutilização de embalagens.

Figura 10 - Circularity Calculator no cenário atual.



Disponível em: <http://www.circularitycalculator.com/>.

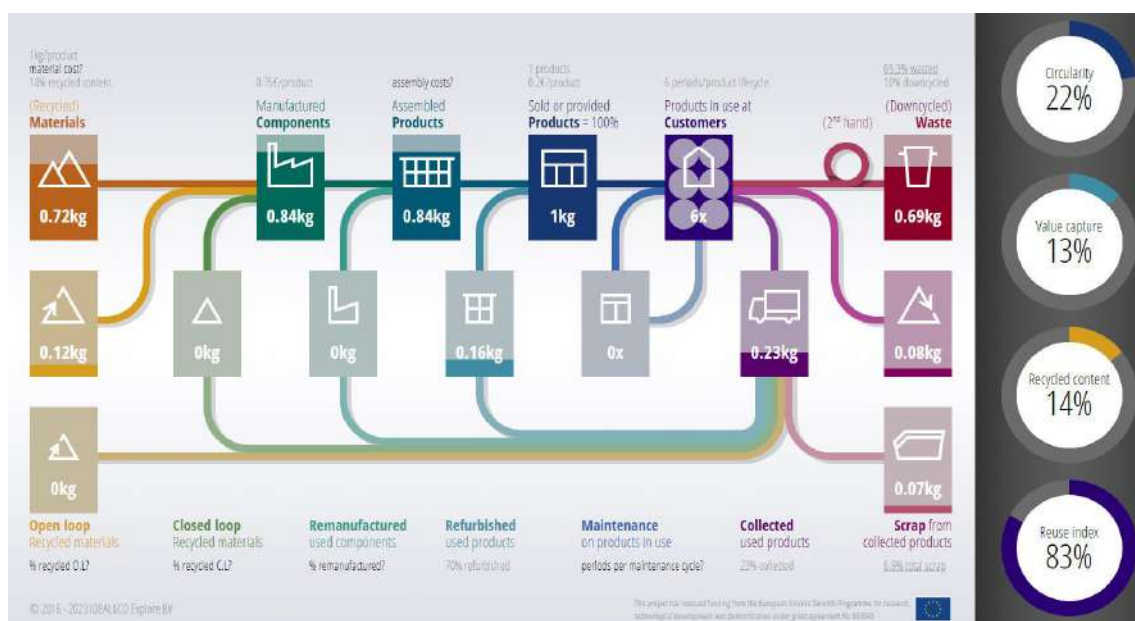
II) Cenário Reutilização: Mantendo-se os mesmos dados de entradas e taxas de reciclagem do cenário I, as principais alterações feitas na ferramenta no sentido de adoção de embalagens reutilizáveis estão no período de concessão para os consumidores. Ao ajustar o número de períodos utilizados por ciclo de vida para 6 vezes, ou seja, no caso o número de reutilizações antes do descarte ou reciclagem da embalagem, o indicador taxa de reuso acompanha em 83%. Apesar da demanda de uso de tecnologias que aumentem a qualidade das embalagens para maior durabilidade, e aumenta o tempo de vida útil de cada embalagem plástica utilizado com o detergente é aumentado drasticamente.

Nesse sistema de reutilização, as empresas devem oferecer serviços complementares de refil do conteúdo dos detergentes, em postos estrategicamente posicionados em grandes cidades ou mercados, para que não haja total dependência do sistema de refil, que por sua vez, também geraria resíduos a serem tratados pela sua embalagem.

Para continuidade do processo de reutilização, é preciso garantir também uma malha de sistema de retorno eficiente quando a embalagem plástica chega ao fim do seu ciclo de vida. Portanto, estimando um período de 6 meses até o plástico reutilizado começar a perder qualidade, as empresas ficam responsáveis pelo reparo e redistribuição de outras embalagens plásticas restauradas para o consumidor.

Para esse fator de reparo, adota-se um valor referente a um sistema de coleta de embalagens bem efetiva, com taxa total de retorno na faixa de 70%. Dessa maneira, é assumido que a companhia pode reparar 80% dos produtos que eles coletam, assim 20% não entra no critério de qualidade para reparo, incluindo componentes que serão substituídos durante o reparo. Isso auxilia a retirar pressão sobre o material virgem utilizado na produção em aproximadamente 10%. Como uma pontuação geral, o índice de circularidade se encontraria em 22% e representa um salto significativo em relação ao cenário puramente linear atual. O cenário proposto se encontra na Figura 11.

Figura 11 - Circularity Calculator no cenário de reutilização.



Disponível em: <http://www.circularitycalculator.com/>.

Baseado nessa recomendação, as companhias podem decidir se parece vantajoso ou não fazer análises mais detalhadas desse cenário. Ao alterar os valores da taxa de coleta e o percentual de produtos entrando no processo de reparo, os usuários podem visualizar efeitos mais granulares no potencial de captura de valor e na circularidade total em si. Também é possível visualizar que apesar de alterações significativas nos modelos de negócios serem requeridas, as vantagens econômicas, como a redução de compra de material virgem para venda de detergente nos mercados, são fatores que pesam a balança no sentido de experimentar novos caminhos no sentido da circularidade. Além disso, tem-se as claras reduções de

impactos ambientais, causadas pela redução de resíduos gerados e maior eficiência de reaproveitamento de cada componente utilizado no ciclo de vida dos detergentes.

5 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi descrito um panorama atual do mercado de detergentes e proposta de intervenções para as indústrias do setor no sentido de um mercado mais sustentável, mas acima de tudo, voltado para economia circular. Essa avaliação foi feita através da análise de diferentes indicadores de economia circular, utilizados sob diferentes pontos de vista para gerar maior número de estratégias e visões de oportunidades que podem trazer um potencial econômico interessante ao setor. Ao analisar esses indicadores e suas influências sobre a leitura linear que o setor apresenta hoje, foi possível gerar recomendações sobre quais estratégias seguir.

Nos estudos de análise dos indicadores via análise de ciclo de vida (ACV), conclui-se que a partir da análise do EVR, foi possível identificar recomendações para agir sobre oportunidades no tipo de embalagem plásticas utilizada em predominância, sobre a composição dos detergentes e seus impactos ambientais, além de propostas de substituições por composições menos agressivas ao meio ambiente. Para o MCI, conclui-se que pelo fácil uso da ferramenta, é uma boa alternativa para uma primeira avaliação do setor em questão, auxiliando a levantar propostas sobre maior adoção de tecnologias verdes, como bioplásticos e a necessidade real de maiores taxas de reciclagem e coleta dos plásticos. Por fim, com o CC o projetista pode fazer considerações realistas envolvendo custos e captação de recursos ao otimizar cada entrada e saída da produção de detergentes e suas embalagens, como visto na proposta de sistema de reutilização feita.

Finalmente, conclui-se que a análise de indicadores foi satisfatória em trazer à tona, em formato de números de impacto e com simples interpretação final, o debate sobre a linearidade das indústrias atualmente. Através da leitura dos indicadores, é possível traçar planos de ação concretos e palpáveis para a indústria trilhar e construir um mundo mais sustentável.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para desenvolvimento de trabalhos na área, recomenda-se explorar o lado social das intervenções circulares através dos indicadores, visto que a maioria das leituras apenas foca nos pilares econômicos e ambientais da sustentabilidade. E ainda sobre o uso de indicadores de economia circular, é interessante considerar a metodologia de análise multicritério para tomada de decisões, visto que é uma forma mais objetiva de trazer uma pontuação uniforme de circularidade e gerar mais impacto sobre as mensagens passadas.

Outra sugestão recai sobre linhas de pesquisa do sentido de entender até que ponto são necessários tantos produtos de limpeza disponíveis no mercado hoje, visto que há diversos produtos que desempenham papéis muito semelhantes entre si e são comercializados como produtos de extrema necessidade. No caso, uma espécie de “grau de futilidade” seria recomendada para iniciar um debate do porquê haver tantos produtos disponíveis, que conseqüentemente trarão mais impactos ambientais após seu descarte.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPLA. **Euromonitor prevê que Brasil ultrapassará Alemanha e Índia em produtos de limpeza até 2025**, 2021. Disponível em: <https://abipla.org.br/euromonitor-preve-que-brasil-ultrapassara-alemanha-e-india-em-produtos-de-limpeza-ate-2025/>. Acesso em: 19 Jan. de 2023.

ABIPLA. **Anuário Abipla 2022**, 2022. Disponível em: https://abipla.org.br/wp-content/uploads/2022/09/11781_-ANUARIO-ABIPLA_2022_26-09-22_compressed.pdf. Acesso em: 2 Nov. de 2022.

ABIPLAST. **Estudo Aponta que 23,1% Dos Resíduos Plásticos Pós-Consumo Foram Reciclados Em 2020 No Brasil**, 2021. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/noticias/estudo-aponta-que-231-dos-residuos-plasticos-pos-consumo-foram-reciclados-em-2020-no-brasil/>. Acesso em: 18 Jan. de 2023.

ABIPLAST. **Perfil 2018**, 2018. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/08/perfil-2018-web.pdf>. Acesso em: 01 Fev. de 2023.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **RESOLUÇÃO - RDC Nº 184, DE 22 DE OUTUBRO DE 2001**, 2001, Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/rdc0184_22_10_2001.html. Acesso em: 15 Dez. 2022.

ABIPLAST. **Perfil 2018**, 2018. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/08/perfil-2018-web.pdf>. Acesso em: 01 Fev. de 2023.

ABRELPE. **O Futuro do Setor da Gestão de Resíduos**, 2021. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/o-futuro-do-setor-de-gestao-de-residuos/>. Acesso em: 09 Fev. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **RESOLUÇÃO - RDC Nº 47, DE 25 DE OUTUBRO DE 2013**, 2013, Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0047_25_10_2013.html. Acesso em: 17 Nov. 2022.

AMERICAN CLEANING INSTITUTE, **Soaps & Detergent: Prehistoric to Middle Ages**, 2014. Disponível em: http://www.cleaninginstitute.org/clean_living/soaps__detergent_history.aspx. Acesso em: 18 de Dez. de 2022.

ANSAM S., **Storage and utilization patterns of cleaning products in the home: Toxicity implications**, Accident Analysis & Prevention, Volume 39, Issue 6, 2007.

BAINES T. S., LIGHTFOOT H. W., EVANS S. **State-of-the-art in product-service systems**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 2007.

BIRAT, J. P. **Life-cycle assessment, resource efficiency and recycling**. Metallurgical Research & Technology, 112(2), 206, 2015.

BORSATO, D.; GALÃO, O. F.; MOREIRA, I. **Detergentes Naturais e Sintéticos: Um guia Técnico. 2ª edição**. Londrina. Universidade Estadual de Londrina, 2004.

CAOBIANCO, G. **Produção De Sabão A Partir Do Óleo Vegetal Utilizado Em Frituras, Óleo De Babaçu E Sebo Bovino E Análise Qualitativa Dos Produtos Obtidos**. Universidade De São Paulo Escola De Engenharia De Lorena – EEL/USP, 2015.

CARINHO ECO GREEN. **Economia Circular x Linear: um jeito de produzir realmente sustentável**, 2020. Disponível em: <https://carinhoecogreen.com.br/economia-circular-linear-um-jeito-de-produzir-realmente-sustentavel/>. Acesso em: 17 Nov. 2022.

CASTRO, T. **OS BIOPLÁSTICOS: IMPACTOS AMBIENTAIS E PERSPECTIVAS DE MERCADO**. Programa de Planejamento Energético, COPPE UFRJ, 2019.

CAVALCANTE, R. F.; MARINHO, G. M.; BARBOSA, B. C. A. **IMPACTOS AMBIENTAIS DO ALQUIL BENZENO SULFONADO LINEAR**. HOLOS, vol. 4, 2014.

COELHO, O., SACCARO, N., LUEDEMANN, G. **A avaliação de ciclo de vida como ferramenta para a formulação de políticas públicas no Brasil**. Repositório IPEA, 2016.

CONSULTORIA MULT. **5 principais ativos para produtos de limpeza**, 2021. Disponível em: <https://consultoriامت.com.br/blog/5-ativos-produtos-de-limpeza-2/>. Acesso em: 17 Nov. 2022.

CRADLE TO CRADLE PRODUCTS INNOVATION INSTITUTE. **Cradle to Cradle Certified: Product Standard**. Version 3.1. p. 118, 2016.

DESIMONE, L. D., POPOFF, F. 2000. **Eco-efficiency: The business link to sustainable development**. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca: seria um sinal de progresso se um canibal utilizasse garfo e faca para comer?** São Paulo: Makron Books, 2001.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, **Household and personal care insights: Plastics packaging**, 2022 Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/global-commitment-2022-household-and-personal-care-insights>. Acesso em: 1 Fev. de 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, **Material Circularity Indicator (MCI)**, 2019 Disponível em: <https://ellenmacarthurfoundation.org/material-circularity-indicator>. Acesso em: 4 Nov. de 2022.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, **Towards The Circular Economy, Vol.1**, 2013

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (EEA). **Biodegradable and compostable plastics — challenges and opportunities**, 2020. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/publications/biodegradable-and-compostable-plastics>. Acesso em: 01 Fev. de 2023.

FERREIRA, A.; BORELLI, E.; CASON, A.; SANTOS, F.; OLIVEIRA, M. **Acidentes Infantis Domésticos por Produtos Domissanitários Registrados em Centro de Assistência Toxicológica da Região Sul**. Espaço para a Saúde, vol.3, n.1, 2001.

GOEL G., KAUR S. **A Study on Chemical Contamination of Water Due to Household Laundry Detergents**, Journal of Human Ecology, 38:1, 65-69, 2012.

GORNI A. **Siderúrgicas são o novo espaço para reciclagem energética de plásticos pós-consumo**, Plástico Industrial , 84, 2006.

GEISENDORF, S, PIETRULLA, F. **The circular economy and circular economic concepts—a literature analysis and redefinition**. Thunderbird Int Bus Review, Volume 60: 771– 782, 2018.

GHISELLINI, P., CIALANI, C., ULGIATI, S. **A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems**. Journal of Cleaner Production 114, 11- 32, 2016.

GOEDKOOP, M. **Product Service systems, Ecological and Economic Basics**. ResearchGate, 1999.

GOTTBERG A, LONGHURST PJ, COOK MB. **Exploring the potential of Product Service Systems to achieve household waste prevention on new housing developments in the UK**. Waste Management & Research, 2010.

GOYAL S., ESPOSITO M., KAPOOR A., **Circular Economy Business Models in Developing Economies: Lessons from India on Reduce, Recycle, and Reuse Paradigms.** Thunderbird International Business Review, Volume 60, Issue 5, 2018.

HENRIQUE, S. **Produção de detergente lava-louças através do reuso de subprodutos em uma indústria de domissanitários,** Relatório de estágio, Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, 2017.

HUPPES G., ISHIKAWA M., **Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: Ten basic steps for analysis,** Ecological Economics, Volume 68, Issue 6, 2009.

HUYSMAN, S., DE SCHAEPMEESTER, J., RAGAERT, K., DEWULF, J., DE MEESTER, S. **Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste.** Resources, Conservation and Recycling, 120, 46–54, 2017.

ICHIMURA, M., NAM, S., BONJOUR, S., RANKINE, H., CARISMA, B., QIU, Y., AND KHRUEACHOTIKUL, R., **Measuring Resource-use Efficiency and the Impact of Economic Activities,** United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific, Bangkok, 2009.

JOHNSON, P. & TRYBAŁA, A.; STAROV, V.; PINFIELD, V. **Effect of synthetic surfactants on the environment and the potential for substitution by biosurfactants.** Advances in Colloid and Interface Science, 2020.

KHERY, Y.; DANAR, S.E.; MAT NAWI, N.I.; BILAD, M.R.; WIBISONO, Y.; NUFIDA, B.A.; AHMADI, A.; JAAFAR, J.; HUDA, N.; KOBUN, R. **Ultra-Low-Pressure Membrane Filtration for Simultaneous Recovery of Detergent and Water from Laundry Wastewater.** *Membranes*, 2022.

KRISTENSEN, H. S.; MOSGAARD, M. A. **A review of micro level indicators for a 99 circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability?** Journal of Cleaner Production, v. 243, p. 118531, 2020.

KUNAMANENI, S., JASSI, S., HOANG, D. **Promoting reuse behaviour: challenges and strategies for repeat purchase, low-involvement products.** Sustain. Prod. Consum. 20, 2019.

LADU, L., MORONE, P.P. **Holistic approach in the evaluation of the sustainability of bio-based products: an integrated assessment tool.** Sustain. Prod. Consum. 28, 2021.

LAMPARELLI MC, TUCCI A, SANT'ANNA CL, PIRES DA, LERCHE LHM, CARVALHO MC, ROSAL C. **Atlas de cianobactérias da bacia do Alto Tietê**. São Paulo, CETESB, 2014.

LENZEN, M., MURRAY, J., SACK, F., WIEDMANN, T. **Shared producer and consumer responsibility—Theory and practice**. *Ecological Economics*, 61(1), 27–42, 2007.

LINDER, M., SARASINI, S. VAN LOON, P., **A Metric for Quantifying Product-Level Circularity**. *Journal of Industrial Ecology*, 21: 545-558, 2017.

MACHADO, C. P. **Limpeza E Consumo: Um Estudo Sobre Compra De Produtos De Limpeza Em Supermercados**. ResearchGate, 2016.

MARTINS, M. G. **Análise comparativa das metodologias de avaliação do ciclo de vida e indicador de circularidade de materiais: estudo aplicado às peças de policarbonato de medidores de energia inteligentes**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/15001>. Acesso em: 26 Jan. de 2023.

MUNEER, F., HUSSAIN, S., SIDRA-TUL-MUNTAHA, RIAZ, M., NADEEM, H. **Plastics Versus Bioplastics**, 2021.

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

NESSI, S. & RIGAMONTI, LUCIA & GROSSO, MARIO. **Waste prevention in liquid detergent distribution: A comparison based on life cycle assessment**. *Science of The Total Environment*, 2014.

OECD, **Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade**, *OECD Environment Policy Papers*, No. 12, OECD Publishing, 2018.

OECD, **The OECD Inventory of Circular Economy indicators**, *OECD Environment Policy Papers*, No. 12, OECD Publishing, 2021.

OTAZU, R. & AKIZU-GARDOKI, ORTZI & ULIBARRI, BLANCA & ITURRIONDOBEITIA, MAIDER & MINGUEZ, RIKARDO & LIZUNDIA, ERLANTZ. **Ecodesign coupled with Life Cycle Assessment to reduce the environmental**

impacts of an industrial enzymatic cleaner. Sustainable Production and Consumption, 2022.

PARK, H.S., BEHERA, S.K. **Methodological aspects of applying eco-efficiency indicators to industrial symbiosis networks.** Journal of Cleaner Production, 2014.

PASCALE A., ARBOLINO R., SZOPIK-DEPCZYŃSKA K., LIMOSANI M., IOPPOLO G., **A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators,** Journal of Cleaner Production, Volume 281, 2021.

PEREIRA, C. A. **Comportamento de compra relacionado a desastres e seus impactos na gestão de cadeia de suprimentos: o caso da pandemia da covid-19 no Brasil.** 96 f. Dissertação - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2022.

PIRES, S. **Proposta de formação do preço de venda: estudo de caso em uma indústria de produtos de limpeza localizada na região sul de Santa Catarina.** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, 2018.

PURWANINGSIH, R. & SIMANJUNTAK, CHRISTOPER & ROSYADA, ZAINAL. **Eco-Efficiency of Pencil Production Using Life Cycle Assessment to Increase the Manufacture Sustainability.** Jurnal Teknik Industri, 2020.

REBELLO, SHARREL & A.N, ANOOPKUMAR & RAVEENDRAN, SINDHU & PARAMESWARAN, BINOD & PANDEY, ASHOK & E M, ANEESH. **Comparative Life Cycle Analysis of synthetic detergents and biosurfactants – an overview,** 2019.

ROCHA, M., ANDRE, A., ARAUJO, M., SILVA, D. **PRODUTOS DE LIMPEZA: A importância para a sociedade e para o ensino aprendizagem na Escola de Ensino Médio Carmosina Ferreira Gomes, na cidade de Sobral – CE,** 2013. 11º Simpósio Brasileiro de Educação Química.

ROSSI, E. **Desenvolvimento e aplicação de indicadores e índice de produtos e de modelos de negócio para a economia circular,** 2020. Tese - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2020.

SAIDANI M., YANNOU B., LEROY Y., CLUZEL F., KENDALL A. **A taxonomy of circular economy indicators,** Journal of Cleaner Production, Volume 207, 2019.

SEBRAE. **O mercado brasileiro de produtos de limpeza,** 2014. Disponível em: <https://respostas.sebrae.com.br/o-mercado-brasileiro-de-produtos-de-limpeza/>. Acesso em: 2 Nov. de 2022.

SILVA, T., PONTES, A., MUSETTI, M., OMETTO, A. **Economia circular: um panorama do estado da arte das políticas públicas no Brasil**. Revista Produção Online, 21(3), 2021.

STATISTA. **Global: revenue of household cleaners by country**, 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/forecasts/758614/revenue-of-the-household-cleaners-market-worldwide-by-country>. Acesso em: 17 Nov. 2022.

SUPERVAREJO. **Ypê conquista título de Aterro Zero na fábrica de Salto (SP)**, 2022. Disponível em: <https://www.supervarejo.com.br/sustentabilidade/ype-conquista-titulo-de-aterro-zero-na-fabrica-de-salto-sp/>. Acesso em: 1 Dez. 2022.

TUKKER, A., **Eight types of product–service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet**. Bus. Strat. Env., 2004.

VALOR. **Entenda o que é ESG e por que a sigla é importante para as empresas**, 2022. Disponível em: <https://valor.globo.com/empresas/esg/noticia/2022/02/21/entenda-o-que-e-esg-e-por-que-a-sigla-esta-em-alta-nas-empresas.ghtml>. Acesso em: 18 de Dez. de 2022.

VELLANI, C. L.; RIBEIRO, M. S. **Sustentabilidade e contabilidade**. Revista contemporânea de contabilidade, v. 6, n.11, 2009.

UNGARETTI, M. **ESG de A a Z: Tudo o que você precisa saber sobre o tema. ESG: INVESTINDO PARA UM MUNDO MELHOR**, 2021. Disponível em: <https://conteudos.xpi.com.br/esg/esg-de-a-a-z-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-tema/>. Acesso em: 18 Dez. 2022.

WEN, Z., MENG, X. **Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District**. Journal of Cleaner Production, 90, 2015.

YU Y., ZHAO J., BAYLY A. **Development of surfactants and builders in detergent formulations**, Chinese J. Chem. Eng. 16, 2008.

ZHANG B., BI J., FAN Z., YUAN Z., GE J., **Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach**, Ecological Economics, Volume 68, Issues 1–2, 2008.