



Aperfeiçoamento e aplicação de indicador de sustentabilidade para avaliação dos principais materiais utilizados no design de embalagens

Improvement and application of a sustainability indicator to evaluate the main materials used in packaging design

Gustavo Duarte Grieder, Graduado, UNISUL

gustavo.grieder@gmail.com

Ricardo Goulart Tredezini Straioto, Doutor, UNISUL

ricardo.straioto@gmail.com

Resumo

Indicadores com parâmetros ambientais são ferramentas úteis para demonstrar quão sustentável é um dado produto ou material. O “Indicador de Sustentabilidade de Materiais” - ISM- fundamenta-se nos critérios de Fuad-Luke (2006) que foram ampliados em Projeto de Pesquisa de 2013. Este artigo descreve os processos de aperfeiçoamento do Indicador e da sua aplicação na avaliação dos principais materiais utilizados em embalagens. Como resultado, o ISM passou para 9 critérios organizados em três eixos: dados sobre o recurso, sobre a produção e sobre a reciclagem, e foram desenvolvidos materiais de apoio. O ISM foi aplicado por estudantes de design em 2022-2 para avaliação de 6 materiais, são eles: o papel, o MDF, o vidro, o alumínio, o PVC e o PET. Conclui-se que o ISM favorece a avaliação simplificada do impacto ambiental dos materiais com base na interpretação de dados secundários e a sua aplicação no design de embalagens mais sustentáveis, bem como o aprendizado sobre pesquisa científica e design para sustentabilidade pelos dos bolsistas e participantes.

Palavras-chave: Indicador de Sustentabilidade, Materiais, Design de Embalagem.

Abstract

Indicators with environmental parameters are useful tools for demonstrating how sustainable a given product or material is. The “Material Sustainability Indicator” - ISM - is based on the criteria of Fuad-Luke (2006) that were expanded in a 2013 Research Project. This article describes the processes of improving the Indicator and its subsequent application in the evaluation of main materials used in packaging. As a result, the ISM moved to 9 criteria organized into three axes: data on the resource, on production and on recycling. Support materials were developed. The ISM was applied by design students in 2022-2 to evaluate 6 materials, namely: paper, MDF, glass, aluminum, PVC and PET. It is concluded that the ISM favors the simplified assessment of the environmental impact of materials based on the interpretation of secondary data and its application in the design of more sustainable packaging. It is concluded that the ISM favors the simplified assessment of the environmental impact of materials based on the interpretation of secondary data and its application in the design of more sustainable packaging.

as well as learning about scientific research and design for sustainability by scholarship holders and participants.

Keywords: *Sustainability Indicator, Materials, Packaging Design.*

1. Introdução

A correta escolha dos materiais melhora a experiência visual da embalagem, cria interesse ao tocar, reduz (ou aumenta) os custos e o seu impacto ambiental desde a seleção das matérias-primas, a fabricação, o transporte e a distribuição, o seu uso e o descarte. "Os designers podem desempenhar seus papéis entendendo essas questões e tentando influenciar a escolha dos materiais feita pelos seus clientes" (Calver, 2009, p. 64).

Segundo Lefteri (2017,p.11), "o mundo e as ligações que temos com materiais estão passando por uma incrível mudança, impulsionada pelo desejo de novas histórias de sucesso e pela necessidade de encontrar soluções sustentáveis". No Brasil, Straioto e Figueiredo (2011) apontam que a Política Nacional de Resíduos de Sólidos (Lei 12.305/2010) demonstra-se estratégica para o design, pois é mais oportuno e ecoeficiente projetar produtos mais sustentáveis, do que buscar soluções para os danos ao ambiente.

Para Twede (2010), a escolha, o fornecimento e a demanda dos materiais são influenciados por fatores ambientais, como disponibilidade recursos naturais, fatores sociais, como estilos de vida e normas culturais, fatores tecnológicos e tendências do marketing e distribuição. Fuad-Luke (2006) alerta que projetistas tradicionalmente selecionam materiais com base em suas propriedades físicas, químicas, estéticas, custo e disponibilidade, contudo, outros parâmetros ambientais também são importantes. Segundo Fiksel (1996), estabelecer um indicador para tomar decisões utilizando parâmetros ambientais é ferramenta útil para demonstrar quão sustentável a empresa projeta seus produtos, sua produção e sua poluição e se a empresa está se tornando menos ou mais ecoeficiente no uso de recursos.

Conforme Callado e Fensterseifer (2009, p.215) muitas organizações sabem da necessidade de compreenderem seus desempenhos ambientais e sociais para melhorar a eficiência de sua gestão, "mas, em apenas poucos casos, o sistema de medição de desempenho permite uma integração entre indicadores financeiros tradicionais e indicadores sociais e ambientais".

Na dimensão ambiental, as análises de ciclo de vida¹ definidas por certificações ambientais como ISO 14.000 baseiam-se na coleta de dados primários sobre emissões e consumos de recursos, tornando-se onerosas. O 'Indicador de Sustentabilidade de Materiais' - ISM - busca viabilizar uma avaliação simplificada dos materiais utilizados no design de embalagens, com base na coleta e interpretação de dados secundários, facilitando e favorecendo sua aplicação na concepção de embalagens com menor impacto ambiental em todo o seu ciclo de vida - desde a extração, transformação, produção, distribuição, uso e descarte do material.

¹ A análise de ciclo de vida (AVC) é uma técnica de avaliar o peso da embalagem sobre o ambiente que leva em consideração os recursos demandados para: extração de matéria-prima, conversão do material para embalagem, enchimento da embalagem, distribuição do produto e o descarte da embalagem, reciclagem ou reutilização. Ela considera se os recursos naturais são renováveis e os efeitos da poluição. Este enfoque "do berço à cova" pode ser útil para comparar entre alternativas de embalagens. (Twede, 2010)

Portanto, o aperfeiçoamento e aplicação do ISM na avaliação dos principais materiais utilizados no design de embalagens consiste na problemática central deste artigo que descreve o processo e os resultados da pesquisa realizada via Edital Prociência Iniciação Científica Ânima 2022-2023 entre julho de 2022 e julho de 2023.

2. Indicadores de Sustentabilidade dos Materiais no Design de Embalagens

2.1 Indicadores de Sustentabilidade

Segundo Callado e Fensterseifer (2009), os indicadores de sustentabilidade são instrumentos essenciais para guiar ações, acompanhar e avaliar o progresso alcançado rumo ao desenvolvimento sustentável. Eles fornecem bases para avaliação do desempenho e permitem comparações no tempo e no espaço, e ainda descobrir novas correlações.

Os indicadores de sustentabilidade diferem dos indicadores tradicionais de progresso econômico, social e ambiental, pois estes últimos medem as mudanças de um aspecto como se fossem inteiramente independentes dos demais. Já os indicadores de sustentabilidade requerem uma visão integrada do mundo com indicadores multidimensionais que mostrem as inter-relações existentes entre eles. (Callado; Fensterseifer, 2009,p.214)

Algumas iniciativas nesta direção, como a *Global Reporting Initiative* (GRI, 2023) e o *Dow Jones Sustainability World Index* (DJSWI, 2023), estruturam seus indicadores a partir das dimensões ambiental, social e econômica² do tripé da sustentabilidade (*triple bottom line*). Enquanto a dimensão *econômica* mede os impactos da organização nas condições econômicas de seus stakeholders em nível local, nacional e global, a dimensão *social* avalia aspectos ligados às práticas trabalhistas, direitos humanos, sociedade e responsabilidade pelo produto, bem como a participação social com vistas à redução da desigualdade entre os atores sociais envolvidos e a satisfação das suas necessidades essenciais, como: equidade na distribuição de renda, acesso à propriedade, emprego, bens e serviços. A dimensão ambiental refere-se aos impactos da organização sobre sistemas naturais vivos e não vivos, incluindo ecossistemas, terra, ar e água, a biodiversidade, conformidade ambiental, gastos com meio ambiente e os impactos de produtos e serviços com insumos (material, energia, água) e produção (emissões, efluentes, resíduos). (DJSWI, 2023; GRI, 2023; Callado; Fensterseifer, 2009)

Muitas empresas concordam que partindo de uma perspectiva multidimensional é necessário integrar as necessidades dos stakeholders dentro de um processo de criação de valor de longo prazo (Callado; Fensterseifer, 2009, p.215). Neste sentido, o GRI (2023) também inclui uma dimensão chamada *Universal* como apoio à organização na identificação dos temas centrais para criação de relatórios de sustentabilidade que enfocam os impactos de suas atividades, operações e governança, e que atendam às demandas de informações de seus stakeholders. Bellen (2008) inclui a dimensão *Institucional* com aspectos sobre cooperação internacional, acesso à informação, infraestrutura de comunicação, ciência e tecnologia, implementação estratégica e monitoramento do desenvolvimento sustentável.

Quadro 1: Características dos indicadores de sustentabilidade

² No índice Dow Jones, a dimensão econômica está associada à ‘Governança’ (*Governance & Economic*).

Característica	Impacto na escolha ou formulação do indicador
Seletividade	devem estar relacionados a fatores essenciais ou críticos do processo a ser avaliado
Representatividade	devem representar o processo ou produto a que se refere
Simplicidade	devem ser de fácil compreensão e aplicação, principalmente para aquelas pessoas diretamente envolvidas com a coleta, processamento e avaliação dos dados, requerendo o mínimo de esforço adicional para sua implementação
Baixo custo	devem ser gerados a custo baixo. O custo para coleta, processamento e avaliação não deve ser superior ao benefício trazido pela medida;
Estabilidade	coleta de dados com base em procedimentos rotinizados na empresa e que permitem sua comparação e a análise de tendências ao longo do tempo.
Comparação externa	devem permitir a comparação do desempenho da empresa com o de outras empresas do setor ou empresas de outros setores.
Melhoria contínua	devem ser periodicamente avaliados e serem modificados ou ajustados para atender às mudanças no ambiente organizacional e não perderem seu propósito e validade.

Fonte: Adaptado de Callado e Fensterseifer (2009,p.217-218).

Na operacionalização do desenvolvimento sustentável, Callado e Fensterseifer (2009, p.230), apontam que um dos principais desafios é “criar instrumentos de mensuração que associem variáveis de diversas esferas, revelando significados mais amplos sobre os fenômenos a que se referem”. Neste sentido, eles compilaram as principais características dos indicadores de sustentabilidade (ver quadro 1), como seletividade, representatividade, simplicidade, baixo custo, estabilidade, comparação externa e melhoria contínua.

2.2 Indicador de Sustentabilidade de Materiais

No percurso para sustentabilidade se desenham dois cenários. No cenário da *biocompatibilidade*, os materiais, produtos e serviços são compatíveis com o sistema natural, isto é, usam recursos renováveis e os resíduos e as emissões são biodegradáveis e biocompatíveis. O cenário da *não-interferência*, por sua vez, implica no aumento da capacidade de reciclagem, para que não sejam extraídos mais recursos do que a natureza é capaz de repor, nem emitidos resíduos nos processos de produção, mas, se ocorrer, que tudo seja reciclado e reaproveitado como matéria-prima para os novos produtos, ou usado em cascata (recursos energéticos). Os dois cenários, contudo, desconsideram a necessidade da redução drástica no consumo de recursos naturais para satisfazer a demanda por bem-estar material (Manzini;Vezzoli, 2005). Com a necessidade de reduzir o consumo de recursos, a questão da origem dos materiais – se cultivados, provenientes das plantas e animais, mineração ou petróleo – torna-se um critério muito importante (Lefteri, 2017, p.11).

“A maioria dos recursos materiais utilizados para embalagem é renovável (madeira e fibras vegetais para caixas e embalagens de papel) ou muito abundante (areia para vidro, barro para cerâmica, minério de ferro para metal e bauxita para alumínio)” (Twede, 2010, p.8). Segundo Twede (2010) existem quatro materiais básicos de embalagem: vidro, metal, materiais provenientes da madeira (incluindo papel e papelão) e plásticos. Dentro deles, há muitas variações e propriedades únicas. Os plásticos são diferentes dos materiais anteriores pois vão além da conversão de materiais existentes, envolvendo a modificação de estruturas químicas para a produção de novos compostos que não existem naturalmente.

Fuad-Luke (2006) classifica os diversos materiais quanto aos recursos naturais que lhe dão origem em três categorias, são elas: os materiais da biosfera, da litosfera e da tecnosfera (ver quadro 2). Os materiais da Biosfera são derivados dos componentes vivos do planeta e retornam prontamente para os ciclos da natureza. Os materiais da Litosfera são derivados das camadas geológicas da crosta terrestre. Geralmente os materiais da biosfera e da litosfera são processados por síntese ou concentração para assim criar os materiais de tecnosfera.

Quadro 2: Materiais da biosfera, litosfera e tecnosfera

origem	características
Biosfera	são renováveis e originários de plantas, animais e microrganismos. Incluem grupos especiais de materiais sintéticos, tais como biopolímeros compostáveis e biocompostos derivados de matéria vegetal. São prontamente levados de volta aos ciclos da natureza pelo processo de biodegradação, ou compostagem, pela ação de micróbios e pela água e pelo clima.
Litosfera	Divide-se em dois grupos: os materiais amplamente distribuídos e abundantes, tais como areia, cascalho, pedra e argila; os materiais com distribuição limitada, como os combustíveis fósseis, minérios metálicos e metais preciosos e as pedras.
Tecnosfera	são geralmente não-renováveis. Os polímeros sintéticos (plásticos, elastômeros e resinas) derivados do petróleo, um combustível fóssil, são materiais tecnosfera. não são prontamente devolvidos aos ciclos da natureza e alguns, como os plásticos, cerâmica (vidro, fibras de carbono) e compostos (cerâmica, metal), são inertes a decomposição microbiana e nunca reintroduzidos a biosfera.

Fonte: Fuad-Luke (2006,p.283)

Essas características quanto a origem tem reflexos sobre os processos de reciclagem e de reintegração à natureza de cada tipo de material. Considerando estes aspectos, o autor definiu que um “**ecomaterial**” é aquele que tem um impacto mínimo no meio ambiente, mas oferece desempenho máximo para a tarefa de projeto necessária. Ecomateriais são facilmente reintroduzidos em ciclos. Os ecomateriais da biosfera são reciclados pela natureza e os ecomateriais da tecnosfera são reciclados por processos criados pelo homem.

Em um mundo de recursos finitos, faz-se necessário reciclar os materiais tecnosfera. Neste aspecto, é importante considerar que materiais de menor valor monetário também tendem a ter baixos volumes de reciclagem - o que exemplifica a interdependência entre as dimensões do tripé da sustentabilidade. O aumento da *fração reciclada* (é a porcentagem de matéria prima reciclada no conteúdo total do material) nos materiais propõem a reavaliação da ideia de “lixo” e também pode trazer economia de energia - que é um recurso primário necessário para a fabricação de qualquer embalagem. Os materiais extraídos diretamente da natureza e que exigem pouco processamento são materiais de baixa *energia incorporada*³, enquanto materiais produzidos com maior emprego de tecnologia tendem a possuir de média a alta energia incorporada. Os materiais da tecnosfera tendem a apresentar valores de *energia incorporada* muito maiores do que em materiais da biosfera. Metais e plásticos feitos inteiramente de

³ É o grau de eficiência do uso da energia dentro de um ecossistema, ou seja, a energia captada, os fluxos de energia dentro do ecossistema e as perdas de energia. Materiais representam energia armazenada, captada do sol ou já retida na litosfera e incorporam energia para serem produzidos. Materiais com baixa energia incorporada são geralmente aqueles com menor impacto ambiental. Em produtos complexos, que envolvem muitos materiais, os cálculos são mais complicados. Materiais de alta energia incorporada, que são duráveis e prolongam a vida útil do produto, podem ser preferidos aos de baixa energia incorporada, que têm uma vida útil curta. Portanto, é importante considerar a energia incorporada do material durante a vida útil do produto. (Fuad-Luke, 2006)

material reciclado muitas vezes *incorporam* de 50% a até 10% da energia que os materiais virgens. Logo, a *reciclagem em circuito fechado* de materiais da tecnosfera pode reduzir significativamente os impactos ambientais. (Fuad-Luke, 2006)

Conforme Twede (2010), considerando que todos os recursos não renováveis podem ser recuperados, em longo prazo, o real custo das embalagens será determinado pelo montante de energia empregada na sua produção e uso. Contudo, a autora destaca que os **sistemas de reciclagem** produzem efeitos ambientais que podem ser piores do que o descarte em si, incluindo a poluição da água e do ar e alto uso de energia. A coleta, a seleção dos materiais para serem homogeneamente reprocessados pode consumir mais recursos do que seriam economizados. Em especial, as embalagens multimateriais, embora forneçam proteção superior a baixo custo, podem seriamente prejudicar a economia de reutilização e reciclagem.

Quadro 3: Checklist para seleção de materiais de Fuad-Luke

Atributos do Material	Baixo Impacto ambiental	Alto impacto ambiental
Disponibilidade do Recurso	Renovável e/ou abundante	Não renovável e/ou raro
Distância da origem (quanto mais perto da origem menor é a energia consumida em transporte) km	Próximo	Longe
Energia Incorporada (o total de energia incorporada no material da extração até o produto acabado) por kg	Baixa	Alta
Fração reciclada (a proporção do conteúdo reciclado) por cento	Alta	Baixa
Produção de Emissão (para o ar, água e terra)	Zero/baixa	Alta
Produção de Lixo	Zero/baixa	Alta
Produção de toxinas ou substancias danosas	Zero/baixa	Alta
Reciclabilidade, reutilização	Alta	Baixa
Lixo no final-da-vida.	Zero/Baixo	Alto
Ciclobilidade (facilidade do material poder ser reciclado)	Alta	Baixa

Fonte: FUAD-LUKE, 2006, p.282, tradução nossa.

Frente a este cenário complexo para medir o impacto ambiental dos materiais, o **Indicador de Sustentabilidade de Materiais (ISM)** foi proposto em projeto de pesquisa realizado via Edital do Programa Unisul de Iniciação Científica (PUIC) em 2013-2014 quando, aos dez atributos ambientais dos materiais propostos por Fuad-Luke (2006), ver quadro 3 acima, foi acrescido o critério de “biodegradação”. Portanto, o ISM estruturou-se em 11 critérios, são eles: (i) disponibilidade de recurso, (ii) distância da origem, (iii) energia incorporada, (iv) fração reciclada, (v) produção de emissão, (vi) produção de lixo, (vii) produção de toxinas, (viii) reciclabilidade, (ix) lixo no fim-da-vida, (x) ciclabilidade e (xi) biodegradação.

Entre os níveis baixo e alto impacto ambiental foi incluído o *nível médio*, e os três níveis foram traduzidos como orientações projetuais (e no código de cor de semáforo), sendo ‘preferível’ o nível baixo (cor verde), ‘cuidado’ o nível médio (cor amarela) e ‘evitar’ para alto impacto ambiental (cor vermelha). Neste formato, o ISM foi aplicado em 2014 no projeto de pesquisa e como atividade de pesquisa em unidades curriculares aderentes nos cursos de design da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em 2016 e na Universidade do Sul de Santa Catarina (Unisul) em 2019 e 2021.

3. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa ocorreu no âmbito do Edital⁴ Prociência 2022-2 de Iniciação Científica e envolveu o *Professor* orientador, dois estudantes *Bolsistas* do projeto de iniciação científica e, segundo a metodologia proposta pelo projeto de pesquisa aprovado, também envolveu os estudantes *Participantes* de duas turmas do curso de graduação em design das IES do Grupo Ânima Educação, por meio de unidade curricular com aderência à temática da pesquisa.

Quanto ao método de pesquisa, seu papel é ordenar o desenvolvimento da pesquisa em etapas com objetivos e resultados distintos. Este artigo relata pesquisa desenvolvida com natureza aplicada, abordagem qualiquantitativa e objetivo exploratório-descritivo quanto ao processo de avaliação do impacto ambiental dos materiais aplicados no design de embalagens por meio do Indicador de Sustentabilidade de Materiais (ISM). Como objetivo exploratório-descritivo, propõe-se a aplicação do ‘Indicador de Sustentabilidade de Materiais’ para avaliar o impacto ambiental dos principais materiais das embalagens - definidos em conjunto com o *Professor*. A avaliação deve ser realizada com base em pesquisas bibliográfica e documental. Os dados coletados devem ser analisados, interpretados e classificados pelos *Participantes* na escala ordinal de impacto ambiental: baixo (“Preferível”), médio (“Cuidado”) e alto impacto ambiental (“Evitar”). Conforme Martins (2000), pesquisa bibliográfica visa recolher, selecionar, analisar e interpretar as contribuições teóricas já existentes sobre determinado assunto. Para Gil (2022), a pesquisa documental assemelha-se à pesquisa bibliográfica, pois ambas utilizam dados existentes. A principal diferença está na natureza das fontes, pois a pesquisa documental utiliza materiais internos à organização elaborados com finalidades diversas, tais como autorização, comunicação, orientação, etc., e as fontes bibliográficas são obtidas em bibliotecas ou bases de dados.

Os documentos e dados coletados devem ter data de publicação recente, representatividade geográfica e unidades comparáveis. Quando necessário estabelecer ponto geográfico inicial para coleta de dados, como no critério ‘distância percorrida’, deve ser utilizada a cidade de Florianópolis/SC. Observando esses mesmos critérios, os *Bolsistas* verificaram os dados e as classificações realizadas pelos *Participantes* e, quando necessário, realizam as devidas pesquisas complementares. Em seguida, os *Bolsistas* comparam o desempenho ambiental dos materiais com apoio dos gráficos sobre a média geral e sobre cada critério do indicador. Durante todo o processo, os *Bolsistas* observam as dificuldades dos *Participantes* no processo da pesquisa (como o uso ou relevância dos critérios do indicador, acesso aos dados sobre o impacto ambiental dos materiais, etc). Por fim, faz-se recomendações de melhorias no Indicador e considerações sobre sua aplicação no design de embalagens mais sustentáveis.

3.1 Aperfeiçoamento do Indicador de Sustentabilidade de Materiais - ISM

Visando a realização de melhorias no indicador e adequações no processo da pesquisa considerando as características dos indicadores compiladas por Callado e Fensterseifer (2009)

⁴ Projeto de Pesquisa foi submetido e aprovado na linha de pesquisa institucional prioritária “2.Meio Ambiente” e com as áreas prioritárias do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) sobre Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável, como: Cidades Inteligentes e Sustentáveis; Tratamento e Reciclagem de Resíduos Sólidos; Monitoramento, Prevenção e Recuperação de Desastres Naturais e Ambientais.

e também para testar os passos sugeridos aos *Participantes*, os *Bolsistas* aplicaram empiricamente o percurso metodológico planejado para a coleta e análise dos dados sobre o Polietileno Tereftalato (PET). Assim, obtiveram uma percepção da dificuldade de compreensão e da pesquisa sobre cada critério.

Esta etapa de aperfeiçoamento do Indicador e do processo de pesquisa ocorreu entre julho/2022 e janeiro/2023. Neste processo, os *Bolsistas* identificaram o critério “energia incorporada” como o de maior dificuldade para pesquisar dados e classificá-los nos descritores de baixo, médio e alto impacto. Desse modo, a energia incorporada pelo material passou a ser parte da justificativa do impacto ambiental do critério “distância percorrida”. Para evitar a confusão entre os critérios “ciclabilidade” e “reciclabilidade”, ambos foram sintetizados em um único critério intitulado “reciclabilidade” e assim facilitar a compreensão e uso do Indicador, que, portanto, passou a ser composto por 9 critérios, conforme Quadro 4.

Quadro 4: Os nove critérios do Indicador organizados nos três eixos sobre recurso, produção e reciclagem

Atributos do Material	PREFERÍVEL (Baixo impacto ambiental)	CUIDADO (Médio impacto ambiental)	EVITAR (Alto impacto ambiental)
Dados sobre o Recurso			
Disponibilidade do Recurso	Renovável e abundante	não renovável e abundante	Não renovável e/ou raro
Distância da origem (quanto mais perto da origem menor é a <i>energia consumida</i> em transporte) km	Próximo, até 100 Km	de 101 a 999 Km	Longe, acima de 1.000 Km
Biodegradação	meses	anos	décadas
Dados sobre a Produção			
Produção de Emissão (para o ar, água e terra) ⁵	Zero/baixa	Média	Alta
Produção de Lixo (pré-consumo)	Zero/baixa	Média	Alta
Produção de toxinas ou substâncias danosas	Zero/baixa	Média	Alta
Dados sobre a Reciclagem			
Fração reciclada (a proporção do conteúdo reciclado) por cento	Alta 100% a 50%	Média 49% a 1%	Baixa 0%
Lixo no final-da-vida (pós-consumo).	Zero/Baixo	Média	Alto
Reciclabilidade (reutilização e facilidade do material poder ser reciclado)	Alta	Média	Baixa

Fonte: autores, 2023.

Ainda no esforço de facilitar a compreensão dos critérios e o uso do indicador, os critérios finais foram agrupados em três eixos, com três critérios cada eixo, são eles:

- A. **sobre o recurso natural:** (1) disponibilidade do recurso; (2) distância da origem e (3) biodegradação;
- B. **sobre a produção:** (4) produção de lixo; (5) produção de emissão e (6) produção de toxinas ou substâncias danosas;
- C. **sobre a reciclagem:** (7) fração reciclada, (8) lixo no final-da-vida e (9) reciclabilidade.

⁵ Tabela fornecida aos *Participantes* para identificarem o tipo de indústria que fornece o material pesquisado, extraído o valor entre 0 e 9 da tabela como referência para classificação do impacto ambiental do material na escala fornecida de baixo (entre 0 e 3), médio (entre 4 e 6) e alto impacto ambiental (entre 7 e 9). Fonte: Giacomini Filho, Gino. **Ecopropaganda** - São Paulo: Editora Senac: São Paulo, 2004. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1TJcaIzIWsnJjDJaHigIEKi5MPGCainvb/view?usp=drive_link

No esforço de gerar estabilidade e facilitar o uso do Indicador, os resultados da pesquisa sobre o PET realizada pelos *Bolsistas* com as respostas aos três critérios do eixo “dados sobre o recurso natural” foram disponibilizados aos *Participantes* como padrão de resposta e modelo para citação das referências bibliográficas⁶. Por fim, os *Bolsistas* atualizaram os slides de apresentação do ISM⁷ aos *Participantes*, também elaboraram um PDF interativo⁸ para padronizar a entrega das pesquisas realizadas e um questionário⁹ para captar o feedback dos *Participantes* sobre as dificuldades do processo.

4. Aplicações e/ou Resultados

4.1 Aplicação do Indicador de Impacto Ambiental dos Materiais

Para esta etapa articulou-se a participação dos estudantes de duas turmas da unidade curricular intitulada ‘*Técnicas de Produção em Design*’, dos cursos de Design da Ânima (Turma 1: IES Unisul e USJT; Turma 2: Modalidade Live). Logo, além dos *Bolsistas*, foram incluídos os *Participantes* e, assim, promovendo o ensino integrado às atividades de pesquisa.

As Turmas 1 e 2¹⁰ pesquisaram sobre os seguintes materiais: fibra de cana de açúcar, madeira ipê, papel, MDP, MDF, vidro, alumínio (2x), EVA, TPE, PVC e PET. Os resultados da pesquisa geraram o desempenho geral de cada material de acordo com o indicador, conforme escala de 1 para baixo impacto e 3 para alto impacto ambiental. Os materiais também foram comparados em cada um dos 9 critérios do indicador. Porém, esses resultados refletem a etapa anterior à validação dos dados e classificação realizadas pelos *Bolsistas*, logo, ainda não constituem fonte de informação confiável.

4.2 Feedback dos Participantes

O questionário com o feedback dos *Participantes* obteve 27 respostas entre os dias 20 e 31 de outubro de 2022, sendo 20 respostas da Turma 1 e 07 da Turma 2. Os *Participantes* indicaram como maior dificuldade no processo: ‘encontrar dados atuais que suportem a pesquisa’ (77,8%); ‘analisar a resposta encontrada e classificar na escala de cada critério’ (40,7%) e ‘conciliar à pesquisa com as demais atividades da UC’ (29,6%).

Os critérios que os *Participantes* melhor compreenderam (índice 5, na escala de 1 e 5) foram: reciclabilidade (70%), disponibilidade de recurso (55,6%) e produção de toxinas ou substâncias danosas e biodegradação (ambos com 48%). Por outro lado, os critérios menos compreendidos (com índice 2 na escala) foram: produção de emissão (29,6%), biodegradação e distância da origem (ambos com 18,5%). No índice 3 (médio), ficaram os critérios ‘produção de lixo’ (40,7%), produção de toxinas ou substâncias danosas (37%), fração reciclada (33,3%) e produção de emissão (25,9%).

⁶ https://docs.google.com/document/d/1szLII9FsnZ7jS2aouTLwrEXOKJWRXy_m0ehg7Is5s-M/edit?usp=sharing

⁷ <https://docs.google.com/presentation/d/1LsNnyiw5UHNb3d8EKpbvnfHCzXwumYS6y6th6eR9QVE/edit?usp=sharing>

⁸ https://drive.google.com/file/d/1e93tAWThTuN_RbWfwhSh5LgoOgqJQErj/view?usp=sharing

⁹ <https://forms.gle/w64LmzzndsNeGuso9>

¹⁰ <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qbII59zSuJ3dd38c5z78PUVbOdvBfvNttd39fVaBog/edit?usp=sharing>

Quanto à coleta de dados sobre os materiais, os *Participantes* apontaram como mais fáceis (índice 5) para serem pesquisados, os critérios: disponibilidade de recurso (51,9%), reciclabilidade (44,4%), biodegradação (37%). E com maior dificuldade (índice 2) destacaram-se os critérios de produção de lixo (29,6%), distância da origem e produção de emissão (ambos com 25,9%). Por fim, os resultados indicaram um tempo médio de dedicação à pesquisa de 13,4 horas, sendo 6 horas o tempo mais citado pelos respondentes (22%).

4.3 Validação dos dados pelos *Bolsistas*

Na validação de resultados¹¹ nenhum material pesquisado obteve os 9 critérios validados, sendo o problema mais frequente as fontes consultadas pelos *Participantes*, tais como muitas matérias de sites com dados sem credibilidade científica (sem recorte temporal ou regional) ou sem citar as fontes da informação utilizada. Desse modo, os *Bolsistas* complementaram a pesquisa dos critérios do Indicador para seis materiais, sendo dois materiais da biosfera (papel e mdf)¹², dois da litosfera (vidro e alumínio)¹³ e dois da tecnosfera (PVC e PET)¹⁴.

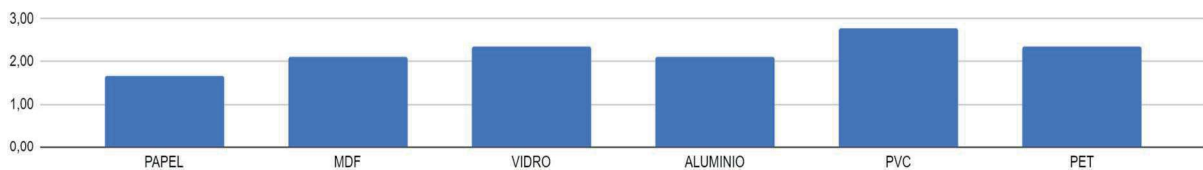


Gráfico 3 - Índice geral de cada material validado pelos *Bolsistas*.



Gráfico 4 - Resultado do critério Produção de Lixo de cada material validado pelos *Bolsistas*.

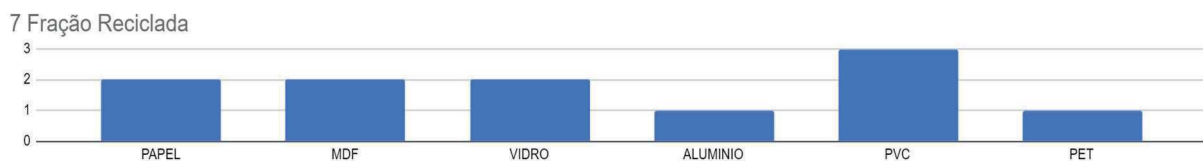


Gráfico 5 - Resultado do critério Fração Reciclada de cada material validado pelos *Bolsistas*.

Na *planilha*¹⁵ com os resultados validados foram elaborados os gráficos comparativos entre os materiais para o índice geral (gráfico 3) e para cada critério, como nos exemplos dos gráficos 4 e 5 (acima), sobre *Produção de lixo* e *Fração Reciclada*, respectivamente.

¹¹ <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1bZCZJWZvPm4vkMZI5Nv1yv4QcHDS3UB0G1Rdhfm77N4/edit?usp=sharing>

¹² https://docs.google.com/document/d/1DhsYsnX_Al7pc75-KvcHPEDaF1w7oWZeV2JN8Ke5j4w/edit?usp=sharing

¹³ <https://docs.google.com/document/d/1DBSUmjLd9Iielc6YwiBzAYO6N2SsRpFfbFs4CjYt2w8/edit?usp=sharing>

¹⁴ <https://docs.google.com/document/d/1VOzq7XpzqTOoI4HV2LJ8jJWb6WiHEHb1CPeCo4m7VM4/edit?usp=sharing>

¹⁵ Planilha com os dados dos materiais validados pelos *Bolsistas* e os gráficos do índice geral e dos 9 critérios: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1JfSw0DkJC7-Rfu0puMCnIMD1fOMjGrXOIU-cPjUFMVA/edit?usp=sharing>

5. Análises dos Resultados e Discussões

Sobre o aperfeiçoamento do Indicador de Sustentabilidade de Materiais, e considerando as características dos indicadores da sustentabilidade compiladas por Callado e Fensterseifer (2009), podemos destacar que, quanto a *Seletividade* e *Representatividade*, os *Bolsistas* retiraram o critério de ‘*energia incorporada*’ e sintetizaram os critérios: ‘ciclobilidade’ e ‘Reciclabilidade, reutilização’ em um único critério para evitar confusões. Quanto à *Simplicidade* e *Baixo Custo*, considera-se o quão onerosa pode ser uma análise de ciclo de vida e como uma pesquisa exploratória e quali-quantitativa com base em dados secundários já pode fornecer parâmetros úteis à tomada de decisão projetual. A *Estabilidade* e a *Comparação Externa* foi facilitada pela criação do modelo de padrão de resposta conforme ABNT para citação das fontes, bem como pela padronização da entrega via pdf interativo. Por fim, quanto a *Melhoria Contínua*, destaca-se a organização dos critérios em três eixos, que refletem agrupamento por proximidade das informações que embasam as respostas necessárias para os três critérios de cada eixo. Ao final, considerando que os indicadores de sustentabilidade requerem uma visão multidimensional integrada, e o Indicador em questão tem ênfase na dimensão ambiental, propõem-se a adequação do seu nome para “*Indicador de Impacto Ambiental de Materiais - IIAM*” em suas próximas aplicações.

6. Considerações Finais

A embalagem visa proteger, conter e promover o seu conteúdo, bem como facilitar o uso do produto (abertura, armazenamento, fechamento e descarte). A escolha dos materiais depende do produto e do desempenho esperado da embalagem, os impactos ambientais da produção, uso e descarte da embalagem são também um fator importante para os profissionais em embalagens e na redução da embalagem enquanto resíduo sólido. (Twede, 2010) Os designers também podem reduzir os impactos ambientais das embalagens se especificarem materiais com frações recicladas mínimas e se seguirem certas normas, tais como rótulos ecológicos ou especificar fornecedores ou fabricantes com sistemas de gestão ambiental reconhecidos internacionalmente, como ISO 14001. (Fuad-Luke, 2006)

Os resultados relatados neste artigo, somados as aplicações anteriores do ISM (ou IIAM) permitem inferir que ele viabiliza avaliação ambiental simplificada de diferentes materiais, bem como a comparação entre eles, assim, fornecendo apoio para reflexão e tomada de decisão sobre embalagens, materiais e sistemas de produção e consumo mais sustentáveis. Porém, reconhece-se a limitação do Indicador devido a imprecisão da interpretação dos dados coletados frente aos três níveis de impacto ambiental utilizados (baixo, médio e alto). Neste sentido, para futuros estudos e melhorias recomenda-se desenvolver os descritores de cada critério para 5 níveis de impacto ambiental (escala likert) com valores e informações de referência para cada nível, além de fornecer mais informações sobre os critérios do indicador apontados como pouco compreendidos pelos *Participantes*, ambas ações visando auxiliar e aprimorar a coleta e a análise dos dados. Ainda sugere-se explicitar o impacto do fator territorial para os outros critérios, além do critério ‘distância da origem’.

Por fim, conclui-se que o desenvolvimento da pesquisa contribuiu na consolidação da pesquisa científica como essencial à Universidade e parte integrante do processo de ensino e aprendizagem, por meio de programas de iniciação científica. O envolvimento dos *Bolsistas*



com as atividades de ensino e dos estudantes *Participantes e Bolsistas* com atividade de pesquisa foram percebidos como oportunidades de desenvolvimento de competências para esses estudantes, e uma forma de aplicar metodologias de ensino por meio da pesquisa científica e de criar novos ambientes de aprendizagem por meio de projetos de pesquisas aplicadas no setor produtivo.

Referências

BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa - Hans Michael van Bellen - reimpressão - Rio de Janeiro - Editora FGV - 2008.

CALVER, Giles. **O que é design de embalagens?** Rio de Janeiro: Bookman, 2009.

CALLADO, A.L.C; FENSTERSEIFER, J.E. Indicadores de Sustentabilidade *in* **Gestão ambiental e responsabilidade social**: conceitos, ferramentas e aplicações / José de Lima Albuquerque, (organizador). -- São Paulo : Atlas, 2009.

DJSWI, Dow Jones Sustainability World Index; **ESG Scores**. 2023. Disponível em: <https://www.spglobal.com/esg/solutions/data-intelligence-esg-scores> Acesso em: 07/09/2023.

FISKEL, Joseph. **Design for Environment** - Creating Eco-Efficient Products and Processes Joseph Fiksel, editor. McGraw-Hill, 1996.

FUAD-LUKE, A. **Ecodesign**: the sourcebook. Chronicle Books: San Francisco, 2006.

GIL, Antonio C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.**: Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9786559771653. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559771653/> . Acesso em: 05 set. 2023.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE, **The GRI Standards**: the global standards for sustainability reporting. Disponível em : https://www.globalreporting.org/standards/media/2458/gri_standards_brochure.pdf Acesso em: 07/09/2023.

LEFTERI, Chris. **Materiais em design**: 112 Materiais para Design de Produtos. São Paulo: Blucher, 2015. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521209645/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

MANZINI, Ezio; Vezzoli, Carlo; tradução de Astrid de Carvalho. **O Desenvolvimento de Produtos Sustentáveis**. 1ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005.

MARTINS, Gilberto de Andrade; **Manual para elaboração de monografias e dissertações** / Gilberto de Andrade Martins. - 2. ed. - São Paulo : Atlas, 2000.

STRAIOTO, Ricardo G. T., FIGUEIREDO, Luiz F., Perspectivas para o Design Sustentável no Brasil a partir da nova Política Nacional de Resíduos Sólidos *in*. 3º Simpósio Brasileiro de Design Sustentável. 2011. **Anais**. Recife : Editora Universitária, 2011.p.795-806

TWEDE, Diana. **Materiais para embalagens.**: Editora Blucher, 2010. E-book. ISBN 9788521215585. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215585/> . Acesso em: 01 set. 2023.