

ESTUDO E SOLUÇÃO PARA REDUÇÃO DE PERDA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: UM ESTUDO DE CASO

STUDY AND SOLUTION FOR REDUCING LOSS OF PLASTIC PACKAGING IN THE FOOD INDUSTRY: A CASE STUDY

SOUSA, Marcos Vinicius Vitor¹
SILVA, Alex de Lima²

Resumo: Com o aumento significativo na produção em uma indústria de alimentos, observa-se um elevado desperdício de embalagens plásticas, o que acarreta prejuízos financeiros e sobrecarga operacional. Este estudo visa propor uma solução para redução dessas perdas, utilizando ferramentas de análise como Lean Seis Sigma, Método de Análise e Solução de Problemas (MASP) e Planejamento de recursos empresariais (ERP). A metodologia inclui um estudo de caso para identificar os principais pontos de falha e testar soluções, com o objetivo de melhorar a eficiência do processo produtivo e reduzir os custos associados ao desperdício.

Palavras-chave: Planejamento de recursos empresariais (ERP); Método de Análise e Solução de Problema (MASP); Planejar-Fazer-Verificar-Agir (PDCA); Embalagens Plásticas; Perdas

Abstract: With the significant increase in production in the food industry, there is a high waste of plastic packaging, which leads to financial losses and operational overload. This study aims to propose a solution to reduce these losses, using analysis tools such as Lean Six Sigma, Method of Analysis and Problem Solving (MASP) and Enterprise Resource Planning (ERP). The methodology includes a case study to identify the main points of failure and test solutions, with the aim of improving the efficiency of the production process and reducing costs associated with waste.

Keywords: Enterprise resource planning (ERP); Problem Analysis and Solution Method (MASP); Plan-Do-Check-Act (PDCA); Plastic Packaging; Losses

1. INTRODUÇÃO

As indústrias de alimentos necessitam que seus produtos estejam bem embalados para que esses consigam percorrer toda sua cadeia de distribuição mantendo suas propriedades desde o momento que são embalados. Mas para isso é importante a qualidade, segurança e informação para o consumidor final adquiri-lo e nesse ponto as embalagens têm grande importância, prologando a vida útil e minimizando as perdas por deterioração (CABRAL et al., 1984). A evolução das embalagens passa por muitos fatores, como a guerra e tecnologia que fizeram os alimentos ficarem mais bem acondicionados com o passar dos anos. Essas embalagens se tornaram uma camada protetora desses alimentos com ação ativa nas condições

¹ Graduando em Engenharia de Produção – Universidade Santa Úrsula – marcos.sousa@sousu.com.br

² Doutor em Engenharia Elétrica – Universidade Santa Úrsula – alex.lima@usu.edu.br

dos produtos o que aumenta o tempo nas prateleiras e melhorando suas características sensoriais (VERMEIREN et al.,2002). Algumas técnicas com substâncias tem o objetivo de absorver oxigênio, umidade, odor e outras que liberam agentes antimicrobianos e antioxidantes.

Informações contidas nas embalagens são muito importantes para os consumidores que visam o nome do produto, a validade e dados nutricionais entre outras instruções das propriedades dos alimentos. Também é importante para os distribuidores devido constar dados de gestão de estoque, armazenamento e manuseio além de rastreabilidade do produto. Elas são divididas em 3 níveis primária, secundária e transporte onde a primária entra em contato direto com o alimento como o plástico, conforme ilustrado na Figura 1, que possui principal fator a conservação e contenção dos produtos (CABRAL et al.,1984). A secundária tem como finalidade conter uma ou mais embalagens primárias, protegendo-as de ações externas durante a distribuição, como as caixas de papelões que também são usados na comunicação e suporte de informações junto ao consumidor. Na de transporte ou terciárias comportam diversas embalagens primária e secundária visando protegê-las no transporte, por exemplo os engradados, porém devem ser avaliados em relação a natureza da embalagem (rígida, semirrígida ou flexível), da paletização e do custo (CONCEITOS, [200-?]).

Figura 1 - Embalagens Plásticas



Fonte: FAZEI, 2024

Com relação aos materiais plásticos são divididos em termofixos e termoplásticos onde os termofixos são moldados com ação do calor e pressão, sendo irreversível a reação. As termoplásticas são de maior uso de alimentos, eles amolecem quando exposto ao calor e pressão, mas mantem as propriedades após resfriarem, como exemplo temos o polietileno (PE), poliestireno (PS), polipropileno (PP). Na abordagem do meio ambiente será de suma

importância a produção de embalagem sustentáveis, com foco em matérias resistente, mas que possa ser reciclado sem perder a qualidade.

A perda e o desperdício de alimentos se tornaram um assunto de grande importância tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. O desperdício de alimentos além de ser gerar impactos ambientais significativos, está intimamente ligado ao desafio de se gerar uma oferta suficiente de alimentos diante do crescimento populacional previsto. Segundo a (FAO, 2013), aproximadamente um terço de todo alimento produzido é desperdiçado, ou o equivalente a 1,3 bilhão de toneladas por ano. Considerando que atualmente 820 milhões de pessoas no mundo passam fome (FAO, 2019) e que a quantidade perdida seria mais que suficiente para alimentar estas pessoas, este desperdício traz consigo também um dilema ético.

1.1 O problema

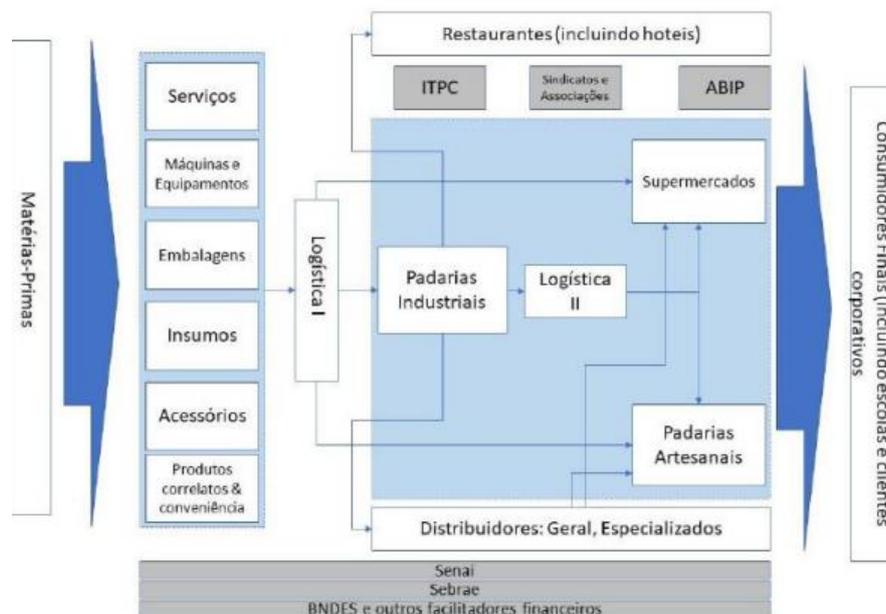
Todo material que é usado na produção fica organizado na matéria-prima, onde é dividido por seção, etiquetas, embalagens e fitilhos. Isso é importante, pois facilita o abastecimento dentro da fábrica. A qualidade desse processo pode refletir na distribuição, como ilustrado na figura 2, principalmente quando não são observadas as não conformidades ao chegar no consumidor final.

No setor de embalagem, temos um fluxo muito dinâmico e intenso, como a movimentação de operacionais, máquinas em funcionamento e todos os materiais necessários para manter as linhas ativas, como fitilhos, etiquetas e embalagens. Com o funcionamento trabalhando intensamente, é necessário preparo e atenção por parte do operacional e um dos problemas que ocorrem são pães que agarram na esteira. Outros, quando chegam nas máquinas, são fatiados e, ao chegarem no jacaré onde são embalados, ocorre das embalagens colarem umas nas outras ou rasgarem quando o jato de ar abre as embalagens para que o jacaré consiga embalar os pães. Também ocorre deles, após serem embalados, chegando na linha para empacotarem, os auxiliares observarem manchas, rasgos ou embalagens abertas, o que gera repasses constantes e até mesmo perdas.

Temos o impacto financeiro que passa desde os insumos gastos para produzir os pães, como exemplo em escala menor, vamos pegar uma padaria, onde para fazer os pães, é usada uma quantidade grande de água: para oito fornadas (com 40 pães cada uma), são necessários 14 kg de trigo e 5 litros de água. Muitas vezes os 320 pães produzidos não dão conta da demanda e outras fornadas são feitas, aumentando o uso das matérias primas e o risco de ter sobras. A

água utilizada no preparo tem que ser gelada, o que é um detalhe interessante. O consumo de energia para isto é assustador, pois só o forno preenche 70% de todo o ambiente. Se levar em consideração outros maquinários e que o tempo para fazer os pães é de 20 minutos, o gasto da padaria com eletricidade equivale, em média ao de 20 residências.

Figura 2 – Cadeia de Valor da Panificação



FONTE: adaptado de ABIP, 2018.

2. OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo propor soluções para reduzir as perdas de embalagens no setor de embalagem dentro de uma indústria de panificação.

2.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- I.** Identificar os principais pontos críticos que causam a perda de embalagens.
- II.** Analisar as falhas no processo de embalagem nas linhas de produção.
- III.** Apresentar um estudo de caso contextualizando o problema.
- IV.** Propor soluções para resolver o problema da perda de embalagens.
- V.** Sugerir a aplicação de ferramentas de melhoria contínua para monitorar os dados e identificar soluções práticas.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste trabalho consiste em:

- I.** Realizar uma revisão bibliográfica sobre os processos de embalagens.
- II.** Apresentar os principais problemas de embalagens na área de produção.
- III.** Apresentar um estudo de caso para contextualizar o problema de embalagens.
- IV.** Apresentar uma metodologia para a solução de problemas dentro do estudo de caso para solucionar os principais pontos críticos que causam a perda de embalagens.
- V.** Propor estudos para trabalhos futuros de forma a dar continuidade a este relevante tema para a engenharia de produção na área de embalagens.

4. PROCESSOS DE EMBALAGEM

Com a evolução que o mundo vem passando em diversos segmentos é necessário acompanhar em escala maior para que as indústrias consigam concorrer em igualdade, utilizando-se de processos de embalagens modernos e eficazes. A sociedade vem crescendo e se desenvolvendo, por consequência o estilo de vida vem sofrendo alterações nos hábitos alimentares dos consumidores e as embalagens atua como instrumento para escolha, o que evidencia uma relação consumidor / produto / marca. O processo de transformação das embalagens aos quais são produzidas, passa por extrusão, termoformação, injeção e sopro.

4.1 Extrusão

Onde uma matriz tubular obtém os sacos plásticos e na matriz plana onde temos os filmes e chapas para transformação posterior. Nesse processo de extrusão, os grânulos de resina do plástico são submetidos a grandes temperaturas e pressões na extrusora quando há a fusão. Esse material plástico sai em forma de chapa plástica ou em forma de filme com especificações que dependem da matriz. Tem também o processo de co-extrusão semelhante ao de extrusão, no entanto na co-extrusão cada material é plastificado numa extrusora específica. Essas extrusora homogeneíza e plastifica individualmente o material em condições excelente de trabalho e o introduz em um único cabeçote que recebera também os demais materiais saindo logo após em multicamadas, como vemos na figura 3. Este processo aumento muito a capacidade dos filmes plásticos com a combinação das propriedades de vários polímeros em uma única estrutura.

Figura 3 - Extrusão de Plástico



Fonte: AZULPACK, 2024

4.2 Termoformagem

O processo se dá por aquecimento da chapa plana previamente extrusada até a temperatura de amolecimento do termoplástico, onde é introduzida no molde refrigerado multicavidades ao qual a ação do ar comprimido e vácuo ocorrerá a formação do produto. Esse produto é então resfriado, cortado, extraído e empilhado. Apresenta algumas vantagens sobre o processo de injeção por ter um menor investimento em equipamentos e moldes, além da produção de peças com diferentes espessuras e mesmo molde. Mas o custo de lâmina é mais alto do que o das resinas e a perda com material é elevada devido aos recortes de embalagens. A termo formação é usada para fabricação de copos, potes, bandejas e recipientes baixos de boca larga, como vemos na figura 4.

Figura 4 - Máquina de embalagem por termoformagem modular



Fonte: GEA, 2024

4.3 Injeção

É o processo mais utilizado na fabricação de termoplásticos ao ser produzidos em alta escala, por apresentar facilidade na automação, baixo custo de mão de obra operacional e matéria-prima. Em contrapartida suas desvantagens se encontram elevado custo de moldes, no

lucro devido à concorrência e na escassez de mão de obra especializada. A resina é fundida numa máquina de injeção onde é forçada a entrar em um molde, sendo resfriada e logo em seguida e retirada por injetores mecânicos ou pneumáticos. Esse molde é constituído em duas ou mais partes que se abrem depois para deixar sair a peça moldada. Esse molde é constituído em duas ou mais partes que se abrem depois para deixar sair a peça moldada. A injeção é usada para fabricação de tampas, copos e bandejas, abaixo temos um modelo de injetora ilustrado na figura 5.

Figura 5 - Máquina Injetora de Plásticos



Fonte: MAISPOLIMEROS, 2024

4.4 Controle de Qualidade

São inúmeros os ensaios de controle de qualidade e avaliação de especificações em materiais e embalagens plásticas. No entanto, são salientados aqueles que refletem de alguma forma suas características físicas e químicas, de resistência mecânica, propriedades de barreira e de migração (inércia química) (ALVES et al., 1998; OLIVEIRA et al, 2008).

4.5 Logística e Distribuição

Pegando como exemplo uma indústria de fabricação de pães, logo após as embalagens serem colocadas em caixas onde são divididas de 6 a 12 unidades, essas caixas são colocadas em palites que variam a quantidade devido ao tamanho das caixas. Esses palites são colocados nos caminhões baú com grande capacidade de transporte, sendo direcionado para um centro de distribuição ou mesmo para o vendedor direto, como supermercados, conforme figura 6. Para isso é preciso ter embalagens primarias como o plástico e secundaria como o papelão de qualidade (CONCEITOS... [200-?]), onde o produto possa chegar ao consumidor sem que perca a suas propriedades ou até mesmo sejam danificados ao manuseá-los no trajeto.

Figura 6 – Parte do Pátio de uma indústria



Fonte: O MARINGÁ, 2021

4.6. Reciclagem

Nas indústrias de panificação, temos um número grande de produções o que traz maior abrangência de vendas em um mercado cada vez mais competitivo, em contrapartida temos um número expressivo de perdas onde a destilação traz consigo impactos financeiros e ambientais. Tendo em vista o tamanho das perdas apresentadas na introdução, é necessário pensar em alternativas para seu aproveitamento.

4.6.1 Aterros e Lixões

No Brasil, a maior parte dos resíduos ainda é disposta em lixões ou aterros. Considerando que cerca de 51% do lixo urbano é orgânico e cerca de 2-3% possuem outras formas de destinação (ALFAIA, 2017), pode-se inferir que uma quantidade significativa de restos de pão não apresenta destinação mais apropriada.

Atualmente, apesar de a Política Nacional de Resíduos Sólidos, lançada em 2010, ter previsto a erradicação de lixões até o ano de 2014, a realidade é bem diferente. Em 2018, foram destinadas 10.704 e 18.228 toneladas diárias de lixo a lixões e a aterros controlados, respectivamente no Sudeste, o que equivale a 27,3% do total levado à disposição final. Este é o menor valor porcentual comparado a outras regiões do país (ABRELPE, 2019).

4.6.2 Incineração

Existem alternativas para reaproveitamento dos resíduos de panificação, de forma a utilizar o seu potencial energético/bioquímico e reduzir o volume disposto em aterros/lixões.

Uma opção bastante utilizada por países mais desenvolvidos e com maior restrição de espaço para o seu aproveitamento energético é a incineração (EUROPEAN COMMISSION, 2006).

No Rio de Janeiro, esta alternativa ainda é muito pouco explorada, pois pode ser muito danosa à atmosfera e é cara, de forma que outras opções se tornam mais vantajosas nos dois aspectos. Somente em 2019 foi obtida licença para construção da primeira termelétrica movida a lixo no estado, orçada em R\$500 milhões (GLOBO, 2019). Assim que começar a operar, esta alternativa poderá se tornar viável para a destinação de resíduos como os produzidos pelas panificadoras. Atualmente, a quantidade de lixo municipal destinada a incineração ainda é menor que 0,1% no Brasil (ALFAIA, 2017).

4.6.3 Compostagem

A compostagem é outra opção que vem sendo bastante praticada atualmente. Esta consiste na decomposição biológica de matéria orgânica por microrganismos já presentes no resíduo em ambiente controlado e se encaixa bem no caso dos resíduos alimentares como o pão. O produto gerado é o húmus, material de estrutura porosa composto por orgânicos simples e nutrientes, que serve como adubo natural. Sua estrutura permite a aeração da terra e retenção de umidade e nutrientes (EMBRAPA, 2001).

No Rio de Janeiro, várias empresas adotaram esta prática e fazem o gerenciamento de resíduos, coleta e compostagem. A empresa Ciclo Orgânico, por exemplo, presta um serviço de coleta semanal e tratamento de resíduos por compostagem e já possui parceria com algumas empresas. Ainda somente 0,8% do lixo municipal brasileiro é destinado a compostagem, mostrando que ainda não existe estrutura de coleta e tratamento de se adotar esta prática (ALFAIA, 2017). Os principais entraves são a exigência de uma boa separação de lixo antes e após a coleta, pois nem tudo pode ser aproveitado, e os custos financeiros atrelados à operação. Segundo pesquisa do IBOPE encomendada pela Ambev para o Dia do Meio Ambiente de 2018, 39% dos brasileiros não separam lixo orgânico do reciclável (UNIÃO, 2018). Eles também não valorizam simples práticas mais sustentáveis e não têm conhecimento básico sobre o tema.

4.6.4 Ração Animal

Uma outra estratégia para destinação dos resíduos de panificação muito mencionada em artigos, reportagens e empresas é o seu reuso para ração animal. O principal consumidor mencionado é suíno, contudo, também existe menção para uso galináceo, ovino e pisco. Na Alemanha, por exemplo, boa parte das padarias industriais retorna seus excedentes para este fim (MELIKOGLU, 2013d). Por ser direcionado a seres vivos, deve-se preservar a segurança

alimentar, logo os restos alimentares devem ser direcionados antes que haja contaminação microbiana patogênica e devem apresentar boa composição nutricional ao animal. Caso a composição não seja a ideal, pode ser exigida uma complementação nutricional. O aproveitamento dos resíduos de pão se encaixa muito bem no conceito de biorrefinarias, em que a matéria orgânica substitui o petróleo na produção de diversos petroquímicos e energia por rotas biológicas. O pão descartado poderia virar matéria-prima do biogás, um tipo de gás produzido a partir da decomposição de matéria orgânica. Mas, embora isso aconteça, a prática não é tão popular e não chega a reduzir as toneladas de desperdício.

Esta rota produtiva se encaixa no conceito de bioeconomia circular. Este conceito nasce como uma opção à cadeia linear de valor, partindo da produção até o consumo e disposição. A proposta circular, ao contrário, pretende aproveitar as saídas principais e secundárias da cadeia como entradas para esta e outras cadeias, gerando assim círculos de valor.

No Brasil, 4% dos resíduos sólidos que poderiam ser reciclados são enviados para esse processo, índice muito abaixo de países de mesma faixa de renda e grau de desenvolvimento econômico, como Chile, Argentina, África do Sul e Turquia, que apresentam média de 16% de reciclagem, segundo dados da International Solid Waste Association (ISWA). Com isso estamos quatro vezes que esses países. Em relação aos países desenvolvidos, o caminho a percorrer é ainda mais longo. Na Alemanha, por exemplo, o índice de reciclagem alcança 67%, em relação a esses países estamos 20 anos atrasados

De acordo com a pesquisa, os resíduos recicláveis secos são compostos principalmente pelos plásticos (16,8%, com 13,8 milhões de toneladas por ano), papel e papelão (10,4%, ou 8,57 milhões de toneladas anuais), vidros (2,7%), metais (2,3%) e embalagens multicamadas (1,4%). Os rejeitos, por sua vez, correspondem a 14,1% do total e contemplam, em especial, os materiais sanitários, não recicláveis. Em relação às demais frações, a sondagem mostra que os resíduos têxteis, couros e borrachas detêm 5,6% e outros resíduos, 1,4%.

Diante das opções apresentadas, o quadro 1 faz uma análise qualitativa com base no aspecto financeiro, ambiental, tecnológico das alternativas. As classificações foram definidas de maneira qualitativa e comparativa, com base no relato dos artigos que abordam cada tema.

Sendo uma análise é muito generalista, para obtenção de resultados mais precisos é necessário primeiro definir fronteiras de estudo bem específicas. Somente com elas será possível montar uma análise de ciclo de vida bem embasada e análise de viabilidade econômica de cada uma das alternativas. Vale destacar que a logística de transporte interfere muito nas análises econômica e ambiental, pelo custo de aquisição, manutenção e combustível, e pela queima de combustível fóssil (GAO, 2017, ANDERSSON, 1999, e BRASCHKAT, 2004)

Quadro 1 - Comparativo entre alternativas de destinação de resíduos da panificação

Destinação	Econômico	Ambiental	Tecnológico
Lixão	Custo muito baixo	Altamente prejudicial, ilícito	Simples, muito usado
Aterro Sanitário	Custo Baixo	Impacto restrito	Viabilizado, comum no Rio
Incineração	Custo alto	Variável, mas pode ser muito poluente	Pouco usado para resíduos orgânicos
Compostagem	Custo médio	Baixo impacto	Simples e aplicado comercialmente
Incorporação na Produção de pão	Custo muito baixo	Baixo impacto	Infraestrutura já construída
Produção de cerveja	Custo muito baixo	Uso de água e resíduos	Viabilizado comercialmente
Ração Animal	Custo muito Baixo	Baixo impacto, ligado ao animal	Simples muito usado
Doação	Custo muito baixo	Consumido e transporte	Limitado por legislação

4.7. Logística reversa

Como instrumento de desenvolvimento econômico e social a logística reversa é caracterizada pelo conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

Em resumo, ela tem como objetivos:

- O retorno ou a recuperação de produtos, no caso, material de embalagem pós-consumo;
- A reciclagem, a substituição e a reutilização de materiais;
- A redução da extração e do consumo de matérias-primas virgens;
- A disposição ambientalmente correta de resíduos.

A possibilidade de renda nesse setor no Brasil, como também em outros países desenvolvidos, demonstra aspectos atraentes para iniciativas empresariais do setor, possuindo reflexos diretos relacionados com a melhoria da qualidade de vida da população, geração de renda, economia de recursos naturais bem como atenuação de problemas ambientais.

Assim, uma logística reversa de embalagens pós-consumo e se possível já separado da fração úmida, com o foco na maximização da reciclagem embalagens pós-consumo que podemos visualizar na figura 7, juntamente com a logística convencional.

Figura 7 - Logística Conventional e a Logística Reversa



Fonte: CINOLOG, 2019

5. ESTUDO DE CASO

Este estudo de caso foi realizado em uma indústria de panificação, com foco na análise do setor de embalagem para identificar gargalos e propor melhorias. Por questões de confidencialidade, não foi possível a obtenção de autorização para citar o nome da empresa neste estudo de caso.

Nesta fábrica tem duas (2) linhas cada uma com seu processo e com suas características, mas ambas embalam todos os tipos de pães que eles produzem. Normalmente enquanto uma linha roda o pão grande a outra está com o pão pequeno, porém tudo depende da ordem de produção solicitada no dia. Durante a rotação dos pães, pode ocorrer muitas perdas ou retrabalhos, esse último mais comum em ambas as linhas no setor de embalagem. Em cada linha temos três (3) máquinas, sendo uma (1) moderna e cinco (5) antigas, das quais destacamos as máquinas dois (2) e seis (6) onde encontramos problemas, como:

- ⌚ Embalagens coladas nos Fardos - Causando acúmulo de embalagem e pães “pelados” (sem embalar)
- ⌚ Embalagens agarrando no “jacaré” - Causando perdas de embalagens e pães “pelados” (sem embalar)
- ⌚ Falta de aderência – “Agarra no jacaré”
- ⌚ Problemas no lacre – Causando retrabalhos (repasses)
- ⌚ Problemas na coloração – Causando retrabalhos (repasses)

5.1 Proposta de solução para o estudo de caso

Com base no diagnóstico realizado no setor de embalagens da indústria, identificou-se que as principais causas de perdas incluem falhas técnicas em máquinas específicas nas linhas 1 e 2, procedimentos operacionais inconsistentes e ausência de um monitoramento eficiente dos indicadores de desperdício. Diante disso, propõe-se uma abordagem integrada utilizando as ferramentas Lean Seis Sigma, 5S e um sistema ERP para implementar melhorias no processo produtivo. Abaixo são apresentadas as propostas de solução para ajudar a solucionar o problema apresentado neste estudo de caso.

5.1.1 Lean Seis Sigma (Reduzindo Desperdícios e Variabilidades)

A metodologia Lean Seis Sigma (LSS), como o próprio nome já diz, é a mesclagem do método Lean Manufacturing com o método Seis Sigma. A aplicação desta combinação de métodos, é realizada em diversas organizações em projetos de melhorias, direcionados para a produtividade e qualidade (FACHIN, 2022).

No início dos anos 2000, foi combinado as duas metodologias a fim potencializar a obtenção de melhorias, otimizando planos ações com planejamentos mais estratégicos e eficientes (CHERRAFI et al., 2017). Embora tenham sido criados para trabalharem individualmente, sua mesclagem traz benefícios que complementam um ao outro, agregando valor na finalização das etapas com a redução de custos e desperdícios (BESSERIS, 2014). Suas funções interligadas, trabalham em segmentos contínuos, enquanto a metodologia Lean Manufacturing (LM) reduz custos e desperdícios, a metodologia Six Sigma faz a eliminação das causas raízes dos problemas, assim, controlando e evitando diversos defeitos que poderiam se tornar um desperdício no produto (GHANE, 2014).

O Lean Seis Sigma combina estratégias de eliminação de desperdícios com a redução de variações nos processos, sendo ideal para resolver problemas críticos no setor de embalagens. A aplicação segue o método DMAIC:

5.1.1.1 Definir:

- Problema: Elevado desperdício de embalagens causado por falhas na qualidade das embalagens (Lacre e Aderência)
- Meta: Reduzir perdas em 20% no prazo de três meses.

5.1.1.2 Medir:

- Coletar dados sobre as taxas de desperdício das máquinas 2 e 6.

- Monitorar a frequência e o tipo de falhas (ex.: lacre mal ajustado, embalagens coladas).

5.1.1.3 Analisar:

- Utilizar ferramentas como o diagrama de Ishikawa para identificar as causas principais (ex.: ajuste incorreto das máquinas e falta de treinamento dos operadores).

5.1.1.4 Melhorar:

- Ajustar tecnicamente as máquinas para minimizar falhas.
- Realizar treinamentos com operadores para padronizar o uso dos equipamentos.
- Aplicar rotinas de inspeção diária baseadas no método 5S.

5.1.1.4 Controlar:

- Implementar um monitoramento contínuo via ERP para acompanhar indicadores-chave, como taxa de desperdício e frequência de paradas nas máquinas.

5.1.2. Organização e Padronização do Setor de Embalagens

A ferramenta 5S será utilizada para criar um ambiente de trabalho mais organizado e eficiente, reduzindo o impacto de erros operacionais e falhas por desordem.

- Seiri (Classificar): Eliminar materiais desnecessários ou fora de especificação (ex.: embalagens danificadas).
- Seiton (Organizar): Estabelecer locais definidos para armazenamento de embalagens e ferramentas.
- Seiso (Limpeza): Garantir a limpeza regular das máquinas e do setor de trabalho para evitar problemas como resíduos que afetem o lacre.
- Seiketsu (Padronizar): Implementar checklists para inspeção de equipamentos antes do início do turno.
- Shitsuke (Manter): Capacitar os operadores para manterem os padrões estabelecidos.

Resultado esperado: maior consistência nas operações, diminuição de paradas por problemas simples e redução do desperdício causado por descuidos operacionais.

5.1.3. Sistemas ERP na gestão da produção (Monitoramento e Análise de Dados em Tempo Real)

Basicamente, os sistemas ERP são facilitadores na condução de informações de corporações de grande escala. Sabe-se da demanda que é gerada ao utilizar bancos de dados manuais, além do trabalho para analisar todos os dados de uma grande empresa. Estes sistemas foram criados, a fim de facilitar o agrupamento e a análises dos grandes bancos de dados, sendo conduzidos com segurança e agilidade de execução (SANTOS, 2020). A aquisição destes sistemas, são baseados na facilidade de acesso aos dados operacionais, sendo mais consistentes e precisos, logo que, por sua agilidade de análise, representa o cenário real de operação da organização. Esta representação real, resulta em ganhos de produtividade e velocidade de resposta para soluções de problemas e dados gerais da empresa. Além destas vantagens, a realização de diferentes análises pela utilização de sistemas ERP's, permite elaborar diferentes alertas, métricas e indicadores-chave de desempenho (KPIs - Key Performance Indicators), que facilitam ainda mais o monitoramento de processos produtivos, promovendo vários pontos de desenvolvimento.

A integração de um sistema ERP permitirá um controle mais eficaz dos processos, garantindo que decisões sejam baseadas em dados confiáveis.

5.1.3.1 Monitoramento em Tempo Real:

- Configurar o ERP para rastrear dados como quantidade de embalagens descartadas, tempo de máquina parada e custo do retrabalho.
- Alertar a equipe técnica sobre falhas recorrentes.

5.1.3.2 Relatórios Automáticos:

Gerar relatórios semanais com indicadores-chave de desempenho (KPIs), como: taxa de desperdício, frequência de falhas por tipo de máquina, custo associado ao desperdício.

5.1.3.2 Integração com Lean Seis Sigma:

Utilizar os dados do ERP para acompanhar os resultados do DMAIC e garantir a sustentação das melhorias implementadas.

Resultado esperado: decisões mais rápidas e assertivas, redução dos custos operacionais e maior transparência nos processos.

5.1.3. Aplicação de Realidade Aumentada (RA)

Com a evolução tecnológica, a realidade aumentada tem tido diversas aplicações dentro da indústria 4.0, ajudando otimizar processo e diminuir o tempo de produção, como também unificando o processo de montagem e fazer a manutenção de equipamento.

- **Treinamento** - A RA permite o treinamento de funcionários antes de realizarem suas funções na prática. Uma peça, por exemplo, pode ser montada virtualmente, passo a passo, até que o funcionário tenha habilidade de executar o processo.
- **Manutenção** - Máquinas complexas necessitam de funcionários especializados, que nem sempre trabalham em período integral. Em casos de manutenção emergencial, um técnico especializado pode fazê-la remotamente ou orientar um outro funcionário no local.

A utilização da realidade aumentada na indústria, por meio de treinamento e checklists, aumenta a segurança no trabalho, reduz desperdícios ao otimizar processos e permite satisfazer melhor os usuários. E apesar do frenesi atual em relação ao metaverso, as tendências tecnológicas em breve apontam para as realidades virtual e aumentada, ao menos no setor industrial. E, para isso, as empresas precisam se conectar a hubs de inovação e estabelecer contato com startup para identificar as novidades que resolverão os problemas de cada negócio. Pode-se verificar um fluxo de aplicação dentro da indústria, conforme a figura 8.

Figura 8– Fluxograma de aplicação do RA



Fonte: SEBRAE, 2023

Com essas soluções, a empresa estará mais bem preparada para enfrentar os desafios da produção e alcançar um nível mais alto de sustentabilidade e competitividade no mercado.

5.1.4. Metodologia de aplicação da proposta de solução

Na revisão literária buscamos embasamento teórico que ofereceu suporte ao estudo aplicado em uma indústria de panificação e que propuseram melhorias a fim de solucionar os problemas dentro do processo de produção.

Os dados foram coletados por meio de observações e questionários com os colaboradores no período de 30 dias e métodos exploratórios.

Esses critérios nos permitiram elaborar um projeto-piloto, organizado em tópicos, para testes com verificação prática com acertos e erros, visando viabilidade em aplicações futuras.

1. Etapas do Projeto Piloto

- Identificar os principais problemas nas máquinas 2 e 6.
- Estabelecer objetivos claros, como reduzir os desperdícios de embalagens em 20%
- Delimitar as variáveis de monitoramento, como taxa de desperdícios e custo associado.

2. Coleta de dados

- Aplicar questionários aos operadores para identificar gargalos.
- Observar o funcionamento das máquinas em diferentes turnos e registrar falhas
- Levantar dados quantitativos sobre perdas de embalagens

3. Definição das Soluções

- Propor ajustes técnicos, como manutenção preventiva e calibragem das máquinas.
- Implementar ferramentas Lean Seis Sigma, como:
DMAIC para análise das causas.
5S para organizar o setor de embalagens.

4. Execução do Projeto-Piloto

- Aplicar as melhorias em uma das linhas de produção para testar eficácia.
- Monitorar os resultados por meio de indicadores como taxa de desperdício e eficiência das máquinas.

5. Análise dos Resultados

- Comparar os dados antes e depois da intervenção.
- Verificar se houve redução no desperdício e melhoria na eficiência.

6. Relatório Final

- Documentar os resultados, desafios e aprendizados do projeto-piloto

- Sugerir um plano de expansão.

6. AÇÕES COMPLEMENTARES PARA A SOLUÇÃO DO PROBLEMA

Com o desenvolvimento acelerado da implementação de tecnologias dentro de indústrias, a gestão da produção está se adaptando as novas ferramentas e oportunidades que surgem com o avanço tecnológico. A utilização de softwares e sistemas operacionais, está sendo uma estratégia de desenvolvimento e agilidade na gestão de dados e avanços de melhorias (IZCZUK et al., 2019). Como sugestão para colaborar para a solução deste problema, apresenta-se o simulador Flexsim.

O Flexsim é um software que realiza simulação de figuras 3D, ao qual utiliza tecnologia de inteligência artificial para manipulação de dados, conforme Figura 9. É adequado para manufatura, armazenamento e distribuição, transportes e outros campos.

Figura 9 - Imagem 3D tiradas do Software FLEXIM



Fonte: FLEXIM, 2024

O Flexsim necessita de dados de entrada para modelagem para poder realizar experimento de simulação e otimizar o sistema. Abaixo temos os passos básicos conforme (Fan et al. 2015); (Chen, Hu, & Xu 2013).

- a) Pesquisa do sistema que se deseja melhorar.
- b) Coletar os dados básicos do sistema.
- c) Desenhar o modelo do sistema atual: O evento discreto deve definir as entidades do sistema com precisão usando fluxograma ou diagrama de rede. O Fluxograma inclui três partes: Modelo de entidades temporárias chegar, filas disciplina, modelo de serviço.
- d) Desenvolver modelo de simulação: O processo inclui confirmando a forma de armazenamento de modelo e dados, a escolha de plataforma de desenvolvimento de software e programa de linguagem de design de acordo com a matemática modelo e características do sistema.

- e) A validação do modelo: Determinar se a simulação modelo e linguagem pode mostrar todas as partes.
- f) Simulação e execução: Para funcionamento adequado do sistema, é importante compreender a resposta de saída com diferentes entradas e diferente mecanismo de simulação.
- g) Análise das saídas dos resultados da simulação.

7. CONCLUSÕES

O presente estudo abordou o problema de desperdício de embalagens no setor de panificação, destacando os impactos financeiros, operacionais e ambientais associados. Por meio da aplicação das ferramentas Lean Seis Sigma, DMAIC e ERP, foi possível propor um modelo de melhoria contínua para reduzir as perdas e aumentar a eficiência operacional. O estudo de caso identificou gargalos significativos nas máquinas 2 e 6, e o projeto-piloto sugerido apresenta estratégias para minimizar os problemas de falha no lacre, aderência e colagem de embalagens. A implementação dessas melhorias pode gerar uma redução significativa no desperdício e contribuir para uma operação mais sustentável e eficiente. O trabalho também reforça a importância de práticas inovadoras e tecnológicas para o setor de embalagens

Entende-se que a metodologia de implantação das ações apresentadas anteriormente possa ser capaz de cumprir com os objetivos deste trabalho e reduzir as perdas de embalagens conforme apresentado. Porém, para o aspecto econômico, é necessário de fato fazer uma análise de viabilidade econômica apurada, contando com objeto de estudo bem definido, emprego de método claro e assunção de premissas. Já para o lado ambiental, uma análise de ciclo de vida seria adequada. Ela demanda definição dos trajetos alternativos dos resíduos e dos parâmetros de impacto ambiental que serão analisados, além de tratamento cuidadoso dos dados.

A implementação de práticas de reciclagem, juntamente com a redução de desperdício, pode contribuir para um modelo de produção mais sustentável e eficiente.

Para complementar as ações propostas para a redução das perdas de embalagens, recomenda-se a adoção de uma política de logística reversa, que possibilite o retorno das embalagens descartadas, permitindo a reciclagem e reduzindo os impactos ambientais associados.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2022-06/indice-de-reciclagem-no-brasil-e-de-4-diz-abrelpe>. Acesso em: 17 nov. 2024

ALVES et al; OLIVEIRA et al. **Embalagem para alimentos**, SANTO ANDRÉ. p 95 –97, 2013.

Aplicabilidade da metodologia de análise de soluções de problemas MASP através do ciclo PDCA no setor de embalagens: estudo de caso na "indústria de embalagens" no Brasil, JOURNAL OF LEAN SYSTEMS, 2016. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/lean/article/view/1216>. Acesso em: 10 maio 2024.

AZULPACK. Extrusão de Plásticos. Disponível em: <https://www.azulpack.com.br/>. Acesso em: 17 nov. 2024.

BAZEI. Produtos. Disponível em: <https://www.bazei.com.br/produtos>. Acesso em: 12 nov. 2024.

CABRAL et al. ; VERMEIREN ; CONCEITOS. **Embalagens para produtos alimentícios**, SEBRAE, 2012, v.2012; p, 2 – 08, 2012.

CHIMINELLI; PEREIRA; HATAKEYAMA; XIONG et al; IZCZUK et al; Fan et al. **Implementação de melhorias no setor têxtil empregando Metodologia Lean Manufacturing e simulação no software Flexsim**. V.38, p, 2 – 3, 2016

CNLOG. Disponível em:<https://www.cnlog.com.br/post/logistica-reversa-versus-logistica-tradicional>. Acesso em: 20 nov. 2019

Desafios e potenciais soluções para reciclagem de embalagens plásticas flexíveis pós-consumo no Brasil, UNESP, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/d17cf8a5-8a65-4db6-9470-d7ddbd30543b>. Acesso em 13 maio 2024

ECYLCE. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/80-mil-toneladas-de-pao-desperdicado-todos-os-anos-poderia- virar-biogas/>. Acesso em: 11 nov. 2024

Embalagem para alimentos, SANTO ANDRÉ, 2013. Disponível em: <https://www.santoandre.sp.gov.br/pesquisa/ebooks/360234.PDF>. Acesso em 09 maio 2024.

Embalagens para produtos alimentícios, SEBRAE, 2012, disponível em: https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/SBRT/pdfs/5641_dossie.pdf. Acesso em 13 maio de 2024

FACHIN; CHERRAFI ; BESSERIS; GHANE; SANTOS. **Análise da implantação de um sistema ERP: um estudo de caso em uma indústria de biscoitos**. UFTP. P. 18 – 25, 2022.

FAO; ADIP ; ALFAIA ; ALBREPE ; EUROPEAN COMISSION; EMBRAPA; GLOBO;

GAO; ANDERSSON ; UNIÃO; BRASCHKAT; **Oportunidades de valorização dos resíduos de panificação em grandes cidades brasileiras: um estudo de caso do rio de janeiro.** p 25 - 38, 2020.

FLEXSIM. **Factory Simulation.** Disponível em: <https://www.flexsim.com/factory-simulation/>. Acesso em: 11 nov. 2024

GEA. Máquina de embalagem por termoformagem modular. Disponível em: <https://www.gea.com/pt/products/filling-packaging/thermoforming-packaging-systems/gea-powerpak-thermoforming-packaging-machine/>. Acesso em: 17 nov. 2024.

MAIS POLÍMEROS. Máquina Injetora de Plásticos. Disponível em: <https://maispolimeros.com.br/2019/07/08/injetora-de-plastico>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MONAGABAY. Disponível em: <https://brasil.mongabay.com/2024/08/o-que-a-industria-de-alimentos-vai-fazer-com-a-questao-das-embalagens-plasticas/> . Acesso em 21 nov 2024
Novos desenvolvimentos e aplicações em embalagens de alimentos, CERES, 2015. Acesso em 11 maio 2024

OMARINGA. Parte do pátio de uma indústria de panificação. Disponível em: <https://omaringa.com.br/noticias/regiao/marialva/super-massas-da-padaria-de-vila-a-grande-industria-da-panificacao/>. Acesso em: 20 nov. 2024.

Oportunidades de valorização dos resíduos de panificação em grandes cidades brasileiras: um estudo de caso do rio de janeiro. UFRJ, 2020, disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/12625/1/EMartinsNeto.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024