



Design de Sistema de Embalagem para a redução de impactos ambientais

Packaging-oriented Systems Design for Environmental Impact Reduction

Cristiane Ferrari Zeni, Bacharela em Design, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ferrarizeni@gmail.com

Ricardo Marques Sastre, Doutor em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Paraná

ricsastre@gmail.com

Istefani Carisio de Paula, Doutora em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

istefanicpaula@gmail.com

Aguinaldo dos Santos, Doutor em Gestão da Produção, Universidade Federal do Paraná

asantos@ufpr.br

[Linha temática: T6. Materiais, processos, tecnologias inovadoras para a sustentabilidade]

Resumo

Uma das etapas necessárias para o Design de Sistemas orientados à embalagem trata do mapeamento de todas as embalagens e acessórios ao longo de uma dada cadeia de valor. Este mapeamento contempla o fluxo principal de envase, armazenamento e distribuição, assim como sua relação com os níveis de embalagem e com fluxos paralelos, incorporados a partir de outras etapas do ciclo de vida. Tais relações podem gerar desperdícios de recursos e causar impacto ambiental se não estiverem visíveis durante o processo. O objetivo deste artigo é propor um framework para tornar visível o fluxo de artefatos ao longo de um Sistema Embalagem, com vistas a reduzir o impacto ambiental. O método utilizado foi o *Design Science Research*. O estudo contribui para o avanço na compreensão das operacionalizações do Design de Sistemas no âmbito das embalagens, apresentando a complexidade da relação entre a embalagem e o produto durante o seu ciclo de vida e suas interações com os processos internos e externos das empresas.

Palavras-chave: Design de Sistemas; Impacto ambiental; Sustentabilidade; Sistema-embalagem;

Abstract

One of the necessary steps for Packaging-oriented Systems Design involves the mapping of all packaging and accessories throughout a given value chain. This mapping encompasses the main flow of filling, storage, and distribution, as well as its relationship with packaging levels and parallel flows,

incorporated from other stages of the lifecycle. Such relationships can lead to resource wastage and environmental impact if they are not visible during the process. The objective of this article is to propose a framework for making the flow of artifacts within a Packaging System visible, with the aim of reducing environmental impact. The method used was Design Science Research. The study contributes to advancing the understanding of operationalizations of Systems Design within the realm of packaging, presenting the complexity of the relationship between packaging and the product throughout its lifecycle and its interactions with internal and external company processes.

Keywords: Design; Environmental impact; Reducing; Packaging system

1. Introdução

A embalagem ao longo de sua história tem representado uma importante ferramenta para o desenvolvimento comercial e o crescimento das cidades, por garantir que o produto chegue ao consumidor final em condições seguras e de qualidade. É o resultado da ação de um sistema complexo e multidisciplinar, constituído pela atuação de diversos especialistas que desenvolvem atividades complementares, tais como pesquisadores, designers, operadores, dentre outros envolvidos em sua concepção (ROBERTSON, 2013; SASTRE et al., 2019).

O Sistema de Embalagem (SE) de uma empresa é convencionalmente entendido como um conjunto de processos, materiais e tecnologias utilizados para acondicionar, proteger, distribuir e comercializar os produtos que a empresa fabrica ou vende (CABRAL; CABRAL, 2010). Nesta perspectiva, quando bem projetado e adequado através do processo integrado de desenvolvimento de embalagens, produtos e logística, alcançam-se oportunidades para economizar recursos, reduzir os custos ambientais e comerciais e aumentar a eficiência em toda a cadeia (MOLINA-BESCH; PÁLSSON, 2014). O SE pode ser compreendido como composto de diversos fluxos entrelaçados (MUNIZ; POSSAMAI, 2019), sendo concebido para atender muitos contextos que interagem de uma forma complexa (BARABASI, 2005). As decisões de projeto quanto ao tipo de material e formato, por exemplo, podem impactar a função primária da embalagem, afetando as etapas de produção, impactando a distribuição, as ações comerciais, o uso e descarte pelos consumidores e, em última instância, causando danos ao meio ambiente.

Desenhar sistemas orientados às embalagens envolve considerar aspectos como o perfil dos atores requeridos no sistema, assim como a configuração e a dinâmica dos fluxos de processos e operações, além do portfólio de embalagens e serviços associados. Sob a perspectiva do Mecanismo da Função Produção, proposta por Shingo (1989) a análise dos fluxos no âmbito de um sistema orientado à embalagens necessita iniciar pelo “processo”, ou seja, pelo fluxo de materiais e/ou informações. A análise do fluxo de operações (pessoas ou máquinas) deveria ser realizada após a análise do processo.

Devido à representatividade expressiva da embalagem como fonte de geração de resíduos no planeta, os gestores de empresas estão buscando delinear estratégias para prevenir e, quando não isto não for possível, reduzir sua demanda. Tais esforços requerem uma análise acurada dos pontos de presença de desperdícios e impactos ambientais durante o processo. Desta forma, a aplicação da perspectiva contemporânea da sustentabilidade demanda que o SE contemple as dimensões social, econômica e ambiental de forma concomitante. Neste sentido, considera-se que desenvolver um SE com um desempenho ambiental superior não necessariamente pode ser considerado como sustentável (DE KOEIJER; DE LANGE; WEVER, 2017). Com esta ressalva, observa-se que a busca por melhoria do desempenho ambiental da embalagem

frequentemente enfatiza o uso de materiais atóxicos, renováveis, locais e recicláveis. A seleção destes materiais e respectivos processos requer a realização de avaliações de ciclo de vida (ACV) que deem lastro ao processo de decisão para minimizar a pegada ecológica.

Sob a perspectiva econômica, um SE contempla não só questões de natureza financeira, incluindo critérios como a equidade entre atores, o estímulo ao empreendedorismo local, a priorização de organizações em rede, o compartilhamento de ativos locais, dentre outros aspectos. Sob a perspectiva social, o SE necessita considerar mecanismos de integração do fraco e marginalizado, o respeito à cultura local, a promoção da coesão social, instrumentalizando os consumidores a realizar escolhas socialmente justas e éticas (ABDUL KHALIL et al., 2016; BESIER, 2015; PETLJAK; NALETINA; BILOGREVIĆ, 2019).

Isto posto, fica claro que as competências requeridas dos profissionais atuantes no setor de embalagem transcendem os limites da própria embalagem. Com o propósito de contribuir na melhor compreensão destas competências, a presente pesquisa propõe responder a seguinte pergunta: como identificar as perdas relacionadas com embalagens no sistema de produção com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria e redução de impacto ambiental? O objetivo deste artigo é propor um framework para tornar visível o sistema embalagem das empresas com foco em redução de impacto ambiental.

2. Design de Sistemas orientados à Embalagem

Nesta seção estão descritos os referenciais teóricos referentes a construção do framework proposto, a partir da visão da integração entre o ciclo de vida da embalagem e do produto, bem como a classificação da embalagem e a definição do Sistema de Embalagem.

2.1 Integração entre o ciclo de vida da embalagem e do produto

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 equipe de projetos interna da empresa que, posteriormente, dará o encaminhamento para a indústria de embalagens. Em alguns casos, a própria indústria de embalagens adapta o projeto para 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 1). 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 de ação no fechamento do ciclo de forma sustentável. Neste caso, pode haver o 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 outras. Mesmo sendo parte integrante de um produto (sistema produto-embalagem), os ciclos de ambos correm em paralelo até que se superpõem a partir do envase, podendo se separar novamente no pós-uso do produto (Figura 1). 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 relacionados à logística reversa para fins de tratamento e destinação final.

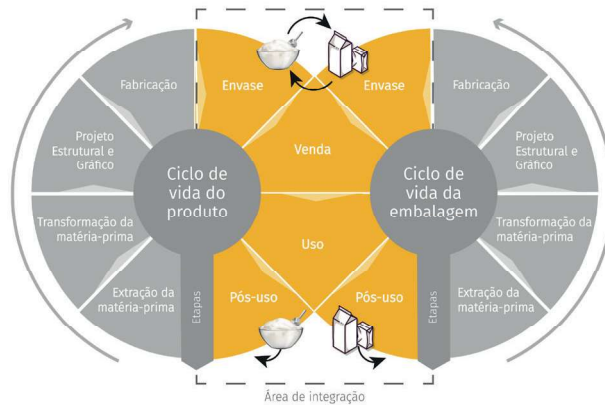


Figura 1: Superposição entre os ciclos de vida da embalagem e do produto. Fonte: elaborado pelos autores

Embora fisicamente a superposição ocorra geralmente a partir da fase de envase (Figura 1), desde a primeira fase (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).

2.2 Classificação da embalagem

As embalagens de forma geral podem ser classificadas como primárias, secundárias e terciárias (BRISSEON, 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 e 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 2).

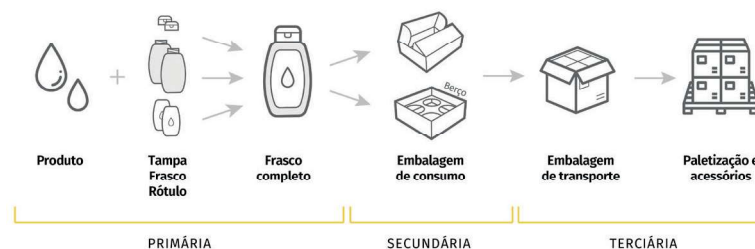


Figura 2: Classificação da embalagem. Fonte: elaborado pelos autores

Por uma questão de segurança e manutenção da integridade do produto, são utilizados alguns componentes, tais como cantoneiras e filmes plásticos para paletes ou, ainda, pode-se adotar um berço dentro das embalagens de consumo para certificar que no transporte o frasco não sofrerá nenhuma avaria, por exemplo. 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, que facilitam a movimentação e armazenagem em transportes, e as de quinto nível, utilizadas para envios de longa distância, como os containers (MOURA; BANZATO, 1997). Cada nível de importância e as funções que as embalagens cumprem 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 níveis mais altos, em uma perspectiva de circularidade e extensão da vida útil (SELVIARIDIS et al, 2016).

2.3 Sistema de Embalagem

O Design de um Sistema orientado à Embalagem trata da configuração dos atores e da dinâmica dos respectivos fluxos (materiais, capital informação, serviços). A perspectiva convencional é mais restrita quanto ao SE, considerando tão somente o conjunto de processos, materiais e tecnologias utilizados para acondicionar, proteger, distribuir e comercializar os produtos que a empresa fabrica ou vende (CABRAL; CABRAL, 2010). Para Moura e Banzato (1997), um Sistema de Embalagem é um conjunto interrelacionado de operações e materiais necessários para mover os produtos do ponto de origem até o de consumo, inclusive maquinários, equipamentos e veículos para seu embarque” (MOURA; BANZATO, 1997). Os autores também definem que, como em todos os sistemas, as partes são numerosas e diversas, e todas “as decisões tomadas e implementadas a nível de um componente provocam ramificações em outros níveis” (MOURA; BANZATO, 1997).

Quando os fluxos de materiais e informações de um SE é projetado de forma adequada, alcança-se a eliminação ou mitigação dos impactos ambientais, a equidade e coesão social, além da equidade e justiça econômica. Sob uma perspectiva operacional, a indústria pode economizar recursos por meio da redução de materiais, otimização do espaço, redução de danos e perdas, eficiência na distribuição e incorporação de práticas sustentáveis. No nível mais elevado, o sistema pode contemplar estratégias que resultem na prevenção do uso de embalagens, como a digitalização de produtos, a servitização nas relações de consumo, o estímulo à economia do compartilhamento, além de inovações sociais e de estilo de vida que possam suprimir integralmente a demanda por embalagens. Neste sentido, em casos onde estratégias orientadas à prevenção do consumo são mais restritas, é possível integrar considerações logísticas e da cadeia de suprimentos no processo de desenvolvimento de embalagens, buscando a minimização e otimização dos recursos, trazendo não apenas benefícios econômicos para as empresas, mas também oportunidades para reduzir os custos ambientais e comerciais e aumentar a eficiência em toda a cadeia (MOLINA-BESCH; PÁLSSON, 2014).

No entanto, Palsson et al. (2013) mostra que os modelos e métodos atuais usados para apoiar a seleção de embalagens em empresas de manufatura raramente consideram as dimensões da

sustentabilidade. Além disso, eles geralmente não refletem toda a cadeia de suprimentos, já que os sistemas de montagem e fornecimento de materiais são projetados em grande parte separadamente, o que leva a sub-otimização. Para evitá-la e facilitar uma abordagem integradora dos sistemas de montagem e fornecimento de materiais, a embalagem pode desempenhar um papel fundamental, pois há várias interações entre a embalagem e a logística ao longo da cadeia de suprimentos. Molina-Besch e Palsson (2014) consideram que a embalagem é um componente central na logística, visto que ela adiciona peso e espaço aos produtos durante o manuseio e transporte, mas também facilita a utilização do volume devido à capacidade de empilhamento e a eficiência do manuseio. Nas estações de trabalho pertinentes à montagem de embalagens e inserção dos produtos a serem transportados/protegidos, é possível obter economia de tempo e custo consideráveis ajustando o sistema embalagem à situação de montagem em questão e aos componentes utilizados (PÅLSSON; FINNSGÅRD; WÄNSTRÖM, 2013). Dessa forma, a embalagem tem impacto direto no uso de energia dos processos de transporte, manuseio e armazenamento, além de influenciar na quantidade de resíduos de produtos ao longo das cadeias de abastecimento (MOLINA-BESCH; PÅLSSON, 2014). Além disto, apresenta outras funções de grande importância como a de ser papel potencial indutor da educação do consumidor e reforçar a conexão das pessoas à cultura de um território.

Em suma, decisões e avaliações envolvendo embalagens requerem uma abordagem holística que considere todas as partes da cadeia de suprimentos. A embalagem deve ser entendida como sendo um sistema complexo que abrange interações previsíveis e/ou inesperadas entre suas partes e processos, exigindo, portanto, atenção permanente sobre o todo e cada uma das suas partes ao longo do seu ciclo de vida, para ser que possa ser gerenciada com eficiência e eficácia (CABRAL; CABRAL, 2010; SASTRE et al., 2019).

3. Método de Pesquisa

Visando desenvolver um instrumento para tornar visível o sistema embalagem das empresas com foco em redução de impacto ambiental, utilizou-se três etapas da metodologia *Design Science Research* baseado em Dresch; Lacerda; Cauchick (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 nas três etapas apresentadas na Figura 3.



Figura 3: Etapas adotadas da DSR. Fonte: elaborado pelos autores

3.1 Compreensão do problema

Nesta etapa iniciou-se a consulta às bases de referências da literatura e a construção do conhecimento relativo à integração entre o ciclo de vida da embalagem e do produto, a definição do SE e em qual contexto está inserido, bem como os problemas, desperdícios e impactos causados pelas embalagens em sua cadeia. Foram realizadas pesquisas preliminares em livros e artigos de modo aleatório e testes de *strings* de busca para a revisão de literatura. Após a busca preliminar, os artigos e livros relevantes para o tema foram agrupados no Mendeley (software para gerenciamento de referências), lidos e analisados pelos autores. Os autores visitaram duas empresas e realizaram um mapeamento preliminar dos seus Sistemas de Embalagem para verificar o seu desempenho na prática. A conscientização do problema teve inicialmente por propósito fazer um levantamento sobre tema na literatura e dentro das empresas.

Esta etapa demandou uma revisão bibliográfica tendo sido enfatizados livros, revistas, normas, teses e dissertações, bem como materiais técnicos disponibilizados na internet. A *string* de busca escolhida foi composta pelas palavras-chaves e os operadores booleanos “*Packaging and supply chain integration and Sustain**”. A base pesquisada foi a *Web of Science*. A busca resultou em 66 artigos sobre o tema, destes, 22 artigos foram selecionados para leitura integral. Durante a revisão sistemática de literatura, foram extraídos outros artigos referenciados no texto (revisão assistemática de literatura) e incorporados na base referencial do presente estudo.

A revisão de literatura teve por propósito identificar conteúdos teóricos que o projetista precisa acessar para desenvolver um SE que atenda aos requisitos projetuais, reduza impacto ambiental e atenda as necessidades dos stakeholders. Esta revisão foi necessária para a organização do referencial teórico para compor o framework proposto. O conteúdo do modelo de referência foi estruturado com base em unidades de contexto e unidades de análise. As unidades de contexto foram consideradas 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.

3.2 Desenvolvimento e teste do artefato

Para o desenvolvimento do artefato, foram definidos conteúdos relevantes para compor a representação gráfica do framework e, a partir destes, as funções que ele deveria cumprir. A estrutura contextual definida para o framework foi sustentada pelas fases integradas do ciclo de vida da embalagem e do produto, organizadas de acordo com a lógica da economia circular. Ressalta-se que o modelo visual foi desenvolvido a partir das fases de processo de envase, venda, uso e pós-uso. Seguindo uma lógica abdução os elementos contidos no framework foram concebidos através de informações extraídas da literatura.

O artefato foi avaliado 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 com os 2 especialistas, o debate foi gravado, transcrito e analisado posteriormente.

O framework foi testado em duas empresas, uma fabricante do setor de laticínios e outra de capachos e tapetes. Para isso, foram observados e mapeados os processos de fabricação dos produtos, envase, armazenamento, distribuição e venda dos produtos. Paralelamente, foram realizadas entrevistas com os gestores e operadores de todos os setores relacionados aos

Os elementos contidos nesta representação gráfica são essenciais para o entendimento dos possíveis desperdícios e impactos ambientais causados durante o processo de fabricação e distribuição de produtos.

Ciclo de vida da embalagem e do produto: As etapas do ciclo de vida são importantes para obter uma visão geral do processo e ao mesmo tempo atender as demandas projetuais e produtivas em cada uma delas. Na representação do fluxo em cinza, apresentam-se os processos de envase do produto e, em marrom, claro os processos de venda e distribuição.

Classificação das embalagens: Os tipos de embalagens e componentes utilizados durante todo o processo devem ser mapeados em sua totalidade para tornar possível a análise da utilidade de cada peça, bem como a proposição de substituição ou eliminação de níveis de embalagens e/ou componentes utilizados, tais como: cantoneiras, fitas adesivas, filmes plásticos, dentre outros.

Processos internos e externos: Os processos internos referem-se aos setores envolvidos diretamente com a embalagem, onde a empresa possui maior autonomia no caso de uma tomada de decisão, como os setores de marketing, compras, comercial, engenharia ambiental, estoque, expedição, Planejamento e Controle de Produção (PCP), Qualidade, dentre outros. Os processos externos são interações no ciclo de vida em que a indústria possui menor autonomia em tomadas de decisão, assim como menor rastreabilidade dos processos, como a indústria de matérias-primas e de embalagens, distribuidores, transportadoras, consumidores finais, cooperativas de triagem, dentre outros.

Sistemas de embalagens convergentes: O fornecimento de cada componente da fabricação da embalagem e do produto são entregues em embalagens e incorporadas ao processo produtivo. Observando o SE nas empresas, percebe-se a naturalidade dos colaboradores em utilizar essas embalagens e posteriormente descartá-las para o setor de reciclagem. O *framework* identifica essas embalagens para auxiliar a atuar junto aos fornecedores de insumos para reduzir ou eliminar embalagens e propor internamente a destinação correta destes resíduos.

Resíduos gerados: Durante o processo de produção e distribuição, muitos resíduos acabam sendo gerados, tais como: embalagens vazias, fitas adesivas, filmes plásticos, *liners* de adesivos, tubetes, paletes, embalagens danificadas em *setup* de máquina, excesso de proteção de produto, armazenamento inadequado, dentre outros. Torna-se importante identificá-los para atuar pontualmente em cada situação, propor melhorias e reduções.

O Sistema Embalagem das empresas é instável e está em constante movimento, pois em cada situação de aplicação podem surgir novas necessidades de análise e mapeamento. A proposta apresentou os principais pontos a serem observados durante este processo. A seguir, apresenta-se a aplicação do *framework* durante o estudo realizado pela equipe de projetos.

4.3 Validação do Artefato

O *framework* foi testado em uma empresa de laticínios do estado de Goiás através de um estudo feito nos meses de março, abril e maio de 2023. O objetivo principal era realizar o mapeamento do Sistema Embalagem da empresa, visando a redução de custos e impacto ambiental. Na primeira etapa foi realizada uma imersão na produção para acompanhar os processos desde a entrada das matérias-primas, até o produto acabado na expedição. Por meio de observação e entrevistas com gestores das áreas em que a embalagem participa (stakeholders internos), foi desenvolvido um infográfico contendo todas as embalagens e componentes

utilizados em cada linha de produção. A partir da estrutura proposta na figura 4, foi analisado o SE seguindo a mesma ordem. A análise resultou na representação gráfica apresentada na figura 5, desenvolvida a partir de uma linha de produção desta empresa, responsável por envasar base culinária para outras indústrias alimentícias (B2B).

Ciclo de vida da embalagem e do produto: A fabricação do produto ocorre por meio da mistura de ingredientes em tanques de alumínio no processo UHT (*Ultra High Temperature*) e direcionado até o equipamento de envase por tubulação. A máquina faz o envase do produto através de abertura e fechamento automático da embalagem que, por uma esteira, é direcionada para o acondicionamento em caixas de embarque, para posterior empilhamento nos paletes. O palete completo é encaminhado para outro setor que adiciona cantoneiras, etiquetas de identificação para a transportadora e o filme *stretch*. Após esse processo, o produto é coletado no mesmo dia em que foi produzido e enviado ao cliente via transportadora terceirizada.

Classificação das embalagens: A linha de produção analisada utiliza sacos (*bags*) multicamadas como embalagens primárias, com identificação em rótulo adesivo; as secundárias são caixas de papelão para o empilhamento e transporte dos bags (2 *bags* de 10L ou 4 *bags* de 5L por caixa); no nível terciário ocorre a paletização, com a utilização de fita adesiva, cantoneiras, lençol plástico, filme *stretch* e uma base de papelão entre o produto e o palete.

Sistema Embalagem de indústria de laticínios

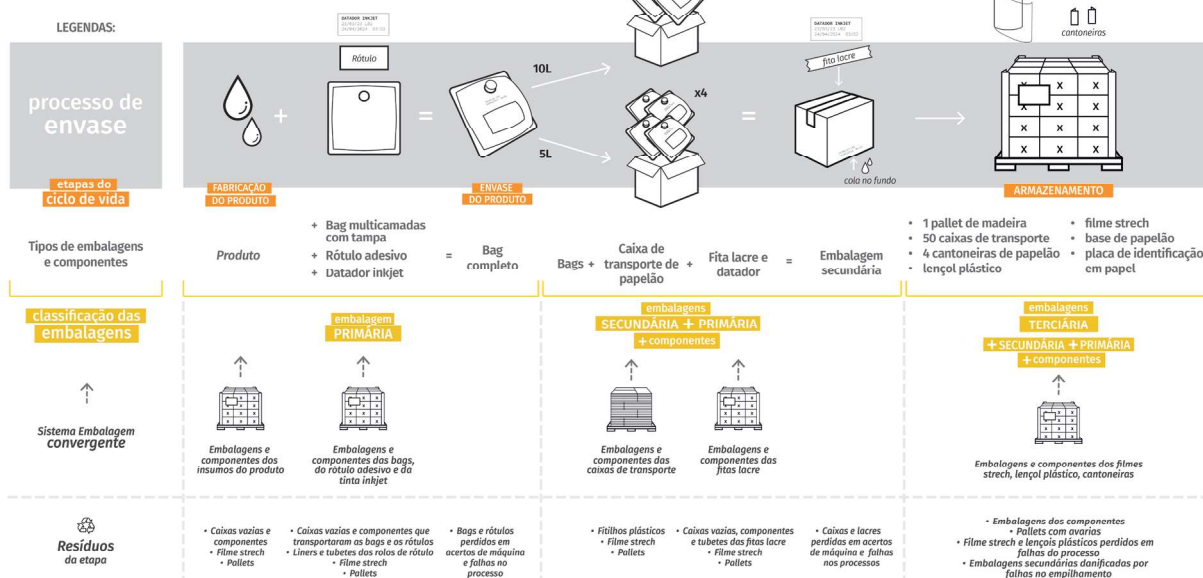


Figura 5: Desenho do Sistema Embalagem de uma indústria de laticínios. Fonte: elaborado pelos autores.

Processos internos e externos: No cenário da empresa analisada, os setores internos envolvidos com essa linha de produção são: compras, expedição, produção, P&D, almoxarifado, SAC e qualidade. Os processos externos observados foram: fornecedor do sistema de envase (responsável pelo equipamento e pelo fornecimento de embalagens), transportadoras e fornecedores de insumos.

Sistemas de embalagens convergentes: Foram mapeadas todas as embalagens oriundas de fornecedores de insumos da fabricação do produto. Percebeu-se um acúmulo de embalagens

vazias, paletes, componentes e acessórios utilizados para a contenção e transporte dos insumos. Foi sugerida uma reunião com os fornecedores para propor um estudo complementar para seus SE, com intuito de avaliar a redução de quantidade de embalagens e a utilização de matérias-primas com maior valor de reciclagem.

Resíduos gerados: Os resíduos gerados durante o processo de fabricação foram, em sua maioria, caixas vazias, *liners* de adesivos e filme *stretch* vindos de diversos fornecedores de insumos. Neste caso, a perda de embalagens primárias no acerto de máquina é praticamente nula, visto que o sistema de envase não desperdiça embalagens no *setup* ou troca de produto. Algumas caixas de papelão e *bags* foram perdidas por danos durante a paletização e movimentação interna do produto acabado.

As soluções para redução de desperdícios e impacto ambiental na linha de produção analisada foram apresentadas e validadas com a direção da empresa, sendo elas: o aumento de 1 litro de produto por *bag*, visto que o espaço livre interno (*headspace*) era maior do que o necessário, não comprometendo o desempenho do produto e da embalagem em sua cadeia, e proporcionando uma redução de 20% de embalagens utilizadas para conter o mesmo volume de produto mensalmente; redução do tamanho da etiqueta de identificação; redimensionamento das caixas de embarque; substituição de cantoneira de papel por polpa moldada (feita com reaproveitamento de aparas) e na redução do número de camadas de filme *stretch* para a proteção do empilhamento do produto paletizado.

5. Considerações Finais

O presente estudo foi concebido a partir das experiências teórico-prática dos autores, através de um aprofundamento na literatura e de um trabalho de consultoria em Sistema Embalagem em indústrias, utilizando e aperfeiçoando o framework proposto. Respondendo à questão de pesquisa: como identificar as perdas relacionadas com embalagens no sistema de produção com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria e redução de impacto ambiental? O framework proposto contribuiu para tornar visível a totalidade de embalagens e componentes dentro do sistema, bem como os sistemas convergentes dos fornecedores de insumos, o passo a passo de cada etapa do ciclo de vida e os resíduos gerados durante cada etapa na integração entre a embalagem e o produto.

Ampliando as possibilidades de ações para redução de impacto ambiental, recomenda-se repensar os projetos de embalagens de um ou mais níveis (primário, secundário, terciário etc.); alterar processos de envase e manuseio das mercadorias; avaliar a troca de materiais, processos de produção e fornecedores de embalagens; readequar os sistemas de distribuição e logística; eliminar componentes de embalagens e destinar adequadamente os resíduos pré-consumo. 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.

Por fim, recomenda-se como estudos futuros a integração de outras ferramentas de apoio, oriundas de diversas áreas de conhecimento, tais como: *Lean manufacturing*, Sistema produto-serviço (PSS), os princípios da economia circular, a análise do sistema embalagem a partir das perspectivas econômicas e sociais, dentre outras.

Referências

- 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.
- BARABASI, A.-L. The architecture of complexity. p. 3–3, 2005.
- BESIER, S. Generational perceptions of pro-environmental packaging advantages. **uwf UmweltWirtschaftsForum**, v. 23, n. 4, p. 315–322, 2015.
- BRISSON, I. Packaging waste and the environment: economics and policy. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 8, n. 3–4, p. 183–292, 1993.
- 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.
- A. C. CABRAL, & D.B. CABRAL. (2021). Gerenciamento sistêmico de embalagem em indústrias fabricantes de bens de consumo. XXX ENEGEP, 2010.
- 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.
- 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.
- DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; JUNIOR, J. A. V. A. Design Science Research. 1. ed. Porto Alegre: [s.n.], 2015.
- 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.
- SELVIARIDIS, K.; MATOPOULOS, A.; SZAMOSI, L.; PSYCHOGIOS, A. 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.
- 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.
- 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.** 2020a.
- MOLINA-BESCH, K., & PALSSON, H. Packaging for eco-efficient supply chains: Why logistics should get involved in the packaging development process. *Transport and Sustainability*, 6, 137–163. (2014). <https://doi.org/10.1108/S2044-994120140000006006>
- MOURA & BANZATO. Embalagem, unitização e containerização. 2. ed. São Paulo: IMAM, 1997.
- 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.
- PALSSON, H., FINNSGARD, C., & WANSTROM, C. Selection of packaging systems in supply chains from a sustainability perspective: The case of volvo. **Packaging Technology and Science**, 26(5), 289–310. (2013). <https://doi.org/10.1002/pts.1979>



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.

ROBERTSON, K., GARNHAM, M., & SYMES, W. Life cycle carbon footprint of the packaging and transport of New Zealand kiwifruit. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19 (10), 1693–1704, 2014. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0775-5>

SASTRE, R., DE PAULA, I. C., ECHEVESTE, M. E. S., & ZENI, C. F. Radar da embalagem: uma referência preliminar para o projeto de embalagem em um contexto sistêmico e de complexidade. 12o Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento Do Produto, 1–16, 2019.

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, 2022.

SHINGO, Shigeo. A study of the Toyota Production System from an industrial engineering viewpoint. Cambridge, MA: Productivity Press, 1989.

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.