

Um modelo de referência para o projeto de embalagens ambientalmente sustentáveis com ênfase no ciclo de vida e suporte teórico: Radar da embalagem

Ricardo Sastre (ricardo@mudradesign.com.br) (1)

Istefani de Paula (istefani@producao.ufrgs.br) (2)

Cristiane Ferrari Zeni (cristiane@mudradesign.com.br) (1)

Márcia Echeveste (echeveste@ufrgs.br) (2)

(1) Mudrá Design

(2) Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo: A embalagem sustentável deve atender múltiplos critérios do contexto de aplicação e de cada fase do seu ciclo de vida. Os métodos de projeto de embalagens sustentáveis em sua maioria não explicitam diretrizes relativas ao ciclo de vida e conteúdos relevantes, em consequência disto, os projetistas acabam negligenciando informações críticas para a sustentabilidade desde a definição do escopo da embalagem. O objetivo neste artigo é propor um modelo de referência que considere o arcabouço teórico próprio de cada etapa do ciclo de vida da embalagem, que ofereça uma perspectiva ao mesmo tempo simples e sistêmica e que sirva de diretriz para o projeto de embalagens sustentáveis. Para a construção do modelo de referência utilizou-se a metodologia *Design Science Research*. O instrumento reúne objetivamente conhecimentos que estão dispersos na literatura acadêmica nas categorias: funções e classes das embalagens, materiais e processos, stakeholders, requisitos ambientais e logística. Tais conhecimentos foram contextualizados pelas oito etapas do ciclo de vida, desde a extração da matéria prima até o pós- uso. O modelo foi representado em formato circular, razão de ser denominado ‘Radar da embalagem’. A natureza gráfica, no formato de *one page*, foi cuidadosamente desenhada para facilitar a leitura, consulta, percepção de interdependências entre conteúdos e visibilidade de todo o ciclo de vida. Como modelo de referência faz com que a perspectiva complexa e interdependências do ciclo de vida se tornem tangíveis para os membros da equipe, revelando que as ideias e decisões de projeto podem ser consequenciais. Recomenda-se o uso pelo time nas etapas de briefing e planejamento para

trazer visibilidade sobre o sistema da embalagem, produzindo alinhamento, engajamento e maior qualidade à tomada de decisão que gere menores impactos ambientais. Sob o ponto de vista prático, o radar se converte em parte integrante de um método especialista para embalagens sustentáveis para profissionais do mercado ou para fins de formação profissional.

Palavras-chaves: Design de embalagem; Sustentabilidade; Ciclo de vida; modelo de referência

1. Introdução

A pesquisa publicada no relatório: “The Future of Global Packaging to 2024” mostra que a demanda de embalagens irá crescer de forma constante em 2,8% para chegar a US \$ 1,05 trilhão em 2024 (Smithers, 2020). A Ásia é o maior mercado, ocupando 40,6% do consumo mundial de embalagens, seguido pela América do Norte com 22,6% segundo dados da Associação Brasileira de Embalagem (ABRE, 2021). Ao mesmo tempo, as mudanças dos hábitos de consumo durante a pandemia COVID 19, a reclusão doméstica e o comércio de restaurantes fechados aumentaram a compra de produtos via e-commerce e delivery, elevando a demanda, uso e descarte de embalagens.

Em 2020, as embalagens de plástico e papel/papelão ondulado se destacaram com incrementos em sua produção de 6,8% e 1,0%, respectivamente. As embalagens de madeira, vidro e metálicas apresentaram retração em sua produção física (ABRE, 2021). A boa notícia é o crescente aumento da conscientização dos empresários em promover a sustentabilidade de forma geral, o aumento da eficiência produtiva por meio dos princípios do Lean Manufacturing (sistema Toyota de produção) (YOSHIHARA, 2021), e por meio da cultura da terceirização. Para a avaliação do desenvolvimento sustentável em empresas no mercado global, têm sido propostos indicadores ambientais, sociais e de governança corporativa (ESG) que refletem o desenvolvimento de mudanças no crescimento da empresa dentro do período especificado (DREMPETIC; KLEIN; ZWERGEL, 2020).

Devido à representatividade expressiva da embalagem como fonte de geração de resíduos do planeta, os gestores de empresas estão buscando produzir embalagens sustentáveis. A perspectiva tradicional do desenvolvimento sustentável concentra-se no equilíbrio entre as dimensões social, econômica e ambiental. Para o desenvolvimento de embalagens sustentáveis o pilar da sustentabilidade ambiental é especialmente relevante (DE

KOEIJER; DE LANGE; WEVER, 2017). A conscientização do projetista da embalagem em oferecer uma solução viável e pouco impactante é tão importante quanto desenvolver competência e procedimentos para este fim.

A embalagem sustentável é aquela projetada com materiais recicláveis, com avaliações de ciclo de vida, que minimizem a pegada ecológica e o seu impacto ambiental. Deve atender aos critérios do mercado para seu desempenho e dentro dos custos financeiros aceitos. Espera-se, entre outros fatores, que a embalagem seja social e culturalmente apropriada (refletindo, por exemplo, tamanhos de família e estilos de vida do público-alvo), um facilitador social que estimula os consumidores a encontrar usos alternativos, ou na sua falta, que descartem a embalagem de maneira ambientalmente correta. (ABDUL KHALIL et al., 2016; BESIER, 2015; PETLJAK; NALETINA; BILOGREVIĆ, 2019).

A promoção da sustentabilidade em embalagens torna-se, portanto, dependente de profissionais especializados em cada etapa do ciclo de vida. Algumas embalagens podem ser consideradas simples em relação ao seu projeto estrutural, porém concebidas para atender ou responder a múltiplas demandas em um sistema complexo de interdependências, ao longo de seu ciclo de vida. Segundo o físico especialista em complexidade Bar-Yam, (2003) uma tarefa complexa é também aquela para a qual muitos fatores devem ser considerados para determinar o resultado de uma ação, o que leva a crer que projetar uma embalagem é uma tarefa complexa. Os modelos de referência são abstrações da realidade usadas para representar de forma simples, sistemas complexos. Assim, eles podem prover visão abrangente e síntese para a complexa tarefa de projetar embalagens sustentáveis, permitindo compreender relações de interdependência.

Muniz; Possamai (2019) comentam que a embalagem pode ser compreendida como um sistema composto de diversos elementos entrelaçados e Barabasi (2005) afirma que ela é concebida para atender muitos contextos que interagem de uma forma complexa. As decisões de projeto quanto ao tipo de material e formato, por exemplo, podem impactar sua função primária, afetar as etapas de produção, impactar a distribuição, influenciar as ações comerciais, alterar o uso/descarte adequado pelos consumidores e, em última instância, causar danos ao meio ambiente.

Observa-se na literatura uma variedade de conteúdos e a necessidade de um olhar sistêmico sobre embalagem (SASTRE; DE PAULA; ECHEVESTE, 2022). Estes conteúdos variam entre tipos de materiais (BERTHET et al., 2015), processos de fabricação (DIDONE; TOSELLO, 2019), necessidades logísticas (GUARNIERI;

CERQUEIRA-STREIT; BATISTA, 2020), uso indicado ((FERNQVIST; OLSSON; SPENDRUP, 2015), forma de descarte ((KHAN; TANDON, 2018), tipo de comunicação que deve exercer ((JERZYK, 2016) e respectivos conhecimentos que este olhar exige, ao se pensar no ciclo de vida da mesma. Apesar disso, os métodos de projeto para embalagens sustentáveis (BROD, 2004; BUCCI; FORCELLINI, 2007; GRÖNMAN, 2013; PEREIRA, 2012) não incorporam estratégias direcionadoras ou que facilitem o trabalho do projetista, no que se refere ao arcabouço teórico sistêmico que ele deve consultar.

Existem especialistas atuando em áreas específicas como o design gráfico ou a indústria gráfica produtora de embalagens. Os profissionais nestas empresas dominam as suas áreas técnicas, porém as evidências ambientais revelam que nem sempre o projeto integra os contextos de fabricação, uso, logístico, descarte e os respectivos conhecimentos exigidos por um dado projeto, a ponto de evitar falhas nestas etapas (MESTRINER, 2002a; NEGRÃO; CAMARGO, 2008). As consequências disso são problemas de acondicionamento (BUCCI; FORCELLINI, 2007) e/ou contaminações de produtos ou a destinação incorreta no pós-uso (GRÖNMAN, 2013) por exemplo.

Considerando-se o caráter prático do tema “projeto de embalagens” o projetista é impelido a navegar por estes diferentes referenciais teóricos, dependendo de dois tipos de contexto: (i) do contexto de aplicação da embalagem, por exemplo, o segmento industrial para o qual a embalagem está sendo desenvolvida (alimentos, medicamentos, automotivo etc.) e (ii) do contexto da fase do ciclo de vida da embalagem, concepção, fabricação, transporte, uso, descarte. O contexto de ciclo de vida se torna mais relevante à medida que se pretende desenvolver uma embalagem ambientalmente sustentável.

De qualquer forma, ambos contextos exigem a consulta de referenciais teóricos atualizados, com tecnologias disponíveis, aplicáveis e confiáveis para que o projeto possa ser desenvolvido de forma a reduzir os riscos de não cumprimento de algum requisito de seus vários stakeholders, inclusive, do meio ambiente. Desta forma, define-se como referenciais teóricos o conjunto de informações próprias do contexto de aplicação da embalagem e de cada fase do ciclo de vida (desde a extração da matéria-prima até a sua disposição final).

Considerando-se a extensão do problema exposto, apresentam-se as seguintes questões de pesquisa: (i) quais são os referenciais teóricos que fundamentam o projeto e desempenho de uma embalagem sob a perspectiva de seu ciclo de vida? (ii) como oferecer suporte técnico de forma simples, de tal modo, que o projetista considere o projeto da

embalagem sob uma perspectiva de seu ciclo de vida? O objetivo neste artigo é propor um modelo de referência que considere o arcabouço teórico próprio de cada etapa do ciclo de vida da embalagem, que ofereça uma perspectiva ao mesmo tempo simples e sistêmica e que sirva de diretriz para o projeto de embalagens sustentáveis. As contribuições teóricas e práticas do presente estudo foram compiladas na seção 4.4 deste artigo.

2. Revisão teórica

Nesta seção estão descritos os referenciais teóricos do ciclo de vida que impactam o projeto e desempenho de uma embalagem.

2.1 Modelos e métodos de projeto de embalagens sustentáveis

Um modelo pode ser definido como uma representação de uma abstração da realidade expressa em um tipo específico de formalismo ((BROWNING; FRICKE; NEGELE, 2006). Na área de projeto de produtos os modelos podem ser representações gráficas ou textuais dos métodos com suas etapas de projeto, revelando, de forma simplificada, as tarefas necessárias para desenvolver o produto. Um modelo de processo costuma conferir uma visão holística do processo para os envolvidos e revelar, para os usuários, as interações internas ao processo, que nem sempre estão evidentes (PARK; CUTKOSKY, 1999).

Segundo Browning; Fricke; Negele (2006) um modelo pode ser prescritivo (to-be), informando as pessoas qual o trabalho e como ele deve ser realizado; ou descritivos (as-is), descrevendo a realidade como ela é e procurando representar o conhecimento sobre como o trabalho é feito (BROWNING; FRICKE; NEGELE, 2006).

Na modelagem, pode-se delimitar o problema que está sendo estudado, dividindo-o em vários problemas menores, restringindo a atenção a um único aspecto por vez até chegar à solução. Assim, os modelos (i) simplificam a visualização geral das variáveis sem alterar a essência; (ii) simplificam a visualização da amplitude das variáveis sem alterar a essência; (iii) auxiliam na identificação de possíveis relações entre os elementos; (iv) permitem compreender relações complexas; e (v) servem como base para estabelecer e aprimorar parâmetros. São também importantes referências na comunicação de “como” um dado processo funciona para novatos ou trainees (ROZENFELD et al., 2006).

Em relação ao desenvolvimento de embalagens sustentáveis, dos 14 métodos de projeto de embalagem analisados (BROD, 2004; BUCCI; FORCELLINI, 2007; GRÖNMAN, 2013; PEREIRA, 2012) apresentam-se como modelos orientados a embalagens

sustentáveis. Observa-se que Brod (2004) coloca ênfase na fase de desenho da embalagem sustentável. Bucci; Forcellini (2007) avançam para uma perspectiva sistêmica da embalagem e, desde a etapa de briefing, apontam a necessidade de definir objetivos ambientais para a embalagem. Além disso, eles integram métricas de avaliação do desempenho da relação sistema produto-embalagem ao longo da cadeia produtiva. Gronman (2013) traz uma perspectiva ambiental e social com foco no ciclo de vida da embalagem, materiais e tecnologias visando a redução do desperdício de alimentos. Sua ênfase é a aplicação de análise de ciclo de vida e outras ferramentas direcionadoras da tomada de decisão durante a fase de desenho. Entretanto, estas ferramentas demandam recursos financeiros, técnicos especializados e informação para utilização. Pereira (2012), por sua vez, explora ferramentas para alcance de objetivos sociais, ambientais e econômico-financeiros que o projetista deveria ir adotando ao longo de todas as fases do projeto.

A rigor, os métodos de projeto induzem o projetista a buscar informações atualizadas sobre o contexto de aplicação da embalagem, de mercado, contexto legal, técnico e outros, porém estas recomendações não estão concentradas todas no mesmo método. Além disso, na prática projetual as imposições de prazos e custos, muitas vezes, fazem com que este levantamento de informações não seja abrangente e profundo o suficiente para evitar falhas de projeto nas etapas subsequentes (NEGRÃO; CAMARGO, 2008). Em se tratando de embalagens sustentáveis, existe o agravante de que o volume de informações se acresce, em virtude de ter que abarcar todo o ciclo de vida da embalagem e em decorrências do desenvolvimento tecnológico relacionado.

2.2 Referenciais teóricos e complexidade do sistema de uma embalagem

Sob o ponto de vista técnico, a embalagem não é propriedade de uma área de conhecimento em especial e existem muitos profissionais autodidatas que aprenderam a projetar em seus ambientes profissionais. Cursos de design costumam ter disciplinas que preparam profissionais projetistas, mas a embalagem também é conteúdo tratado no currículo de cursos como engenharia de alimentos, engenharia de materiais, farmácia, logística, marketing e outros. Cada currículo explora os aspectos mais relevantes como: os tipos de materiais de sua composição e incompatibilidade com alimentos e medicamentos (DE CAMPOS et al., 2017), métodos de design (MESTRINER, 2002b, 2002a), processo criativo e atratividade para o consumidor (BROD, 2004; CARVALHO, 2008; MOURA & BANZATO, 1997). A complexidade do sistema 'embalagem' é

revelada pela abrangência de conteúdos e áreas de conhecimento que estão relacionadas com as etapas do seu ciclo de vida, desde a extração da matéria-prima até o pós-uso. Parte destes conteúdos estão consolidados em livros, artigos e bases de dados não acadêmicas como sites de entidades de classe, como a Associação Brasileira de Embalagem (2019); Associação Brasileira de Tecnologia Gráfica (2019); Instituto de embalagem (2019); Revista Pack (2019); Embanews (2019), Packaging connections da Índia (2019), Word Packaging organization (2019), canadian packaging (2019), Ambalaza Jornal (2019), Packaging Europe (2019), packaging word (2019), dentre outros.

O Quadro 1 é demonstrado que o conhecimento publicado a respeito de embalagens é encontrado em diferentes áreas de conhecimento como agricultura, negócios, comunicação e outras.

Quadro 1 Áreas de conhecimento sobre o tema da embalagem

Área de conhecimento (exemplos)	Referências (artigos, livros, websites, normas)
Agricultura (conservação de alimentos, extração de matéria-prima, embalagens agro-contaminantes)	(AHENKAN; BOON, 2010; FORTUNATI; MAZZAGLIA; BALESTRA, 2019; GÓMEZ-HEINCKE et al., 2016; LAGARDA-LEYVA et al., 2019; MAGHOUMI et al., 2013; OTHMAN, 2014; PICUNO et al., 2019; TAMANI et al., 2015)
Administração e negócios (gerenciamento de resíduos, novos modelos de negócios circulares, gerenciamento da cadeia de suprimentos)	(AHMED; AHMED; SALMAN, 2005; EVANS; TUCKER, 2015; FEI; WANG, 2017; GARDAS; RAUT; NARKHEDE, 2019; GURTU; ARENDT, 2019; HARRI LORENTZ TOMI SOLAKIVI JUUSO TÖYLI LAURI OJALA, 2016; JANG et al., 2020; MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN, 2020; MEHERISHI; NARAYANA; RANJANI, 2019; MEYLAN; AMI; SPOERRI, 2014; PAIANO; CROVELLA; LAGIOIA, 2020; RIGAMONTI; BIGANZOLI; GROSSO, 2019; YUSUF et al., 2017)
Químico e farmacêutico (proteção do fármaco/ medicamento, segurança)	(AL-TAYYAR; YOUSSEF; AL-HINDI, 2020; BRANDELLI; BRUM; DOS SANTOS, 2017; CAZÓN; VÁZQUEZ, 2020; DE CAMPOS et al., 2017;

para o paciente, compatibilidade química)	DESAI et al., 2015; DHAR et al., 2017; GAIKWAD; SINGH; AJJI, 2019; GUMIERO et al., 2013; HOSSEINI; GÓMEZ-GUILLÉN, 2018; KUSWANDI, 2017; MUMLADZE et al., 2018; SARKAR; CHAKRABORTY, 2018; SHUKLA et al., 2019; VISHNUVARTHANAN; RAJESWARI, 2019a, 2019b; WIECZYŃSKA; CAVOSKI, 2018)
Comunicação (Canais de comunicação, informações sobre rotulagem ambiental e regulatórios)	(BECH-LARSEN, 1996; BOESEN; BEY; NIERO, 2019; HAO et al., 2019; HERBES; BEUTHNER; RAMME, 2020; JERZYK, 2016; KETELSEN; JANSSEN; HAMM, 2020; MARTINHO et al., 2015; MURATORE; ZARBÀ, 2011; ORZAN et al., 2018; PRAKASH; PATHAK, 2017; SEO et al., 2016)
Design (projetos estruturais, design gráfico, prototipagem, métodos de projeção)	(ALBACH; RAZERA; ALVES, 2018; DEL BORGHI et al., 2018; FADIJI et al., 2018; JERZYK, 2016; KHAN; TANDON, 2018; MASMOUDI et al., 2020; RODRÍGUEZ-PARADA; MAYUET; GÁMEZ, 2019; SASTRE et al., 2020; SCHMIDT RIVERA et al., 2019; STEENIS et al., 2017; TIRPUDE; ALAM; SAHA, 2019; ZAMPORI; DOTELLI, 2014; ZENG; DURIF, 2019; ZHANG, 2018)
Engenharia (Produção enxuta, gestão de requisitos, desenvolvimento de artefatos)	(BUCCI; FORCELLINI, 2007; DE MARCO; IANNONE, 2017; DESAI; MUKHERJI, 2001; FADIJI et al., 2018; GARCIA-GALICIA et al., 2020; LÓPEZ-GÓMEZ et al., 2014; MASMOUDI et al., 2020; SARKAR et al., 2019; THOMOPOULOS et al., 2019)
Ciência dos alimentos (Interação das embalagens com os alimentos, conservação e aumento da vida útil dos alimentos)	(ACEVES LARA et al., 2018; DESHWAL; PANJAGARI, 2019a; FEI; WANG, 2017; FORTUNATI; MAZZAGLIA; BALESTRA, 2019; FRESÁN et al., 2019; HOSSEINI; GÓMEZ-GUILLÉN, 2018; INGRAO; GIGLI; SIRACUSA, 2017; IRKIN; ESMER, 2015; LICCIARDELLO, 2017; MURATORE; ZARBÀ, 2011; SCHUMANN;

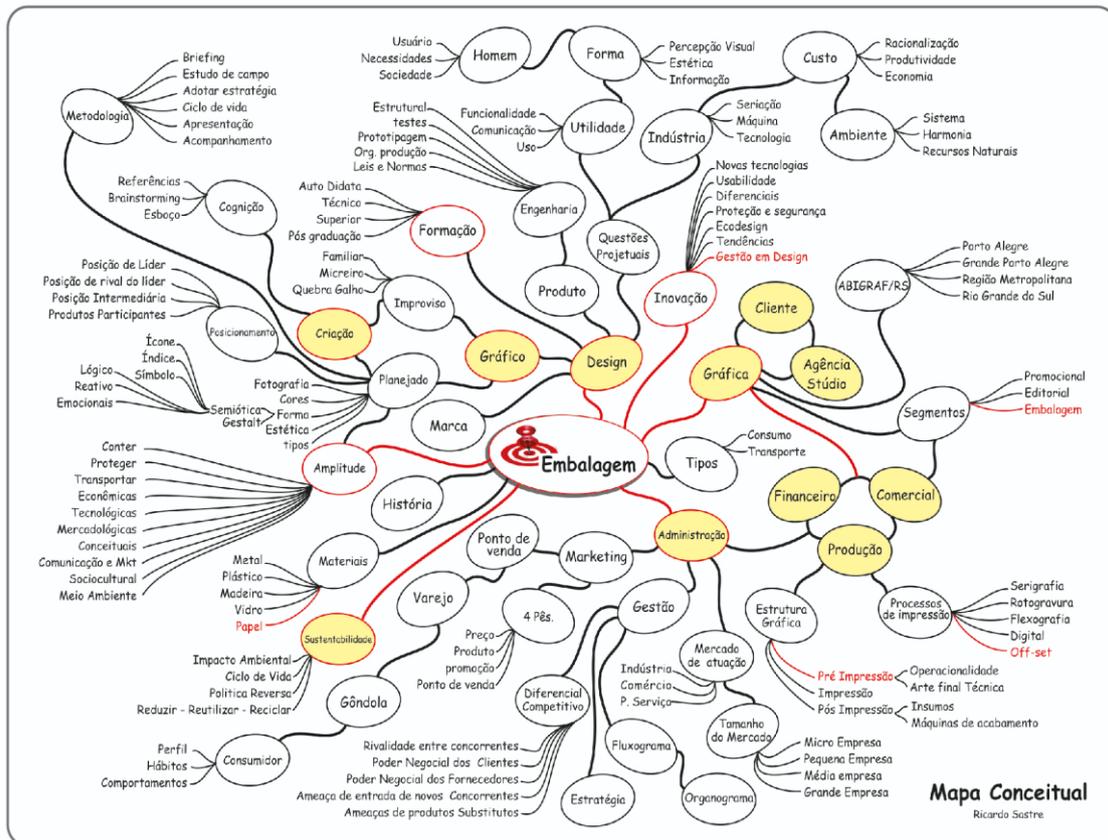
	SCHMID, 2018; SHARMA; GHOSHAL, 2018; SILVESTRE; DURACCIO; CIMMINO, 2011; SUNG et al., 2013; VANDERROOST et al., 2014; WERNER; KOONTZ; GODDARD, 2017)
Marketing (Comportamento e percepção dos consumidores, pesquisas de mercado, ações promocionais)	(AHENKAN; BOON, 2010; DE PELSMACKER et al., 2005; GURTU; ARENDT, 2019; HAKOLA, 2013; JERZYK, 2016; KARDOS; GABOR; CRISTACHE, 2019; NEGRÃO; CAMARGO, 2008; RUNDH, 2005; SINGH; PANDEY, 2018; VERNUCCIO; COZZOLINO; MICHELINI, 2010)
Materiais (nanotecnologia, novos materiais, composição dos materiais)	(ASDRUBALI et al., 2015; DESHWAL; PANJAGARI, 2019a, 2019b; DOBRUCKA, 2019; DUDEFOI et al., 2018; HAHLADAKIS; IACOVIDOU, 2018; HISCHIER; ALTHAUS; WERNER, 2005; MASMOUDI et al., 2016; MOURAD; DA SILVA; NOGUEIRA, 2014; TUMWESIGYE; OLIVEIRA; SOUSA-GALLAGHER, 2016)
Sustentabilidade (economia circular, reutilização, redução, reciclagem)	(BAILEY, 2000; BOZZOLA; GIORGI, 2019; BUCCI; FORCELLINI, 2007; COELHO et al., 2020; DE KOEIJER; DE LANGE; WEVER, 2017; GONZÁLEZ-BOUBETA et al., 2018; HILLIER; COMFORT; JONES, 2017; LEWIS, 2005; MAGNIER; SCHOORMANS, 2015; MULDER-NIJKAMP; DE KOEIJER; TORN, 2018; TAVARES; VANALLE; CAMAROTTO, 2019)
Tecnologia e inovação (Indústria 4.0, automação industrial, rastreadores)	(& BEHARREIL, 1990; HELLSTRÖM; NILSSON, 2011; JIMÉNEZ-GUERRERO; GÁZQUEZ-ABAD; CEBALLOS-SANTAMARÍA, 2015; LILIANI; TIAHJONO; CAO, 2020; MORGADO, 2008; SASTRE; DE PAULA; ECHEVESTE, 2018; VERNUCCIO; COZZOLINO; MICHELINI, 2010; WYRWA; BARSKA, 2017)

Fonte: Os autores

Por questões de necessidade na prática projetual, o conteúdo teórico que dá suporte ao projeto de uma embalagem tem sido compilado ao longo de anos de investigação conforme se observa em Sastre (2014), Sastre (2017a,) Sastre (2017b); Sastre et al. (2018), Sastre (2020); Sastre; de Paula; Echeveste (2018); Sastre; Rodrigues (2016); Sastre; Silveira; Rodrigues (2016).

Sastre (2014) iniciou esta tarefa de modelagem e síntese do referencial teórico concebendo categorias para avaliação da inovação em embalagens. Este resultado foi convertido em uma matriz (diversos rascunhos informais) visando identificar relações entre os conteúdos, mas ainda difícil de expressar os níveis de interações entre as dimensões. A matriz evoluiu, posteriormente, para dois tipos de modelos: um mapa conceitual e outro mental. O primeiro (Figura 1), permitiu acumular um grande volume de informações sobre a embalagem, buscando identificar inter-relações entre as dimensões de análise. As linhas vermelhas representam a intenção de identificar os pontos mais relevantes sobre a temática da embalagem. Segundo a natureza da representação, ela contempla uma profusão de informações desordenadas incluindo aspectos contextuais, procedurais e diferentes categorias de conceitos tais como, fases de projeto, fases de processo, instituições relacionadas às embalagens, públicos-alvo, entre outras. Um link de acesso foi inserido para facilitar a visualização dos detalhes do mapa conceitual.

Figura 1 Mapa conceitual: primeira versão de síntese do referencial teórico relacionado com a embalagem



Fonte: Os autores

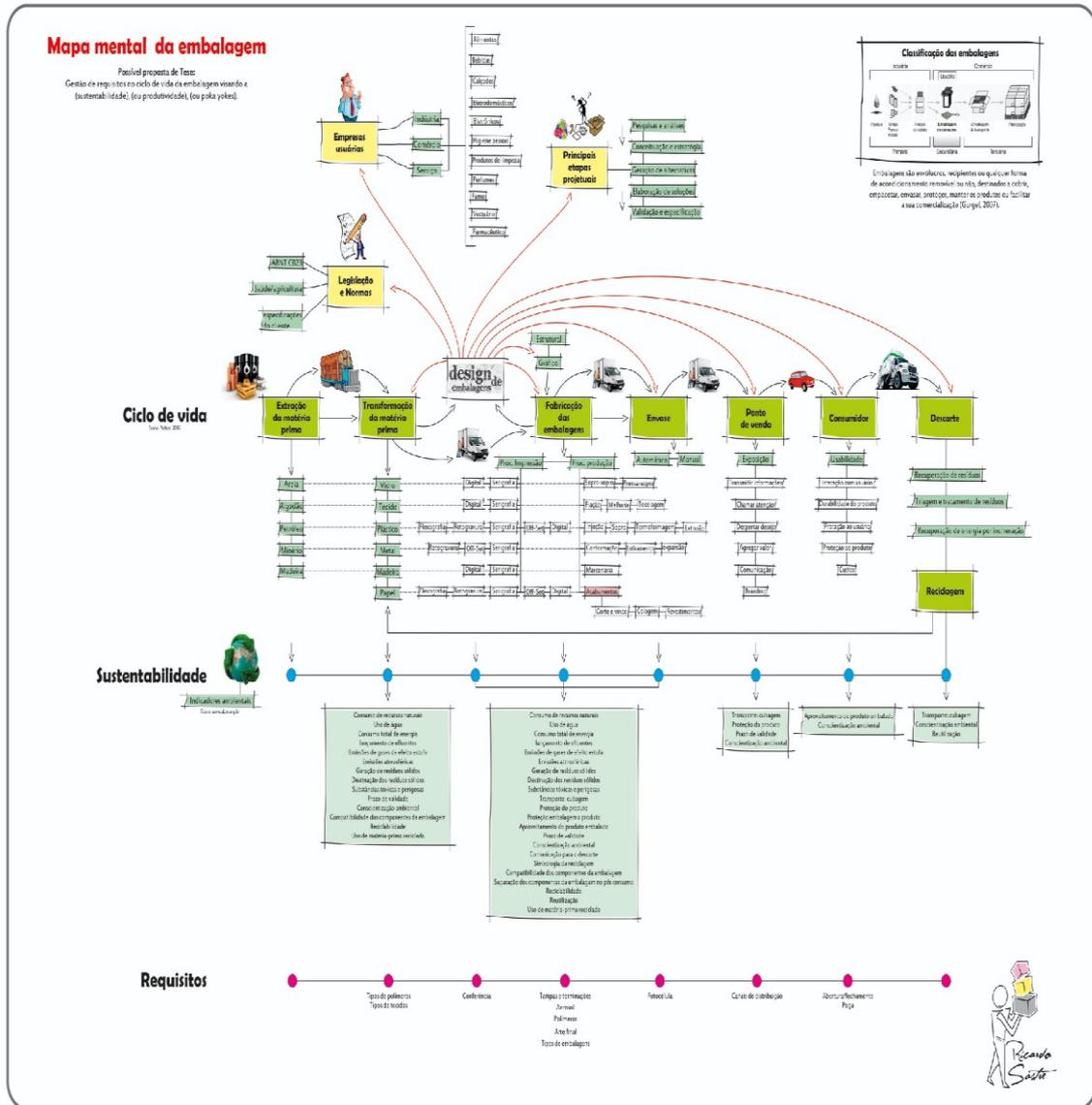
Link de visualização:

<https://drive.google.com/file/d/1BwPjMILn0FsJaRBTNY4gkTFqmXuS7rFP/view?usp=sharing>

Buscando trazer clareza e síntese ao trabalho de projeto, Sastre (2014) influenciado pela visão de processo, utiliza-se do modelo de ciclo de vida da embalagem como suporte lógico (desde a extração da matéria-prima até o descarte ao final da vida útil) para representar os temas relacionados com a embalagem. Esta representação (Figura 2) tem o potencial de revelar a amplitude de referenciais teóricos que o projetista tem de visitar durante o projeto da embalagem, especialmente visando trazer percepção sistêmica que é necessária ao projeto concebido para sustentabilidade.

A orientação lógica por processo permitiu elencar os tipos de materiais necessários e processos envolvidos nas fases do ciclo de vida. Também foram incluídos requisitos ambientais e alguns poucos requisitos próprios de cada fase. Na figura 2 foi incluída uma representação das classes de embalagens (primária, secundária etc.) e a representação não privilegiou qualquer uma delas, buscando generalidade. Independente da classe de embalagem os conteúdos visitados ao longo do projeto tendem a ser os mesmos. Um link de acesso foi inserido para facilitar a visualização dos detalhes do mapa.

Figura 2 Mapa mental: organização do referencial teórico relacionado com a embalagem com ênfase em processo e ciclo de vida



Fonte: Os autores

Link de visualização:

<https://drive.google.com/file/d/1xbL04XJ9xTBqNjMKB2hkRMoFCWivVexPd/view?usp=sharing>

As Figuras 1 e 2 carregam um poder de síntese que são norteadores do processo de projeto, uma referência para lembrar o projetista de refletir sobre aspectos ligados aos materiais a serem usados na embalagem, tipos de processos de fabricação, interface da embalagem com os processos de envase, venda, comercialização e descarte. Por outro lado, a versão linear da figura 2 não favorece a avaliação de possíveis interações que possam ocorrer entre as dimensões de análise, mas contém como elemento contextual

cada etapa do ciclo de vida, que naturalmente remete à circularidade, por conta da retroalimentação do sistema.

Além disso, os formatos de consolidação escolhidos privilegiam alguma área em especial ou ponto específico, sem prover o benefício e amplitude que o conhecimento exige. O mapa conceitual (Figura 1) privilegia contemplar o maior número de elementos relacionados com o projeto da embalagem. O mapa mental (Figura 2) traz como ponto central o ciclo de vida da embalagem. O projetista poderia se apoiar nestes modelos durante as fases de projeto, somente na busca de insight, usando as representações gráficas como checklists de aspectos a serem avaliados, testados, investigados, dependendo de cada embalagem.

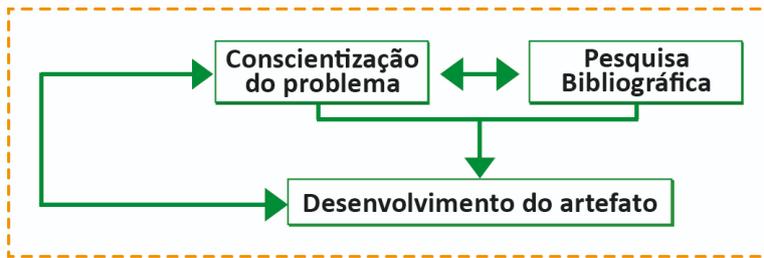
O esforço realizado ao longo do tempo para consolidar o referencial teórico e seus contextos de aplicação representa um avanço em direção à tentativa de racionalizar o processo de projeção de embalagens, de reduzir a complexidade e trazer mais assertividade à sustentabilidade delas. No entanto, estes modelos ainda não respondem plenamente às questões formuladas nesta pesquisa, tanto em termos de apontar o referencial teórico-contextual adequado e trazer síntese sobre ele, quanto de instrumentalizar o projetista com diretrizes simples, de tal modo que ele crie embalagens sustentáveis, de fato.

3. Método de pesquisa

Visando desenvolver instrumento que suporte os designers durante o projeto de embalagens sustentáveis utilizou-se a metodologia Design Science Research, apresentado por (Dresch; Pacheco Lacerda; Cauchick-Miguel, (2019). O Design Science é a ciência que procura consolidar conhecimentos sobre o projeto e desenvolvimento de soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar artefatos (DRESCH; LACERDA; JUNIOR, 2015).

A implementação faz parte de um ciclo de desenvolvimento que deve ser testado e convergir a um resultado a cada etapa, até atingir a verificação final, por meio de uma validação da utilidade do artefato. O procedimento se desenvolveu em três etapas apresentadas na Figura 3.

Figura 3 Etapas adotadas da Design Science Research



Fonte: Os autores

3.1 Conscientização do problema

Nesta etapa iniciou-se a consulta às bases de referências da literatura e a construção do conhecimento relativo à sustentabilidade de embalagens e seu projeto. Foram realizadas pesquisas preliminares em livros e artigos de modo aleatório e testes de strings de busca para a revisão de literatura. Após esta busca preliminar optou-se em realizar uma revisão sistemática de literatura (SASTRE; DE PAULA; ECHEVESTE, 2022). Foram encontrados e agrupados e analisados em uma planilha eletrônica - Excel®, 14 métodos de projeção de embalagem, dentre eles, 4 eram orientados para projetos sustentáveis. A conscientização do problema teve por propósitos: i) consolidar as etapas do projeto de embalagem por meio da análise de autores que tratam de método de projeto para embalagens; ii) entender e analisar o objetivo das fases iniciais do projeto (Briefing e planejamento), elencando requisitos do projetista para elas.

3.2 Pesquisa bibliográfica

Esta etapa foi elaborada com base em material já publicado, incluindo artigos de uma revisão sistemática de literatura (SASTRE; DE PAULA; ECHEVESTE, 2022), livros, revistas, normas, teses e dissertações, bem como materiais técnicos disponibilizados pela internet. O string de busca escolhido foi composto pelas palavras-chaves e os operadores booleanos “Pack* and Sustainab* and eco*”. A composição de palavras foi reduzida com o objetivo de encontrar o maior número de publicações sobre a temática escolhida nas seis bases de dados pesquisadas: EBSCO, Emerald, Science Direct, Springer, Web of Science e Willey. Os resultados da pesquisa podem ser consultados em Sastre; de Paula; Echeveste (2022).

A revisão de literatura teve por propósito identificar conteúdos teóricos que o projetista precisa acessar para desenvolver uma embalagem sustentável, que atenda aos requisitos projetuais e as necessidades dos stakeholders. Esta revisão foi necessária para a organização do referencial teórico que faz parte do modelo de referência para suporte ao projetista de embalagens sustentáveis, que é objetivo da pesquisa.

O conteúdo do modelo de referência foi estruturado com base em unidades de contexto e unidades de análise. As unidades de contexto são aquelas relacionadas com as condições ou fases do ciclo de vida em que as embalagens possam estar inseridas. As unidades de análise referem-se aos elementos norteadores que possam ser aplicados às unidades de contexto.

3.3 Desenvolvimento do modelo de referência (artefato)

Para o desenvolvimento do modelo de referência foram definidos requisitos nas fases iniciais de Briefing e Planejamento, e a partir destes, as funções que o artefato deveria ter. O modelo para servir de referência ao processo de projeto da embalagem deve ter poder de síntese sobre referenciais teóricos. Neste estudo, ele é fruto da evolução de outras versões previamente desenvolvidas por Sastre (2014) e que foram citados na seção 2.2. A estrutura contextual definida para o modelo de referência foi sustentada pelas fases do ciclo de vida da embalagem, organizadas em formato circular, razão pela qual foi denominado de Radar da Embalagem. Os referenciais teóricos foram agrupados por semelhança, usando as fases do ciclo de vida como categorias de agrupamento, além de outros elementos importantes para o entendimento sobre a embalagem. Ressalta-se que o artefato desenvolvido auxilia nas fases iniciais do projeto de embalagens (briefing e planejamento) e nas demais fases (desenho, implantação e validação) ele pode ser consultado para auxiliar a equipe de projetos com referenciais e trazer insights.

Os requisitos foram concebidos através de informações extraídas da literatura e, posteriormente, avaliados pelos autores e 2 especialistas (Designer de produto especialista em projetos de embalagem) e (Doutor em engenharia de produção especialista em projeto de produto sustentável). Foi realizada uma reunião de 3 horas e 2 especialistas, o debate foi gravado, transcrito e analisado posteriormente.

Na mesma sistemática de trabalho foram definidos 18 requisitos ambientais para compor o modelo de referência. Os requisitos foram divididos em requisitos ambientais (consumo de recursos naturais e geração de resíduos) e requisitos projetuais (práticas sustentáveis e ecodesign). Os resultados das etapas 3.2 e 3.3 foram documentados e apresentados a seguir.

4. Resultados e discussão

Os resultados serão descritos obedecendo as três fases propostas no método de pesquisa, seguidos das contribuições teóricas e práticas do presente estudo.

Conforme mencionado na seção 3, na etapa de conscientização do problema foi possível extrair métodos de projeto do referencial teórico e consolidar as etapas do processo de projeto na Figura 4.

A embalagem segue um método de desenvolvimento próprio. Diferentes autores têm tratado do assunto ao longo do tempo, tais como (Bergmiller (1976); Brod (2004); Bucci; Forcellini (2007); Carvalho; Merino; Merino (2008); Carvalho (2008); Dupius; Silva (2008); Giovannetti (1995); Gronman (2013); Gurgel (2007); Mestriner (2002^a); Moura & Banzato (1997); Negrão; Camargo (2008); Pereira (2012)). Estes autores propõem nomes distintos para etapas às vezes semelhantes, às vezes complementares. Uma análise destes autores levou à consolidação do processo de projeto da embalagem em cinco etapas que são: Briefing; Planejamento; Desenho; implantação e validação. O quadro completo das etapas de cada autor pode ser consultado no link:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/12l0cXjj6cgBayQdDAe6lf3E4rDXbOFsp/edit?usp=sharing&ouid=115851390638887280605&rtpof=true&sd=true>

Figura 4 Síntese das etapas de projeção de embalagem



Fonte: Os autores

As etapas de projeção servirão de base para a proposição de um instrumento que responda às questões de pesquisa: como oferecer suporte técnico de forma simples, de tal modo, que o designer considere o projeto da embalagem sob uma perspectiva de seu ciclo de vida? Quais são os referenciais teóricos que fundamentam o projeto e desempenho de uma embalagem sob a perspectiva de seu ciclo de vida?

Além disso, o conceito de ‘embalagem sustentável’, adaptado de Abdul Khalil et al. (2016); Besier (2015); Petjak; Naletina; Bilogrevic (2019) norteou a definição dos requisitos e foi entendida como:

(...) é aquela projetada com materiais recicláveis, com avaliações de ciclo de vida que minimizem a pegada ecológica, o seu impacto social e ambiental. Deve atender aos critérios do mercado para seu desempenho funcional e social, dentro dos limites

financeiros aceitos (ABDUL KHALIL et al., 2016; BESIER, 2015; PETLJAK; NALETINA; BILOGREVIĆ, 2019).

Assim, por meio de análise de conteúdo foram definidos os objetivos de cada fase do projeto da embalagem sustentável. Os objetivos e subetapas das fases de projeto (Figura 4) permitiram elencar requisitos que um instrumento de suporte deveria conferir a cada uma delas (quadro 2). Da mesma forma, foram definidos os referenciais teóricos que o projetista precisa acessar para desenvolver uma embalagem sustentável, que atenda aos requisitos projetuais e às necessidades dos stakeholders.

Os requisitos foram validados por especialistas, mencionados na seção 3.3.

Quadro 2 Requisitos do instrumento para as fases de projeto da embalagem sustentável

Requisitos do instrumento para fase de briefing (1)	Deve dar suporte à descrição do contexto do projeto para definir a problemática e riscos ligados à embalagem naquele contexto
	Dar suporte à listagem de <i>stakeholders</i> para fins de identificação de funções; definição os objetivos do projeto e levantamento de requisitos das partes envolvidas
	Dar visão sobre o contexto de fabricação, transporte, comercialização, uso, normas e regulamentações e propriedades ambientais esperadas para a embalagem
Requisitos do instrumento para fase de planejamento (2)	Deve dar suporte à escolha de materiais que tenham menor impacto sobre o meio ambiente
	Deve dar suporte à escolha de processos de fabricação menos impactantes, que consumam menos energia ou menor pegada de carbono
	Deve dar suporte à análise técnica e de viabilidade em todas as fases do ciclo de vida da embalagem
	Deve dar suporte ao posicionamento de mercado
	Deve dar suporte à análise viabilidade financeira da embalagem
	Deve dar suporte à análise sociocultural da embalagem

Requisitos do instrumento para fase de Desenho (3)	Deve dar suporte à criatividade e geração de soluções estruturais e gráficas;
	Deve dar suporte à seleção de alternativas;
	Deve dar suporte ao detalhamento das alternativas selecionadas.
Requisitos do instrumento para fase de Implantação (4)	Deve dar suporte à representação formal da embalagem
	Deve dar suporte a finalização do projeto técnico da embalagem
	Deve dar suporte com respeito informações técnicas de produção
Requisitos do instrumento para fase de Validação (5)	Deve dar suporte à verificação/confirmação da viabilidade técnica, social, econômico-financeira e ambiental nas fases de produção, envase, transporte, comercialização, uso e pós-uso
Requisitos do instrumento para fase de Validação (5)	Deve dar suporte à análise de dados de desempenho da embalagem para fins de melhoria

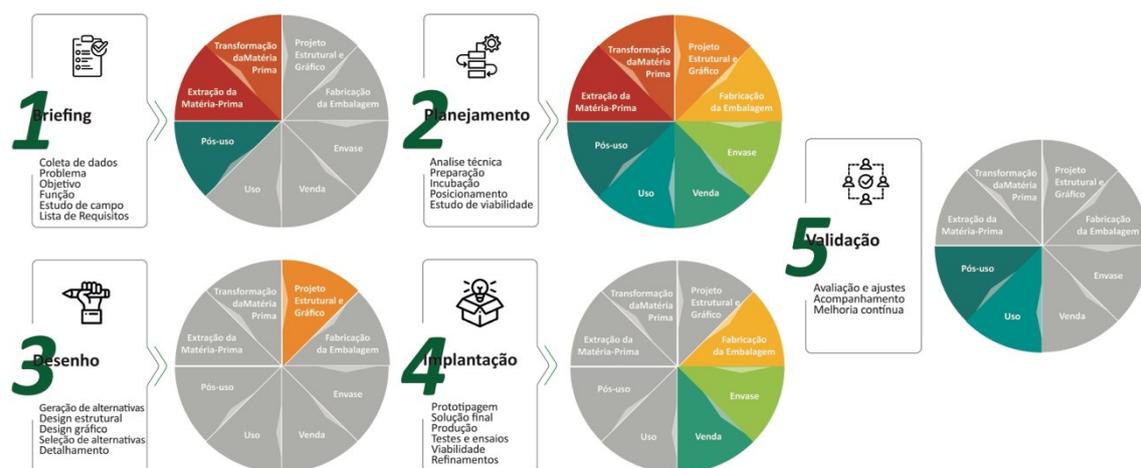
Fonte: Os autores

Em qualquer projeto as etapas de briefing e planejamento são críticas porque é por meio delas que o projetista define o escopo do produto, neste caso, da embalagem, que deve ser sustentável. Considerando que as falhas dos projetos de embalagens são fruto de restrições de projeto como, informações insuficientes impostas por prazos curtos, escolhas restringidas por custos (MESTRINER, 2002a; NEGRÃO; CAMARGO, 2008), ou por visão limitada do projetista em relação a todas as fases do ciclo de vida da embalagem (GRÖNMAN, 2013), compreende-se que um conjunto de informações-chave que minimizem estes riscos deverá nortear as decisões de projeto desde a fase briefing (1) e planejamento (2) (Quadro 2). Por esta razão, entendeu-se que instrumento deveria ser voltado essencialmente para estas duas etapas. Em decorrência desta definição, um recorte foi realizado no conjunto de requisitos para o instrumento, conforme demonstra o Quadro 2. Os requisitos em coloração cinza, não serão alvo deste instrumento, somente os que estão em coloração negra.

Um esforço foi realizado visando relacionar as fases do projeto (briefing, planejamento, desenho, implementação e validação) com as demais fases do ciclo de vida ao qual o

próprio processo de projeto pertence (extração da matéria-prima, transformação da matéria prima, fabricação e envase etc.). A análise das relações foi estabelecida pelos autores com participação de dois especialistas, mencionados na seção 3.3, respondendo à seguinte pergunta: “durante a fase de projeto X, quais conteúdos da etapa Y do ciclo de vida são necessárias?”. Esta análise tornou-se necessária visto que é frequente haver interdependência entre as etapas/atividades de sistemas relacionados (processo de projeto x ciclo de vida) e dentro das próprias etapas de cada processo, igualmente. A figura 5 revela que cada etapa do projeto da embalagem pode ter maior ou menor relação com determinadas fases do ciclo de vida. Nota-se que todas as etapas do ciclo de vida são acionadas à medida que se avança nas fases do projeto da embalagem.

Figura 5 Relacionamento entre as etapas projetuais e as fases do ciclo de vida da embalagem



Fonte: Os autores

Link de visualização:

<https://drive.google.com/file/d/1Cvh2aRtbfw3SdJ98vre9r2oHnaqGvCJp/view?usp=sharing>

A análise de relacionamento entre as etapas projetuais e o ciclo de vida da embalagem levantou insights sobre os requisitos para desenvolver uma embalagem sustentável. Por exemplo, na etapa de briefing, os objetivos do projeto de uma embalagem sustentável necessariamente deverão envolver a escolha de matérias-primas de fontes renováveis, que não esgotem ou agridam o meio-ambiente (extração da matéria-prima), que sejam processadas com uso de energia renovável e baixa pegada de carbono (fabricação da

matéria-prima) e que ao final da vida útil possam ser reaproveitadas ou compostadas (pós-uso).

O Briefing é a primeira fase da projeção. Nesta fase ocorre a coleta de dados preliminares, define-se a problemática, as funções e os objetivos do projeto (GEUEKE; GROH; MUNCKE, 2018; SIMMS et al., 2020). Recomenda-se realizar estudos de campo (BUIL et al., 2017; REN et al., 2015), e identificação de requisitos coletados ou observados (HARIGA; GLOCK; KIM, 2016; RUSSELL, 2014), dentre outros dados preliminares relativos ao contexto de fabricação, transporte, comercialização, uso, normas e regulamentações e propriedades ambientais esperadas para a embalagem.

O Planejamento é a segunda fase, ocorre a escolha de materiais e processos de fabricação de embalagens (ABDUL KHALIL et al., 2018; ABHIJITH; ASHOK; REJEESH, 2018), além da análise técnica e de viabilidade (ACEVES LARA et al., 2018; AGARSKI et al., 2019). Fazem parte do planejamento em um projeto de embalagens, a escolha de materiais e processos de fabricação, os quais influenciam significativamente nos projetos de embalagens.

Na opinião dos especialistas, e analisando-se a figura 5, o planejamento é a etapa que contempla uma discussão mais aprofundada em todas as fases do ciclo de vida da embalagem, esse é o momento de traduzir as necessidades em soluções. Após as duas primeiras etapas de coleta de dados, as fases subsequentes seguem cumprindo funções pontuais no desenvolvimento de embalagem, evoluindo para uma solução final.

Os requisitos (Quadro 2) e o relacionamento entre as etapas projetuais e as fases do ciclo de vida da embalagem (Figura 5) não pretendem esgotar o assunto e sim nortear quais conteúdos podem dar suporte ao projetista para desenvolver uma embalagem sustentável e as necessidades dos stakeholders em cada etapa do ciclo de vida.

4.1 Desenvolvimento do modelo de referência

A partir dos requisitos foram definidas as funções que o artefato deveria exercer. Para cada requisito existe uma ou mais funções que o sistema deverá realizar. O quadro 3 resume a relação entre requisitos e funções estabelecida pelos autores com participação dos especialistas.

Quadro 3 Funções do artefato

Requisitos do instrumento para fase de briefing (1)	Funções do instrumento
---	------------------------

<ul style="list-style-type: none"> - Deve dar suporte à descrição do contexto do projeto para definir a problemática e riscos ligados à embalagem naquele contexto; - Dar suporte à listagem de <i>stakeholders</i> para fins de identificação de funções; definição os objetivos do projeto e levantamento de requisitos; - Dar visão sobre o contexto de fabricação, transporte, comercialização, uso, normas e regulamentações e propriedades ambientais esperadas para a embalagem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conter conteúdos relacionados com contextos de aplicação das embalagens; - Conter indicativos dos tipos de <i>stakeholders</i> relacionados com as fases de projeto; - Conter conteúdos relativos às exigências técnicas das fases de fabricação, transporte, comercialização e uso; - Conter conteúdos normativos e regulamentações relacionados com as fases do ciclo de vida; - Conter conteúdos relacionados com as propriedades/requisitos ambientais esperadas para a embalagem em cada fase do ciclo de vida.
<p>Requisitos do instrumento para fase de planejamento (2)</p>	<p>Funções do instrumento</p>
<ul style="list-style-type: none"> -Deve dar suporte à escolha de materiais; -Deve dar suporte à escolha de processos de fabricação; -Deve dar suporte à análise técnica e de viabilidade em todas as fases do ciclo de vida da embalagem; -Deve dar suporte ao posicionamento de mercado; -Deve dar suporte à análise viabilidade financeira da embalagem; -Deve dar suporte à análise sócio-cultural da embalagem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conter indicativos dos tipos de materiais disponíveis para embalagens; - Conter indicativos dos tipos e processo de fabricação disponíveis para embalagens; - Conter indicativos de elementos norteadores para o desenvolvimento de embalagens; - Conter indicativos de comunicação e marketing; - Conter indicativos para formação de custos;

	- Conter indicativos visuais que expressem a cultura ao qual a empresa está inserida.
--	---

Fonte: os autores

Após a definição das funções partiu-se para a proposição de alternativas de soluções (Figura 6). Ressalta-se que o artefato proposto visa dar suporte às etapas de definição do escopo das embalagens sustentáveis.

Figura 6. Matriz de funções e alternativas de soluções para o instrumento proposto

Funções do instrumento		Alternativas de solução									
		Ciclo de vida	Funções	Classes	Materiais e processos	Stakeholders	Atributos ambientais	Logística	Cruzamento entre dois ou mais elementos do Radar	Leitura circunferencial	Leitura radial
Briefing	Conter conteúdos relacionados com contextos de aplicação das embalagens.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Conter indicativos dos tipos de stakeholders relacionados com as fases de projeto.	X				X			X	X	X
	Conter conteúdos relativos às exigências técnicas das fases de fabricação, transporte, comercialização e uso.	X			X			X	X	X	X
	Conter conteúdos normativos e regulamentações relacionados com as fases do ciclo de vida.	X								X	
	Conter conteúdos relacionados com as propriedades/ requisitos ambientais esperados para a embalagem em cada fase do ciclo de vida.	X					X			X	
Planejamento	Conter indicativos dos tipos de materiais disponíveis para embalagens.				X					X	
	Conter indicativos dos tipos e processo de fabricação disponíveis para embalagens.				X					X	
	Conter indicativos de elementos norteadores para o desenvolvimento de embalagens.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Conter indicativos de comunicação e marketing.	X								X	
	Conter indicativos para formação de custos.	X		X	X			X	X	X	X
	Conter indicativos visuais que expressem a cultura ao qual a empresa está inserida.		X							X	

Fonte: os autores

As ideias de alternativas de solução tiveram como referência os modelos das figuras 1 e 2 propostos por Sastre (2014) e mencionados na seção 2. Nas colunas as ideias que tiveram maior afinidade com o requisito foram assinaladas e foram analisadas a partir da seguinte pergunta: “a função X pode ser exercida pela alternativa Y?”, se a resposta for ‘sim’, assinala-se a célula, se a resposta for não se aplica, a célula foi deixada em branco. Algumas ideias de solução, como as ‘estrutura envolvendo o ciclo de vida’ e ‘conteúdos que possam ser lidos em diferentes direções’, emergiram de esboços e variações em torno dos modelos já existentes, e que se relacionaram de forma abrangente com as funções desejadas para o artefato. Algumas funções atribuídas podem utilizar para auxiliar na

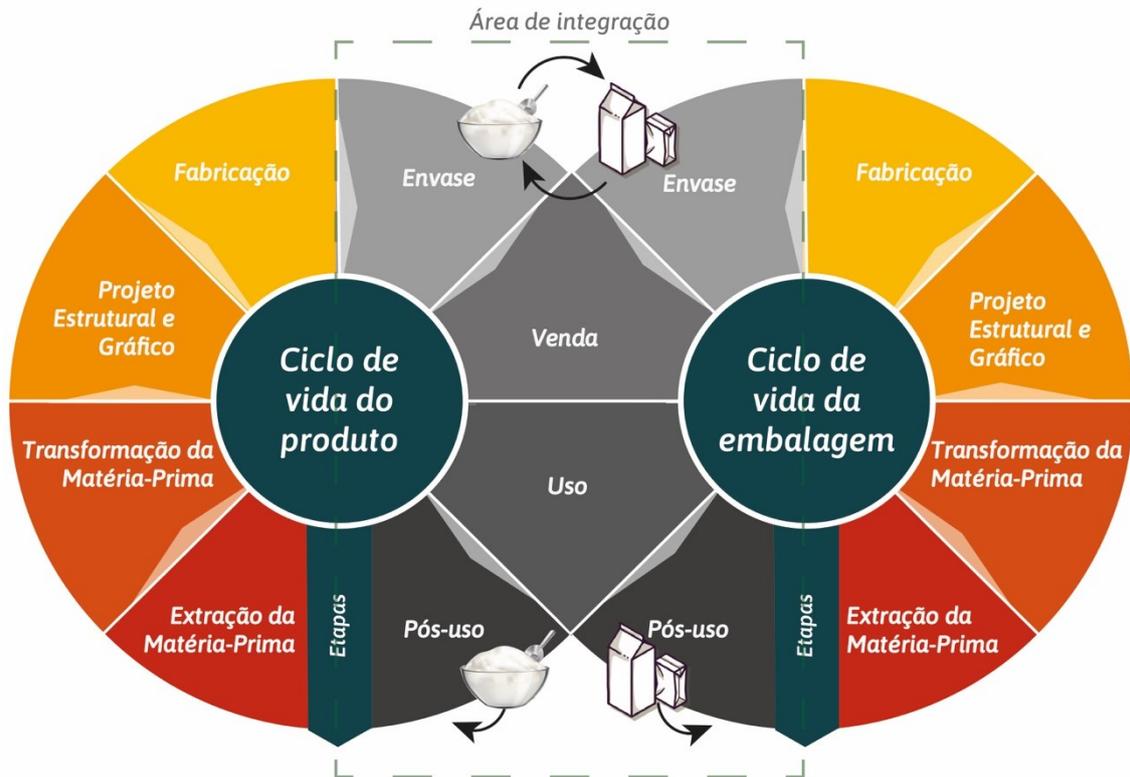
solução, dois ou mais elementos do Radar, como no exemplo da função “conter conteúdos relacionados com contextos de aplicação das embalagens”, que utiliza todos os elementos do instrumento.

A estrutura com as etapas do ciclo de vida já havia se mostrado adequada no modelo da Figura 2 Sastre (2014) para acomodar os conteúdos relacionados com o projeto de uma embalagem Figura 1 (seção 2). Desta forma, ela foi usada como ponto de referência para a estruturação do instrumento.

O ponto de partida do ciclo de vida é a extração da matéria-prima na natureza e sua posterior transformação para uso em embalagem. A terceira etapa trata da fase projetual a concepção lógica e criativa da embalagem (estrutural e gráfica) realizada por meio de um estúdio, agência de design ou cliente que dará o encaminhamento para a indústria de embalagens. Em alguns casos, a própria indústria de embalagens adapta a arte final do cliente em matrizes disponíveis. Na sequência, a fase de fabricação das embalagens. Pode-se dizer que a continuidade do ciclo de vida da embalagem se superpõe ao ciclo de vida do produto para o qual a embalagem foi concebida e esta superposição ocorre a partir da fase de envase (Figura 7). As fases de venda/distribuição podem ocorrer de diversas formas, seja em uma gôndola de supermercado ou e-commerce por exemplo. A fase de uso é quando o consumidor entra em contato com a embalagem. Por fim, ocorre o descarte das embalagens, o tratamento e triagem. Quando previamente visualizadas pelo projetista dentro de uma perspectiva sistêmica, as fases do ciclo de vida, geram a oportunidade para se pensar no fechamento do ciclo de forma sustentável. Neste caso, poderia haver um retorno da embalagem às fábricas e sua reciclagem ou outro procedimento que estenda sua vida útil (reuso, remanufatura) (JANG et al., 2020). Há ainda a possibilidade de retorno da embalagem ao sistema natural, quando ela for compostável (CASAREJOS et al., 2018).

Importante ressaltar que as embalagens possuem um ciclo de vida próprio, sejam elas primárias, secundárias ou outra. Mesmo sendo parte integrante de um produto (sistema produto-embalagem), os ciclos de ambos correm em paralelo (embalagem primária e produto) até que se sobrepõem a partir do envase, podendo se separar novamente no pós-uso do produto (Figura 7).

Figura 7 Superposição entre os ciclos de vida da embalagem e produto



Fonte: Os autores

Quando um produto chega ao final da sua vida útil, deve ser separado de sua embalagem para que sejam dados os devidos tratamentos a ambos. Os custos no pós-uso ou no fim da vida útil também são provenientes de logística reversa para fins de tratamento e destinação final.

Embora fisicamente a sobreposição ocorra geralmente a partir da fase de envase (Figura 7), desde a primeira fase (a etapa de definição da matéria-prima da embalagem), é necessário avaliar a natureza da matéria prima do produto, para fins de avaliação de compatibilidade entre material da embalagem e material do produto que será envasado. Isso é essencialmente relevante quando o material envasado se encontra no estado físico líquido ou semissólido, pois as chances de interações químicas entre parede da embalagem e material envasado são mais propícias (SZCZEPAŃSKA; KUDŁAK; NAMIEŚNIK, 2018).

As fases do ciclo de vida são os contextos sobre os quais os conteúdos versam, por exemplo, os tipos de materiais se relacionam com a etapa de extração da matéria-prima, os tipos de processos de fabricação com etapa de transformação da matéria-prima (ver Figura 6).

4.2 Pesquisa bibliográfica e referenciais teóricos

Assim, os referenciais teóricos relativos às oito fases do ciclo de vida (i) extração de matéria prima, (ii) transformação de matéria prima, (iii) projeto estrutural e gráfico, (iv) manufatura da embalagem, (v) envase, (vi) vendas, (vii) uso e (viii) pós consumo, adotado no instrumento foi concebido a partir da análise de conteúdo de livros e artigos tais como: Ahenkan; Boon (2010); Almeida et al. (2010); Barros et al. (2019); Bohlmann (2004); Coelho et al. (2020); Ferrara; de Feo (2020); Mestriner (2002^a); Pauer et al. (2019); Peltier (2009); Sarkar; Chakraborty (2018).

A pesquisa bibliográfica foi utilizada para dar suporte teórico ao objetivo do desenvolvimento de um instrumento norteador aos projetos de embalagens sustentáveis, buscando responder uma das questões de pesquisa proposta: quais são os referenciais teóricos que impactam o projeto e desempenho sistêmico de uma embalagem.

Observou-se que os autores tratam de aspectos distintos da projeção da embalagem. Os designers enfatizam, por exemplo, aspectos morfológicos, gráficos e visuais da embalagem como cores, tipografia e imagens (MESTRINER, 2002a). Os autores da engenharia falam dos processos, projeto estrutural, logística, containerização, materiais, teste e ensaios (CARVALHO, 2008). Os biólogos, farmacêuticos e químicos falam da interação com embalagem com o produto ou impacto ao meio ambiente (DE CAMPOS et al., 2017). A área de comunicação aborda os aspectos relacionados a venda e uso do produto, bem como o comportamento do consumidor (NEGRÃO; CAMARGO, 2008). Cada área do conhecimento aborda um ou mais aspectos relacionados à embalagem e contribui para a construção do conteúdo para cada fase do ciclo de vida.

Da análise de conteúdo destes referenciais teóricos emergiram sete categorias: (i) funções e (ii) classificação da embalagem; (iii) seus materiais e (iv) processos de fabricação; (v) stakeholders; (vi) requisitos ambientais e (vii) logística que foram agrupadas transversalmente ao ciclo de vida. Estas são frequentemente citadas em diferentes fontes, e tais informações deveriam ser agrupadas em um único artefato, visando trazer síntese ao instrumento. Houve um esforço de compilação da informação atualizada relativa às sete categorias de conteúdos em um material de fácil acesso que está disponível no Apêndice A.

A análise de conteúdo dessa literatura permitiu gerar insights e ampliar conhecimento a respeito de outros conteúdos que emergiram e serviram como base para a construção do artefato. Uma delas foi a ampliação da própria definição do conceito de embalagem:

“Embalagens são recipientes ou invólucros, que têm como funções primárias conter, proteger e transportar mercadorias, e podem ser **classificadas como um sistema**

complexo, abrangendo interações previsíveis e/ou inesperadas entre suas partes e processos, devendo, portanto, ser consideradas sob a perspectiva de todo o seu ciclo de vida” (SASTRE et al., 2020).

Este conceito propõe ressaltar a embalagem como um ‘sistema’ que é ‘complexo’ que deve ser analisado sob a perspectiva de todo o seu ‘ciclo de vida’.

Outros conteúdos que podem ser destacados nessa pesquisa bibliográfica são o modelo comum de desenvolvimento de embalagem apresentado na Figura 4.1, a amplitude das funções da embalagem, e a concepção de requisitos para avaliação da sustentabilidade em embalagens, disponíveis no Apêndice A.

4.3 Apresentação formal e gráfica do artefato – Radar da Embalagem

Para responder às demandas de ‘simplicidade’ e ‘perspectiva sistêmica’ formuladas na questão de pesquisa: “como dar suporte de forma simples, às etapas iniciais de projeto de uma embalagem de tal modo que o designer considere a embalagem sob uma perspectiva sistêmica?”, a equipe incorporou alguns requisitos adicionais. O quadro 4 resume os requisitos, funções e alternativas de solução. A operacionalização das funções por meio de decisões da forma, cores e estruturas gráficas, na concepção do instrumento, é descrita a seguir.

Quadro 4 Requisitos de simplicidade e perspectiva sistêmica para o instrumento

Requisitos	Função	Alternativa
O instrumento tem que trazer síntese sobre os contextos projetuais (fases do ciclo de vida)	Simplificar a consulta de conteúdos de forma sistêmica desde as fases iniciais do projeto	estrutura circunferencial e radial a partir do ciclo de vida
O instrumento tem que trazer síntese do conteúdo dos referenciais teóricos		<i>One page</i> ; QR Code
O instrumento tem que ser de fácil legibilidade		uso de cores, forma, tipos e hierarquia de informações
O instrumento tem que ser de fácil entendimento		concisão, separação de conteúdos
O instrumento tem que trazer síntese sobre	Ampliar a percepção de dependências entre ações	matriz de relação

possíveis interações de conteúdos	de projeto para evitar esquecimentos que causem falhas em fases avançadas do ciclo de vida	
-----------------------------------	--	--

Fonte: Os autores

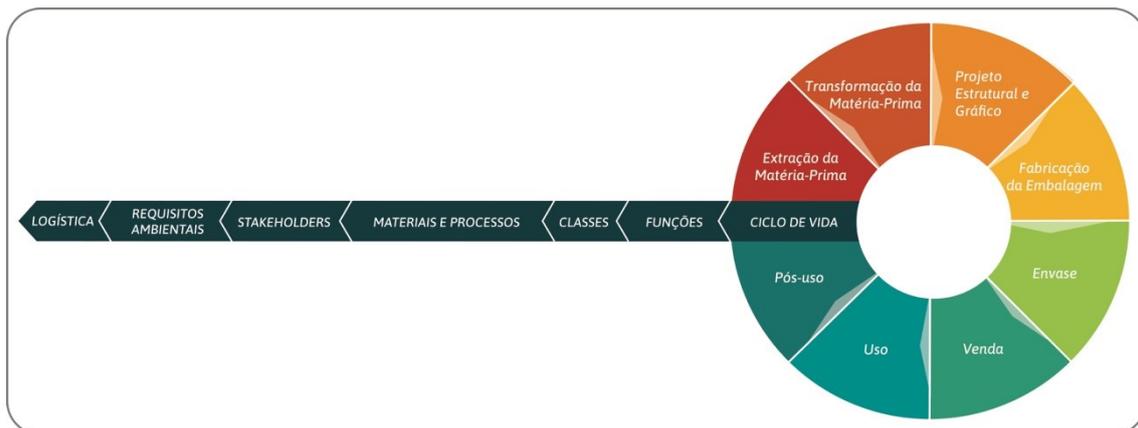
A proposição do instrumento teve por objetivo trazer o maior número de conteúdos relacionados a embalagem em apenas uma imagem (one page – Quadro 4), podendo ser utilizado como quadro ou pôster no ambiente de trabalho dos projetistas. Neste sentido, a presente versão apresenta uma paleta de cores divididas gradativamente por tonalidades quentes para as tonalidades frias. A primeira fatia (extração da matéria-prima) vermelha e a última (pós-uso) azul forte. Se utilizou o recurso do degradê do centro para as bordas como indicativo de leitura, trazendo a sensação de amplitude ao usuário. A divisão de cores tem por objetivo dividir as etapas do ciclo de vida e indicar sobre a transição entre elas.

Foram utilizadas duas fontes tipográficas na concepção dos textos. A primeira, com maior peso utilizada para os títulos (título, fases e etapas) e a segunda para os textos radiais (informações). As fontes escolhidas apresentaram boa legibilidade, utilizam hastes homogêneas (sem transição do grosso ao fino) e não possuem serifas (pequenos traços nos terminais das letras). Em relação a hierarquia de informações, o título está no centro da figura, orientando o ponto de partida do artefato. Os títulos das fases acompanham o centro e indicam através de setas a direção para a sugestão de leitura. O uso das cores foi determinantes para orientar o sentido de leitura.

O ponto de partida é o ciclo de vida da embalagem, localizado no centro do instrumento, ele é composto por oito fases determinantes para a divisão das categorias propostas (Figura 8 - círculo).

Considerando-se os requisitos descritos no quadro 2, as funções que tais conteúdos exercem (Figura 6) e a relação contextual com as fases do ciclo de vida, as sete categorias da análise do conteúdo: funções e classificação da embalagem; seus materiais e processos de fabricação; stakeholders; requisitos ambientais e logística, foram agrupadas transversalmente ao ciclo de vida (Figura 8).

Figura 8 Categorias de conteúdos relacionados com as oito fases do ciclo de vida



Fonte: Os autores

As categorias de conteúdos possuem níveis de importância significativos para o desenvolvimento de embalagens. A intenção foi agrupar estes conteúdos e informações de uma forma simples e acessível aos pesquisadores e projetistas.

As fases do ciclo de vida foram organizadas ciclicamente, sugerindo-se a leitura do centro para as bordas (radial), propostas a partir dos temas iniciais para a concepção de embalagem, como funções e classificação, por exemplo. Outro fator determinante foi a disposição de conteúdos relacionados com cada fase do ciclo de vida e com cada categoria (funções, classes, materiais e processos etc.) em textos objetivos (curtos). Como o instrumento é circular, quanto mais próximo da borda, mais espaço para conter informações. Na categoria materiais e processos, sugere-se uma leitura no sentido horário (circunferencial), iniciando na extração da matéria-prima até o processo de envase (figura 09). Os textos estão dispostos no sentido de leitura, não se fazendo necessário mover a folha ou a cabeça para lê-lo por inteiro (Figura 10). A organização dos textos no formato sugerido, trouxe a perspectiva de um radar, razão pela qual foi assim denominado “Radar da embalagem”.

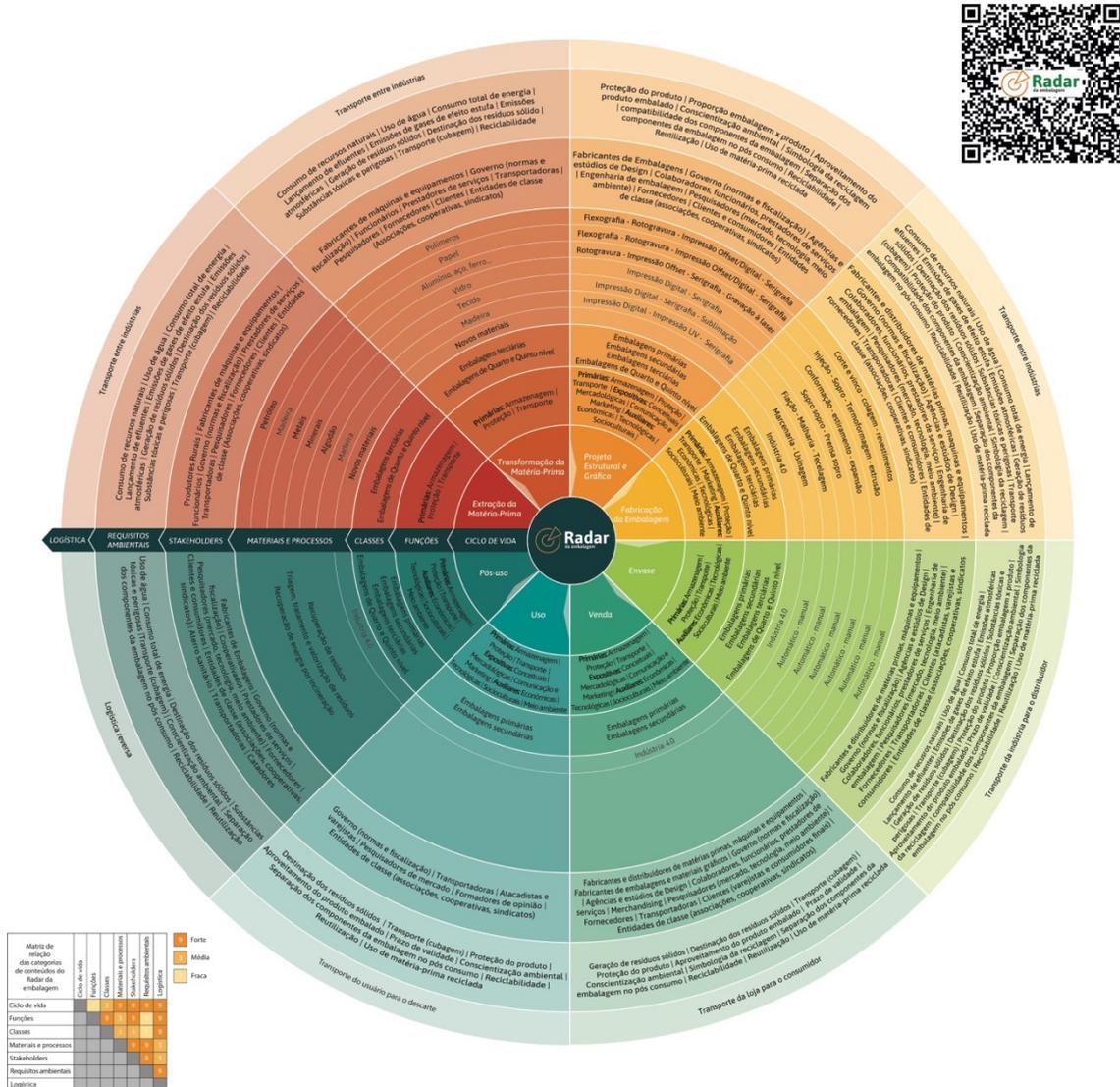
Figura 09 Indicativo de leitura do instrumento “Radar da embalagem”



Fonte: Os autores

A figura 10 apresenta o artefato proposto denominado Radar da embalagem. A imagem está em alta resolução, para fazer sua leitura por completo, sugere-se ampliar a visualização de sua tela.

Figura 10 Radar da embalagem



Fonte: Os autores

Link de visualização:

https://drive.google.com/file/d/1cKAaL74ToYp_6btyOGSw00nh55dgw49u/view?usp=sharing

Importante ressaltar que esta representação permitiu acomodar os diferentes tipos de materiais utilizados na confecção de embalagens e os processos relacionados, independente de sua classificação (primária, secundária, terciária ou outra).

Para complementar as funcionalidades do artefato foi adicionado no canto superior direito um QRcode contendo os descritivos detalhados em cada fase, apresentados na seção 4.2 (pesquisa bibliográfica – Apêndice A). O objetivo de acrescentar este recurso

tecnológico foi o de facilitar o acesso às informações aos projetistas que eventualmente não tenham em mãos este artigo. A matriz de relacionamento encontra-se no canto inferior esquerdo, inserida para demonstrar as possíveis interações entre as categorias de conteúdos do artefato.

Visando cumprir a função ‘ampliar a percepção de dependências entre ações de projeto para evitar esquecimentos que causem falhas em fases avançadas do ciclo de vida’ (Quadro 4) buscou-se revelar as potenciais interações que ocorrem entre as categorias de conteúdos entre si, e que deveriam ser avaliadas com cuidado durante o projeto.

Para tanto, foi elaborada uma matriz de relação preenchida pelos autores e os especialistas mencionados anteriormente. A figura 11 apresenta o resultado da análise conjunta realizada pelos três especialistas. As relações podem ser fracas (1), médias (3) e fortes (9) e um nota foi atribuída sempre que houve consenso entre pelo menos dois dos avaliadores.

Figura 11 Matriz de relação entre as categorias de conteúdos do Radar da embalagem

Matriz de relação das categorias de conteúdos do Radar da embalagem	Ciclo de vida	Funções	Classes	Materiais e processos	Stakeholders	Requisitos ambientais	Logística	9	3	1
								Forte	Média	Fraca
Ciclo de vida		1	3	9	9	9	9			
Funções			9	3	9	1	9			
Classes				3	3	1	9			
Materiais e processos					9	9	3			
Stakeholders						9	3			
Requisitos ambientais							9			
Logística										

Fonte: Os autores

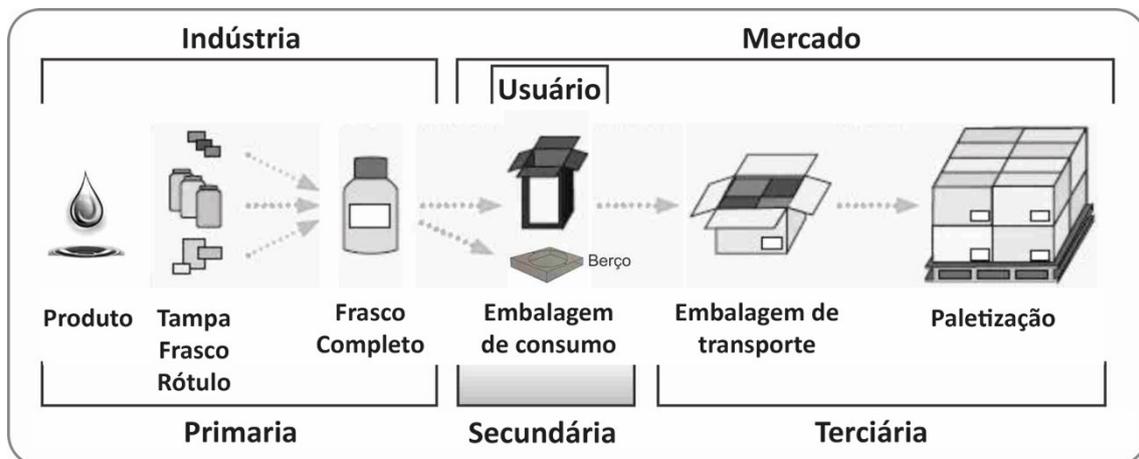
Devido à profundidade dos conteúdos de cada categoria, os especialistas relataram um certo grau de dificuldade em atribuir notas às categorias.

As relações fracas são aquelas que não apresentaram uma influência direta entre si. O ciclo de vida tem pouca relação com as funções da embalagem por serem elementos independentes em seu desenvolvimento. O tipo da embalagem (primária, secundária etc.) e as funções que a embalagem exerce, estão indiretamente relacionadas com os requisitos ambientais (a relação direta ocorre com o tipo de material da embalagem). Por exemplo: a preocupação pelo correto descarte da embalagem deve ocorrer, independente se ela for

uma caixa de transporte ou uma embalagem de consumo. As relações médias foram atribuídas aos cruzamentos que apresentaram entre si uma influência moderada, por exemplo: o material utilizado e o processo de fabricação de uma embalagem não interferem diretamente no processo logístico, responsável pelo transporte e armazenagem de produtos embalados.

As relações fortes foram atribuídas aos cruzamentos que apresentaram uma relação direta entre si, composto pela maioria. O ciclo de vida (ponto de partida do radar) e a logística apresentaram quatro relações fortes. Nesses casos, eles podem influenciar na sua configuração e caminhos percorridos. Por exemplo, em cada etapa do ciclo de vida pode ocorrer um processo logístico e uma embalagem distinta para cumprir as funções de contenção, proteção e transporte de um insumo ou itens de produção. As funções da embalagem (armazenagem, proteção, transporte, exposição ou outra) (Figura 12) são fatores determinantes para definir a classificação da embalagem a ser utilizada (primária, secundária, terciária ou outra), os envolvidos (stakeholders) e o processo logístico do produto embalado.

Figura 12 Classificação da embalagem



Fonte: os autores

Uma caixa de transporte geralmente serve para acondicionar diversas embalagens menores, cumprindo suas funções primárias; sua configuração formal (peso e cubagem) interfere diretamente na armazenagem e nos custos de transporte das mercadorias (logística).

Estes foram alguns exemplos extraídos do cruzamento das categorias de conteúdo do Radar (Figura 11). O objetivo não foi esgotar as possibilidades, mas demonstrar possíveis interpretações. Recomenda-se aos projetistas uma atenção especial nas relações fortes, que devem ser sempre consideradas durante o planejamento de embalagens sustentáveis.

O poder de síntese e simplicidade do Radar da embalagem é apresentado no Quadro 5. O Radar está organizado em unidades de contexto e unidades de conteúdo. As unidades de contexto são aquelas relacionadas às condições do ambiente de aplicação em que as embalagens possam estar inseridas. As unidades de conteúdo referem-se aos elementos norteadores que possam ser aplicados às unidades de contexto.

Quadro 5 Unidades do Radar

Fases do Radar	Unidad e	Conceito
Ciclo de vida	Context o	Refere-se as fases ao longo das quais ocorre o desenvolvimento da embalagem
Funções da embalagem	Context o	Refere-se a ação desempenhada pela embalagem em um dado contexto de uso
Classes	Context o	Refere-se ao contexto de aplicação da embalagem
Materiais e processos	Conteú do	Conteúdos relacionados com os materiais e tipos de processos necessários ao longo do ciclo de vida de uma embalagem
Stakeholders	Context o	Refere-se ao tipo de individuo envolvido em cada fase do desenvolvimento da embalagem
Requisitos ambientais	Conteú do	Refere-se aos elementos norteadores ao longo do ciclo de vida de uma embalagem sustentável
Logística	Context o	Refere-se ao tipo de estratégia logística necessária a cada fase do ciclo de vida da embalagem

Fonte: os autores

Apenas duas das sete categorias do Radar foram classificadas como unidades de conteúdo ‘materiais e processos e requisitos ambientais’. As demais categorias foram consideradas como unidades de contexto. A leitura do Quadro 5 pode auxiliar os pesquisadores e projetistas no entendimento do complexo conjunto de informações que gravitam em torno do tema embalagem.

4.4 Contribuições teóricas e práticas do modelo de referência

O modelo de referência proposto não substitui as etapas de projeto da embalagem (briefing, planejamento, desenho, implementação e validação). Muito pelo contrário. A

rigor, o projetista poderá utilizar o modelo de referência ‘Radar da Embalagem’ em todas as fases de projeto, visando reforçar a necessidade de visitar os múltiplos conteúdos relacionados com cada etapa do ciclo de vida, sempre refletindo em ‘como’ aquele conteúdo ‘impacta’ uma dada fase do projeto, conforme apontado na Figura 5. No entanto, entende-se que as etapas de briefing e planejamento são críticas por trazerem os delineamentos de projeto para as fases de desenho, implantação e validação, razão pela qual recomenda-se seu uso, principalmente nestas duas fases.

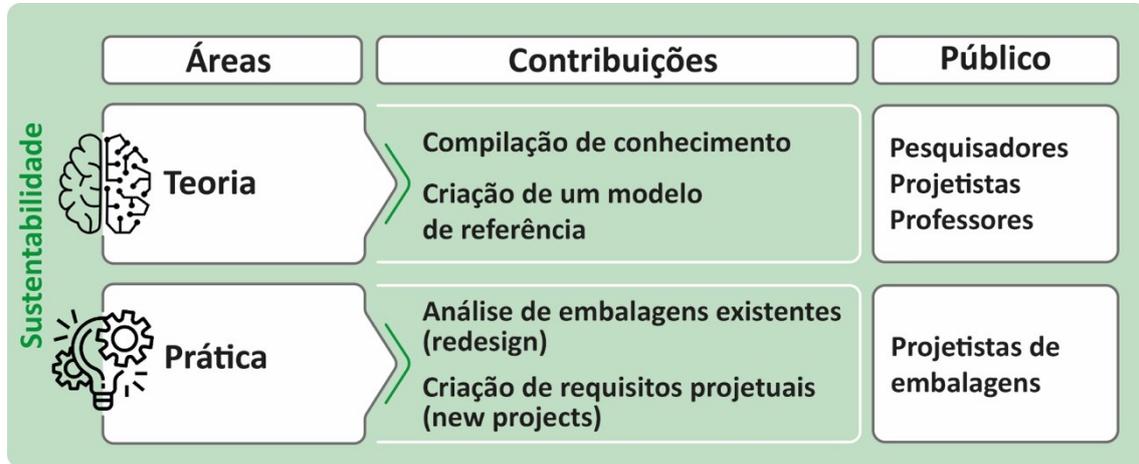
Entende-se que o radar é modelo de referência do ciclo de vida de uma embalagem, lido por diferentes lentes teóricas (categorias de conteúdos), complementares e necessárias à concepção da embalagem. Como modelo de referência, o radar revela de forma objetiva a complexidade da realidade do projeto da embalagem e reforça aspectos relacionados à sustentabilidade. Especialmente as categorias ‘dimensões ambientais e logística’, bem como as fases do ciclo de vida que contemplam ‘extração e transformação da matéria prima e pós uso’, cumprem esta função.

Importante mencionar, que o modelo não aprofunda questões técnicas como regulatórios setoriais, os elementos gráficos contidos em uma embalagem, as técnicas de desenho estrutural, prototipagem e envase, bem como o fechamento de arquivos para produção (arte final). Não há um aprofundamento na formação de preço da embalagem e em sua viabilidade econômico-financeira. O modelo apresenta as etapas de venda e uso, mas não faz um detalhamento sobre as abordagens de venda de produtos, as funções expositivas e a interação da embalagem com o produto e com o usuário. Muitos destes aspectos são particulares de cada projeto. Embora estas atribuições possam ser parte de estudos futuros, entende-se que a aplicação do radar nas fases de briefing e planejamento, permitam aos projetistas ter no seu campo de percepção todas estas questões, caso façam uma leitura criteriosa dele.

Em relação às contribuições, pode-se separá-las em teóricas e práticas (Figura 14). A contribuição teórica tem relação com referencial teórico apresentado na seção 4.2. Ele foi concebido a partir da compilação de conhecimentos relacionados à embalagem, que subsistem dispersos em diversas áreas de conhecimento da literatura. Na forma apresentada neste artigo e no radar, contribui como uma base referencial sintética para consulta preliminar ao estudo, melhorias ou projetos de embalagens com foco na sustentabilidade. Além disso, pode ser um ponto de partida para buscas aprofundadas e contínuas de conhecimento pelo time de projeto. A segunda contribuição teórica é a discussão acerca da aplicabilidade de instrumentos de suporte ao método de projeto de

embalagens, especialmente visando as etapas que definem o escopo da embalagem sustentável.

Figura 13 Contribuições teóricas e práticas do artigo



Fonte: Os autores

A contribuição prática diz respeito ao formalismo que o instrumento proposto traz para as etapas de briefing e planejamento do projeto da embalagem sustentável. O Radar da embalagem serve como um modelo de referência, conforme mencionado no início dessa seção. Por exemplo, nas fases de briefing e planejamento o projetista irá pensar nas funções da embalagem pela perspectiva sustentável em consonância com os objetivos dos envolvidos no projeto. Recomenda-se que esta análise ocorra em todos os elementos do Radar da embalagem, bem como pensar em suas interações.

A matriz de relação (figura 12) norteará desde o início do projeto, a reflexão do projetista e de sua equipe em relação a possíveis conflitos e interdependências de categorias que venham afetar as etapas de produção, uso, descarte da embalagem. O objetivo é encontrar significados, vislumbrar riscos em fases iniciais do projeto, quando ainda não houver danos maiores sejam em termos ambientais ou de custos decorrentes de decisões não acertadas e implementadas. Além disso, a discussão, de preferência realizada em times multidisciplinares, permitirá interpretações inesperadas, inovadoras, decorrentes de uma leitura despreziosa das interfaces entre as categorias do radar da embalagem (pensamento lateral criativo).

A embalagem é uma fonte geradora de resíduos, mas necessária para a circulação de alimentos e mercadorias ao redor do mundo. Este problema deve ser abordado em uma visão multidisciplinar. No que diz respeito ao papel dos projetistas de embalagens, assume-se por estes autores que eles são peça-chave neste processo, não só como

profissionais responsáveis pelo projeto em vários contextos, mas também como apoiadores ou promotores da sustentabilidade. Os projetistas devem trazer o discurso e prática sustentável para toda a equipe e as partes interessadas envolvidas, especialmente o contratante do projeto e consumidores (argumentos de comunicação, divulgação e marketing).

Durante o processo de concepção, se atribuiu, a partir do levantamento de requisitos as funções que um instrumento utilizado para desenvolvimento de embalagens deveria cumprir. O instrumento desenvolvido, Radar da embalagem, contempla elementos norteadores das fases iniciais de projeto (briefing e planejamento). Entende-se que o DSR foi um método adequado ao desenvolvimento do artefato, mas este estudo sem a aplicação prática é insuficiente para confirmar sua efetividade para o desenvolvimento de embalagens, independente da classe, tipo de aplicação ou natureza. O radar pode ser parte integrante de um método que contemple todos os requisitos listados no Quadro 2, recomenda-se esta integração como pesquisas futuras.

As contribuições práticas foram apresentadas por meios de exemplos e recomendações ao longo do texto. O radar pode ser usado para melhorias de projetos existentes e na classificação de embalagens; na ação criativa para o desenvolvimento de embalagens sustentáveis; em atividades de ensino e de formação de profissionais.

5. Considerações finais e pesquisas futuras

Essa pesquisa encontra-se na temática de métodos para projeto de embalagens sustentáveis. O estudo propôs um modelo de referência do ciclo de vida de uma embalagem, lido por diferentes lentes teóricas. O modelo, denominado radar da embalagem contempla categorias de conteúdos teóricos que fundamentam o projeto e desempenho de uma embalagem sob a perspectiva de seu ciclo de vida e, no formato que foi desenhado, oferece suporte técnico de forma simples, objetiva e holística sobre o complexo projeto de uma embalagem sustentável.

O modelo contempla referencial teórico sobre os principais elementos que compõem um projeto de embalagem, são eles: ciclo de vida; funções da embalagem; classificação; materiais e processos de produção; stakeholders, requisitos ambientais e logística. Além disso, o modelo compila de forma gráfica interdependências entre conteúdos e fases do ciclo de vida, que auxiliam a nortear a tomada de decisão de projeto ainda nas fases iniciais. A rápida visualização facilita o entendimento do projetista em relação a sua

demanda técnica criativa, podendo servir de instrumento para capacitação de pessoal ou instrumento pedagógico na área de projeto de embalagem.

Entender que a embalagem está inserida em um ciclo de vida e que são muitos elementos envolvidos a serem contemplados é o caminho para promover a sustentabilidade em embalagens. Se os requisitos ambientais forem lembrados e aplicados em sua plenitude, as chances de concepção de embalagens sustentáveis serão maiores. Destaca-se a necessidade de analisar os aspectos relacionados a logística entre as etapas do ciclo de vida para evitar a sobreposição de embalagens durante todo o processo.

Ao questionar sobre a possibilidade de se desenvolver um projeto que atenda aos requisitos dos envolvidos e que resulte em uma embalagem ecologicamente sustentável, o projetista pode supor que a solução poderá estar em âmbitos não tão claros ou sutis em um primeiro momento. O Radar da embalagem contribui para a visualização destes contextos e conteúdos implícitos no projeto, auxiliando o projetista em vislumbrar e criar soluções apropriadas.

Em relação aos aspectos técnicos, como a escolha de matéria-prima e processos de produção, a logística e o descarte também interferem no âmbito da sustentabilidade, e é exatamente nesse contexto sistêmico e complexo que podemos identificar as oportunidades de inovação sustentável. Por isso, a embalagem está estreitamente ligada ao crescimento e às mudanças do mercado, e seus projetos precisam entender e atender as questões funcionais das diferentes ocasiões de consumo, dos diferentes tipos de clientes, comunicar-se de forma clara com o consumidor, e, além disso, atender ao correto descarte após sua utilização.

Como oportunidade teórica para futuros estudos, sugere-se o aprofundamento sobre requisitos de métodos de projeto de embalagens. Recomenda-se o aprofundamento dos elementos contidos no Radar da embalagem, principalmente em novas matérias-primas, novos processos de fabricação, soluções apresentadas pela indústria 4.0 e desafios do gerenciamento de resíduos no pós-consumo. Propor métricas para os requisitos ambientais e aproximá-las aos stakeholders com o objetivo de atribuir responsabilidades ambientais pode ser uma boa oportunidade para estudos futuros. Analisar a Integração sobre o impacto ambiental da embalagem e do produto (sistema produto-embalagem) foi uma limitação do presente estudo, contudo, torna-se uma boa oportunidade de pesquisa avançar neste sentido. Por fim, se propõe uma aproximação teórica entre o Radar da embalagem e a engenharia de requisitos.

Recomenda-se como aplicação prática, que projetistas envolvidos com a embalagem consultem o radar antes de executarem seus projetos objetivando atender às demandas de toda sua cadeia. O radar da embalagem não foi exaustivo em atender requisitos para um projeto de embalagem com ênfase numa visão sistêmica e sustentável, sendo necessário ampliar a investigação e testar a ferramenta em diferentes classes e tipos de projeto de embalagem.

Por fim, sugere-se aproximar outras ferramentas relacionadas ao desenvolvimento de produto sustentável, tais como: *Lean canvas*, *Life-cycle analysis (LCA)*, *Customer Value Chain (CVCA)*, *Value constellation*; *Value proposition*, *Quality Function Deployment (QFD)*, *Product Service System (PSS)* e *Functional Resonance Analysis Method (FRAM)*, dentre outros. O lixo gerado no planeta pode ser provocado por projetos sem uma análise aprofundada ou que não levaram em consideração o ciclo de vida da embalagem, de forma holística, em todas as etapas do projeto. Os designers devem promover a sustentabilidade na concepção de embalagens, podendo exercer funções criativas ou de liderança em sua prática profissional. Portanto, este material é dedicado a esses profissionais.

Agradecimentos

Os autores agradecem sinceramente à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) por todo o apoio à pesquisa, em especial ao programa de pós-graduação em Engenharia de produção - PPGEP.

Apêndice A

Pesquisa bibliográfica e referenciais teóricos do Radar da Embalagem:

https://docs.google.com/document/d/1NHvk_zATn_ao9sTbnbM_Mz-Uvr6T9XxO/edit?usp=sharing&ouid=115851390638887280605&rtpof=true&sd=true

6. APÊNDICE A

Pesquisa bibliográfica e referenciais teóricos do Radar da Embalagem

A1 Função

Esta seção reúne os conteúdos relativos à categoria “função” do instrumento de suporte aos projetistas. Além do quadro 3 que sintetiza as principais funções da embalagem acrescentou-se um conteúdo histórico, descrito a seguir.

Inicialmente, as embalagens foram concebidas visando as funções de conter, proteger os produtos e transportá-los (KUSWANDI, 2017). Além destas funções primárias, ao longo do tempo e pela entrada dos modelos atuais de modos de comercialização onde o cliente

escolhe livremente suas compras, as embalagens ganharam funções comunicacionais, tais como: vendas, suporte para ações de marketing, fortalecimento da marca e funções informativas (MESTRINER, 2002). Diversos fatores tornaram a embalagem uma importante ferramenta de marketing, incluindo as necessidades e a experiência dos clientes em receber a mercadoria, a comunicação formal (regulatórios, como usar o produto) e informal (tornar o consumidor íntimo com a empresa e o produto)(RUNDH, 2013). Segundo Gurgel, (2007) é necessário entender que a embalagem é presença permanente no processo de comunicação do consumo, pois está o tempo todo trabalhando a marca do fabricante junto ao consumidor. Atributos ambientais também são utilizadas para a promoção da marca no mercado (SINGH; PANDEY, 2018). A Embalagem é um meio de comunicação poderoso e pode evocar uma resposta emotiva do consumidor (COLES; BEHARREIL, 1990).

Garantir a segurança alimentar também pode ser atribuído como função da embalagem e os consumidores reconhecem a importância dessa característica da embalagem (LECETA et al., 2015; SCHUMANN; SCHMID, 2018). A função de proteção implica a preservação da integridade física e química do produto (NEGRÃO; CAMARGO, 2008), para que a proteção seja efetiva ao longo de toda a sua trajetória, são levados em consideração os riscos biológicos, climáticos, físicos e de fraudes.

Questões de ordem econômica, tecnológica, mercadológica, comunicacional e de meio ambiente somaram-se às preocupações de ordem primária. No (Quadro A1), são apresentadas e descritas as funções primárias e auxiliares das embalagens. As funções auxiliares são aquelas que estão relacionadas de forma direta com a economia, os processos de fabricação, o meio ambiente e que constituem componentes importantes da atividade econômica dos países industrializados (MESTRINER, 2002).

Quadro A1 Amplitude das funções da embalagem

Funções		Descritivo
Pr im ári as	Armazenagem	Compreende a preservação do produto acabado no estoque aguardando comercialização e o tempo de permanência no ponto de venda.
	Proteção	Compreende a preservação da integridade física e química do produto.

	Transporte	Compreende a preservação da integridade do produto desde o fabricante até o canal de venda, estando sujeitas à exposição ao tempo e o atrito no transporte.
Ex po siç ão		Compreende a exposição do produto no ponto de venda, a comunicação dos atributos de seu conteúdo e a utilização da embalagem como instrumento de venda.
	Conceituais	Construir a marca do produto Formar conceito sobre o fabricante Agregar valor significativo ao produto
	Mercadológicas	Chamar a atenção Transmitir informações Despertar desejo de compra Vencer a barreira do preço
	Comunicação e marketing	Compreende a concepção de oportunidade de comunicação do produto. A embalagem torna-se suporte de ações promocionais.
A ux ili ar es	Econômicas	Componente do valor e do custo de produção (matéria-prima)
	Tecnológicas	Envolve a criação de sistemas de acondicionamento. A adoção de novos materiais. A adoção de técnicas de conservação de produtos.
	Sociocultural	Expressão da cultura e do estágio de desenvolvimento de empresas e países
	Meio ambiente	Importante componente do lixo urbano Reciclagem / tendência mundial

Fonte: Os autores

A embalagem é um componente na formação de preço de um produto tornando-se matéria-prima para a indústria que a utiliza para embalar seu produto. Adotar uma política de utilizar uma embalagem com o menor custo possível pode resultar no comprometimento da integridade física do produto ou segurança para o usuário

(SOHRABPOUR; HELLSTRÖM; JAHRE, 2012). Para manter esta integridade do produto, novas tecnologias surgem para auxiliar no acondicionamento, utilizando materiais sofisticados e métodos de produção diferenciados que resultam na maior conservação dos produtos e possibilitam a expansão do mercado para outros países distantes. A função sociocultural pode ser vista em algumas embalagens por meio da expressão de uma determinada sociedade, assim como fatos históricos.

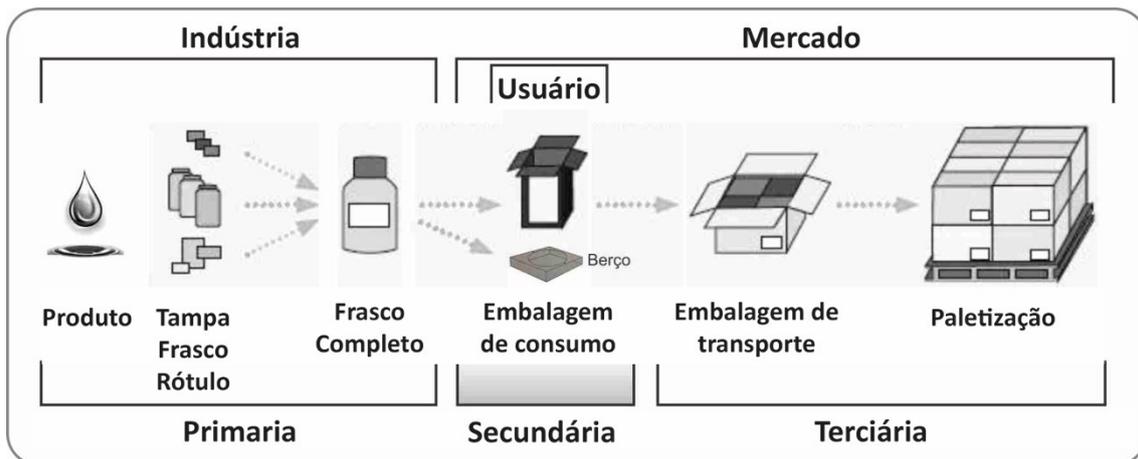
Quanto ao meio ambiente, o principal componente do lixo urbano são os resíduos orgânicos, mas a embalagem aparece como o item de maior visibilidade, segundo a organização The World Bank (Wordbank, 2021). Pode-se supor que isso ocorra especialmente por conta do volume que ocupa e sua frequente não biodegradabilidade.

O produto envasado poderá ser biodegradável, mas se não for removido da embalagem, sua biodegradabilidade estará comprometida e se estenderá pelo tempo de subsistência da própria embalagem no meio ambiente. Ademais, a necessidade de separação entre material envasado e embalagem é uma necessidade. Isso importa, visto que o produto envasado pode até ser biodegradável, mas se não for removido da embalagem, sua biodegradabilidade estará comprometida e sua vida se estenderá pelo mesmo tempo de subsistência da própria embalagem no meio ambiente, ou próximo disso, caso a embalagem seja de fato protetora do material envasado.

A2 Classificação

Esta seção reúne as principais classes de embalagens e suas aplicações. As embalagens de forma geral podem ser classificadas nos tipos primárias, secundárias e terciárias (BRISSON, 1993; CARVALHO, 2008; MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN, 2020a). As primárias são aquelas utilizadas pela indústria no envase do produto, (tampa, frasco e rótulo). As embalagens secundárias são as embalagens de consumo, aquelas que estão em contato com o usuário e expostas no ponto de venda. As embalagens de transporte são as terciárias e contém de forma organizada todos os elementos anteriores (CARVALHO, 2008; HELLSTRÖM; NILSSON, 2011; MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN, 2020b; MOURA & BANZATO, 1997). Segundo (HELLSTRÖM; NILSSON, 2011) essa classificação é usada quando se considera a embalagem como um sistema e ilustra os componentes e níveis de hierarquia da embalagem (Figura A1).

Figura A1 Classificação da embalagem



Fonte: Os autores

Por uma questão de segurança e manutenção da integridade do produto, são utilizados alguns componentes, tais como: cantoneiras e filmes plásticos para pallets, pode-se adotar um berço dentro das embalagens de consumo para certificar que no transporte o frasco não sofrerá nenhuma avaria.

Em alguns casos, a embalagem de transporte serve como embalagem de consumo, isso ocorre em produtos maiores, como eletrodomésticos e máquinas. Ampliando esta classificação apresentam-se as embalagens de quarto nível ou contenedores, que facilitam a movimentação e armazenagem em transportes e as de quinto nível, utilizadas para envio de longa distância, como os containers (MOURA & BANZATO, 1997). O Radar considera todos os níveis de classificação e os componentes da embalagem em suas etapas do ciclo de vida, seja através de um rótulo ou um pallet. Cada nível de importância e as funções que as embalagens atribuem no acondicionamento de produtos, determinará o tipo de solução a ser adotada.

Sob o ponto de vista de sustentabilidade entende-se que bons projetos devem substituir ou minimizar a profusão de níveis de embalagens ao longo dos processos logísticos, visto que o tempo de vida útil destas costuma ser curto e nem sempre são produzidas de forma sustentável (MAHMOUDI; PARVIZIOMRAN, 2020b). Defende-se fortemente a reutilização das embalagens secundárias, terciárias e mais alto níveis, numa perspectiva de circularidade e extensão da vida útil (HARRI LORENTZ TOMI SOLAKIVI JUUSO TÖYLI LAURI OJALA, 2016). Mais detalhes são apresentados no item A6 Logística.

A3 Materiais e processos

Os processos de fabricação de embalagens dividem-se na sua concepção formal e em processos de impressão, variando de acordo com o tipo de matéria-prima utilizada (MOURA & BANZATO, 1997). Uma das premissas básicas para o desenvolvimento de um projeto de embalagem sustentável é compreender seu processo de fabricação e a viabilidade do projeto (STEENIS et al., 2017, 2018). Devido a inúmeros materiais e métodos disponíveis, esta tarefa torna-se complexa e primordial neste processo, principalmente se o objetivo é reduzir impactos ambientais.

A3.1 Materiais

Os principais materiais utilizados na fabricação de embalagens são: a madeira, o papel, o metal, o plástico, o tecido e o vidro. Outras soluções foram desenvolvidas através das misturas de insumos, como as embalagens denominadas multicamadas por exemplo, produzidas com a finalidade de acondicionar líquidos, composta por sete lâminas, e as embalagens flexíveis para alimentos, geralmente compostas por dois polímeros e um metal. Nestes casos, o objetivo pela mistura de materiais é atribuir aumento da vida útil de produtos perecíveis. Essas soluções tendem a dificultar o manejo no fim de vida das embalagens por serem difíceis de separar os materiais para reciclagem (GUTIERREZ; MELEDDU; PIGA, 2017). Novos materiais estão sendo concebido com o objetivo de reduzir o impacto ambiental, como polímeros produzidos a partir de fontes vegetais e/ou reaproveitamento de resíduos, estas soluções apresentam novidades constantes no setor de embalagens.

O papel é produzido a partir da polpa da madeira, maceradas em água e colocadas para secar no calor e pressão como uma chapa lisa ou cilindro. A água amacia a superfície externa das fibras de celulose, que então se fundem com outras fibras através de pressão ou sucção através de uma máquina específica para fabricação de papel (TWEDE, DIANA; GODDARD, 2004). Os polímeros são derivados do petróleo e a sua maioria é derivada de gases simples como etileno e propileno. Existem cerca de 12 materiais plásticos comumente usados em embalagens. Os principais são: polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinila (PVC), Poliestireno (PS), Poliéster (PET e PEN) e poliamida (Náilon) (TWEDE, DIANA; GODDARD, 2004).

O vidro é produzido a partir de minerais, sendo o principal a sílica (areia) com pequenas quantidades de soda e cal, além de óxido de cálcio, óxido de cálcio e óxido de magnésio (TWEDE, DIANA; GODDARD, 2004). Os metais mais importantes usados para embalagens são o aço, o estanho e o alumínio (PELTIER, 2009). As embalagens de tecido

são produzidas a partir de algodão, rafia, cascas de arroz ou materiais sintéticos como a poliamida e poliéster.

Novos materiais estão sendo pesquisados como filmes biodegradáveis a partir de óleo vegetal (ADEL et al., 2019); extrato de borra de café (CACCIOTTI et al., 2018); filmes a base de penas de aves ((DIECKMANN et al., 2019); bagaço de cana de açúcar ((KETKAEW et al., 2018); estrume de vaca ((VISHNUVARTHANAN et al., 2019), moléculas vegetais (ELHUSSIENY et al., 2020; IAHNKE et al., 2015; ROMANI; PRENTICE-HERNÁNDEZ; MARTINS, 2017; TUMWESIGYE; OLIVEIRA; SOUSA-GALLAGHER, 2016) e nanotecnologias (AZEREDO, 2009; CONNOLLY et al., 2019; FERRER; PAL; HUBBE, 2017).

A3.2 Processo de fabricação

Os processos de fabricação de embalagem em sua composição formal variam de acordo com o tipo de material, em muitos casos definidos pelo preço ou produto a ser acondicionado. Torna-se pouco provável que o projetista de embalagem detenha o conhecimento aprofundado em cada um dos processos produtivos de fabricação de embalagens, porém é recomendado que ele busque saber quais estão disponíveis no mercado e suas características básicas. Se especializar em um dos processos de produção pode auxiliar o projetista em sua atuação no mercado (CARVALHO, 2008; MOURA & BANZATO, 1997).

As embalagens de papel cartão ou papelão utilizam basicamente o mesmo processo para sua formação: uma máquina de corte e vinco que utiliza uma matriz e uma prensa para produzir o formato da embalagem, uma coladeira caso o projeto necessite colagem e diversas máquinas para acabamentos especiais, tais como: vernizes, plásticos, metalizados e texturas (BAER, 1999). As embalagens de madeira são produzidas por meio de marcenaria ou usinagem. A maioria das aplicações de madeira é para transporte de objetos pesados (TWEDE, DIANA; GODDARD, 2004).

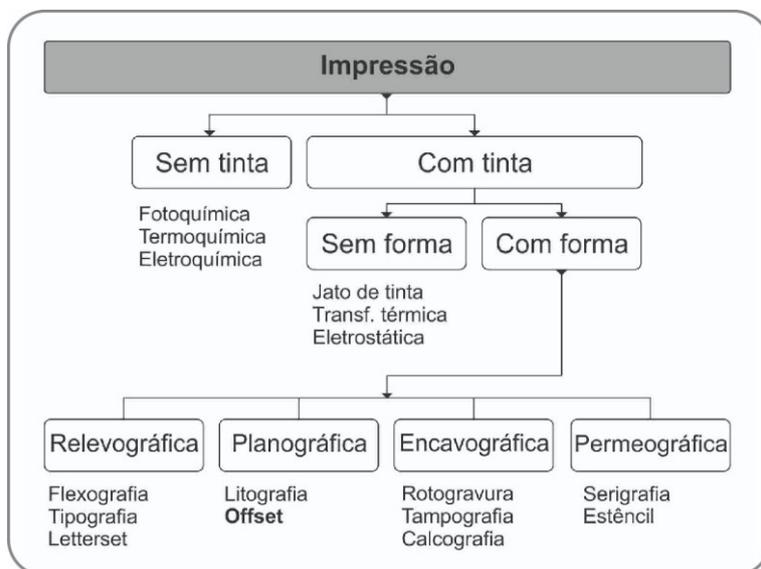
As embalagens plásticas podem ser produzidas usando-se processos de injeção, sopro, termoformagem ou extrusão (TWEDE, DIANA; GODDARD, 2004). No processo de injeção, o plástico é derretido em um molde e adquire sua forma desejada. O processo de sopro ocorre em duas etapas: a primeira, constitui-se um tubo de ensaio e na segunda o formato desejado através de um sopro quente de ar. No processo de termoformagem a chapa plástica é amolecida pelo calor e forçada contra uma cavidade por meio de vácuo. Na extrusão, os grânulos de polímeros são colocados dentro de um funil de alimentação

e transformados em filmes plásticos que podem ser moldados para diversas finalidades (TWEDE, DIANA; GODDARD, 2004). As embalagens de vidro em sua maioria são conformadas em um processo de sopro com a utilização de um molde. Este processo ocorre em duas etapas, a primeira é feita o sopro em um formato de tubo de ensaio, e a segunda no formato desejado (sopro-sopro)(TWEDE, DIANA; GODDARD, 2004) Frascos menores são extrusados, forçando o vidro amolecido dentro de uma matriz utilizando sopro (prensa-sopro) (TWEDE, DIANA; GODDARD, 2004).

As latas podem ser produzidas em folhas com solda e aplicação de tampa e fundo, produzidos a partir da estampagem (prensa) ou em duas partes, por meio da estampagem da peça com o fundo incluído e a tampa colocada posteriormente (PELTIER, 2009). As embalagens de tecidos, utilizadas em sacos de grãos são produzidas por meio da fiação, malharia ou tecelagem, dependendo da aplicação da embalagem.

Os processos de impressão são meios de produção capazes de realizar uma ou diversas cópias de uma determinada imagem, a partir de uma matriz ou original (FERNANDES, 2003). As impressões que utilizam tintas podem necessitar de matrizes ou não. As que não utilizam matrizes são as impressões digitais que podem ser jatos de tinta, eletrostática, também conhecidas como impressão a laser, (Figura A2).

Figura A2 Processos de impressão



Fonte: Os autores

Segundo Baer (1999) a maioria dos processos de impressão utilizam matrizes em sua produção e são subdivididas pela característica das formas. Relevográficas – são as

matrizes que possuem relevo como o clichê para a flexografia e os tipos móveis na tipografia, utilizados em embalagens plásticas flexíveis. Planográficas – são as formas planas como as da impressão litográfica que utilizava uma pedra como matriz e a impressão off-set, que utiliza uma chapa de alumínio, utilizadas para embalagens de papel. Encavográficas – são matrizes feitas com entalhe como o cilindro de rotogravura e o silicone da tampografia, geralmente para tiragens maiores. Permeográficas – são formas que a tinta penetra e ultrapassa para o papel como a serigrafia, para a impressão direta em potes, por exemplo.

Os processos de impressão mais utilizados em embalagens são: offset para embalagens em papel, flexográfica para embalagens plásticas, serigrafia para potes e similares e rotogravura para embalagens em papel ou plástico que demandam alta tiragem. As embalagens em metal podem ser impressas em off-set ou flexografia. Atualmente algumas embalagens em pequenas quantidades podem ser impressas no processo digital, sem a necessidade de matrizes.

Os processos de colocação dos produtos nas embalagens (envase) podem ocorrer manualmente ou com o auxílio de equipamentos automatizados (MOURA & BANZATO, 1997). Os processos de envase manuais geralmente são utilizados em empresas pequenas ou em linhas de produção de baixa escala, o que torna inviável o investimento em equipamentos automáticos. Os requisitos de projeto nestes casos tendem a ser mais simples, porém, quanto mais fácil a manipulação (abertura e fechamento), maior a produtividade. O processo de envase executados por meio de equipamentos são mais comuns em empresas com volume maior de produção e venda, tornando inviável neste caso o processo manual. Os projetos estruturais de embalagem tendem a ser mais complexos, o projetista deve observar de que maneira ocorre a colocação automática do produto na embalagem. Quanto maior a velocidade da máquina, maior o grau de dificuldade. Em alguns casos, uma pequena mudança de ângulo em uma aba de fechamento, pode comprometer ou inviabilizar a produtividade na indústria. O projeto estrutural da embalagem pode afetar a desmontagem ao final da vida útil. A descaracterização do produto (separação de embalagem e conteúdo) deve ser fácil e rápida quando se pensa em sustentabilidade e fim de vida.

Com o advento da indústria 4.0, as funções das embalagens são ampliadas, podendo ser um repositório de informações durante o ciclo de vida de um produto, na perspectiva de objetos inteligentes ou embalagens inteligentes (HAKOLA, 2013; SHARMA; GHOSHAL, 2018). As novas tecnologias estão sendo aplicadas na indústria de

embalagens, por meio de novos processos de produção e controle; na indústria de envase, otimizando os processos produtivos; na venda de produtos, aumentando a interação da embalagem com o usuário e no pós-uso, por meio de rastreadores ou identificadores de materiais a serem reciclados (BUDKA et al., 2010; COLES; BEHARREIL, 1990; NGUYEN et al., 2020; SIMON; AMOR; FÖLDÉNYI, 2016).

A4 Stakeholders

A definição de Stakeholders (partes interessadas) segundo o PMBOK (2008) são pessoas e organizações, como clientes, patrocinadores, organizações executoras e o público, que estejam ativamente envolvidas no projeto ou cujos interesses possam ser afetados de forma positiva ou negativa pela execução ou término do projeto. Elas podem também exercer influência sobre o projeto e suas entregas. Os stakeholders podem ser internos ou externos que participam direta e/ou indiretamente no processo (ECHEVESTE, 2020). Em um projeto de embalagem existem muitos envolvidos, na (quadro A2) apresentam-se os principais *stakeholders*, separados como internos e externos, observados em todo o ciclo de vida da embalagem. Esta tabela foi concebida a partir da revisão bibliográfica utilizada ao longo do presente estudo e na observação prática através de projetos de embalagens concebidos pelos autores.

Quadro A2 Stakeholders internos e externos

Stakeholders internos (diretos)	Stakeholders externos (indiretos)
Indústria de matérias-primas	Produtores rurais
Projetista (designer e áreas afins)	Fabricantes de máquinas e equipamentos
Indústrias de embalagens	Governo (federal, estadual e municipal)
Industria de envase	Entidades de classe (sindicatos, Associações)
Distribuidores (atacadistas e varejistas)	Pesquisadores
Gestores e colaboradores	Prestadores de serviços diversos
Transportadoras	Formadores de opinião (mercado)
Consumidores finais (usuários)	Aterro sanitário
Cooperativas	Catadores
Fornecedores diretos	Fornecedores indiretos

Fonte: Os autores

Percebe-se um elevado número de partes interessadas e interligadas em um projeto de embalagem, agindo direta ou indiretamente. Eles podem influenciar de alguma forma a concepção estrutural e gráfica, seja por meio de tópicos regulatórios impressos nos rótulos ocupando espaços em demasia ou por causa de uma mudança estrutural para facilitar o envase do produto em máquina. No Radar da embalagem, os *stakeholders* foram sugeridos em cada fase do ciclo de vida como diretos e indiretos. Esta definição pode ser modificada, dependendo da realidade de cada projeto, por exemplo: os produtores rurais podem ter uma influência direta na extração da matéria-prima, mas uma influência indireta na concepção da matéria-prima.

A5 Atributos ambientais

O desenvolvimento sustentável é, em essência, o que atende às necessidades e aspirações da geração atual sem destruir os recursos necessários para as gerações futuras atenderem às suas necessidades (HOLDGATE, 1987). Contextualizando, o conceito de embalagem sustentável está diretamente relacionado a minimização do impacto ambiental (MANZINI, 2005).

A embalagem sustentável foi definida pela primeira vez como resultado de um estudo de pesquisa de diversos stakeholders, apoiado pela Sustainable Packaging Alliance (SPA) na Austrália, que foi formada para promover embalagens sustentáveis e sua implementação por meio de ferramentas e estratégias baseadas na ciência e na indústria de embalagens (BOZ; KORHONEN; SAND, 2020; LEWIS et al., 2007). Outra definição de embalagem sustentável amplamente aceita foi desenvolvida pela Sustainable Packaging Coalition® (SPC). A missão da (SPC) é usar pesquisas completas e abordagens baseadas na ciência para ajudar a avançar e comunicar uma visão ambiental positiva e robusta para embalagens e apoiar materiais e sistemas de embalagem inovadores e funcionais. O quadro A3 apresenta os conceitos de embalagens sustentáveis da (SPA) e (SPC).

Quadro A3 Evolução da definição do conceito de embalagem sustentável

Autor/ano	Conceito	Princípios	Definição

Sustainable Packaging Coalition (GREEN BLUE, 2011)	Fornecer uma estrutura para o design de embalagens sustentáveis	Adquirido com responsabilidade	<ul style="list-style-type: none"> Fabricado usando tecnologias de produção limpa e melhores práticas.
		Eficaz e seguro	<ul style="list-style-type: none"> Benéfico, seguro e saudável para indivíduos e comunidades ao longo de seu ciclo de vida.
		Atende aos critérios de mercado	<ul style="list-style-type: none"> Atende aos critérios de mercado para desempenho e custo.
		Feito com energia renovável	<ul style="list-style-type: none"> Adquirido, fabricado, transportado e reciclado usando energia renovável; Otimiza o uso de materiais de origem renovável ou reciclada.
		Reciclado de forma eficiente	<ul style="list-style-type: none"> Projetado fisicamente para otimizar materiais e energia; Efetivamente recuperado e usado em ciclos biológicos e/ou industriais circulares.
Sustainable Packaging Alliance, Australia (LEWIS et al., 2007)	Fornecer as estratégias para design de embalagens, fabricação, logística e marketing	Eficaz	<ul style="list-style-type: none"> Reduz o desperdício de produtos; Melhora a funcionalidade; Evita o excesso de embalagens; Reduz os custos de negócios; Alcança um retorno do investimento (ROI) satisfatório.
		Eficiente	<ul style="list-style-type: none"> Melhora a relação produto/embalagem;

		<ul style="list-style-type: none"> ● Melhora a eficiência de energia, material e água, aumenta o conteúdo reciclado; ● Reduz os resíduos para aterros sanitários.
	Cíclico	<ul style="list-style-type: none"> ● Retornável; ● Reutilizável; ● Reciclável; ● Biodegradável.
	Seguro	<ul style="list-style-type: none"> ● Reduz as emissões de gases no ar, na água e de gases de efeito estufa; ● Reduz a toxicidade e os impactos do lixo.

Fonte: Adaptado de Greenblue (2011; Lewis et al. (2007)

A definição de embalagem sustentável apresentada pela (SPC) atende as três dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica e social). Na dimensão ambiental são defendidas definições relacionadas ao consumo de recursos naturais, geração de resíduos, práticas sustentáveis e atributos projetuais, em um contexto de circularidade. Na dimensão econômica, a definição da conta da compatibilidade dos custos da embalagem para atender ao mercado. Por fim, na dimensão social, a definição procura dar conta da saúde e segurança do usuário e comunidade através da manutenção da integridade física do produto, atendendo as funções primárias da embalagem (contenção, proteção e transporte). A definição da (SPA) contempla duas das três dimensões da sustentabilidade (ambiental e econômica). Na dimensão ambiental, o foco é a redução de consumo de recursos naturais e na geração de resíduos. Outro fator mencionado é em relação ao projeto da embalagem focado em atender as melhorias relacionadas a sua funcionalidade e na otimização de materiais e processos, na interação entre o produto e a embalagem. Na dimensão econômica, a definição preocupa-se com a redução de custos e melhoria nas margens de lucro das empresas.

Em ambas as definições, nota-se uma preocupação maior com os aspectos ambientais envolvendo o sistema produto/embalagem. Para compor o Radar da embalagem, se propõem atributos ambientais, concebidos a partir da análise dos conceitos apresentados no quadro 5 e no cruzamento de três frameworks propostos por entidades de classe, associadas a embalagem. A Sustainable Packaging Alliance (SPA) propõe um quadro com as definições de embalagens sustentáveis, estratégias e indicadores-chave de desempenho (KPIs). Neste quadro se apresentam pontos relevantes a serem adotados em projetos e estudos sobre embalagens, bem como sugestões de como avaliá-los. A Associação Brasileira de Embalagens (ABRE) em conjunto com a World Packaging Organization (WPO) propuseram os indicadores ambientais para autoavaliação em toda a cadeia da embalagem com o objetivo de promover a melhoria contínua em aspectos relacionados à sustentabilidade. Por fim, para compor o cruzamento, analisou-se o documento denominado *Global Protocol on Packaging and Sustainability* (PPS) publicado pelo The Consumer Goods Forum, (2016). Estes indicadores foram concebidos em uma planilha para serem aplicadas de maneira mais efetiva nas indústrias. A (SPC) não apresentou uma lista contendo diretrizes ou indicadores relacionados a sustentabilidade na embalagem (GREENBLUE, 2011). Por este motivo ficou fora do cruzamento proposto. O estudo completo pode ser observado através deste link:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1qvrTnwlk2DsBx5_PuZGQ4_b5McvLUgh/edit?usp=sharing&ouid=115851390638887280605&rtpof=true&sd=true

No instrumento denominado atributos de sustentabilidade para projetos de embalagens (dimensão ambiental) foram distribuídos em atributos de alto nível, secundários e terciários, a definição de cada atributo terciário e os requisitos técnicos, (figura A3).

Figura A3 atributos de sustentabilidade para projetos de embalagens (dimensão ambiental)

Atributos de alto nível	Atributos secundários	Atributos terciários
Atributos ambientais	Consumo de recursos naturais	Redução de consumo de água total
		Otimização do consumo de energia total
		Otimização do consumo de recursos não renováveis
	Geração de resíduos	Lançamento de efluentes (contaminação da água)
		Potencial de aquecimento global
		Potencial de destruição da camada de ozônio
		Geração e destinação do resíduos sólidos de materiais
		Emissão de substâncias tóxicas e perigosas
Atributos projetuais	Práticas sustentáveis	Prazo de validade do produto embalado
		Maximização do consumo integral do produto embalado
		Otimização do transporte total
		Reciclabilidade no pré-consumo e pós consumo
		Uso de matéria-prima reciclada e/ou renovável
	Ecodesign	Manutenção da integridade física do produto
		Proporção da embalagem x produto
		Comunicação para o descarte
		Separação e compatibilidade dos componentes da embalagem
		Reutilização (aumento da vida útil da embalagem)

Fonte: Os autores

O cruzamento dos indicadores ocorreu através da aproximação das listas, partindo das diretrizes da (ABRE). Observou-se aspectos relativos à similaridade nos indicadores. Por exemplo, o consumo de recursos naturais (ABRE), uso da terra e destruição de recursos não renováveis (PPS).

Uma boa parte dos atributos podem ser atendidos por meio do conceito de embalagem projetada de forma consciente. É tarefa do projetista promover a sustentabilidade e incentivar seus clientes e fornecedores ao uso dos atributos ambientais e projetuais, tanto aos relacionados diretamente com a indústria, quanto aos projetos e/ou aqueles que contemplem as funções primárias da embalagem de proteção, contenção e transporte. Os atributos apresentados podem ser aplicados individualmente ou integrados, variando conforme a disponibilidade de dados disponíveis pela equipe de projeto. Recomenda-se para uma análise completa e profunda o uso de ferramentas de Análise de Ciclo de Vida (ACV). No Radar da embalagem, os atributos foram sugeridos e dispostos em cada fase do ciclo de vida. Recomenda-se como estudos futuros a concepção de especificações técnicas (métricas) para medir o desempenho de cada atributo proposto.

A6 Logística

Segundo Bowersox et al. (2014) a logística envolve a gestão do processamento de pedidos, estoques, transportes e a combinação de armazenamento, manuseio de materiais e embalagem, todos integrados por uma rede de instalações. Observando as ações logísticas no ciclo de vida da embalagem, surgiram diversas sub-embalagens (embalagem no processo de concepção e uso da embalagem) sendo utilizadas durante o processo. No transporte da matéria-prima extraída da natureza até o transformador da matéria-prima (1ª embalagem). Após o beneficiamento, o produto gerado é embalado e segue para a indústria de embalagem (2ª embalagem). A próxima etapa é encaminhar as embalagens produzidas para a indústria de envase (3ª embalagem). Após o envase do produto, são acondicionados em caixas de transporte, pallets e/ou containers e encaminhadas aos pontos de venda (4ª embalagem). O consumidor possivelmente utilizará sacolas, sacos ou caixas para transportar os produtos comercializados (5ª embalagem). Por fim, após o consumo, as embalagens vazias são acondicionadas em sacolas ou sacos de lixo (6ª embalagem) para serem descartadas ou encaminhadas para reciclagem (logística reversa). Recomenda-se na fase de planejamento observar este movimento e propor reduções no uso das embalagens para acondicionar embalagens e na escolha dos modais com menores impactos ambientais.

Concluindo a descrição estrutural do instrumento proposto, este apresentou um formato semelhante às ondas concêntricas de um radar, sendo, portanto, denominado, “Radar da embalagem”. Considerando-se que a função de um radar seja detectar a posição de objetos e inferir suas distâncias relativas à um receptor direcional, entende-se que o radar da embalagem auxilie projetistas a detectar a posição que o projeto de uma dada embalagem tenha em relação ao referencial teórico contido na própria estrutura do radar. Quanto mais o projeto seja suportado pelos conteúdos e suas inter-relações, mais provável que a embalagem possa cumprir suas funcionalidades incluindo a sustentabilidade e atender uma gama de requisitos propostos por diferentes *stakeholders*.

A7 Outros resultados da pesquisa de literatura

A análise de conteúdo da literatura permitiu gerar insights e ampliar conhecimento a respeito de outros conteúdos que emergiram e serviram como base para a construção do artefato. Uma delas foi a ampliação da própria definição do conceito de embalagem:

“Embalagens são recipientes ou invólucros, que têm como funções primárias conter, proteger e transportar mercadorias, e podem ser **classificadas como complexas e sistêmicas, abrangendo interações previsíveis e/ou inesperadas entre suas partes e processos, devendo, portanto, ser consideradas sob a perspectiva de todo o seu ciclo de vida**” (SASTRE et al., 2020).

Em relação aos conceitos pesquisados, a nova proposição classificou a embalagem como complexa e sistêmica sob a perspectiva de todo o seu ciclo de vida. O instrumento proposto revela a complexidade e perspectiva sistêmica explicitada no conceito proposto.

7. Referências

COLES, R. C. & C.; BEHARREIL. Packaging Innovation In the Food Industry. *British Food Journal*, v. 92, n. 9, p. 21–32, 1990.

ABDUL KHALIL, H. P. S. et al. A review on nanocellulosic fibres as new material for sustainable packaging: Process and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 64, p. 823–836, 2016.

ABDUL KHALIL, H. P. S. et al. Biodegradable Films for Fruits and Vegetables Packaging Application: Preparation and Properties. *Food Engineering Reviews*, v. 10, n. 3, p. 139–153, 2018.

ABHIJITH, R.; ASHOK, A.; REJEESH, C. R. Sustainable packaging applications from mycelium to substitute polystyrene: A review. *Materials Today: Proceedings*, v. 5, n. 1, p. 2139–2145, 2018.

ACEVES LARA, C. A. et al. The virtual food system: Innovative models and experiential feedback in technologies for winemaking, the cereals chain, food packaging and eco-designed starter production. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 46, n. October, p. 54–64, 2018.

ADEL, A. M. et al. Inclusion complex of clove oil with chitosan/ β -cyclodextrin citrate/oxidized nanocellulose biocomposite for active food packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 20, n. December 2018, 2019.

AGARSKI, B. et al. Evaluation of the environmental impact of plastic cap production, packaging, and disposal. *Journal of Environmental Management*, v. 245, n. May, p. 55–65, 2019.

AHENKAN, A.; BOON, E. Commercialization of non-timber forest products in Ghana: Processing, packaging and marketing. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, v. 8, n. 2, p. 962–969, 2010.

AHMED, A.; AHMED, N.; SALMAN, A. Critical issues in packaged food business. *British Food Journal*, v. 107, n. 10, p. 760–780, 2005.

ALBACH, D. D. M.; RAZERA, D. L.; ALVES, J. L. Design for sustainability in future scenarios in the self-service food packaging sector. *Strategic Design Research Journal*, v. 11, n. 3, p. 203–213, 2018.

ALMEIDA, C. M. V. B. et al. Emergy as a tool for Ecodesign: evaluating materials selection for beverage packages in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 18, n. 1, p. 32–43, 2010.

AL-TAYYAR, N. A.; YOUSSEF, A. M.; AL-HINDI, R. Antimicrobial food packaging based on sustainable Bio-based materials for reducing foodborne Pathogens: A review. *Food Chemistry*, v. 310, 2020.

ASDRUBALI, F. et al. Innovative cardboard based panels with recycled materials from the packaging industry: Thermal and acoustic performance analysis. *Energy Procedia. Anais...Elsevier B.V.*, 2015.

AZEREDO, H. M. C. DE. Nanocomposites for food packaging applications *Food Research International Elsevier Ltd*, , 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2009.03.019>>

BAER, L. *Produção gráfica*. São Paulo: SENAC São Paulo, 1999.

BAILEY, I. Principles, policies and practice: Evaluating the environmental sustainability of Britain's packaging regulations. *Sustainable Development*, v. 8, n. 1, p. 51–64, 2000.

BARABASI, A.-L. The architecture of complexity. p. 3–3, 2005.

BARROS, M. V. et al. Mapping of main research lines concerning life cycle studies on packaging systems in Brazil and in the world. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 24, n. 8, p. 1429–1443, 2019.

BAR-YAM, Y. *Unifying Principles in Complex Systems*. New England Complex Systems Institute, v. I, 2003.

BECH-LARSEN, T. Danish Consumers' attitudes to the functional and environmental characteristics of food packaging. *Journal of Consumer Policy*, v. 19, n. 3, p. 339–363, 1996.

BERGMILLER, K. H. *Manual para planejamento de embalagens*. 1. ed. Rio de Janeiro: MIC-STI/IDI/MAM-RS, 1976.

BERTHET, M. A. et al. Exploring the potentialities of using lignocellulosic fibres derived from three food by-products as constituents of biocomposites for food packaging. *Industrial Crops and Products*, v. 69, p. 110–122, 2015.

BESIER, S. Generational perceptions of pro-environmental packaging advantages. *uwf UmweltWirtschaftsForum*, v. 23, n. 4, p. 315–322, 2015.

BOESEN, S.; BEY, N.; NIERO, M. Environmental sustainability of liquid food packaging: Is there a gap between Danish consumers' perception and learnings from life cycle assessment? *Journal of Cleaner Production*, v. 210, p. 1193–1206, 2019.

BOHLMANN, G. M. Biodegradable packaging life-cycle assessment. *Environmental Progress*, v. 23, n. 4, p. 342–346, 2004.

BOWERSOX, D. et al. *Gestão logística da cadeia de suprimentos*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

BOZ, Z.; KORHONEN, V.; SAND, C. K. Consumer considerations for the implementation of sustainable packaging: A review. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 6, 2020.

BOZZOLA, M.; GIORGI, C. DE. Social packaging. Design for wide sustainability. *Design Journal*, v. 22, n. sup1, p. 737–749, 2019.

BRANDELLI, A.; BRUM, L. F. W.; DOS SANTOS, J. H. Z. Nanostructured bioactive compounds for ecological food packaging *Environmental Chemistry Letters*, 2017.

BRISSON, I. Packaging waste and the environment: economics and policy. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 8, n. 3–4, p. 183–292, 1993.

BROD, M. *Desenho de embalagem: projeto mediado por parâmetros ecológicos*. Dissertação—[s.l.] Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

BROWNING, T. R.; FRICKE, E.; NEGELE, H. Key concepts in modeling product development processes, *Systems Engineering*. p. 104–128, 2006.

BUCCI, D. Z.; FORCELLINI, F. A. Sustainable packaging design model. *Complex Systems Concurrent Engineering: Collaboration, Technology Innovation and Sustainability*, v. 55, n. 47, p. 363–370, 2007.

BUDKA, K. C. et al. Reducing Environmental Impact and Increasing Reliability Through Packaging: A Lifecycle Assessment Approach. *Bell Labs Technical Journal*, v. 15, n. 2, p. 205–227, 2010.

BUIL, P. et al. The involvement of future generations in the circular economy paradigm: An empirical analysis on aluminium packaging recycling in Spain. *Sustainability (Switzerland)*, v. 9, n. 12, 2017.

CACCIOTTI, I. et al. Eco-sustainable systems based on poly(lactic acid), diatomite and coffee grounds extract for food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 112, p. 567–575, 2018.

CARVALHO, L. R.; MERINO, G.; MERINO, E. Sustentabilidade aplicada em projetos de desenvolvimento de embalagens. II Encontro de sustentabilidade em projeto do Vale do Itajai. Anais...São Paulo: 2008.

CARVALHO, M. A. Engenharia de embalagens: uma abordagem técnica do desenvolvimento de projetos de embalagem. 1. ed. São Paulo: Novatec, 2008.

CASAREJOS, F. et al. Rethinking packaging production and consumption vis-à-vis circular economy: A case study of compostable cassava starch-based material. *Journal of Cleaner Production*, v. 201, p. 1019–1028, 2018.

CAZÓN, P.; VÁZQUEZ, M. Mechanical and barrier properties of chitosan combined with other components as food packaging film. *Environmental Chemistry Letters*, v. 18, n. 2, p. 257–267, 2020.

COELHO, P. M. et al. Sustainability of reusable packaging—Current situation and trends. *Resources, Conservation and Recycling: X*, v. 6, n. March, 2020.

COLES, R. C.; BEHARREIL, B. Packaging Innovation In the Food Industry. *British Food Journal*, v. 92, n. 9, p. 21–32, 1990.

CONNOLLY, M. et al. Novel polylactic acid (PLA)-organoclay nanocomposite bio-packaging for the cosmetic industry; migration studies and in vitro assessment of the dermal toxicity of migration extracts. *Polymer Degradation and Stability*, v. 168, 2019.

DE CAMPOS, E. A. R. et al. Reverse logistics for the end-of-life and end-of-use products in the pharmaceutical industry: a systematic literature review. *Supply Chain Management*, v. 22, n. 4, p. 375–392, 2017.

DE KOEIJER, B.; DE LANGE, J.; WEVER, R. Desired, perceived, and achieved sustainability: Trade-offs in strategic and operational packaging development. *Sustainability (Switzerland)*, v. 9, n. 10, p. 1923, 2017.

DE MARCO, I.; IANNONE, R. Production, packaging and preservation of semi-finished apricots: A comparative Life Cycle Assessment study. *Journal of Food Engineering*, v. 206, p. 106–117, 2017.

DE PELSMACKER, P. et al. Consumer preferences for the marketing of ethically labelled coffee. *International Marketing Review*, v. 22, n. 5, p. 512–530, 2005.

DEL BORGHI, A. et al. Life Cycle Assessment for eco-design of product–package systems in the food industry—The case of legumes. *Sustainable Production and Consumption*, v. 13, n. October, p. 24–36, 2018.

DESAI, A.; MUKHERJI, A. The evolution of vertically integrated organizations: The role of historical context *Management Decision*, 2001.

DESAI, D. A. et al. Curbing variations in packaging process through six sigma way in a large-scale food-processing industry. *Journal of Industrial Engineering International*, v. 11, n. 1, p. 119–129, 2015.

DESHWAL, G. K.; PANJAGARI, N. R. Review on metal packaging: materials, forms, food applications, safety and recyclability *Journal of Food Science and Technology* Springer India, , 2019b. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04172-z>>

DHAR, P. et al. Reactive Extrusion of Polylactic Acid/Cellulose Nanocrystal Films for Food Packaging Applications: Influence of Filler Type on Thermomechanical, Rheological, and Barrier Properties. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, v. 56, n. 16, p. 4718–4735, 2017.

DIDONE, M.; TOSELLO, G. Moulded pulp products manufacturing with thermoforming. *Packaging Technology and Science*, v. 32, n. 1, p. 7–22, 2019.

DIECKMANN, E. et al. New sustainable materials from waste feathers: Properties of hot-pressed feather/cotton/bi-component fibre boards. *Sustainable Materials and Technologies*, v. 20, 2019.

DOBRUCKA, R. BIOPLASTIC PACKAGING MATERIALS IN CIRCULAR ECONOMY. *Scientific Journal of Logistics*, v. 15, n. 1, p. 129–137, 2019.

DREMPETIC, S.; KLEIN, C.; ZWERGEL, B. The Influence of Firm Size on the ESG Score: Corporate Sustainability Ratings Under Review. *Journal of Business Ethics*, v. 167, n. 2, p. 333–360, 2020.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JUNIOR, J. A. V. A. *Design Science Research*. 1. ed. Porto Alegre: [s.n.].

DRESCH, A.; PACHECO LACERDA, D.; CAUCHICK-MIGUEL, P. A. Design science in operations management: conceptual foundations and literature analysis. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, v. 16, n. 2, p. 333–346, 2019.

DUDEFOI, W. et al. Nanoscience and nanotechnologies for biobased materials, packaging and food applications: New opportunities and concerns. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 46, p. 107–121, 2018.

DUPIUS; SILVA, &. Package design workbook. 1. ed. Massachusetts: Rockport Publishers, 2008.

ECHEVESTE, M. E. S. Engenharia de requisitos em sistemas produto/serviço. 01. ed. Porto Alegre: [s.n.].

ELHUSSIENY, A. et al. Valorisation of shrimp and rice straw waste into food packaging applications. *Ain Shams Engineering Journal*, n. xxxx, p. 1–8, 2020.

EVANS, M.; TUCKER, B. P. Unpacking the package: Management control in an environment of organisational change. *Qualitative Research in Accounting and Management*, v. 12, n. 4, p. 346–376, 2015.

FADIJI, T. et al. Mechanical design and performance testing of corrugated paperboard packaging for the postharvest handling of horticultural produce. *Biosystems Engineering*, v. 171, n. 2013, p. 220–244, 2018.

FEI, T.; WANG, T. A review of recent development of sustainable waxes derived from vegetable oils. *Current Opinion in Food Science*, v. 16, p. 7–14, 2017.

FERNANDES, A. Fundamentos de produção gráfica para quem não é produtor gráfico. 01. ed. Rio de Janeiro: Rubio, 2003.

FERNQVIST, F.; OLSSON, A.; SPENDRUP, S. What's in it for me? Food packaging and consumer responses, a focus group study. *British Food Journal*, v. 117, n. 3, p. 1122–1135, 2015.

FERRARA, C.; DE FEO, G. Comparative life cycle assessment of alternative systems for wine packaging in Italy. *Journal of Cleaner Production*, v. 259, 2020.

FERRER, A.; PAL, L.; HUBBE, M. Nanocellulose in packaging: Advances in barrier layer technologies. *Industrial Crops and Products*, v. 95, p. 574–582, 2017.

FORTUNATI, E.; MAZZAGLIA, A.; BALESTRA, G. M. Sustainable control strategies for plant protection and food packaging sectors by natural substances and novel nanotechnological approaches. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 3, p. 986–1000, 2019.

FRESÁN, U. et al. Does the size matter? A comparative analysis of the environmental impact of several packaged foods. *Science of the Total Environment*, v. 687, p. 369–379, 2019.

GAIKWAD, K. K.; SINGH, S.; AJJI, A. Moisture absorbers for food packaging applications. *Environmental Chemistry Letters*, v. 17, n. 2, p. 609–628, 2019.

GARCIA-GALICIA, I. A. et al. The impact of ultrasound and vacuum pack on quality properties of beef after modified atmosphere on display. *Journal of Food Process Engineering*, v. 43, n. 1, p. 1–10, 2020.

GARDAS, B. B.; RAUT, R. D.; NARKHEDE, B. Identifying critical success factors to facilitate reusable plastic packaging towards sustainable supply chain management. *Journal of Environmental Management*, v. 236, n. January, p. 81–92, 2019.

GEUEKE, B.; GROH, K.; MUNCKE, J. Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. *Journal of Cleaner Production*, v. 193, p. 491–505, 2018.

GIOVANNETTI, M. D. *El Mundo del envase: manual para el diseño y producción de envases y embalajes*. 2. ed. México: Gustavo Gili, 1995.

GÓMEZ-HEINCKE, D. et al. Development of antimicrobial active packaging materials based on gluten proteins. *Journal of the science of food and agriculture*, v. 96, n. 10, p. 3432–3438, 2016.

GONZÁLEZ-BOUBETA, I. et al. Economic and environmental packaging sustainability: A case study. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 11, n. 2, p. 229–238, 2018.

GREENBLUE. Definition of Sustainable Packaging. *Renewable Energy*, n. August, p. 1–10, 2011.

GRÖNMAN, K. ET AL. Framework for Sustainable Food Packaging Design. *Packaging and Technology and Science*, v. 29, n. January, p. 399–412, 2013.

GUARNIERI, P.; CERQUEIRA-STREIT, J. A.; BATISTA, L. C. Reverse logistics and the sectoral agreement of packaging industry in Brazil towards a transition to circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 153, n. October 2018, 2020.

GUMIERO, M. et al. Effect of TiO₂ photocatalytic activity in a HDPE-based food packaging on the structural and microbiological stability of a short-ripened cheese. *Food Chemistry*, v. 138, n. 2–3, p. 1633–1640, 2013.

GURGEL, F. DO A. *Administração de embalagens*. 1. ed. São Paulo: Thomson, 2007.

GURTU, A.; ARENDT, J. D. Packaging, business, and society. *International Journal of Nonprofit and Voluntary Sector Marketing*, n. November, 2019.

GUTIERREZ, M. M.; MELEDDU, M.; PIGA, A. Food losses, shelf life extension and environmental impact of a packaged cheesecake: A life cycle assessment. *Food Research International*, v. 91, p. 124–132, 2017.

HAHLADAKIS, J. N.; IACOVIDOU, E. Closing the loop on plastic packaging materials: What is quality and how does it affect their circularity? *Science of the Total Environment*, v. 630, p. 1394–1400, 2018.

HAKOLA, J. Customer perceptions of the value of new packaging technologies. *Journal of Business and Industrial Marketing*, v. 28, n. 8, p. 649–659, 2013.

HAO, Y. et al. What affect consumers' willingness to pay for green packaging? Evidence from China. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 141, n. October 2018, p. 21–29, 2019.

HARIGA, M.; GLOCK, C. H.; KIM, T. Integrated product and container inventory model for a single-vendor single-buyer supply chain with owned and rented returnable transport items. *International Journal of Production Research*, v. 54, n. 7, p. 1964–1979, 2016.

HARRI LORENTZ TOMI SOLAKIVI JUUSO TÖYLI LAURI OJALA. Reverse resource exchanges in service supply chains: the case of returnable transport packaging. *An International Journal*, v. 21, n. 3, p. 1–25, 2016.

HELLSTRÖM, D.; NILSSON, F. Logistics-driven packaging innovation: A case study at IKEA. *International Journal of Retail & Distribution Management*, v. 39, n. 9, p. 638–657, 2011.

HERBES, C.; BEUTHNER, C.; RAMME, I. How green is your packaging—A comparative international study of cues consumers use to recognize environmentally friendly packaging. *International Journal of Consumer Studies*, v. 44, n. 3, p. 258–271, 2020.

HILLIER, D.; COMFORT, D.; JONES, P. The Packaging Industry and Sustainability. *Athens Journal of Business & Economics*, v. 3, n. 4, p. 405–426, 2017.

HISCHIER, R.; ALTHAUS, H. J.; WERNER, F. Developments in wood and packaging materials life cycle inventories in ecoinvent. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 10, n. 1, p. 50–58, 2005.

HOLDGATE, M. W. *Our Common Future: The Report of the World Commission on Environment and Development*. Oxford University Press, Oxford & New York: xv + 347 + 35 pp., 20.25 × 13.25 × 1.75 cm, Oxford Paperback, £5.95 net in UK, 1987. *Environmental Conservation*, v. 14, n. 3, p. 282–282, 1987.

HOSSEINI, S. F.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. A state-of-the-art review on the elaboration of fish gelatin as bioactive packaging: Special emphasis on nanotechnology-based approaches *Trends in Food Science and Technology* Elsevier Ltd, , 2018.

IAHNKE, A. O. E. S. et al. Residues of minimally processed carrot and gelatin capsules: Potential materials for packaging films. *Industrial Crops and Products*, v. 76, p. 1071–1078, 2015.

INGRAO, C.; GIGLI, M.; SIRACUSA, V. An attributional Life Cycle Assessment application experience to highlight environmental hotspots in the production of foamy polylactic acid trays for fresh-food packaging usage. *Journal of Cleaner Production*, v. 150, p. 93–103, 2017.

IRKIN, R.; ESMER, O. K. Novel food packaging systems with natural antimicrobial agents *Journal of Food Science and Technology*, 2015.

JANG, Y. C. et al. Recycling and management practices of plastic packaging waste towards a circular economy in South Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 158, n. February, 2020.

JERZYK, E. Design and Communication of Ecological Content on Sustainable Packaging in Young Consumers' Opinions. *Journal of Food Products Marketing*, v. 22, n. 6, p. 707–716, 2016.

JIMÉNEZ-GUERRERO, J. F.; GÁZQUEZ-ABAD, J. C.; CEBALLOS-SANTAMARÍA, G. Innovation in eco-packaging in private labels. *Innovation: Management, Policy and Practice*, v. 17, n. 1, p. 81–90, 2015.

KARDOS, M.; GABOR, M. R.; CRISTACHE, N. Green marketing's roles in sustainability and ecopreneurship. Case study: Green packaging's impact on Romanian young consumers' environmental responsibility. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 3, p. 1–13, 2019.

KETELSEN, M.; JANSSEN, M.; HAMM, U. Consumers' response to environmentally-friendly food packaging - A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, v. 254, 2020.

KETKAEW, S. et al. Effect of Oregano Essential Oil Content on Properties of Green Biocomposites Based on Cassava Starch and Sugarcane Bagasse for Bioactive Packaging. *Journal of Polymers and the Environment*, v. 26, n. 1, p. 311–318, 2018.

KHAN, A.; TANDON, P. Realizing the End-of-life Considerations in the Design of Food Packaging. *Journal of Packaging Technology and Research*, v. 2, n. 3, p. 251–263, 2018.

KUSWANDI, B. Environmental friendly food nano-packaging *Environmental Chemistry Letters* Springer International Publishing, , 2017.

KUSWANDI, B. Environmental friendly food nano-packaging *Environmental Chemistry Letters* Springer International Publishing, , 2017.

LAGARDA-LEYVA, E. A. et al. Managing plastic waste from agriculture through reverse logistics and dynamic modeling. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 21, n. 7, p. 1415–1432, 2019.

LECETA, I. et al. Valorisation of fishery industry wastes to manufacture sustainable packaging films: Modelling moisture-sorption behaviour. *Journal of Cleaner Production*, v. 91, p. 36–42, 2015.

LEWIS, H. Defining product stewardship and sustainability in the Australian packaging industry. *Environmental Science and Policy*, v. 8, n. 1, p. 45–55, 2005.

LEWIS, H. et al. Sustainable Packaging Redefined. n. November, 2007.

LICCIARDELLO, F. Packaging, blessing in disguise. Review on its diverse contribution to food sustainability. *Trends in Food Science and Technology*, v. 65, p. 32–39, 2017.

LILIANI; TIAHJONO, B.; CAO, D. Advancing bioplastic packaging products through co-innovation: A conceptual framework for supplier-customer collaboration *Journal of Cleaner Production* Elsevier Ltd, , 2020.

LÓPEZ-GÓMEZ, A. et al. Radiofrequency Identification and Surface Acoustic Wave Technologies for Developing the Food Intelligent Packaging Concept. *Food Engineering Reviews*, v. 7, n. 1, p. 11–32, 2014.

MAGHOUMI, M. et al. Hot water, UV-C and superatmospheric oxygen packaging as hurdle techniques for maintaining overall quality of fresh-cut pomegranate arils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 93, n. 5, p. 1162–1168, 2013.

MAGNIER, L.; SCHOORMANS, J. Consumer reactions to sustainable packaging: The interplay of visual appearance, verbal claim and environmental concern. *Journal of Environmental Psychology*, v. 44, p. 53–62, 2015.

MAHMOUDI, M.; PARVIZIOMRAN, I. Reusable packaging in supply chains: A review of environmental and economic impacts, logistics system designs, and operations management *International Journal of Production Economics* Elsevier B.V., , 2020.

MANZINI, E. O desenvolvimento de produtos sustentáveis. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

MARTINHO, G. et al. Factors affecting consumers' choices concerning sustainable packaging during product purchase and recycling. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 103, p. 58–68, 2015.

MASMOUDI, F. et al. Biodegradable packaging materials conception based on starch and polylactic acid (PLA) reinforced with cellulose. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 23, n. 20, p. 20904–20914, 2016.

- MASMOUDI, F. et al. Design and Characterization of a New Food Packaging Material by Recycling Blends Virgin and Recovered polyethylene terephthalate. *Polymer Engineering and Science*, v. 60, n. 2, p. 250–256, 2020.
- MEHERISHI, L.; NARAYANA, S. A.; RANJANI, K. S. Sustainable packaging for supply chain management in the circular economy: A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 237, 2019.
- MESTRINER, F. Design de embalagem: curso básico. 1. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2002.
- MESTRINER, F. Design de embalagem: curso avançado. São Paulo: Pearson Makron Books, 2002b.
- MEYLAN, G.; AMI, H.; SPOERRI, A. Transitions of municipal solid waste management. Part II: Hybrid life cycle assessment of Swiss glass-packaging disposal. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 86, p. 16–27, 2014.
- MORGADO, A. Logoplaste: Innovation in the global market From packaging to solution. *Management Decision*, v. 46, n. 9, p. 1414–1436, 2008.
- MOURA & BANZATO. Embalagem, unitização e containerização. 2. ed. São Paulo: IMAM, 1997.
- MOURAD, A. L.; DA SILVA, H. L. G.; NOGUEIRA, J. C. B. Life cycle assessment of cellulose packaging materials production: Folding box board and kraftliner paper. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 19, n. 4, p. 968–976, 2014.
- MULDER-NIJKAMP, M.; DE KOEIJER, B.; TORN, R. J. Synthesizing sustainability considerations through educational interventions. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 1, p. 1–37, 2018.
- MUMLADZE, T. et al. Sustainable approach to recycling of multilayer flexible packaging using switchable hydrophilicity solvents. *Green Chemistry*, v. 20, n. 15, p. 3604–3618, 2018.
- MUNIZ, E. C. L.; POSSAMAI, O. Complexidade de novos produtos: um modelo dinâmico para análise da perda de produtividade em sistemas produtivos. *Gestão & Produção*, v. 26, n. 1, 2019.
- MURATORE, G.; ZARBÀ, A. S. Role and function of food packaging: What consumers prefer. *Italian Journal of Food Science*, v. 23, n. SUPPL., p. 25–29, 2011.
- NEGRÃO, C.; CAMARGO, E. Design de embalagens: do marketing a produção. São Paulo: Novatec, 2008.

NGUYEN, A. T. et al. A consumer definition of eco-friendly packaging. *Journal of Cleaner Production*, v. 252, 2020.

ORZAN, G. et al. Consumers' behavior concerning sustainable packaging: An exploratory study on Romanian consumers. *Sustainability (Switzerland)*, v. 10, n. 6, 2018.

OTHMAN, S. H. Bio-nanocomposite Materials for Food Packaging Applications: Types of Biopolymer and Nano-sized Filler. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v. 2, p. 296–303, 2014.

PAIANO, A.; CROVELLA, T.; LAGIOIA, G. Managing sustainable practices in cruise tourism: the assessment of carbon footprint and waste of water and beverage packaging. *Tourism Management*, v. 77, n. August 2019, 2020.

PARK, H.; CUTKOSKY, M. R. Framework for Modeling Dependencies in Collaborative Engineering Processes, *Research in Engineering Design*. p. 84–102, 1999.

PAUER, E. et al. Assessing the environmental sustainability of food packaging: An extended life cycle assessment including packaging-related food losses and waste and circularity assessment. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 3, 2019.

PELTIER, F. *A lata solução do futuro*. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

PELTIER, F. *Design sustentável: caminhos virtuosos*. In: NOVATEC (Ed.). . 01. ed. São Paulo: [s.n.].

PEREIRA, P. Z. *Proposição de metodologia para o design de embalagem orientada à sustentabilidade*. [s.l.] Federal University of Rio Grande do Sul, 2012.

PETLJAK, K.; NALETINA, D.; BILOGREVIĆ, K. Considering ecologically sustainable packaging during decision-making while buying food products. *Ekonomika poljoprivrede*, v. 66, n. 1, p. 107–126, 2019.

PICUNO, C. et al. Agrochemical plastic packaging waste decontamination for recycling: Pilot tests in Italy. *Journal of Agricultural Engineering*, v. 50, n. 2, p. 99–104, 2019.

PMBOK. *Conhecimento em gerenciamento de projetos (guia pmbok)*. [s.l.: s.n.]. v. 1

PRAKASH, G.; PATHAK, P. Intention to buy eco-friendly packaged products among young consumers of India: A study on developing nation. *Journal of Cleaner Production*, v. 141, p. 385–393, 2017.

REN, H. et al. PlantBottle™ Packaging program is continuing its journey to pursue bio-mono-ethylene glycol using agricultural waste. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, v. 7, n. 4, 2015.

RIGAMONTI, L.; BIGANZOLI, L.; GROSSO, M. Packaging re-use: a starting point for its quantification. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 21, n. 1, p. 35–43, 2019.

RODRÍGUEZ-PARADA, L.; MAYUET, P. F.; GÁMEZ, A. J. Custom design of packaging through advanced technologies: A case study applied to apples. *Materials*, v. 12, n. 3, 2019.

ROMANI, V. P.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; MARTINS, V. G. Active and sustainable materials from rice starch, fish protein and oregano essential oil for food packaging. *Industrial Crops and Products*, v. 97, p. 268–274, 2017.

ROZENFELD, H. E. et al. *Gestão de Desenvolvimento de produto: uma referência para melhoria do processo*. São Paulo: [s.n.].

RUNDH, B. Linking packaging to marketing: How packaging is influencing the marketing strategy. *British Food Journal*, v. 115, n. 11, p. 1547–1563, 2013.

RUNDH, B. The multi-faceted dimension of packaging: Marketing logistic or marketing tool? *British Food Journal*, v. 107, n. 9, p. 670–684, 2005.

RUSSELL, D. A. M. Sustainable (food) packaging – an overview. *Food Additives & Contaminants*, v. 31, n. 3, p. 396–401, 2014.

SARKAR, B. et al. Optimal production delivery policies for supplier and manufacturer in a constrained closed-loop supply chain for returnable transport packaging through metaheuristic approach. *Computers and Industrial Engineering*, v. 135, n. July 2018, p. 987–1003, 2019.

SARKAR, T.; CHAKRABORTY, R. Formulation, Physicochemical Analysis, Sustainable Packaging-Storage Provision, Environment Friendly Drying Techniques and Energy Consumption Characteristics of Mango Leather Production: A Review. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. Anais...2018.

SASTRE, R. *Design de embalagem: categorias para avaliar a inovação no Design e produção de embalagens*. Mauritius: Novas edições acadêmicas, 2017a.

SASTRE, R. *Embalagem de consumo em papel cartão: categorias para avaliação da inovação no Design e Produção de embalagens*. [s.l.] Uniritter, 2014.

SASTRE, R. M. et al. Lean office: Study on the applicability of the concept in a design company. *Proceedings of International Design Conference, DESIGN*. Anais...2018.

SASTRE, R. M. et al. Packaging Radar: a Preliminary Reference for Packaging Design in a Systemic and Complex Context. *Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference*, v. 1, n. 2002, p. 2139–2148, 2020.

SASTRE, R. M. Packaging design: The principles by Redig in theory the amplitude by Mestriner. *Espacios*, v. 38, n. 9, 2017b.

SASTRE, R. M.; DE PAULA, I. C.; ECHEVESTE, M. E. S. A Systematic Literature Review on Packaging Sustainability: Contents, Opportunities, and Guidelines. *Sustainability*, v. 14, n. 11, p. 6727, 31 maio 2022.

SASTRE, R. M.; DE PAULA, I. C.; ECHEVESTE, M. E. S. Proposition of guidelines for assessing innovation in the design and production of paperboard consumer packaging. *Proceedings of International Design Conference, DESIGN. Anais...*2018.

SASTRE, R. M.; RODRIGUES, M. C. Comparative semiotic analysis on the redesign of Melitta coffee packaging. *Espacios*, v. 37, n. 5, 2016.

SASTRE, R. M.; SILVEIRA, S. R.; RODRIGUES, M. C. Proposal for resources application for education at distance in planning for packaging drawing. *Espacios*, v. 37, n. 5, 2016.

SCHMIDT RIVERA, X. C. et al. Aiding the design of innovative and sustainable food packaging: Integrating techno-environmental and circular economy criteria. *Energy Procedia*, v. 161, n. 2018, p. 190–197, 2019.

SCHUMANN, B.; SCHMID, M. Packaging concepts for fresh and processed meat – Recent progresses. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 47, p. 88–100, 2018.

SEO, S. et al. Consumers’ attitude toward sustainable food products: Ingredients vs. packaging. *Sustainability (Switzerland)*, v. 8, n. 10, 2016.

SHARMA, R.; GHOSHAL, G. Emerging trends in food packaging. *Nutrition and Food Science*, v. 48, n. 5, p. 764–779, 2018.

SHUKLA, S. K. et al. Micro-cellulose Sheet and Polyvinyl Alcohol Blended Film for Active Packaging. *Chemistry Africa*, v. 2, n. 4, p. 723–732, 2019.

SILVESTRE, C.; DURACCIO, D.; CIMMINO, S. Food packaging based on polymer nanomaterials. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, v. 36, n. 12, p. 1766–1782, 2011.

SIMMS, C. et al. Barriers to the adoption of waste-reducing eco-innovations in the packaged food sector: A study in the UK and the Netherlands. *Journal of Cleaner Production*, v. 244, 2020.

SIMON, B.; AMOR, M. BEN; FÖLDÉNYI, R. Life cycle impact assessment of beverage packaging systems: Focus on the collection of post-consumer bottles. *Journal of Cleaner Production*, v. 112, p. 238–248, 2016.

SINGH, G.; PANDEY, N. The determinants of green packaging that influence buyers' willingness to pay a price premium. *Australasian Marketing Journal*, v. 26, n. 3, p. 221–230, 2018.

SINGH, G.; PANDEY, N. The determinants of green packaging that influence buyers' willingness to pay a price premium. *Australasian Marketing Journal*, v. 26, n. 3, p. 221–230, 2018.

SOHRABPOUR, V.; HELLSTRÖM, D.; JAHRE, M. Packaging in developing countries: identifying supply chain needs. *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, v. 2, n. 2, p. 183–205, 2012.

STEENIS, N. D. et al. Consumer response to packaging design: The role of packaging materials and graphics in sustainability perceptions and product evaluations. *Journal of Cleaner Production*, v. 162, p. 286–298, 2017.

STEENIS, N. D. et al. Consumer response to packaging design: The role of packaging materials and graphics in sustainability perceptions and product evaluations. *Journal of Cleaner Production*, v. 162, p. 286–298, 2017.

SUNG, S. Y. et al. Antimicrobial agents for food packaging applications. *Trends in Food Science and Technology*, v. 33, n. 2, p. 110–123, 2013.

SZCZEPAŃSKA, N.; KUDŁAK, B.; NAMIEŚNIK, J. Recent advances in assessing xenobiotics migrating from packaging material – A review. *Analytica Chimica Acta*, v. 1023, p. 1–21, 2018.

TAMANI, N. et al. An argumentation system for eco-efficient packaging material selection. *Computers and Electronics in Agriculture*, v. 113, p. 174–192, 2015.

TAVARES, A. C. S.; VANALLE, R. M.; CAMAROTTO, J. A. Influence of green initiatives on environmental, economic and operational outcomes: The case of the Brazilian packaging supply chain. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 2, 2019.

THOMOPOULOS, R. et al. Multi-Criteria Reverse Engineering for Food: Genesis and Ongoing Advances *Food Engineering Reviews* *Food Engineering Reviews*, , 2019.

TIRPUDE, R.; ALAM, T.; SAHA, N. C. Effect of Package Design of Handloom Products to Influence Consumer Perception. *Journal of Packaging Technology and Research*, v. 3, n. 2, p. 169–179, 2019.

TUMWESIGYE, K. S.; OLIVEIRA, J. C.; SOUSA-GALLAGHER, M. J. Integrated sustainable process design framework for cassava biobased packaging materials: Critical review of current challenges, emerging trends and prospects *Trends in Food Science and Technology* Elsevier Ltd, , 2016.

TWEDE, DIANA; GODDARD, R. *Materiais para embalagens*. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

VANDERROOST, M. et al. *Intelligent food packaging: The next generation* *Trends in Food Science and Technology* Elsevier Ltd, , 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2014.06.009>>

VERNUCCIO, M.; COZZOLINO, A.; MICHELINI, L. An exploratory study of marketing, logistics, and ethics in packaging innovation. *European Journal of Innovation Management*, v. 13, n. 3, p. 333–354, 2010.

VISHNUVARTHANAN, M. et al. Environment-friendly packaging material: banana fiber/cowdung composite paperboard. *Environmental Chemistry Letters*, v. 17, n. 3, p. 1429–1434, 2019.

VISHNUVARTHANAN, M.; RAJESWARI, N. Food packaging: pectin–laponite–Ag nanoparticle bionanocomposite coated on polypropylene shows low O₂ transmission, low Ag migration and high antimicrobial activity. *Environmental Chemistry Letters*, v. 17, n. 1, p. 439–445, 2019a.

WERNER, B. G.; KOONTZ, J. L.; GODDARD, J. M. Hurdles to commercial translation of next generation active food packaging technologies. *Current Opinion in Food Science*, v. 16, p. 40–48, 2017.

WIECZYŃSKA, J.; CAVOSKI, I. Antimicrobial, antioxidant and sensory features of eugenol, carvacrol and trans-anethole in active packaging for organic ready-to-eat iceberg lettuce. *Food Chemistry*, v. 259, n. March, p. 251–260, 2018.

WYRWA, J.; BARSKA, A. *Innovations in the food packaging market: active packaging* *European Food Research and Technology* Springer Berlin Heidelberg, , 2017.

YOSHIHARA, E. *FMDS da Toyota*. São Paulo: Clube de autores, 2021.

YUSUF, Y. Y. et al. Returnable transport packaging in developing countries: drivers, barriers and business performance. *Production Planning and Control*, v. 28, n. 6–8, p. 629–658, 2017.

ZAMPORI, L.; DOTELLI, G. Design of a sustainable packaging in the food sector by applying LCA. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 19, n. 1, p. 206–217, 2014.

ZENG, T.; DURIF, F. The influence of consumers' perceived risks towards eco-design packaging upon the purchasing decision process: An exploratory study. *Sustainability (Switzerland)*, v. 11, n. 21, p. 10–13, 2019.

ZHANG, D. When age meets culture: an investigation of children's package design preferences. *Journal of Consumer Marketing*, v. 35, n. 2, p. 117–129, 2018.

8. Sites pesquisados

ABRE. Associação Brasileira de embalagem. Disponível em <https://www.abre.org.br>
Acesso em: 05 de julho de 2021.

AMBALAZA JORNAL. Disponível em <http://www.ambalaza.hr/en/journal> Acesso em
05 de outubro de 2019.

CANADIAN PACKAGING. Disponível em <https://www.canadianpackaging.com>
Acesso em 05 de outubro de 2019.

EMBANNEWS. Disponível em <https://www.embanews.com> Acesso em 05 de outubro de
2019.

INSTITUTO DE EMBALAGENS. Disponível em <http://institutodeembalagens.com.br>
Acesso em 05 de outubro de 2019.

PACKAGING CONECTIONS. Disponível em <https://www.packagingconnections.com>
Acesso em 05 de outubro de 2019.

PACKAGING EUROPE. Disponível em <https://packagingeurope.com> Acesso em 05 de
outubro de 2019.

PACKAGING WORLD. Disponível em <https://www.packworld.com> Acesso em 05 de
outubro de 2019.

REVISTA PACK. Disponível em <https://www.pack.com.br> Acesso em 05 de outubro de
2019.

SMITHERS. Disponível em <https://www.smithers.com/home> Acesso em 30 de setembro
de 2020.

WORLD BANK. Disponível em <https://www.worldbank.org/en/home> Acesso em 05 de
outubro de 2019.

WPO. World Packaging Organization. Disponível em <https://www.worldpackaging.org>
Acesso em 05 de outubro de 2019.