



MELHORES CASES EMPRESARIAIS DA ABEPRO

ENEGETP 2024



Melhores Cases Empresariais da ABEPRO - ENEGEP 2024 (Volume I) / Alex Almeida Dos Santos, Allan Teixeira Dos Santos, André Clementino De Oliveira Santos, André Luis Korzenowski, Angelo Arantes Levenhagen, Carolina Do Val Bugelli, Caroline Raquele Jaskowiak, Daniel Cardoso Gomes, Davenilcio Luiz De Souza, David A Lazo-Vasquez, Dayana Miluska Heredia Leon, Denise Luciana Rieg, Diego Marques Mendes, Dion Henrique Ferreira Da Cunha, Eduarda Gandini Calheiros, Emilly Rodrigues Nagata, Ezequiel Dressler Martins, Fabiano Leal, Fabio Neves Puglieri, Fabricio Da Silva Costa, Felipe Rodrigues Da Silva, Fernando Cezar Leandro Scramim, Fernando Serva Cavalcanti, Flavio Trojan, Gisele Rodrigues Barata, Guilherme Hernandez Garcia Sanchez, Isabel Belén Rojas Fernández, Jacson Rafael Weber, Jairo Philippe Amorim Chaves, João Miguel Morais Teixeira, Juan Caires Xavier De Lima, Julia Freitas, Karina Dias Cabral, Lara Pescarini Camargo, Leandro Gauss, Leandro Giesel, Léony Luis Lopes Negrão, Lúcio Cantarelli Noal, Luiz Fernando De Oriani E Paulillo, Maria Isabel Wolf Motta Morandi, Maria Regina Viana Lopes, Odacir Deonísio Gracioli, Over M. Montes Causil, Pablo Isaias Rojas Fernandez, Rafael De Magalhães Dias Frinhani, Renan Morais Da Cruz, Renan Surian De Oliveira, Sassha Gissett Rico Díaz – Porto Alegre: ABEPRO, 2024. 193p.

XLIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2024) – Porto Alegre, 22 a 25 de outubro de 2024.

ISBN: 978-65-88212-08-0

1 – Engenharia de Produção; 2 – Inovação; 3 – Cases Empresariais
I. Título

CDU: 658.5:37

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/1998. Nenhuma parte deste livro, sem autorização prévia por escrito da ABEPRO e dos autores, poderá ser reproduzida ou transmitida, sejam quais forem os meios empregados: eletrônicos, mecânicos, fotográficos, por gravação ou quaisquer outros.

Este livro foi editado a partir dos Cases Empresariais submetidos, apresentados e selecionados no XLIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção.

ENEGEP 2024 (Porto Alegre, 22 a 25 de outubro de 2024)

Diretoria da ABEPRO

Antonio Cezar Bornia (UFSC) / Presidente
Daniel Pacheco Lacerda (UFSC) / Vice-presidente
Carlos Eduardo Sanches da Silva (UNIFEI) / Diretor Adm/Financeiro
Rafael Garcia Barbastefano (CEFET) / Diretor Científico
Milton Vieira Junior (Mackenzie) / Primeiro Suplente
Denise Dumke de Medeiros (UFPE) / Segunda Suplente

Grupo de Trabalho Empresas (GT-Empresas)

Paulo Ghinato (Lean Way)
Leony Luis Lopes Negrao (UEPA)
Maria Silene Alexandre Leite (UFPB)
Jones Schaefer (PUCPR)
Ricardo Cassel (UFRGS) / Coordenador

Sumário

Prefácio	6
Apresentação	7
CAPÍTULO I	9
DESIGN PARA MANUFATURA ECONÔMICA	
CAPÍTULO 2	24
A JORNADA DO DIGITAL TWIN APLICADA À AVALIAÇÃO DE PROCESSOS FABRIS PARA PRODUÇÃO DE VACINAS E BIOFÁRMACOS NA FIOCRUZ	
CAPÍTULO 3	39
MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL COMO OPORTUNIDADE PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA DO PARQUE FABRIL DE UMA COMPANHIA METALOMECÂNICA: UMA PESQUISA AÇÃO	
CAPÍTULO 4	54
GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO ABERTA EM UM HOSPITAL ONCOLÓGICO	
CAPÍTULO 5	69
PROJETO DE UM SERVIÇO DE COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS PRÓXIMOS À DATA DE VALIDADE: IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES E DESEJOS DOS CLIENTES E ELABORAÇÃO DA ÁRVORE DE REQUISITOS DE DESIGN	
CAPÍTULO 6	83
AVALIAÇÃO DA MATURIDADE LEAN NAS EMPRESAS: UMA ANÁLISE UTILIZANDO ESCALAS DE MEDIÇÃO	
CAPÍTULO 7	95
MELHORIA DE PROCESSO POR MEIO DA SMART INDUSTRY: IMPLEMENTAÇÃO DE UM MISTURADOR EM UMA INDÚSTRIA DE SANEANTES NO BRASIL	
CAPÍTULO 8	109
MODELO DE ACOMPANHAMENTO DE ESTOQUE BASEADO EM PONTO DE PEDIDO COM A UTILIZAÇÃO DE LOTES ECONÔMICOS DE COMPRA EM UM VAREJO DE CALÇADO DE BELÉM - PA	
CAPÍTULO 9	121
PROPOSTA DE MELHORIAS NO ENDEREÇAMENTO COM FOCO NAS ATIVIDADES DE PICKING EM UMA DISTRIBUIDORA DE MEDICAMENTOS	
CAPÍTULO 10	137
APLICAÇÃO DA SERVICE ENGINEERING METHODOLOGY NO PROJETO DE UM SERVIÇO DE COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS PRÓXIMOS À DATA DE VALIDADE	

CAPÍTULO 11	150
AUTOMATIZACIÓN DE INDICADORES DE SUSTAINIG PARA UNA INDUSTRIA AERONÁUTICA	
CAPÍTULO 12	163
SYNCARD FOR NON-REPETITIVE PROCESS: A PROPOSAL FOR AEROSPACE INDUSTRY	
CAPÍTULO 13	180
OBTENÇÃO DE MELHORIAS NO CICLO DE VIDA DA GESTÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO POR MEIO DE TREINAMENTO EM NOTAÇÃO DE MODELAGEM	

Prefácio

É fácil perceber a importância da engenharia na construção da vida moderna. As maravilhas produzidas pela humanidade chegam a um número cada vez maior de pessoas, impulsionando o desenvolvimento em todas as direções. Nesse cenário, a Engenharia de Produção se destaca como a ciência que torna possível a democratização desses avanços, consolidando-se como uma área de imenso impacto social. É nesse contexto que nasce esta obra, que reúne os Melhores Cases Empresariais apresentados no ENEGEP 2024, em Porto Alegre. Riquíssima em conteúdo e instigante em suas abordagens, ela convida o leitor a descobrir, nas entrelinhas, como soluções inovadoras para questões produtivas complexas podem ser alcançadas com método, criatividade e objetividade.

O desafio de produzir uma enorme quantidade de produtos e serviços com qualidade e custos adequados é uma constante para empreendedores e suas equipes, tanto na indústria quanto no setor de serviços. Este livro apresenta abordagens certeiras e transformadoras, que se mostram valiosas para ambos os setores.

Cada projeto descrito ao longo dos capítulos agrega valor por meio de diversas técnicas, destacando práticas consagradas como o Lean Manufacturing, além de trazer novas contribuições de autores contemporâneos. Isso permite ao leitor acompanhar a constante evolução dos métodos produtivos e aprofundar seus estudos por meio das referências indicadas ao final de cada capítulo.

A Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) nos brinda com esta coletânea em um momento muito oportuno, em que a competição nos mercados mundiais se tornou local e essencial para a sobrevivência das empresas. Prosperar será o caminho daqueles que abraçarem a produção inteligente e centrada no cliente; enquanto hesitar será a rota daqueles que mantiverem métodos e processos que não entregam o valor esperado.

Tenho plena certeza de que o leitor encontrará grande valor nos casos aqui apresentados, mergulhando nos contextos e desafios enfrentados pelas equipes.

Eduardo Bettanin
Diretor Presidente - InBetta SA

Apresentação

Bem-vindos ao livro Melhores Cases Empresariais da ABEPRO - ENEGEP 2024. Este livro foi idealizado e organizado pelo GT-Empresas da ABEPRO, grupo de trabalho que discute formas de ampliar a relação entre academia e indústria. O foco do GT-Empresas é aumentar, cada vez mais, a participação das empresas e organizações nas atividades organizadas pela Associação.

O GT-Empresas foi criado em 2024, e teve como uma de suas primeiras metas aprimorar o processo de submissão e avaliação dos trabalhos enviados para as sessões de Cases Empresariais do ENEGEP. Esse trabalho foi extremamente exitoso. Para o ENEGEP 2024, foram submetidos mais de 70 trabalhos, um crescimento expressivo comparado aos anos anteriores. Também o processo de avaliação dos trabalhos foi um sucesso, sendo que os avaliadores participaram de uma seleção e reunião prévia para explicação de como os Cases deveriam ser avaliados.

Todo esse processo teve como resultado uma excelente qualidade dos trabalhos apresentados no ENEGEP, e fez com que o GT-Empresas tivesse a ideia da organização deste livro. A seleção dos trabalhos que fazem parte do livro foi estabelecida em duas etapas. Na primeira, foram selecionados aqueles que tiveram as melhores notas na avaliação dos avaliadores de Cases Empresariais e, na sequência, os membros do GT-Empresas escolheram, dentre estes, os 13 melhores trabalhos que estão no livro.

O objetivo principal do livro é trazer exemplos às empresas, aos executivos, aos acadêmicos e à comunidade em geral de como a Engenharia de Produção pode ser utilizada no “mundo real”, no cotidiano das organizações, buscando soluções práticas e efetivas aos problemas enfrentados pelas empresas. Os trabalhos tratam de soluções práticas envolvendo diferentes temas (como manutenção, gestão de processos, modelagem, gestão de projetos, gestão de estoques, entre outros) e diferentes segmentos empresariais, dentre os quais:

- indústria metal-mecânica;
- indústria farmacêutica;
- setor hospitalar;
- indústria aeronáutica;
- setor de logística;
- setor de tecnologia da informação e comunicação.

Como GT-Empresas e como ABEPRO estamos muito felizes com o resultado deste livro. Esperamos que vocês, ao lerem os diferentes trabalhos concatenados nesta publicação, consigam buscar subsídios para o aprimoramento de suas atividades.

Em nome do GT-Empresas, gostaria de agradecer a todos que submeteram seus Cases Empresariais ao ENEGEP, a todos os avaliadores que dedicaram seu tempo para avaliar os

trabalhos, e à Diretoria da ABEPRO pelo apoio ao trabalho voluntário e dedicado do GT a esta iniciativa.

Boa leitura e boas ideias para seus negócios!

Ricardo Augusto Cassel
Professor do Departamento de Engenharia de Produção e Transportes
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Coordenador do GT-Empresas

DESIGN PARA MANUFATURA ECONÔMICA

Lúcio Cantarelli Noal (Bruning Tecnometal)

Maria Isabel Wolf Motta Morandi (Universidade do Vale do Rio dos Sinos)

Leandro Gauss (Universidade do Vale do Rio dos Sinos)



Definição do Problema – Em 2019, a Bruning instalou uma nova linha de soldagem para eixos de suspensão traseira. Projetada com base nos princípios do Lean, a linha deveria operar sem problemas. No entanto, apesar das condições ideais para a implementação do Lean, a capacidade efetiva da linha ficou aquém das projeções, demandando recursos e tempo adicionais para atender à demanda.

Análise do Problema – Observações diretas e entrevistas revelaram pressupostos que influenciaram o projeto da linha de soldagem. Ao confrontá-los com a literatura e o comportamento dinâmico de um modelo de simulação do sistema, foi possível compreender como o foco na redução de desperdícios na forma de inventário em processo, com o objetivo de revelar e eliminar as fontes de variabilidade, pode resultar em um sistema disfuncional.

Solução do Problema – Com base na Teoria das Restrições, uma solução inspirada na lógica tambor-pulmão-corda foi implementada. A implementação ocorreu no início de 2021 e resultou em melhorias substanciais em poucos dias. Para medir o efeito e a causalidade entre a intervenção e os resultados, foi criado um quase-experimento, utilizando controle sintético por séries temporais e testes de placebo. O impacto foi medido em termos de eficiência econômica, avaliada por meio da análise de envoltória de dados.

Resultados – As despesas operacionais reduziram aproximadamente 43% e a produtividade aumentou cerca de 95%. Essas melhorias combinadas resultaram em um aumento da eficiência econômica de mais de 230%, em termos relativos.

Avaliação e Lições Aprendidas – O foco na redução de desperdícios na forma de inventário em processo, com o objetivo de revelar e eliminar continuamente as fontes de variabilidade, pode resultar em sistemas disfuncionais, que operam longe da fronteira de eficiência econômica.

Organização/Empresa – Bruning Tecnometal

CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica): 2833000

Palavras-chave: lean manufacturing, teoria das restrições, design science, simulação, quase-experimento, análise envoltória de dados

1. Introdução

Este estudo busca gerar conhecimento científico e tecnológico por meio do projeto e implementação de soluções para problemas reais (Dresch *et al.*, 2015). Para isso, adota o ciclo de resolução de problemas da *Design Science* (DS), composto por cinco etapas (Gauss *et al.*, 2024): (i) definição do problema; (ii) análise e diagnóstico; (iii) projeto da solução; (iv) condução da intervenção; e (v) avaliação e aprendizado.

O caso iniciou em resposta ao problema enfrentado pela Bruning Tecnometal, uma empresa líder no setor metalmeccânico, com sede em Panambi/RS (www.bruning.com.br). Atuando em diversos setores, como agrícola, automotivo, rodoviário e construção, a Bruning possui uma receita anual superior a R\$ 1,1 bilhões. Especializada na fabricação de uma ampla variedade de componentes mecânicos por meio de estampagem, usinagem, montagem, soldagem e tratamento superficial, a empresa atende a uma extensa base de clientes no Brasil e no exterior. Em 2019, a Bruning instalou uma nova linha de soldagem para eixos de suspensão traseira, destinada a atender a uma demanda do setor automotivo de 1.000 peças por dia, o que corresponde a uma receita anual de R\$ 60 milhões. Projetada com base nos princípios do *Lean manufacturing* (ou Lean), a linha deveria operar sem problemas. No entanto, apesar das condições ideais para a implementação do Lean, a capacidade efetiva da linha ficou aquém das projeções, demandando recursos e tempo adicionais para atender à demanda.

A análise e o diagnóstico começaram com observações diretas (van Aken and Berends, 2018) e entrevistas semiestruturadas (Forza, 2002) com quatro especialistas envolvidos no projeto da linha, selecionados por amostragem em bola de neve (Malhotra and Birks, 2007). Em seguida, construímos e validamos um modelo de simulação por eventos discretos (SED) (Law, 2015), seguido de uma revisão da literatura sobre Lean (Ermel *et al.*, 2021). Os *insights* obtidos das observações e entrevistas revelaram pressupostos que influenciaram o projeto da linha de soldagem. Ao confrontá-los com a literatura e o comportamento dinâmico do modelo SED, foi possível compreender como o foco na redução de desperdícios na forma de inventário em processo (WIP), com o objetivo de revelar e eliminar as fontes de variabilidade (Hopp and Spearman, 2004), pode resultar em um sistema disfuncional, conforme detalhado na Seção 2.

Em seguida, mudamos o enquadramento do problema de um projeto de melhoria contínua para um projeto de operações responsivas, priorizando a capacidade de adaptação da linha às incertezas do *ramp-up* de produção e à variabilidade inerente aos sistemas de manufatura (Yin *et al.*, 2017). Com base na literatura sobre Teoria das Restrições (TOC), projetamos uma solução inspirada na técnica de sequenciamento tambor-pulmão-corda (TPC)

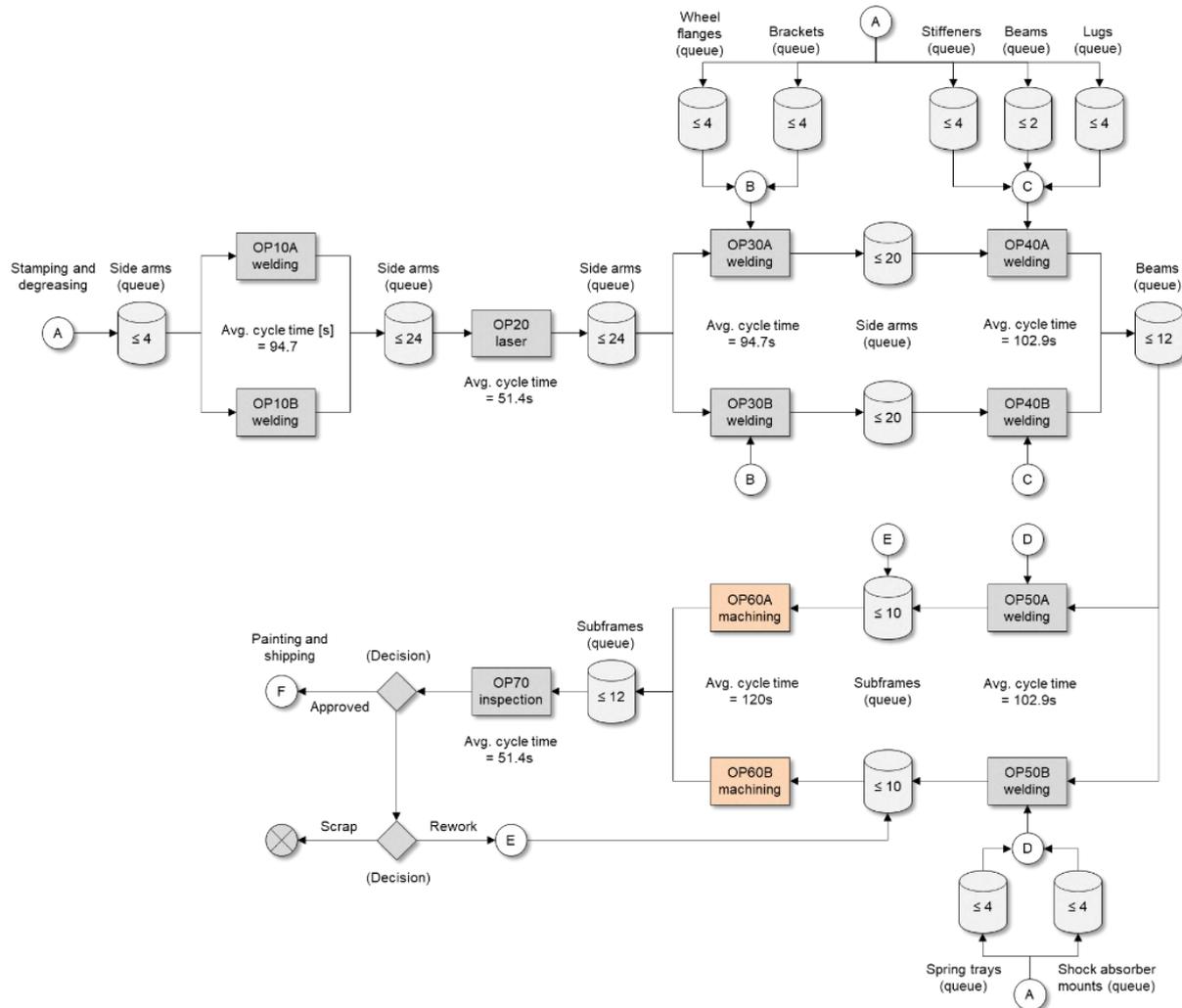
(Darlington *et al.*, 2015), que exigia a transição dos pulmões de capacidade para inventário. Implementamos essa lógica no modelo SED, que revelou não apenas o comportamento esperado do novo sistema, mas também um efeito significativo relacionado a ele. Essa compreensão orientou a formulação de uma intervenção, que incluía ajustes de recursos materiais e humanos, bem como modificações de processo, conforme descrito na Seção 3.

A intervenção foi realizada no início de 2021, resultando em melhorias substanciais em poucos dias. Para medir o efeito e a causalidade entre a intervenção e o resultado, foi criado um quase-experimento (Antonakis *et al.*, 2010), utilizando controle sintético por séries temporais (Brodersen *et al.*, 2015) e testes de placebo (Hagemann, 2019). O tamanho do efeito foi medido em termos de eficiência econômica, obtida por meio da análise de envoltória de dados (DEA) (Camanho *et al.*, 2023), conforme detalhado na Seção 4. Além da avaliação sumativa do tamanho do efeito, uma avaliação formativa (Venable *et al.*, 2016) foi conduzida durante a etapa de avaliação e aprendizado. Isso envolveu a comparação dos mecanismos subjacentes ao sistema de original, sistema reprojetoado pré-intervenção e sistema reprojetoado pós-intervenção (Gauss *et al.*, 2024) para descobrir as razões que dificultaram a implementação do Lean desde o início do projeto, como apresentado na seção 5.

2. Análise e Diagnóstico

Ao contrário das situações em que o Lean é aplicado para melhorar sistemas existentes, a implementação na Bruning envolveu o projeto de uma nova linha de soldagem para eixos de suspensão traseira. Os requisitos iniciais do projeto incluíam uma demanda de 1.000 ± 150 peças por dia de um único produto, com a linha operando em dois turnos, cinco dias por semana, e uma meta de eficiência global dos equipamentos (OEE) superior a 80%. O projeto da linha de soldagem contemplava 12 operações (Figura 1). Inicialmente, os braços laterais são soldados nas operações OP10A/B, seguidos pelo corte a laser na OP20. Em seguida, são fixados aos suportes e flanges das rodas na OP30A/B. A viga principal é então soldada aos braços laterais, suportes e reforços na OP40A/B, antes de ser unida às bandejas de mola e suportes do amortecedor na OP50A/B. Após essas etapas, o eixo soldado passa por usinagem na OP60A/B e inspeção na OP70. Apenas os eixos que atendem aos critérios de inspeção seguem para as etapas subsequentes de pintura e embalagem. As operações de pintura e embalagem, bem como de estampagem e desengraxe, estão fora do escopo deste estudo.

Figura 1 – Modelo conceitual do projeto original da linha de soldagem.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A linha foi concebida como um projeto de melhoria contínua (cf., Hopp and Spearman, 2004), que iniciou pela “eliminação de desperdícios óbvios” (Thürer *et al.*, 2017). Os próprios requisitos do projeto incluíram práticas Lean ao *design* da linha. Por exemplo, a demanda constante por um único produto eliminou a necessidade de nivelamento da produção e mitigou as perdas de disponibilidade associadas ao tamanho dos lotes (Ohno, 1988). Outras práticas Lean foram adotadas deliberadamente. Estas incluem *poka-yokes* nos dispositivos de fixação (Shingo, 1982), troca rápida de consumíveis de processo (Shingo, 1985), minimização do espaço entre máquinas no layout para eliminar movimentos desnecessários e evitar o acúmulo de WIP (Shah and Ward, 2003), e uso de nivelamento de capacidade para limitar a quantidade de WIP e permitir o fluxo unitário de peças (Shingo, 1989). Essas duas últimas práticas foram adotadas como parte do segundo passo da implementação do Lean, “substituir pulmões”, que envolveu especificamente a mudança dos pulmões de inventário para capacidade (Hopp and

Spearman, 2004). O projeto da linha de soldagem foi simulado deterministicamente, levando em conta dois turnos de 8,6 horas por dia, cinco dias por semana. Os efeitos adversos da variabilidade da produção foram considerados aplicando um fator redutor da capacidade modelada. Assumindo um fator de 15% (ou seja, OEE=85%), a capacidade nominal prevista pelo modelo de 1.032 peças por dia foi ajustada para 877, superando a demanda mínima.

Após um ano de projeto e construção, a linha de soldagem foi instalada no final de 2019. Durante o *ramp-up* de produção na primeira metade do ano, foi identificado um déficit de capacidade de aproximadamente 49% da demanda mínima. Em resposta, decidiu-se utilizar todo o pulmão de capacidade, ampliando as operações para três turnos de 7,5 horas, sete dias por semana. Embora essa decisão tenha resolvido a deficiência, resultou em um aumento significativo nas despesas operacionais, uma medida que permaneceu em vigor até 2021. Foram necessários quase 1,5 anos de uso da capacidade adicional para implementar práticas relacionadas ao *total quality management* (TQM) e *total preventive maintenance* (TPM) para atender à demanda inicial do projeto. Essas práticas incluíram a redução da tolerância dimensional das peças estampadas que alimentavam a linha, melhoria no *design* dos dispositivos de soldagem, limpeza regular dos sensores expostos a partículas suspensas, manutenção preventiva e preditiva, e padronização do trabalho atribuído aos operadores. Essas práticas aumentaram a capacidade em cerca de 5%, sendo insuficientes para eliminar o terceiro turno e os dias extras de trabalho.

De acordo com o terceiro e quarto passos da implementação Lean (Hopp and Spearman, 2004), essas ações foram contramedidas para reduzir a variabilidade interna e, assim, melhorar o desempenho da linha de soldagem. Nesse sentido, construímos um modelo SED para compreender melhor o comportamento dinâmico da linha e quantificar o efeito da variabilidade. Os dados de entrada foram modelados usando distribuições de probabilidade univariadas, ajustadas por máxima verossimilhança a 100 observações dos tempos de ciclo, livres de outliers e atendendo ao critério de independência e distribuição idêntica (Choi and Kang, 2013). Os ajustes foram avaliados usando o teste Qui-quadrado (Rossi *et al.*, 2020), que confirmou a hipótese de aderência ao nível de significância de 5% em todas as situações. Assumindo que os componentes estampados que alimentam a linha estão sempre disponíveis, os valores de tempo médio entre falhas (MTBF) e tempo médio para reparo (MTTR) das operações, e uma taxa máxima de rejeição de 2%, o modelo SED passou por 70 replicações, resultando em 637±3 peças produzidas ao final de três turnos de 7,5 horas. O modelo SED e os dados de produção

da linha foram então comparados usando um teste t (Cleff, 2019), que não mostrou diferença significativa entre as médias ao nível de significância de 5%, validando o modelo.

O modelo SED considera a variabilidade interna da linha existente, então para isolar e medir o efeito da variabilidade, foi necessário rodar o modelo sem ela. Um novo modelo SED (sem variabilidade) foi então criado considerando tempos de ciclo médios e eliminando MTBF, MTTR e taxa de rejeição. Os resultados mostraram uma produção de 1.209 peças ao final de três turnos, 90% a mais que o modelo SED com variabilidade. Também rodamos o novo modelo em dois turnos, e os resultados mostraram a produção de 919 peças por dia, menor que as 1.032 peças por dia obtidas da simulação determinística original da linha. Isso indica que, além de ignorar a variabilidade em certa medida, a capacidade nominal da linha foi de certa forma superestimada no projeto original da linha.

O modelo SED (com variabilidade) também identificou as operações OP60A/B como os gargalos da linha (ver Figura 1). Portanto, analisamos o comportamento dinâmico desse modelo de uma perspectiva baseada em mecanismos (Gauss *et al.*, 2024) para concluir que a falta de sincronização causada pela variabilidade implicava em escassez de peças que, potencializada pelo nivelamento de capacidade e pelo nível reduzido de WIP, impedia a linha de funcionar continuamente; isso resultava em baixa utilização dos recursos restritivos (OP60A/B) e, conseqüentemente, perda de capacidade. Este foi o ponto de partida para o próximo passo, o projeto da solução.

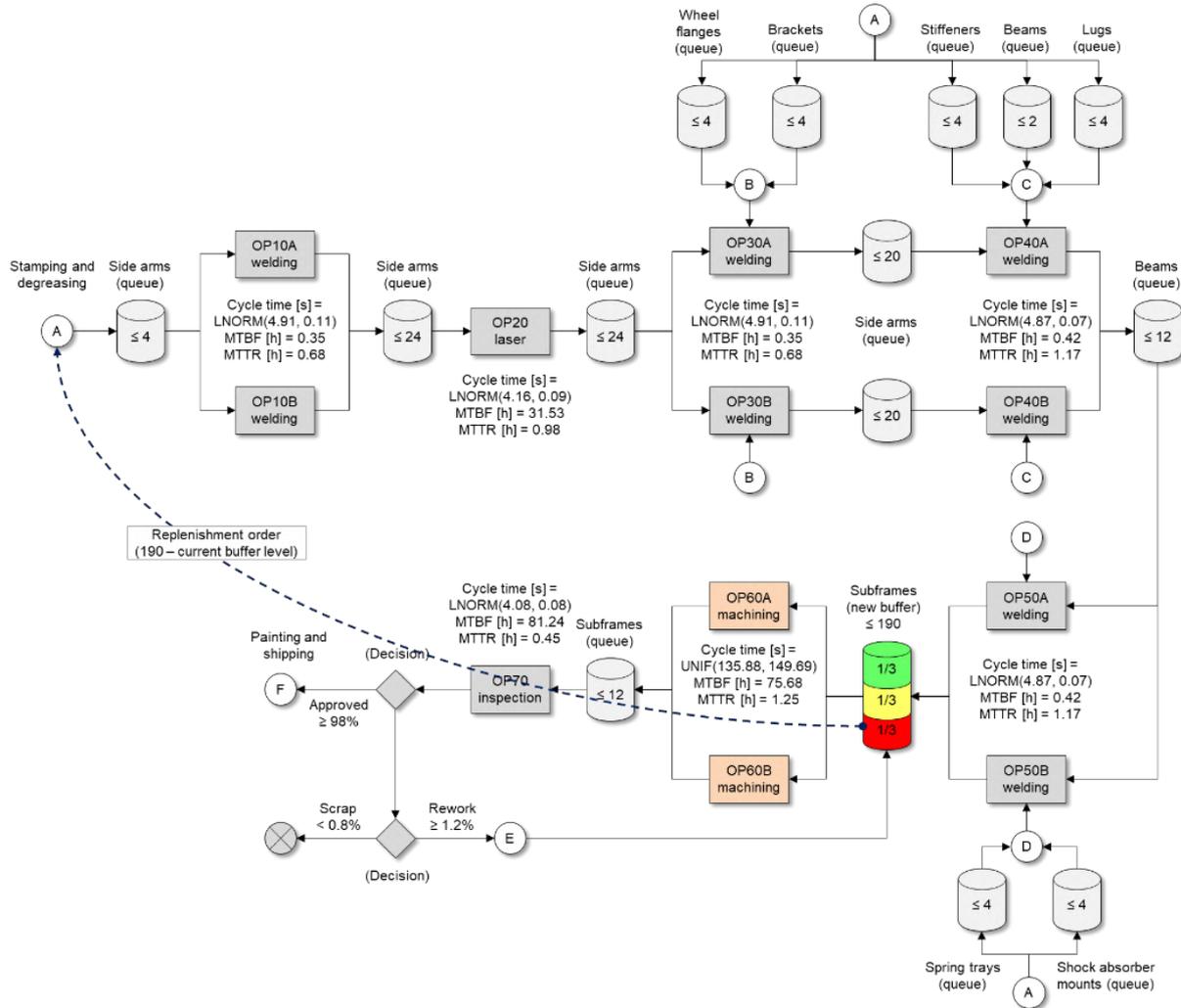
3. Projeto da Solução

Na concepção da solução, reenquadramos o problema como um projeto de operações responsivas, priorizando a capacidade da linha de se adaptar rapidamente à variabilidade em vez de reduzi-la (Yin *et al.*, 2017). Embasados na literatura da TOC, decidimos utilizar a técnica TPC para gerenciar a linha a partir das OP60A/B. No entanto, as condições para o uso do TPC não eram ideais. Primeiro, a linha de soldagem tinha uma demanda limitada. Isso significava que o sistema não poderia converter inventário em ganho, não importa o quanto o TPC aumentasse a produção da linha. Portanto, usar o TPC para reduzir despesas operacionais em vez de aumentar o ganho iria contra o propósito original da técnica (Goldratt, 2009). Segundo, apenas seria possível implementar o tambor e o pulmão do TPC na linha. Isso porque, o sistema de produção (do qual a linha faz parte) libera automaticamente a entrada de matéria-prima no processo de estampagem a partir do consumo de eixos acabados, ignorando o status das operações da linha de soldagem; mudar essa lógica exigiria tempo e recursos substanciais.

Apesar das limitações contextuais, incorporamos parte da lógica do TPC no modelo SED (com variabilidade) e criamos um modelo SED para o sistema reprojeto. Este modelo envolveu a unificação e aumento da capacidade máxima dos pulmões de inventário que precedem as OP60A/B, desconsiderando a corda, mas estabelecendo uma política de reposição para o novo pulmão, que chamamos de TP(-C). Os modelos do sistema reprojeto e do sistema atual com variabilidade foram submetidos a 70 replicações e então comparados usando o teste t (Cleff, 2019). Com um nível de significância de 5%, observamos diferença entre os dois modelos em termos de quantidade de eixos produzidos e de WIP ao final de dois turnos de 8,6 horas. O efeito estimado do TP(-C) foi de 852 ± 2 eixos produzidos e 234 ± 11 de WIP. Considerando o aumento no WIP e a redução nas despesas operacionais resultantes do projeto da solução, estimamos uma redução de custos de aproximadamente 43% e um aumento no volume de produção de cerca de 95%. Os resultados fizeram a Bruning implementar a solução.

Inicialmente, foi necessário planejar a intervenção, que incluía recursos materiais e humanos, bem como mudanças de processo. Afastar as OP50A/B das OP60A/B para acomodar o novo pulmão não era uma opção devido a barreiras de layout e infraestrutura. Portanto, decidimos colocar o novo pulmão ao lado da linha, considerando o tempo de proteção da restrição como sendo aproximadamente a metade do *lead time* médio (Goldratt, 2009). A partir do modelo SED com variabilidade, a capacidade máxima do novo pulmão foi definida em 190 peças (aproximadamente 4 horas de proteção). As peças foram organizadas em 14 *racks*, cinco pintados de vermelho, cinco de amarelo e quatro de verde, indicando os níveis do pulmão. Como não era possível gerar capacidade protetiva por meio do desbalanceamento das operações, uma política de reposição do pulmão também foi definida. No final de cada turno, sempre que o pulmão atingisse o nível vermelho (1/3 do total), peças adicionais deveriam ser produzidas para repor o pulmão durante o intervalo para o almoço e/ou entre os turnos. Se o pulmão atingisse o nível vermelho no final do quinto dia útil da semana, a quantidade de peças necessárias para completar o pulmão deveria ser produzida no fim de semana. Nesse sentido, 190 peças foram produzidas, 14 *racks* foram movidos e pintados, e cinco operadores foram treinados. Uma semana depois, em março de 2021, a intervenção decorrente do projeto da solução (Figura 2) foi implementada, com a linha funcionando em dois turnos de 8,6 horas por dia, cinco dias por semana.

Figura 2 – Modelo conceitual do reprojeto da linha de soldagem.



Fonte: Elaborado pelos autores.

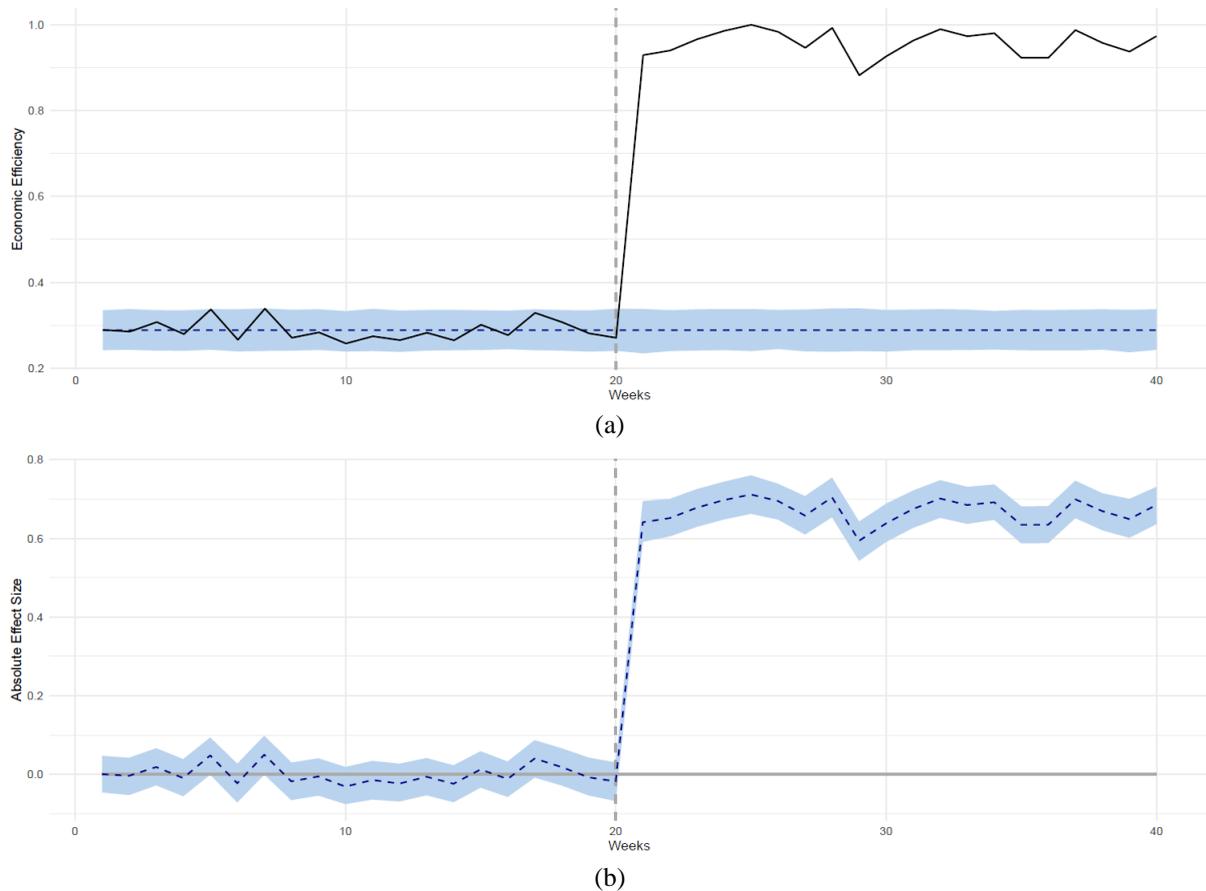
Para validar empiricamente o efeito da intervenção, dados de processo foram coletados durante 20 semanas antes e depois da intervenção (ver Apêndice). A proposição de projeto desenvolvida nesta etapa é a seguinte: em um ambiente de produção sujeito à variabilidade, em que a demanda excede a capacidade, práticas Lean foram implementadas em certa medida, e o gargalo é um recurso com capacidade restrita, o TP(-C) serve para proteger o gargalo contra escassez por meio de um pulmão de inventário reabastecido pelo consumo, o que aumenta o tempo de funcionamento do sistema e conseqüentemente a sua produtividade. Assumindo que a produção se iguale à demanda, o aumento da produtividade resultará em uma redução nas despesas operacionais, que implicará em um aumento da eficiência econômica do sistema.

4. Intervenção

A hipótese inicial era de que o aumento de produtividade decorrente do aumento no WIP, permitiria que a linha de soldagem atendesse à demanda operando dois turnos por dia durante cinco dias por semana, em vez de três turnos e sete dias. Isso permitiria a Bruning reduzir as despesas operacionais a um nível que melhoraria substancialmente a eficiência econômica da linha. Para avaliar a eficiência econômica, utilizamos um modelo DEA orientado aos *inputs*, com retorno constantes de escala, e fazendo uso dos dados do Apêndice (Camanho *et al.*, 2023). O *output* foi a quantidade de eixos produzidos e os *inputs* foram: (i) quantidade de horas normais trabalhadas; (ii) custo das horas normais em R\$/h; (iii) quantidade de horas extras trabalhadas; (iv) custo das horas extras em R\$/h; (v) quantidade de WIP; (vi) custo unitário do WIP em R\$; (vii) consumo de eletricidade em kW/semana; (viii) custo da eletricidade em R\$.h/kW; e (iv) despesas gerais de fabricação em R\$. As unidades de tomada de decisão (DMU) foram as semanas de produção: 20 semanas antes e após a intervenção. Para avaliar o efeito e a causalidade entre a intervenção e o resultado, conduzimos um quase-experimento usando controle sintético por séries temporais (Brodersen *et al.*, 2015), com a eficiência econômica como variável de resposta (ver Figura 3).

Durante o período pós-intervenção (após a semana 20), a variável de resposta teve um valor médio de 96%. Na ausência da intervenção, esperaríamos uma média de 29%, conforme ilustrado na Figura 3a. Subtraindo essa previsão da resposta observada, obtemos uma estimativa do efeito causal da intervenção na variável de resposta. Esse efeito é de 67% com um intervalo de confiança de 95% de [65%, 68%]. Isso significa que o efeito positivo observado durante o período de intervenção é estatisticamente diferente de zero (ou da ausência de efeito), conforme Figura 3b. Em termos relativos, a variável de resposta apresentou um aumento de +232%, com o intervalo de confiança de 95% de [+216%, +251%]. A probabilidade de obter este efeito ao acaso também foi insignificante (i.e., probabilidade de área de cauda unilateral bayesiana, $p = 0,001$). Além disso, foram realizados 18 testes de placebo (Hagemann, 2019) no período pré-intervenção, simulando como se a intervenção tivesse ocorrido nas semanas de 2 a 19. Em todos os casos, não foram encontradas diferenças significativas de zero no nível de significância de 5%. Esses resultados atestam a validade pragmática da solução projetada e implementada.

Figura 3 – Resultados do quase-experimento: (a) eficiência econômica; (b) tamanho absoluto do efeito.



Fonte: Elaborado pelos autores.

5. Avaliação e Aprendizado

Ao avaliar os mecanismos subjacentes ao caso da Bruning, foi possível identificar limitações em alguns pressupostos do Lean, que levaram ao déficit de capacidade da linha. A primeira dessas limitações refere-se ao pressuposto de que os custos dos pulmões de inventário e de capacidade são equivalentes, e que substituir os primeiros pelos segundos para revelar e eliminar as fontes de variabilidade não compromete a eficiência econômica (Hopp and Spearman, 2004). Este caso evidencia o contrário, ao mostrar um aumento de mais de 230% na eficiência econômica quando os pulmões de capacidade são substituídos por pulmões de inventário. A segunda limitação está relacionada à redução da variabilidade como a principal forma de sincronizar a capacidade com a demanda (Browning and de Treville, 2021). Este estudo aponta para um caminho alternativo, no qual o aumento da produtividade ocorre pelo uso de pulmões de inventário (Goldratt, 2009; Zawada *et al.*, 2020), permitindo que o sistema opere próximo à capacidade e sincronizado com a demanda. Ambos os resultados mostram que alguns pressupostos que constituem a lógica da implementação do Lean podem gerar percursos

que se desviam de seu objetivo de sincronizar a capacidade com a demanda em termos de quantidade, qualidade e tempo, com custos mínimos de pulmões (Hopp and Spearman, 2021).

Outro pressuposto inerente à implementação do Lean é que a melhoria contínua leva à melhoria econômica (Ohno, 1988; Shah and Ward, 2003). No caso da Bruning, o custo da adoção de práticas de TQM e TPM para reduzir a variabilidade, bem como o custo do uso de capacidade adicional por quase 1,5 anos para atender à demanda, resultou em um aumento nas despesas operacionais que supera 20% do custo de aquisição da linha de soldagem. Mesmo após os ganhos de produtividade provenientes da adição do pulmão de inventário, práticas do Lean, como o nivelamento de capacidade, resultaram em despesas operacionais adicionais, uma vez que o sistema não repõe naturalmente o nível do novo pulmão, o que requer horas extras de trabalho. O foco na redução de desperdícios na forma de WIP, com o objetivo de revelar e eliminar continuamente a fontes de variabilidade, pode resultar em um sistema disfuncional, que opera longe da fronteira de eficiência econômica.

Dado que o objetivo dos sistemas de produção com fins lucrativos é ganhar dinheiro hoje e no futuro (Stefano *et al.*, 2022), a TOC traz consigo uma perspectiva econômica que complementa a visão essencialmente técnica do Lean. Nessa perspectiva, o sistema é medido em dinheiro em vez de tempo e é governado por uma ou algumas restrições. Isso traz foco e responsividade à visão técnica do Lean, ao fornecer uma compreensão de que os diversos recursos de um sistema de produção não devem ter a mesma prioridade (Hopp and Spearman, 2021). Em termos de indicadores econômico, a TOC foca primariamente no ganho, assumindo que a demanda pode crescer indefinidamente, enquanto a redução de inventário e das despesas operacionais tem limites (Gupta *et al.*, 2022). No entanto, o caso da Bruning também desafia esse pressuposto ao mostrar que (frequentemente) há um limite para o crescimento da demanda e que os ganhos de produtividade não se traduzem necessariamente em ganho. A implicação disso é que a TOC e seus “artefatos”, como o TPC, também podem ser utilizados para minimizar *inputs* econômicos (e.g., inventário ou despesas operacionais). Isso leva à seguinte proposição: o projeto e a melhoria contínua dos sistemas de produção devem estar conceitualmente focados na eficiência econômica, em vez da eficiência técnica; nesse sentido, a eficiência econômica pode ser alcançada pela minimização de *inputs*, maximização de *outputs* ou ambos, dependendo das circunstâncias. Por fim, esse caso descreve a primeira aplicação empírica do TP(-C), o utilizando para um propósito diferente do aumento do ganho.

Referências

- van Aken, J.E. and Berends, H. (2018), *Problem Solving in Organizations: A Methodological Handbook for Business and Management Students*, 3rd ed., Cambridge University Press, doi: 10.1017/9781108236164.
- Antonakis, J., Bendahan, S., Jacquart, P. and Lalive, R. (2010), "On making causal claims: A review and recommendations", *Leadership Quarterly*, Elsevier Inc., Vol. 21 No. 6, pp. 1086–1120, doi: 10.1016/j.leaqua.2010.10.010.
- Brodersen, K.H., Gallusser, F., Koehler, J., Remy, N. and Scott, S.L. (2015), "Inferring causal impact using bayesian structural time-series models", *Annals of Applied Statistics*, Vol. 9 No. 1, pp. 247–274, doi: 10.1214/14-AOAS788.
- Browning, T.R. and de Treville, S. (2021), "A lean view of lean", *Journal of Operations Management*, Vol. 67 No. 5, pp. 640–652, doi: 10.1002/joom.1153.
- Camanho, A.S., Silva, M.C., Piran, F.S. and Lacerda, D.P. (2023), "A literature review of economic efficiency assessments using Data Envelopment Analysis", *European Journal of Operational Research*, doi: 10.1016/j.ejor.2023.07.027.
- Choi, B.K. and Kang, D. (2013), *Modeling and Simulation of Discrete-Event Systems*, Wiley, New Jersey.
- Cleff, T. (2019), *Applied Statistics and Multivariate Data Analysis for Business and Economics*, Springer, doi: 10.1007/978-3-030-17767-6.
- Darlington, J., Francis, M., Found, P. and Thomas, A. (2015), "Design and implementation of a Drum-Buffer-Rope pull-system", *Production Planning and Control*, Vol. 26 No. 6, pp. 489–504, doi: 10.1080/09537287.2014.926409.
- Dresch, A., Lacerda, D.P. and Antunes Jr, J.A.V. (2015), *Design Science Research: A Method for Scientific and Technology Advancement*, Springer, doi: 10.1007/978-3-319-07374-3.
- Ermel, A.P.C., Lacerda, D.P., Morandi, M.I.W.M. and Gauss, L. (2021), *Literature Reviews: Modern Methods for Investigating Scientific and Technological Knowledge*, Springer International Publishing, doi: 10.1007/978-3-030-75722-9.
- Forza, C. (2002), "Survey research in operations management: A process-based perspective", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 22 No. 2, pp. 152–194, doi: 10.1108/01443570210414310.
- Gauss, L., Lacerda, D.P. and Romme, A.G.L. (2024), "Mechanisms as boundary objects for connecting design with science in operations management research", *Operations Management Research*, Vol. 17 No. 1, pp. 291–306, doi: 10.1007/s12063-023-00431-7.

- Goldratt, E.M. (2009), "Standing on the shoulders of giants - Production concepts versus production applications: the Hitachi Tool Engineering example", *Gestao e Producao*, Vol. 16 No. 3, pp. 333–343, doi: 10.1590/S0104-530X2009000300002.
- Gupta, M., Digalwar, A., Gupta, A. and Goyal, A. (2022), "Integrating Theory of Constraints, Lean and Six Sigma: a framework development and its application", *Production Planning and Control*, Vol. 0 No. 0, pp. 1–24, doi: 10.1080/09537287.2022.2071351.
- Hagemann, A. (2019), "Placebo inference on treatment effects when the number of clusters is small", *Journal of Econometrics*, Vol. 213 No. 1, pp. 190–209, doi: 10.1016/j.jeconom.2019.04.011.
- Hopp, W.J. and Spearman, M.L. (2004), "To pull or not to pull: What is the question?", *Manufacturing and Service Operations Management*, Vol. 6 No. 2, pp. 133–148, doi: 10.1287/msom.1030.0028.
- Hopp, W.J. and Spearman, M.S. (2021), "The lenses of lean: Visioning the science and practice of efficiency", *Journal of Operations Management*, Vol. 67 No. 5, pp. 610–626, doi: 10.1002/joom.1115.
- Law, A.M. (2015), *Simulation Modeling and Analysis*, 5th ed., Mc Graw Hill.
- Malhotra, N.K. and Birks, D.F. (2007), *Marketing Research: An Applied Approach*, 3rd ed., Prentice Hall Inc.
- Ohno, T. (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, 1st ed., Productivity Press.
- Rossi, R., Murari, A., Gaudio, P. and Gelfusa, M. (2020), "Upgrading model selection criteria with goodness of fit tests for practical applications", *Entropy*, Vol. 22 No. 4, pp. 1–13, doi: 10.3390/E22040447.
- Shah, R. and Ward, P.T. (2003), "Lean manufacturing: Context, practice bundles, and performance", *Journal of Operations Management*, Vol. 21 No. 2, pp. 129–149, doi: 10.1016/S0272-6963(02)00108-0.
- Shingo, S. (1982), *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*, Routledge.
- Shingo, S. (1985), *A Revolution in Manufacturing: The Smed System*, Productivity Press.
- Shingo, S. (1989), *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*, 1st ed., Productivity Press.
- Stefano, G. da S., Antunes, T. dos S., Lacerda, D.P., Wolf Motta Morandi, M.I. and Piran, F.S. (2022), "The impacts of inventory in transfer pricing and net income: Differences

- between traditional accounting and throughput accounting”, *British Accounting Review*, Elsevier Ltd, Vol. 54 No. 2, p. 101001, doi: 10.1016/j.bar.2021.101001.
- Thürer, M., Tomašević, I. and Stevenson, M. (2017), “On the meaning of ‘Waste’: review and definition”, *Production Planning and Control*, Vol. 28 No. 3, pp. 244–255, doi: 10.1080/09537287.2016.1264640.
- Venable, J.R., Pries-Heje, J. and Baskerville, R. (2016), “FEDS: A Framework for Evaluation in Design Science Research”, *European Journal of Information Systems*, Vol. 25 No. 1, pp. 77–89, doi: 10.1057/ejis.2014.36.
- Yin, Y., Stecke, K.E., Swink, M. and Kaku, I. (2017), “Lessons from seru production on manufacturing competitively in a high cost environment”, *Journal of Operations Management*, Vol. 49–51, pp. 67–76, doi: 10.1016/j.jom.2017.01.003.
- Zawada, P., Okrasa, W. and Warchalowski, J. (2020), “Flow management system for maximising business revenue and profitability”, *Statistics in Transition New Series*, Vol. 21 No. 5, pp. 193–206, doi: 10.21307/STATTRANS-2020-062.

Apêndice

Dados de processo dos períodos pré- e pós-intervenção.

DMU*	Período	Qtd. horas normais trabalhadas	Custo das horas normais em R\$/h	Qtd. horas extras trabalhadas	Custo das horas extras em R\$/h	Qtd. WIP	Custo do eixo em R\$	Consumo de eletricidade em kW/semana	Custo da eletricidade em R\$.h/kW	Despesas gerais de fabricação em R\$	Qtd. de eixos produzidos	Eficiência
Semana 1	Pré-intervenção	2.343,9	8,54	334,2	10,25	55	287,65	44.784,0	311,00	31.904,53	2.265,0	0,29
Semana 2	Pré-intervenção	2.451,0	8,54	343,8	10,25	60	287,65	45.231,0	314,10	32.067,70	2.256,0	0,28
Semana 3	Pré-intervenção	2.227,3	8,54	328,6	10,25	56	287,65	43.711,0	303,55	34.509,71	2.350,0	0,31
Semana 4	Pré-intervenção	2.262,5	8,54	316,6	10,25	55	287,65	43.210,0	300,07	31.616,83	2.110,0	0,28
Semana 5	Pré-intervenção	2.244,0	8,54	295,8	10,25	54	286,41	43.621,0	302,92	33.993,26	2.570,0	0,34
Semana 6	Pré-intervenção	2.263,6	8,54	353,8	10,25	56	286,41	44.712,0	310,50	29.741,31	2.080,0	0,27
Semana 7	Pré-intervenção	2.282,3	8,54	350,6	10,25	57	286,41	44.153,0	306,62	33.356,24	2.615,0	0,34
Semana 8	Pré-intervenção	2.343,4	8,54	357,9	10,25	56	286,41	45.654,0	317,04	31.383,75	2.163,0	0,27
Semana 9	Pré-intervenção	2.357,1	8,54	339,7	10,25	51	289,62	44.611,0	309,80	30.956,22	2.210,0	0,28
Semana 10	Pré-intervenção	2.353,6	8,54	325,9	10,25	55	289,62	44.521,0	309,17	30.191,31	2.004,0	0,26
Semana 11	Pré-intervenção	2.329,1	8,54	313,9	10,25	53	289,62	44.123,0	306,41	30.058,46	2.116,0	0,27
Semana 12	Pré-intervenção	2.341,9	8,54	310,0	10,25	52	289,62	44.899,0	311,80	31.679,80	2.082,0	0,27
Semana 13	Pré-intervenção	2.319,0	8,54	292,1	10,25	59	289,12	44.587,0	309,63	32.323,71	2.203,0	0,28
Semana 14	Pré-intervenção	2.291,1	8,54	301,5	10,25	54	289,12	43.611,0	302,85	30.657,81	2.019,0	0,26
Semana 15	Pré-intervenção	2.331,6	8,54	327,6	10,25	55	289,12	44.522,0	309,18	34.501,40	2.345,0	0,30
Semana 16	Pré-intervenção	2.341,7	8,54	354,0	10,25	53	289,12	44.759,0	310,83	31.770,68	2.167,0	0,28
Semana 17	Pré-intervenção	2.344,5	8,54	342,5	10,25	56	285,14	44.888,0	311,72	34.891,15	2.583,0	0,33
Semana 18	Pré-intervenção	2.322,1	8,54	353,8	10,25	57	285,14	44.898,0	311,79	33.419,32	2.412,0	0,31
Semana 19	Pré-intervenção	2.319,0	8,54	366,0	10,25	55	285,14	44.777,0	310,95	32.154,84	2.201,0	0,28
Semana 20	Pré-intervenção	2.323,0	8,54	376,0	10,25	51	285,14	44.514,0	309,13	32.515,78	2.108,0	0,27
Semana 21	Pós-intervenção	2.007,3	8,54	0	10,25	237	277,42	26.435,0	311,00	26.180,00	4.335,0	0,93
Semana 22	Pós-intervenção	2.027,1	8,54	0	10,25	236	277,42	26.544,0	312,28	26.154,35	4.403,0	0,94
Semana 23	Pós-intervenção	1.968,3	8,54	0	10,25	241	277,42	25.411,0	298,95	26.420,94	4.336,0	0,97
Semana 24	Pós-intervenção	1.939,1	8,54	0	10,25	225	277,42	24.999,0	294,11	26.517,88	4.350,0	0,99
Semana 25	Pós-intervenção	1.913,6	8,54	0	10,25	237	278,25	24.898,0	292,92	26.541,65	4.397,0	1,00
Semana 26	Pós-intervenção	1.939,1	8,54	0	10,25	235	278,25	25.412,0	298,96	26.420,71	4.412,0	0,98
Semana 27	Pós-intervenção	2.093,7	8,54	0	10,25	229	278,25	26.144,0	307,58	26.248,47	4.366,0	0,95
Semana 28	Pós-intervenção	1.975,2	8,54	0	10,25	241	278,25	25.462,0	299,55	26.408,94	4.463,0	0,99
Semana 29	Pós-intervenção	2.100,3	8,54	0	10,25	235	277,02	27.878,0	327,98	25.840,47	4.338,0	0,88
Semana 30	Pós-intervenção	2.006,0	8,54	0	10,25	239	277,02	26.555,0	312,41	26.151,76	4.342,0	0,93
Semana 31	Pós-intervenção	1.979,1	8,54	0	10,25	244	277,02	25.412,0	298,96	26.420,71	4.323,0	0,96
Semana 32	Pós-intervenção	1.913,1	8,54	0	10,25	242	277,02	25.499,0	299,99	26.400,24	4.456,0	0,99
Semana 33	Pós-intervenção	1.917,1	8,54	0	10,25	239	277,52	25.432,0	299,20	26.416,00	4.370,0	0,97
Semana 34	Pós-intervenção	1.965,9	8,54	0	10,25	237	277,52	25.874,0	304,40	26.312,00	4.477,0	0,98
Semana 35	Pós-intervenção	2.015,9	8,54	0	10,25	235	277,52	26.532,0	312,14	26.157,18	4.321,0	0,92
Semana 36	Pós-intervenção	1.961,1	8,54	0	10,25	233	277,52	25.858,0	304,21	26.315,76	4.213,0	0,92
Semana 37	Pós-intervenção	1.948,1	8,54	0	10,25	242	277,49	25.744,0	302,87	26.342,59	4.489,0	0,99
Semana 38	Pós-intervenção	1.917,1	8,54	0	10,25	237	277,49	25.564,0	300,75	26.384,94	4.322,0	0,96
Semana 39	Pós-intervenção	1.967,2	8,54	0	10,25	236	277,49	25.444,0	299,34	26.413,18	4.211,0	0,94
Semana 40	Pós-intervenção	1.916,4	8,54	0	10,25	233	277,49	25.412,0	298,96	26.420,71	4.367,0	0,97

*Semana de cinco dias para permitir comparação entre os períodos pré- e pós-intervenção

(A JORNADA DO DIGITAL TWIN APLICADA À AVALIAÇÃO DE PROCESSOS FABRIS PARA PRODUÇÃO DE VACINAS E BIOFÁRMACOS NA FIOCRUZ)

Felipe Rodrigues da Silva (Bio-Manguinhos/Fiocruz)

Fernando Serva Cavalcanti (Bio-Manguinhos/Fiocruz)

Fabricio da Silva Costa (Deloitte)

Juan Caires Xavier de Lima (Deloitte)

David Alejandro Lazo-Vasquez (Deloitte)



Definição do Problema – Possibilidade de baixa eficiência operacional com eventuais perdas futuras de produtividade e competitividade

Análise do Problema – De acordo com a literatura e com o mercado, empresas do setor biofarmacêutico que não implantarem conceitos e ferramentas tecnológicas de ponta para avaliação de seus processos correm o risco de perderem eficiência produtiva e competitividade

Solução do Problema – Construção de Simulações Virtuais, como base da jornada do Digital Twin, para prévia avaliação detalhada de processos fabris a serem realizados nas plantas atual e futura de Bio-Manguinhos/Fiocruz

Resultados – Os resultados da avaliação permitiram a identificação de melhores condições operacionais para as linhas de produção, o estudo detalhado de processos e equipamentos, a antecipação e consequente mitigação de eventos inesperados que possam vir a ocorrer, o treinamento virtual de futuros operadores (sem necessidade de ocupação da fábrica), dentre outros benefícios para operação das plantas atual e futura de Bio-Manguinhos/Fiocruz

Avaliação e Lições Aprendidas – A conclusão foi considerada satisfatória dado os resultados alcançados e a complexidade do estudo que, além de avaliar uma linha da planta atual, precisou também coletar e utilizar informações de uma fábrica (CIBS) que ainda está sob projeto.

Organização/Empresa – Bio-Manguinhos/Fiocruz

CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica): 2121-1 (FABRICAÇÃO DE VACINAS PARA USO HUMANO)

Palavras-chave: Digital Twin, Biopharma4.0, Vacinas, Biofármacos

1. Introdução

O Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos) é a unidade da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) responsável por pesquisa, inovação, desenvolvimento tecnológico e pela produção de vacinas, biofármacos e kits para diagnósticos. A instituição é atualmente a maior produtora de vacinas da América Latina. Suas unidades fabris estão localizadas no Rio de Janeiro (Brasil) e fornecem seus produtos para diversos países, além de organizações como OMS (Organização Mundial de Saúde), UNICEF, OPAS e Fundação Bill Melinda Gates. Atualmente Bio-Manguinhos possui o estratégico projeto de expansão da sua estrutura através da construção de um novo *campus* localizado em Santa Cruz (Rio de Janeiro) denominado Complexo Industrial de Biotecnologia em Saúde (CIBS). Através da produção e disponibilização de vacinas e biofármacos, o CIBS (que se encontra em fase de Projeto) será fundamental para atendimento ao Sistema de Saúde Único brasileiro (SUS), assim como às demandas de organizações de solidariedade internacional.

Pelo exposto acima, e considerando uma tendência global do setor, é fundamental que o CIBS esteja na fronteira ao que se refere ao emprego de tecnologia na indústria biofarmacêutica. A digitalização das informações dos ativos e a modelagem e simulações dos processos fazem parte de um Plano Diretor de Digitalização (PDD) estruturado para o CIBS. Essas iniciativas estão posicionadas dentre os primeiros esforços fundacionais a serem realizados para o alcance de uma plena digitalização. Isso ocorre porque a construção de uma fábrica inteligente pressupõe a conexão entre os mundos físicos e digital, o que requer que haja a construção da representação física dos ativos no mundo virtual.

Essa conexão é feita a partir de modelos que representem o comportamento esperado dos ativos no mundo virtual e permitam a simulação de cenários e situações para obtenção de insights que ajudarão a controlar de forma otimizada o ativo físico. Esses modelos podem ser chamados de *Digital Twin* ou Gêmeos Digitais (DA SILVA et. al, 2022).

Um gêmeo digital pode ser definido, fundamentalmente, como uma evolução digital do perfil histórico e do comportamento atual de um objeto ou processo físico que ajuda a otimizar desempenho dos negócios e dos sistemas. Os gêmeos digitais são projetados para modelar ativos ou simular processos complexos que interagem de várias maneiras com seus ambientes para os quais é difícil prever os resultados durante todo o ciclo de vida do produto, incluindo processos de manufatura (DELOITTE, 2017).

Em termos práticos, um gêmeo digital pode compreender um conjunto de tecnologias diferentes (modelagem, sensores, *analytics*, visualização 3D etc.) para criar uma réplica virtual em tempo

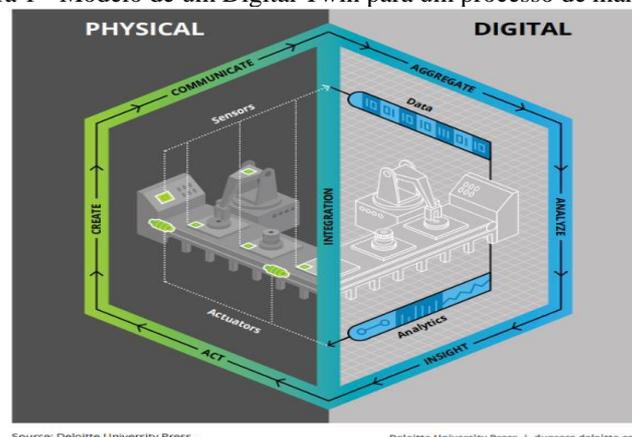
real de um processo ou ativo físico em operação. Ambos são conectados dinamicamente, de modo que o gêmeo digital fornece visualização e análise do desempenho do(s) ativo(s). De uma forma abrangente, um gêmeo digital deve apresentar os seguintes componentes habilitadores: sensores: Dados, *Analytics*, Integração e Atuadores.

É cada vez mais comum que se crie o componente digital (capacidade analítica) antes mesmo da construção de seu gêmeo físico para que, uma vez que este esteja pronto, o ciclo de integração físico-digital-físico possa ser utilizado desde os primeiros dias de operação. A criação do componente digital consiste na modelagem dos processos e sistemas envolvidos, incluindo uma representação rigorosa do funcionamento dos ativos em questão, bem como dados de performance como custos, consumo e eficiência. Isso forma as linhas de base a partir das quais os aprimoramentos de gêmeos digitais devem começar, através da simulação e experimentação do modelo criado e a validação deste com os dados de engenharia e, posteriormente, com a sua contrapartida no mundo real.

A Figura 1 representa o gêmeo digital como centro da jornada do mundo físico para o mundo digital e de volta ao mundo físico. A Indústria 4.0 descreve amplamente um ambiente de fabricação digital que combina técnicas avançadas de fabricação com IoT para criar uma rede que se comunica, analisa e usa informações para conduzir ações inteligentes adicionais em o mundo físico.

O planejamento final é a obtenção de uma fábrica inteligente que possa auto-otimizar seu desempenho em uma ampla rede, adaptar e aprender com novas condições em tempo real ou por simulações da realidade e executar processos de produção inteiros de forma autônoma. Embora essa visão ainda pareça distante, o avanço exponencial das tecnologias e da capacidade computacional tornam imperativo que já se invista na construção dos elementos fundacionais de inteligência em ativos industriais a fim de se criar vantagens competitivas.

Figura 1 - Modelo de um Digital Twin para um processo de manufatura



Source: Deloitte University Press.

Deloitte University Press | dupress.deloitte.com

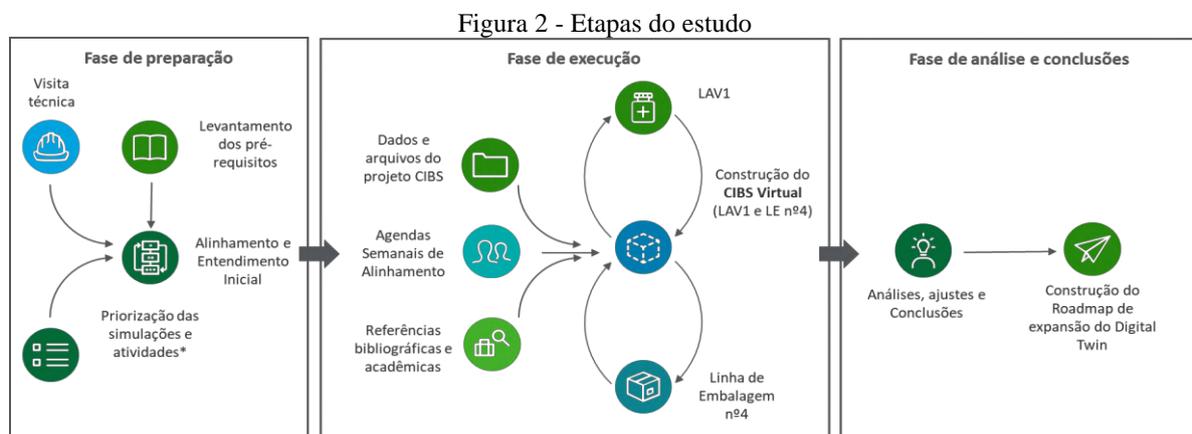
Fonte: (DELOITTE, 2017)

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é apresentar um pacote de simulações virtuais para análises técnicas e ergonômicas de duas linhas de produção selecionadas (uma do parque industrial atual e outra do novo CIBS), que servirão como base para construção de um roadmap de Digital Twin (gêmeo digital) a ser implementado no CIBS, considerando toda sua amplitude. Além disso, os objetivos são simular cenários produtivos, identificar potenciais pontos de melhorias ainda durante a construção do CIBS (antecipar comissionamento), gerar *insights* que tendem a mitigar erros futuros e acelerar as etapas de qualificação, validação e *start-up* da nova planta. O resultado das discussões dessas simulações minimiza problemas futuros de produtividade, gargalos, descumprimento de prazos, perda de lotes produtivos, ergonomia de operadores, dentre outros. Para esse trabalho, foram avaliados os processos produtivos e os riscos ergonômicos envolvidos em atividades realizadas na planta atual de Bio-Manguinhos e em procedimentos que serão efetuados no futuro CIBS.

3. Metodologia

O estudo foi organizado em três macro etapas sequenciais: preparação, execução e análise e conclusões (Figura 2). Cada etapa foi conduzida em ciclos de trabalho.



Fonte: Elaboração própria

Antes do início do trabalho, foi feito o engajamento inicial dos times e as definições de escopo, prazos e recursos. A etapa de preparação iniciou-se logo em seguida e consistiu na pesquisa e levantamento das informações técnicas, modelos, arquivos e dados disponíveis. A etapa de execução consistiu na construção dos modelos virtuais a partir dessas informações e na realização das simulações virtuais em si. Por fim, a etapa de análise e conclusões englobou a síntese das simulações desenvolvidas e as conclusões alcançadas na utilização das ferramentas.

A metodologia contou com a utilização de ferramentas de simulação e virtualização de procedimentos para execução de uma Prova de Conceito (PoC) considerando processos produtivos atuais e, sobretudo, os que serão realizados do novo CIBS. As duas linhas selecionadas como objetos da Prova de Conceito foram uma linha de envase (LAV1) a ser construída no CIBS e uma linha de embalagem (Linha de Embalagem nº4/Dividella) já existente no parque industrial de Bio-Manguinhos. As simulações foram segregadas entre as linhas e contemplaram os seguintes pontos:

- Construção da “maquete virtual” das duas linhas de produção a partir dos dados, relatórios e manuais disponíveis, assim como dos modelos já existentes nas ferramentas;

- Rodadas de simulações virtuais para obtenção dos resultados esperados, utilizando *softwares* de simulações da empresa Siemens:

- Simulações de Manufatura, utilizando o *Tecnomatix Plant Simulation* (SIEMENS, 2023): reproduzir digitalmente um sistema de manufatura, podendo ser aplicável para qualquer tipo de indústria discreta. As vantagens são a visualização do sistema integrado em 2D ou 3D, a análise do fluxo produtivo através de diagramas e ferramentas de estatística e a otimização e previsão de cenários de produção. As linhas Dividella e LAV1 foram modeladas utilizando as suas geometrias 3D/CAD e respectivas informações técnicas de engenharia, principalmente as suas especificações funcionais.
- Simulações Humanas, utilizando o *Tecnomatix Process Simulate* - módulo *Human* (SIEMENS, 2023): Essas simulações foram aplicadas nas Linhas Dividella e LAV1, inicialmente com os modelos digitais das linhas importados do Plant Simulation. Objetos com os quais os operadores interagem, como bandejas, sacos de selos, magazines, entre outros, foram desenhados em CAD, utilizando o Siemens NX, e seguindo medições em campo ou dados disponibilizados pelos fornecedores destes insumos. As simulações foram construídas a partir do *Task Simulation Builder* (TSB), funcionalidade própria para este caso de uso, com base em vídeos e relatos do time técnico de Bio-Manguinhos, e os modelos foram utilizados para realizar análises ergonômicas e identificar riscos para os operadores das linhas quando estas forem operacionalizadas. Também foram variadas as estaturas dos operadores em cada posto de trabalho, para estimar uma “estatura ideal” em cada um deles.
- Simulações de Fluidodinâmica Computacional (CFD) com o software *Simcenter STAR-CCM+* (Siemens, 2023): Entender a fenomenologia dos processos e quantificar

variáveis de interesse (e.g., velocidades, vazões, temperaturas, concentrações) com o objetivo de identificar pontos de atenção e otimização dos processos.

- Análises, avaliações, discussões e conclusões sobre os resultados obtidos

O foco deste trabalho foi, portanto, a criação da camada de virtualização e simulação do Digital Twin das linhas em questão, sendo capazes trazer resultados e *insights* interessantes sobre o funcionamento do sistema e servindo como base para aplicação em outros processos. Importante salientar que, no entanto, outros componentes são necessários para extrair toda a potencialidade de um Digital Twin, como dados do ativo real e inteligência artificial, que não foram alvo deste estudo.

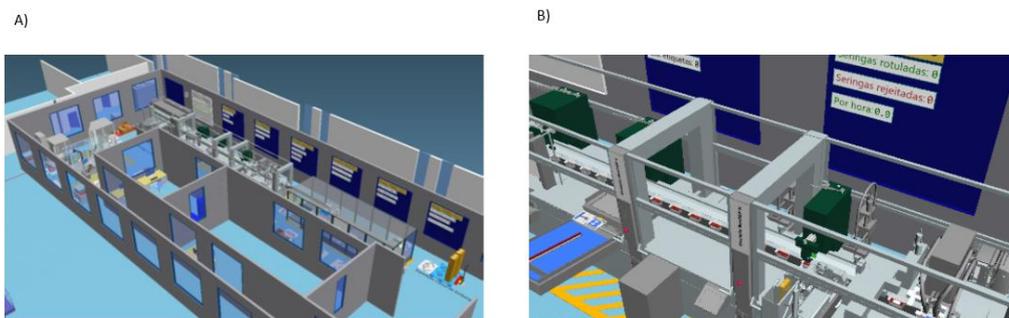
4. Resultados e Discussão

4.1 Simulações de Manufatura

4.1.1 - Linha Dividella

Esta linha consiste em três ativos principais: uma rotuladora de seringas B+S SME6060, uma encartuchadora Dividella NeoTop X e uma empacotadora Pester-PEWO. Atualmente, a linha se encontra em fase de qualificação. O modelo digital foi construído conforme a figura abaixo.

Figura 3 - Modelo digital da linha Dividella - Visão geral (A) e o processamento de frascos (B)



Fonte: *Software* Tecnomatix Plant Simulation

As simulações realizadas contemplaram:

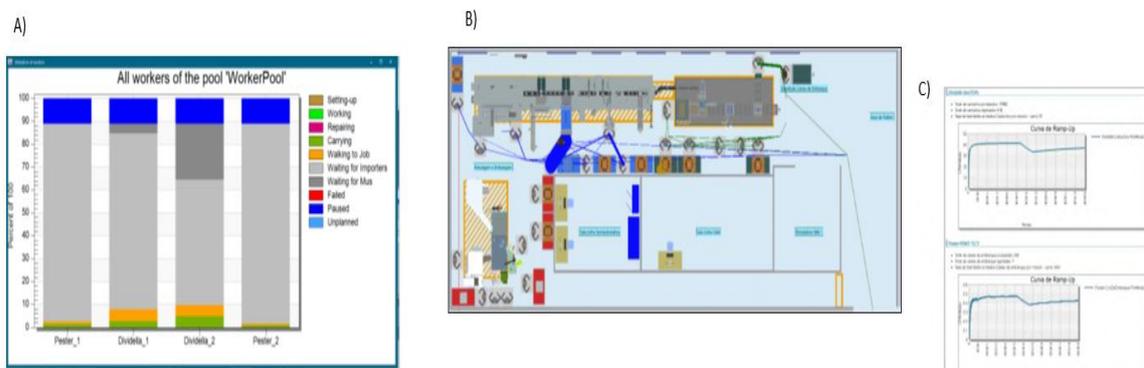
- Otimização no número de operadores: Uso da ferramenta “*WorkerChart*” para determinar o número ótimo de operadores para os diferentes cenários de produção, como o encartuchamento de frascos e rotulação de seringas envasadas. Os gráficos gerados pelo Plant Simulation permitiram entender e quantificar os períodos de trabalho, deslocamento e inatividade de cada operador humano da linha;
- Análise do posicionamento das caixas de produtos e insumos: Com o uso da ferramenta “*Sankey Diagram*” foi possível quantificar e entender o fluxo de materiais e insumos na

planta, permitindo a otimização do posicionamento destes dentro dos limites físicos do *layout*;

- Estimativa de capacidade de produção da linha: Através de ferramentas *built-in* do Plant Simulation, foi possível quantificar a quantidade de frascos encartuchados, caixas expedidas e outras saídas da linha em diversos períodos (dias, semanas e até meses);
- Definição da capacidade ótima dos *buffers* /magazines: Através da ferramenta “*Experiment Manager*” foi possível analisar a produtividade da linha com diferentes níveis da quantidade de insumos que são alimentados nos diversos pontos da linha;
- Planejamento de produção e otimização de receitas: Utilizando a variação do lote de entrada da linha (quantidade de frascos ou seringas) dentro do modelo digital, foi possível prever a quantidade de insumos necessária para cada cenário e prever o tempo necessário para processar a quantidade especificada;
- Validação dos parâmetros de projeto: através do modelo digital foi possível validar digitalmente parâmetros dos fabricantes, como velocidade de encartuchamento e embalagem.

A figura abaixo mostra exemplos dos resultados alcançados, com destaque para o uso do *WorkerChart* (3A) para o entendimento da atividade humana dos operadores na linha, o uso do *SankeyDiagram* (3B) para estudar o fluxo dos operadores e o uso do *ExperimentManager* (3C) para determinar as capacidades ótimas dos *buffers*.

Figura 4 - Exemplos de simulações realizadas no Tecnomatix Plant Simulation



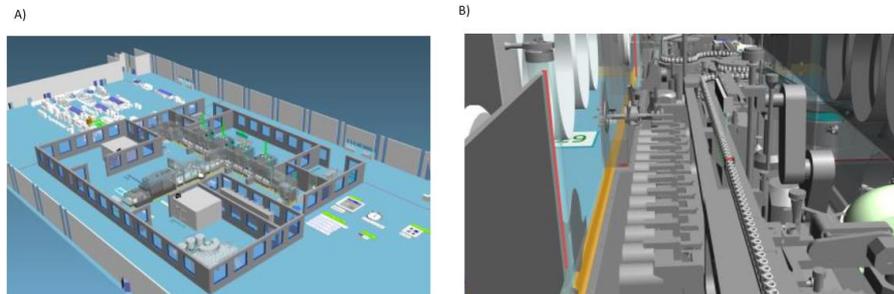
Fonte: *Software* Tecnomatix Plant Simulation

4.1.2 - Linha de Envase LAV1

Esta linha possui um conjunto de lavagem e túnel de despirogenização para frascos, uma envasadora (IMA Xtrema) sob isolador, quatro liofilizadores (IMA Lyomax 43) com os seus respectivos sistemas de carregamento e descarregamento (SCD), duas

recravadoras/codificadoras (IMA ALU600) e duas máquinas de carregamento de bandejas (IMA V600). A figura 5 abaixo mostra o modelo digital construído no Tecnomatix Plant Simulation.

Figura 5 - Modelagem digital da LAV1 – vista geral (A) e em funcionamento (B)



Fonte: *Software* Tecnomatix Plant Simulation

As simulações contemplaram:

- Planejamento de produção, otimização de lotes/receitas e capacidade de produção: O modelo virtual construído foi utilizado para planejar e otimizar a quantidade de frascos por lote que poderão ser utilizadas quando a linha for operacionalizada no futuro, com base nos dados técnicos da linha (velocidade de esteiras, capacidade de *buffers* etc.). Dentro da realidade da linha conhecida até o momento, o tamanho do lote é geralmente definido pela capacidade do liofilizador. As simulações permitiram prever os cenários de produção possíveis dada a velocidade dos equipamentos e ativos da linha;
- Avaliação no número de operadores e posicionamento dos produtos e insumos: Semelhante ao que foi feito para a Linha Dividella, foi avaliado o uso dos operadores na linha e o impacto da mudança do posicionamento dos insumos, visando chegar a um posicionamento otimizado dos insumos dentro dos limites físicos da planta;
- Avaliação dos parâmetros de projeto dos ativos: Foi realizada a validação das velocidades informadas pelo fabricante através da verificação dentro do modelo construído. O objetivo destas simulações foi realizar uma espécie de “FAT virtual”;
- Avaliação da capacidade dos *buffers* dos ativos da linha: Semelhante ao que foi feito para a Linha Dividella, foi utilizado o “*ExperimentManager*” para analisar a produtividade da linha com diferentes níveis da quantidade de insumos que são alimentados nos diversos pontos da linha, como a entrada da lavadora e a alimentação de selos de recravação.

4.2 Simulações Humanas

Para as simulações de ergonomia, foram realizadas análises variando a estatura (“Height”) do humano com o objetivo de detectar possíveis dificuldades de alcance físico ou esforço para diferentes tipos de operadores. Foram considerados três tipos de estatura:

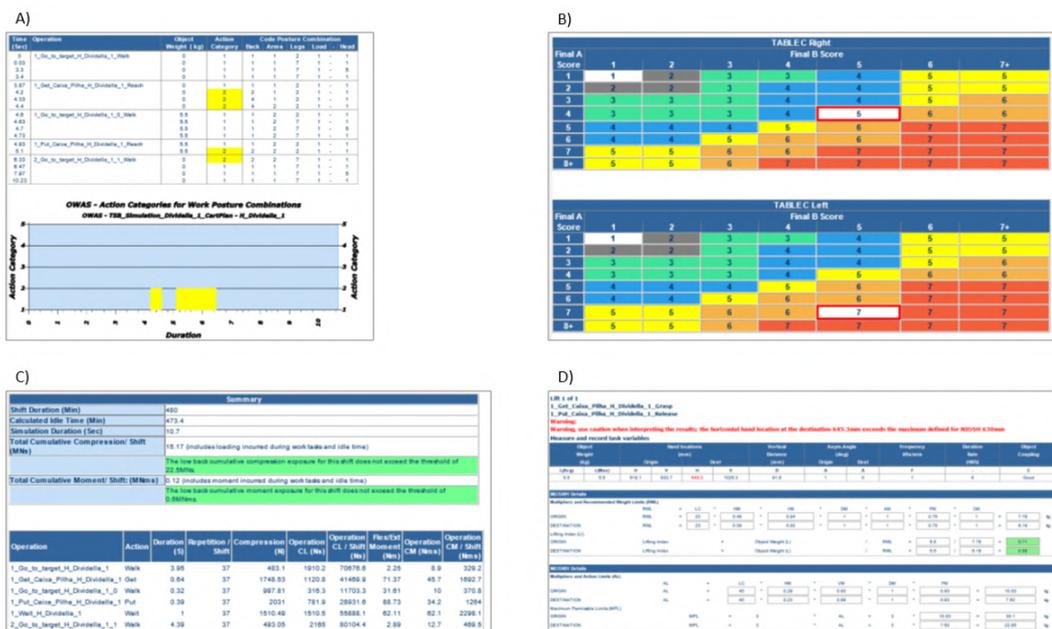
- Estatura baixa: 1,600 metros, peso 74.60kg
- Estatura média: 1,755 metros, peso 84.60kg
- Estatura alta: 1,90 metros, peso 94.60kg

As análises ergonômicas realizadas nas linhas Dividella e LAV1 compreenderam, principalmente:

- Análise de postura: Utilizando os métodos já conhecidos na indústria e disponíveis no software, como o OWAS (*Ovako Working Posture Assessment System*) e RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), foram executadas avaliações de postura dos operadores quando realizando tarefas manuais dentro da linha;
- Análise de força: Através do uso da equação de NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*) foi possível determinar o peso máximo recomendado para cada objeto a ser manipulado pelos operadores e o uso da *Cumulative Loading Analysis (CLA)* tornou possível a determinação de riscos de lesão na região lombar dos operadores, devido a peso ou repetibilidade de tarefas manuais.

A figura abaixo demonstra exemplos de relatórios no Process Simulate (módulo Human), que foram utilizados para avaliar os postos de trabalho de ambas as linhas.

Figura 6 - Exemplos de relatórios gerados durante o projeto



Fonte: Software Process Simulate (Módulo Human)

4.2.1 - Linha Dividella

Esta linha possui diversas operações manuais nos postos de trabalho, principalmente na alimentação de insumos e expedição de caixas de embarque. As alimentações de insumos incluem alimentação de magazines de cartuchos e berços planejados, alimentação de frascos, alimentação de seringas, alimentação de bulas, entre outros. A figura 7 mostra algumas destas simulações para a Linha Dividella. As análises demonstraram pontos de atenção na Linha Dividella, principalmente na alimentação de bulas, alimentação de frascos e na expedição das caixas de embarque.

Figura 7 - Simulações humanas: pega de bandejas com frascos (A), alimentação de bulas (B) e a pega de caixas planificadas (C).



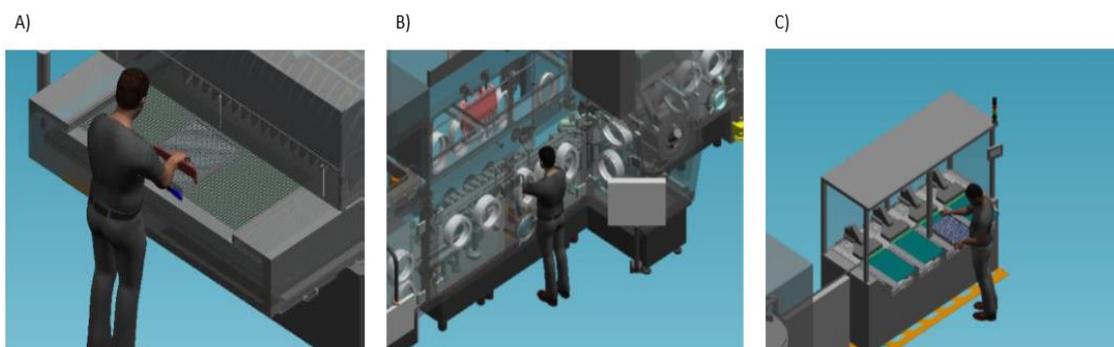
Fonte: Tecnomatix Process Simulate (módulo Human)

Foram identificados riscos ergonômicos e realizadas recomendações para os operadores, como rotatividade nos postos de trabalho, visando diminuir possíveis afastamentos do trabalho quando a linha for operacionalizada.

4.2.2 LAV1

A linha de envase LAV1 possui menos operações manuais que a Linha Dividella, sendo as principais atividades a alimentação de frascos, alimentação de selos de recravação e a alimentação e expedição de bandejas no final da linha. O acesso humano na área de envase, através de luvas de acesso, também foi incluída nos modelos.

Figura 8 - Simulações Humanas construídas no Tecnomatix Process Simulate



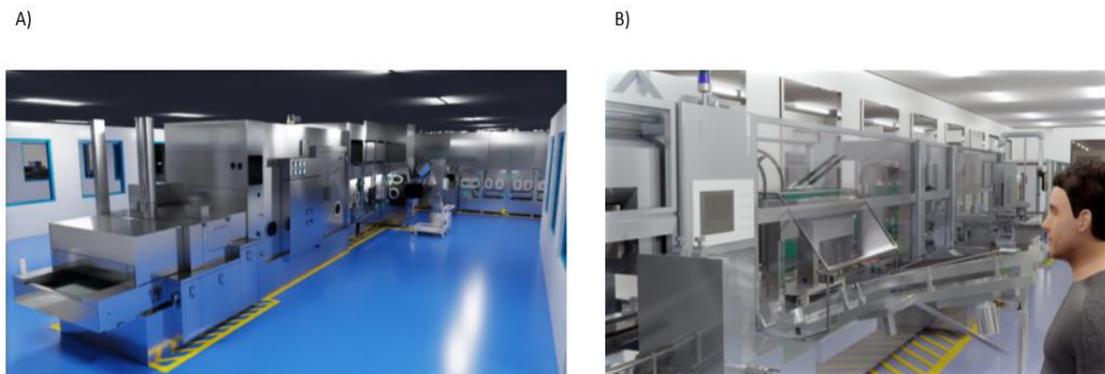
Simulações Humanas construídas no Tecnomatix Process Simulate (módulo Human) para a LAV1, com exemplos da alimentação de frascos (A), acesso ao isolador (B) e expedição de bandejas carregadas (C).

Os resultados demonstraram que, ao contrário da Linha Dividella, a Linha LAV1 não possui muitos pontos de atenção em suas atividades manuais, salvo a alimentação de frascos e a expedição de bandejas carregadas. A primeira tarefa demonstrou riscos para o operador devido a repetibilidade, e a segunda em relação ao peso da bandeja carregada, acima do recomendado pela equação de NIOSH.

4.3 – Construção de modelos para treinamentos virtuais

Os modelos construídos serão utilizados para realizar treinamentos virtuais dos operadores, mesmo antes da operacionalização das linhas. A grande vantagem desta funcionalidade é treinar operadores e especialistas sem a necessidade da linha física instalada, acelerando o aprendizado dos times e minimizando erros operacionais.

Figura 9 – Modelos das Linhas LAV1 (A) e Dividella (B)



Fonte: *Softwares Tecnomatix Process Simulate e NVIDIA Omniverse*

4.4 - Simulações de Fluidodinâmica Computacional:

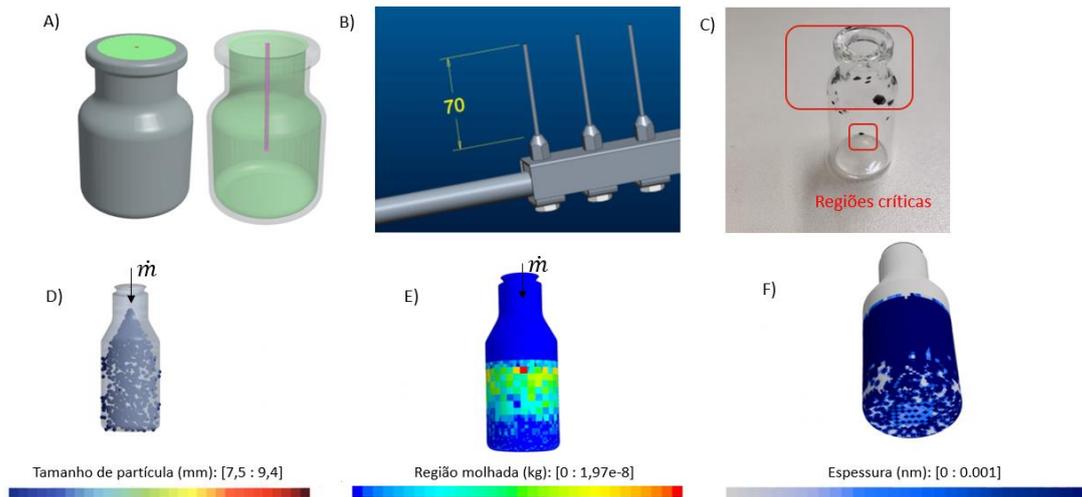
Os modelos implementados permitiram simular a operação da planta, assim como analisar os efeitos de possíveis variações de parâmetros projetados em cada processo. Cada simulação foi parametrizada, facilitando o desenvolvimento de análises de sensibilidade para novas vacinas e estudos de escalamento para diferentes frascos ou equipamentos. Um resumo dos métodos, principais resultados e perspectivas das simulações é apresentado a seguir:

4.4.1 - Lavagem (Siliconização)

O modelo da linha de lavagem de frascos considera um processo de revestimento superficial dos frascos (Fig. 11A), injetando uma emulsão de silicone através de uma linha de agulhas (Fig. 11B). Durante o processo de siliconização, altas vazões ou tempos curtos podem produzir acumulação ou desprendimento de material (Fig. 11C), por isso, é necessário simular as condições críticas de injeção para estimar a uniformidade do revestimento (DITTER, D., et al.;

2018). As partículas (Fig. 11D) se deslocam até as paredes do frasco se acumulando, principalmente na região de maior diâmetro. O modelo permite acompanhar a evolução da distribuição de massa e a espessura atual da camada de silicone (Figuras 11E-11F), permitindo controlar a espessura em função do tempo de exposição.

Figura 11. Modelagem de CFD do processo de siliconização

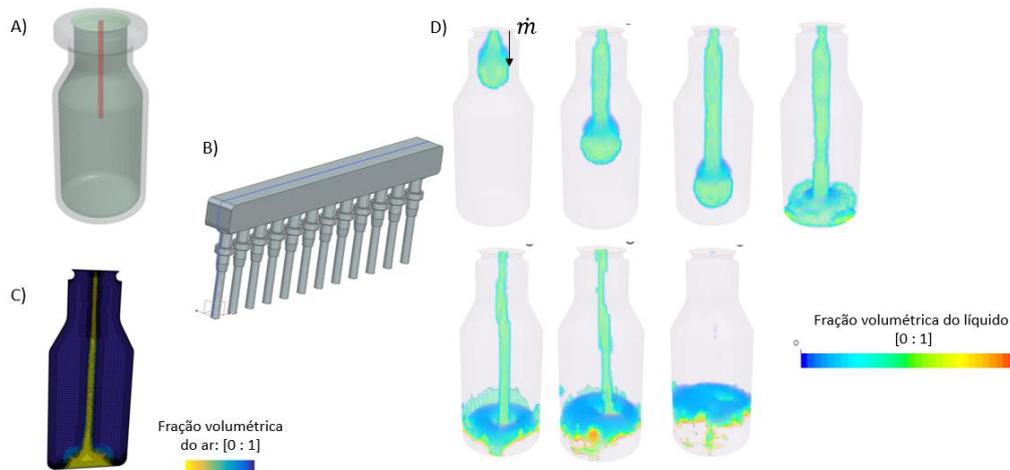


Fonte: *Software Simcenter STAR-CCM+* (Siemens, 2023)

4.4.2 - Envase

A simulação de envase de vacina líquida teve por objetivo identificar combinações ideais de vazões, tempos de envase e profundidade das agulhas (Figs. 12A-12B), evitando o excesso de respingos dentro dos frascos e possíveis acúmulos de gotículas de produto no pescoço dos frascos.

Figura 12. Modelagem de CFD do processo de envase



Fonte: *Software Simcenter STAR-CCM+* (Siemens, 2023)

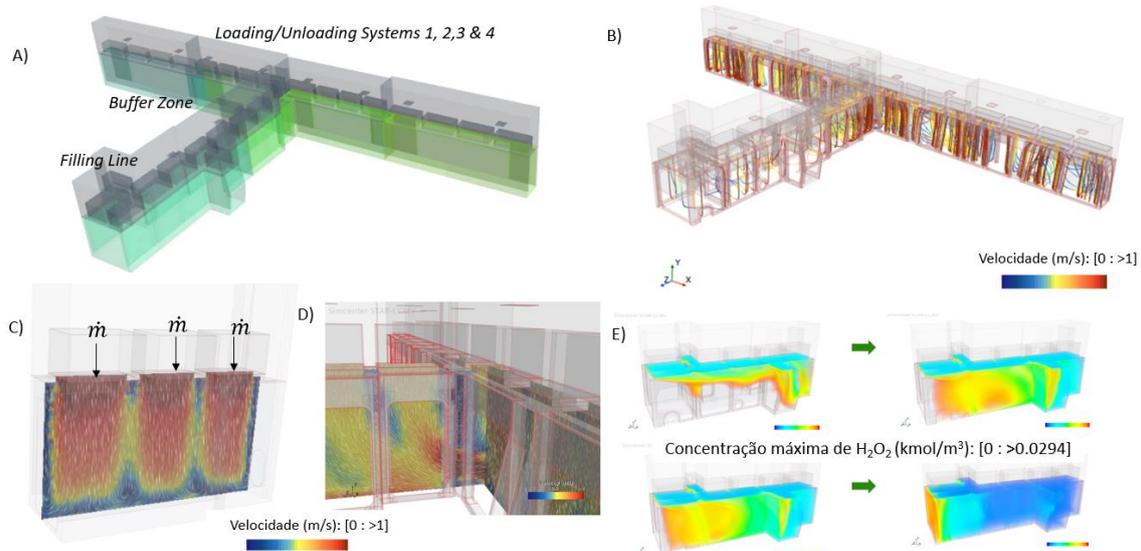
O processo foi simulado utilizando um modelo Euleriano gás-líquido e uma malha sobre posta móvel (Fig. 12C). Além disso, foi simulada a criação de ondas na superfície dos frascos durante

seu transporte no carrossel após serem envasadas, permitindo estimar velocidades ideais dependendo do volume de cada vacina envasada (Fig. 12D).

4.4.3 - Isolador

O isolador da LAV1 (Fig. 13A) é composto pelas seguintes seções: zona de buffer (*Buffer Zone*), linha de envase (*Filling Line*) e Sistemas de carregamento e descarregamento (*LUS*). Cada seção do isolador possui parâmetros de velocidade, pressão, temperatura e umidade do ar monitorados durante processos de descontaminação e produção.

Figura 13. Modelagem de CFD do isolador



Fonte: *Software Simcenter STAR-CCM+* (Siemens, 2023)

A modelagem da dinâmica da trajetória e características de escoamento do ar nos processos de pré-condicionamento, descontaminação e produção do isolador seguiram o procedimento de Thatiparti, et. Al (2016) e Bhattacharyya, S. et al. (2020). O modelo do isolador mostrou a evolução das linhas de corrente do ar (Fig. 13B) e permitiu avaliar gradientes nas interfaces (Fig. 13C). Além disso, durante a descontaminação, a evolução da concentração e trajetórias de H_2O_2 (Fig. 13E) foram monitoradas para estimar a ocupação do descontaminante nas regiões.

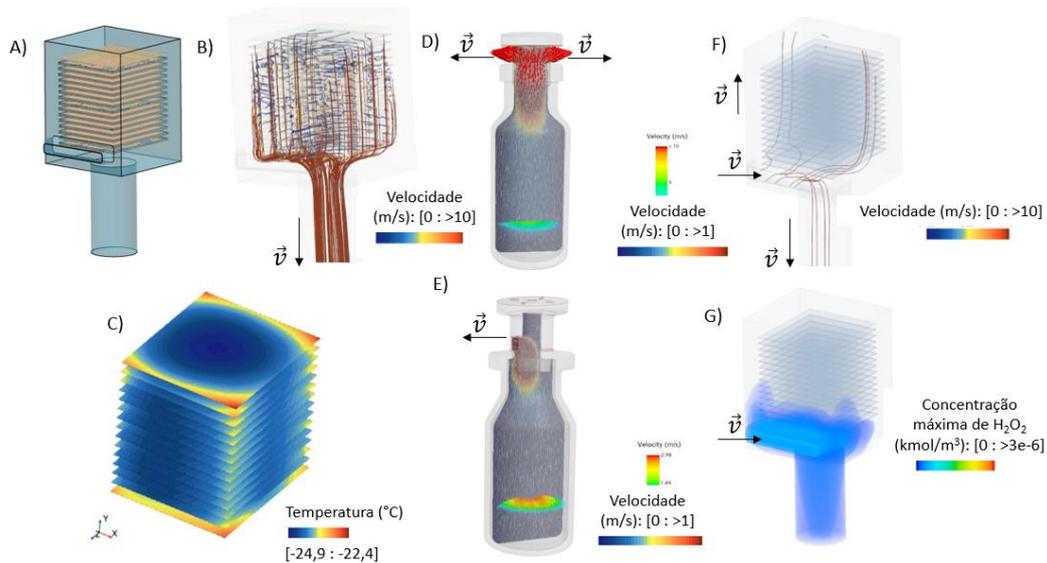
4.4.4 - Liofilizador

O processo de liofilização de vacinas ou secagem consiste na sublimação progressiva de gelo da vacina congelada, permitindo a formação de uma estrutura de meio poroso (CHESKO, 2011; KASPER et al., 2013). O liofilizador da LAV1 consiste simplificada em uma câmara com prateleiras conectada a um condensador, que separa o vapor obtido no processo de sublimação. O modelo multi-físico do liofilizador segue o procedimento de Rasetto, v., (2010) e Kamenik, et. al (2017), dividido em três etapas: (i) simulação do escoamento na câmara com massas

contínuas por prateleira durante um passo de tempo, (ii) no cálculo da variação da porosidade e da vazão mássica do vapor sublimado, e (3) no feedback dos escoamentos. Além disso, foi modelado o processo de liofilização em apresentações distintas de frasco com o objetivo de comparar as velocidades de saída de gás multicomponente durante a liofilização.

O modelo tem a capacidade de estimar a geometria da câmara (Fig. A), simular a evolução dos fluxos dos gases na câmara (Fig. 14B), temperaturas do produto sublimado (Fig. 14C), mudança de fase do gelo em diversos frascos (Figs. 14D-14-E), ajustando a porosidade da estrutura de produto sólido em cada iteração. Além disso, foi possível simular um cenário crítico do potencial vazamento de H_2O_2 do isolador através da gaxeta do *Slot Door* da câmara de liofilização, permitindo estimar os tempos e concentrações que afetariam a produção.

Figura 14. Modelagem CFD do liofilizador



Fonte: Software Simcenter STAR-CCM+ (Siemens, 2023)

5. Conclusões

Conforme demonstrado neste estudo, as ferramentas de simulação são um componente fundamental na construção de *Digital Twins*, pois permitem a obtenção de respostas que dificilmente seriam alcançadas sem uma medição analítica no mundo real. A compreensão sobre o comportamento esperado para os sistemas permite otimizá-los no mundo virtual sem a necessidade de intervenções no mundo real, acelerando o processo de melhoria contínua. Além disso, os modelos obtidos abrem espaço para serem retroalimentados com dados reais de produção, evoluindo ao longo do tempo junto do gêmeo real ao longo de sua vida útil.

No caso específico do CIBS, os modelos estão sendo utilizados na fase de pré-operação da planta para avaliar cenários, antecipar respostas sobre o comportamento dos equipamentos

críticos e validar hipóteses técnicas. É esperado aplicá-los também para comissionamento virtual e para treinamento de operadores, além de serem aproveitados na fase de operação para otimização do processo.

Como principal dificuldade à estruturação desse trabalho, pode-se destacar que por questões de confidencialidade e segredo industrial, alguns dados, processos e informações obtidos nas simulações realizadas não puderam ser disponibilizados em toda sua integralidade.

4. Referências

BHATTACHARYYA, S. et al. A novel CFD analysis to minimize the spread of COVID-19 virus in hospital isolation room. **Chaos, Solitons & Fractals**, v. 139, p. 110294, out. 2020.

CHESKO, J., FOX, C., DUTILL, T., VEDVICK, T., & REED, S. (2011). Lyophilization and stabilization of vaccines. *Development of vaccines: from discovery to clinical testing*, 385-397. 2011

DELOITTE. Industry 4.0 and the digital twin: Manufacturing meets its match. **Deloitte University Press**, 2017. Disponível em: < https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/kr/Documents/insights/deloitte-newsletter/2017/26_201706/kr_insights_deloitte-newsletter-26_report_02_en.pdf>

DITTER, D., NIETO, A., MAHLER, H. C., ROEHL, H., WAHL, M., HUWYLER, J., & ALLMENDINGER, A. Evaluation of glass delamination risk in pharmaceutical 10 mL/10R vials. *Journal of pharmaceutical sciences*, 107(2), 624-637. 2018

KAMENIK, B.; HRIBERŠEK, M.; ZADRAVEC, M. Determination of pressure resistance of a partially stoppered vial by using a coupled CFD-0D model of lyophilization. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 175, p. 53–64, 1 jun. 2022.

KASPER J. C.; WINTER, G.; FRIESS, W. Recent advances and further challenges in lyophilization. **European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics**, v. 85, n. 2, p. 162–169, 1 out. 2013.

RAVNIK, J., GOLOBIČ, I., SITAR, A., AVANZO, M., IRMAN, Š., KOČEVAR, K., ... & HRIBERŠEK, M. Lyophilization model of mannitol water solution in a laboratory scale lyophilizer. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, 45, 28-38. 2018.

RASETTO, V., MARCHISIO, D. L., FISSORE, D., & BARRESI, A. A. On the use of a dual-scale model to improve understanding of a pharmaceutical freeze-drying process. **Journal of pharmaceutical sciences**, 99(10), 4337-4350. 2010

SIEMENS DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE. Simcenter STAR-CCM+, versão 2023.6, **Siemens**. 2023.

DA SILVA, FELIPE R., LEITE, FERNANDO S. C., MALVEIRA, ANA CRISTINA, DUTRA, RONYE M. DE O., MONTEIRO, JOSE GUILHERME T. Elaboração de um Plano Diretor de Digitalização com base nos conceitos de Indústria 4.0 para uma nova fábrica de vacinas e biofármacos de Bio-Manguinhos/Fiocruz (CIBS). **Revista Produção Online**. Florianópolis, SC, v. 22, n. 4, p. 3691-3718, 2022.

THATIPARTI, D. S.; GHIA, U.; MEAD, K. R. Computational fluid dynamics study on the influence of an alternate ventilation configuration on the possible flow path of infectious cough aerosols in a mock airborne infection isolation room. **Science and Technology for the Built Environment**, v. 23, n. 2, p. 355–366, 19 set. 2016.

MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL COMO OPORTUNIDADE PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA DO PARQUE FABRIL DE UMA COMPANHIA METALOMECÂNICA: UMA PESQUISA AÇÃO

Jacson Rafael Weber (PPGEPS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos)

Alex Almeida dos Santos (PPGEPS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos)

Davenilcio Luiz de Souza (PPGEPS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos)

Andre Luis Korzenowski (PPGEPS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos)

Leandro Giesel (PPGEPS - Universidade do Vale do Rio dos Sinos)



O setor de manutenção da organização estudada, apesar de estruturado, enfrenta desafios na gestão planejada de equipamentos complexos, como a Prensa de 400 toneladas, máquina chave na produção de peças para a indústria automotiva e outros setores. Este estudo piloto destaca a baixa eficiência operacional e a disponibilidade limitada da manutenção para a referida prensa. Numa abordagem de pesquisa-ação, um grupo focal foi formado para analisar, projetar e planejar ações de melhoria. O software ProConf98, modelos de distribuição, cálculo de MTBF, MTTR, tempo inativo de manutenção (MDT), distribuição de Weibull, classificação A, B, C, dos ativos, indicadores de produtividade e de desempenho foram utilizados. A organização implementou 3 dos 8 pilares da TPM: Controle inicial, Manutenção autônoma (MA) e Manutenção planejada (MP). Para a implementação formou os comitês diretivo e executivo, organizou um plano e um cronograma de atividades para capacitar operadores e manutentores em MA e MP. Critérios de controle, de revisão dos indicadores e um sistema de auditorias para assegurar a robustez do projeto foram adotados. Foram capacitados cerca de 30 profissionais nos conceitos da TPM, MA e MP: alta administração, comitês, supervisores, coordenadores, líderes de área, técnicos e operadores. Técnicos e operadores foram treinados na elaboração e aplicação de lições de um ponto (LUP). Os indicadores evoluíram: redução nos custos de manutenção, o OEE de 25% para 62,75%, a disponibilidade de manutenção de 59,2% para 99,21%, o MTBF de 50h para 294h e o MDT de 20h para 2,35h. Ganhos em disponibilidade e eficiência operacional foram alcançados pela integração e empenho da alta administração, gestores de área, operadores e equipes de implementação do projeto. A melhora no desempenho de produção e na manutenção da máquina piloto ocorreu pela multidisciplinaridade entre as funções produção e manutenção na MA e MP. A comparação entre os dados iniciais e os resultados consolidados, evidencia o êxito na escolha de uma máquina piloto destinada à implementação da TPM.

Empresa: Bruning Tecnometal LTDA – Código CNAE 28.33-0-00.

Palavras-chave: Pesquisa-ação, Capacitação, Multidisciplinaridade, TPM, Máquina piloto, Indicadores de desempenho.

1. Introdução

A incessante busca pela lucratividade em um ambiente competitivo tem colocado as organizações diante de desafios cada vez mais frequentes. Sob a pressão de se tornarem mais flexíveis e eficientes, o objetivo primordial dessas entidades é alcançar melhor qualidade do produto a um custo inferior, cumprindo os prazos estabelecidos e satisfazendo integralmente às crescentes demandas dos clientes (COSTA et al., 2015; WICKRAMASINGHE; PERERA, 2016).

Segundo Pinto (2013), a manutenção produtiva total (TPM) foi criada no período de 1960 - 1970 pela empresa japonesa Nippon Denso KK para apoiar o sistema de produção *just-in-time* da Toyota Motor Company. Ao longo de sua história de desenvolvimento, a TPM tornou-se um sistema de gestão de ativos adotada e adaptada por várias organizações em nível mundial. Seu princípio central consiste em eliminar as seis grandes perdas associadas aos equipamentos: falhas, setups e ajustes de máquina, velocidade reduzida, defeitos de fabricação (sucata e retrabalho) e baixo rendimento no início dos turnos de trabalho (NAKAZATO, 1999).

Schmidt e Wang (2018) argumentam, as estratégias de manutenção devem ser desenvolvidas com o propósito de fornecer meios para prever e mitigar problemas que levam a falhas nos equipamentos e corrigir essas falhas imediatamente após identificadas. Elencam as estratégias de manutenção: reativa (execução até a falha), preventiva (antecipação até a falha) e preditiva (previsão da falha). Sellitto (2022) aponta que a missão da manutenção industrial deve ser garantir a disponibilidade de equipamentos e instalações, objetivando apoiar todas as necessidades dos processos de fabricação e serviços a um custo aceitável, sem riscos para as pessoas, ao patrimônio e ao meio ambiente.

Nesse contexto, as atividades de manutenção assumem uma nova dimensão ao se tornarem uma ferramenta estratégica para as organizações. Elas alinham as metas estratégicas do negócio com as metas produtivas, integrando profissionais de todos os departamentos no esforço coletivo para aumentar o desempenho organizacional. Esse alinhamento visa maximizar a eficiência dos equipamentos, reduzir custos, melhorar a qualidade dos produtos e promover a cultura de melhoria contínua (NAKAJIMA, 1998; PODUVAL, 2013; BARTZ et al., 2014; SAHOO, 2018).

2. Contextualização e definição do problema

O problema em questão se localiza em uma empresa do ramo metalomecânico situada no interior do Rio Grande do Sul. Essa empresa atende aos segmentos agrícola, rodoviário,

construção e automotivo, fornecendo produtos e componentes para as principais montadoras no mercado nacional e no exterior. No contexto da empresa, onde a estamparia representa um dos processos-chave, as prensas assumem um papel crucial na linha de produção. Elas são o ponto inicial do processo de fabricação de peças automotivas estampadas que requerem altas pressões de conformação. Equipadas com sistemas hidráulicos, eletromecânicos, pneumáticos e sensores, as prensas são máquinas de alta complexidade e estão sujeitas a uma variedade de problemas operacionais. Estes incluem a falta de preparo da equipe operacional, a ausência de manutenção adequada e o desgaste natural dos componentes.

Os indicadores de eficiência das máquinas e equipamentos utilizados nos vários departamentos da empresa em estudo, encontram-se muito aquém das metas estabelecidas, em especial o baixo rendimento em comparação com os produtos que uma prensa hidráulica pode produzir. O ativo objeto de estudo é uma prensa hidráulica de 400 toneladas apresentando baixo nível de desempenho operacional e o fraco estado de manutenção, dentre eles:

- a) Baixa disponibilidade de manutenção;
- b) Baixa eficiência dada pelo OEE;
- c) Baixa qualificação dos operadores;
- d) Má condição de conservação;
- e) Manutenção deficiente;
- f) Operação abaixo da capacidade.

Há um departamento de manutenção estruturado na empresa, mas não há um programa específico, aprovado pela alta administração, dedicado à integração entre as funções “produção e manutenção” para elevar os indicadores de produtividade e de confiabilidade dos ativos.

3. Análise do problema

Foi utilizado o banco de dados do software Proconf98 para a coleta de dados iniciais de desempenho e a identificação da máquina piloto a ser estudada. A Tabela 1 ilustra os valores dos indicadores da Prensa 400 ton. no ano de 2020. O resultado do OEE = 25% está muito aquém do objetivo de 65%, a disponibilidade de manutenção de 59,2% demonstra que há um muito espaço nas atividades de manutenção para melhorar o *Mean Time Between Failure* (MTBF) por intervenções resultantes de manutenções corretivas, em virtude das dificuldades de planejamento. Outro ponto é o Tempo Médio de Reparo (MDT) = 20h ser muito alto ao manter a operação parada por motivos alheios ao atendimento imediato à máquina, causado pela falta de preparação da equipe de manutenção.

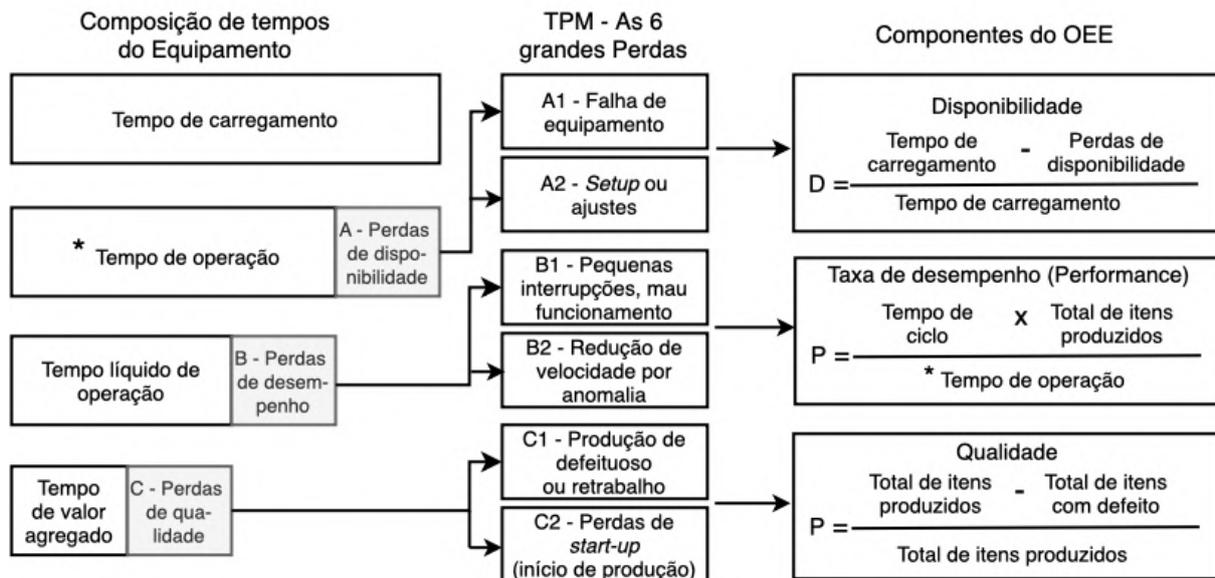
Tabela 1 – Indicadores iniciais de eficiência da Prensa 400 ton. - Ano 2020

Prensa 400 ton. - Ano 2020		
Indicadores	Objetivo	Resultado
OEE (+ Melhor)	65%	25%
Disponibilidade Manutenção (+ Melhor)	97,5%	59,2%
MTBF (+ Melhor)	-	50 h
MDT (- Melhor)	-	20 h
Custos Manutenção (- Melhor)	Não def.	R\$ 89.494,00

Fonte: Banco de dados da empresa

A figura 1 destaca as relações entre os tempos de máquinas/equipamentos, as seis grandes perdas da TPM e os indicadores de cálculo do OEE.

Figura 1 – Relação entre as seis grandes perdas da TPM e os indicadores do OEE



Fonte: Adaptada de Zammori et al., (2011)

Fatores que influenciaram as perdas nos componentes de cálculo do OEE da Prensa 400 ton. (Máquina piloto).

- Disponibilidade

A1: quebra de bomba, óleo superaquecido, vazamento em cilindros hidráulicos, pane elétrica, dano em relés, válvulas vazando, tubulações rompidas;

A2: quebra de ferramental, ajustes inadequados, logística indisponível.

- Performance

B1: contaminação de água e óleo, baixo nível de óleo, erro de demanda;

B2: vazão de óleo reduzida, tubulação de óleo trincada.

- Qualidade

C1: itens defeituosos, itens sucateados, defeito em matéria prima, falta de instrução de trabalho, manuseio inadequado de material, montagem inadequada;

C2: programação errada, ausência de controle de estoque, retrabalho, falha de comunicação entre turnos.

4. Implementação e solução do problema

A Manutenção produtiva Total (TPM) foi desenvolvida para atender as necessidades de um conjunto de máquinas, tendo como principal objetivo a quebra zero e defeito zero. Para alcançar este objetivo, é crucial que não apenas os mantenedores, mas todos os profissionais envolvidos na operação dos equipamentos estejam engajados (NAKAJIMA, 1998; GIURIA-FARIAS et al., 2022). Os pilares de implementação da TPM, inicialmente desenvolvidos pelo *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM), evoluíram ao longo do tempo ao ser adotados por várias organizações, resultando em diversas versões. Sua estrutura fundamental se baseia em oito pilares, incluindo Manutenção Autônoma (*Jishu Hozen*), Manutenção Planejada (*Kikai Teian*), Melhorias Focadas (*Kaizen*), Controle Inicial (*Hinshitsu Hozen*), Educação e Treinamento (*Kensa Kikaku*), Manutenção Planejada por todo o ciclo de vida do equipamento (*Seiri Seiton*), Gestão da Qualidade no Equipamento (*Kachikeiei*) e Gestão Administrativa (*Shitsuke*). Um dos pilares principais é a Manutenção Autônoma, focalizada na eliminação de perdas causadas pelo mau uso de equipamentos e dos recursos humanos, promovendo a melhoria contínua por meio de pequenas intervenções operacionais (NAKAJIMA, 1998; VENKATESH, 2005; PETTER et al., 2011).

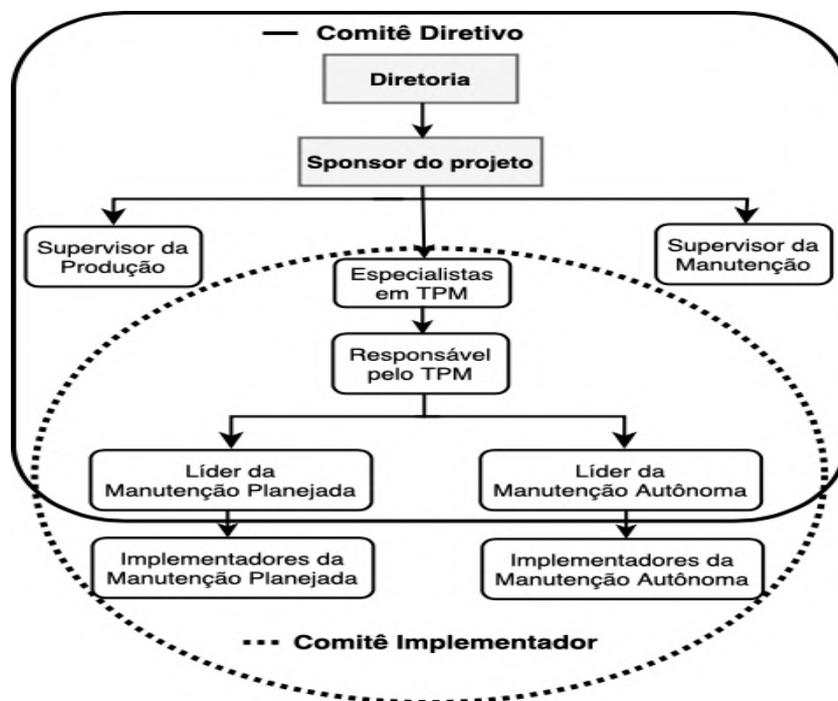
Segundo Ahmad et al., (2018); Pinto et al., (2020), o OEE é um método para medir o desempenho do equipamento, sendo um dos principais indicadores para evidenciar o resultado de qualquer estratégia implementada para melhorar a eficiência organizacional. A TPM contribui para a melhoria do OEE ao garantir que os equipamentos estejam operando em seu máximo potencial por meio de práticas de manutenção adequadas. Em resumo, a TPM e o OEE estão intrinsecamente ligados na busca da eficiência operacional máxima. A implementação eficaz da TPM não apenas melhora a confiabilidade dos equipamentos, mas também impulsiona o OEE, resultando em uma operação mais eficiente e lucrativa.

Portanto, o propósito deste estudo é a implementação do modelo de gestão “Manutenção Produtiva Total (TPM)” nos pilares de Controle Inicial, Manutenção Autônoma e Manutenção

Planejada em uma máquina piloto (prensa hidráulica de 400t). Foi criado um grupo focal de especialistas para a análise do cenário, planejamento e condução dos passos de implementação do projeto. O pilar “Controle Inicial” foi utilizado somente para o identificar e organizar os indicadores do estado atual da máquina: eficiência global OEE, disponibilidade de manutenção, tempo entre falhas TBF e o tempo para reparo TTR.

Com base nesses indicadores foi realizada uma análise quantitativa do ciclo de vida da máquina, para posteriormente projetar o estado futuro em razão da ausência de um histórico dos problemas iniciais que ela teve.

Figura 2 – Organograma de implementação da TPM



Fonte: Elaborado pelos autores – dados da empresa

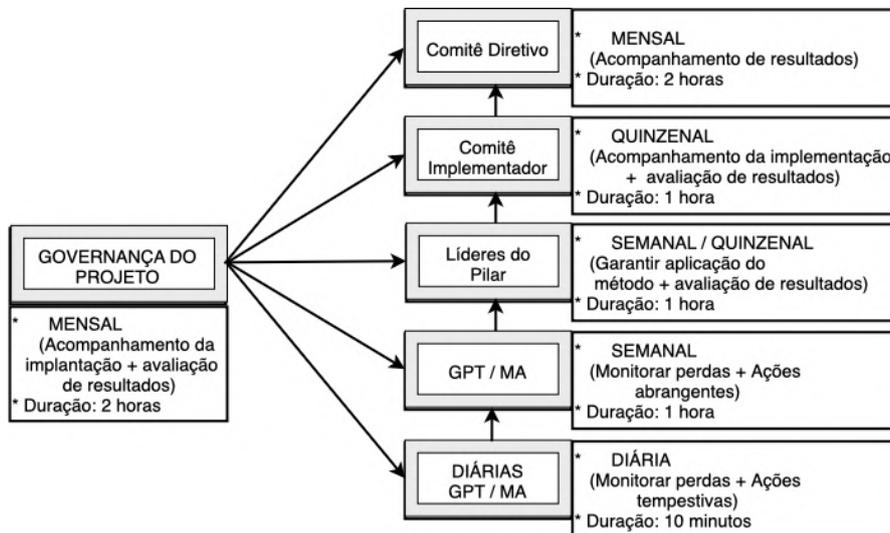
A Figura 2 ilustra a estrutura criada para gerir e implementar o projeto. Dentre as iniciativas foram definidos os comitês responsáveis:

- a) Diretivo: composto pela diretoria;
- b) Implementador: composto pelo *sponsor* projeto, especialistas, supervisores da manutenção, da produção e o responsável TPM.

Além dos comitês, os líderes da manutenção planejada, manutenção autônoma e de áreas tem papel fundamental na implementação. Estes líderes e os representantes do comitê

implementador atuam como multiplicadores da TPM e na criação de padrões abrangentes a outros segmentos do parque fabril.

Figura 3 – Rotinas de reuniões - implementação e *feedback*



Fonte: Elaborado pelos autores – dados do projeto

O projeto ocorreu em seis meses e a equipe de planejamento desenvolveu várias ações como:

- Plano e cronograma de atividades de implementação do projeto;
- Capacitação dos representantes dos comitês, supervisores e líderes de área em conceitos da TPM e sua filosofia de gestão.
- Elaboração da LUP (lição de um ponto), escrita em uma página para execução de atividades de manutenção ou de processos, equivalente a uma instrução de trabalho (IT), passa a fazer parte dos padrões de trabalho;
- Capacitação do time de operadores nos conceitos de manutenção autônoma (MA) e na elaboração e utilização da LUP por supervisores e multiplicadores treinados;
- Estabelecimento das rotinas de reuniões de acompanhamento da implementação e de *feedback* dos resultados, vistas na Figura 3;
- Elaboração dos modelos de etiquetas utilizadas na MA, vistas na Figura 6;
- Elaboração do conteúdo padrão de auditorias dos pilares e dos indicadores;
- Estabelecimento de rotinas de feedback da evolução dos indicadores e de contramedidas a aplicar para o avanço do projeto;

- i) Criação do painel de controle da MA para gestão a vista e os responsáveis pela sua atualização, visto na Figura 8. Objetiva manter o controle da aplicação de padrões, indicadores e o *feedback* das atividades realizadas.

Dentre as oito etapas do pilar MA apresentadas na Figura 4, destacam-se três principais implementadas na empresa: limpeza, contramedidas e padrões definitivos de limpeza, inspeção e lubrificação.

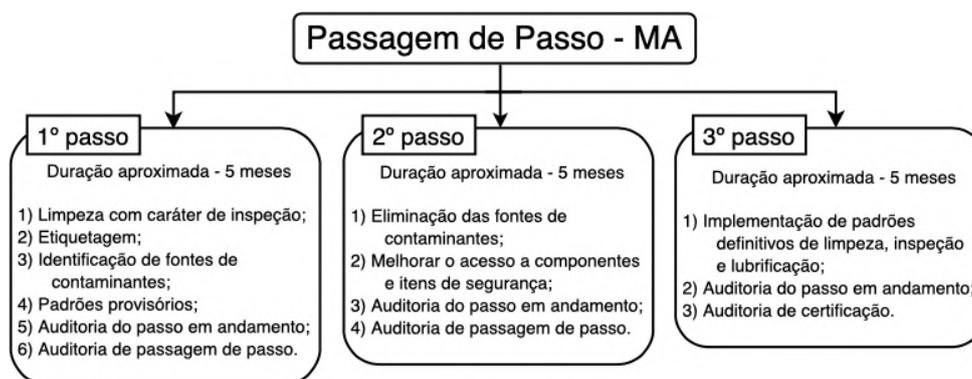
Figura 4 – Etapas de implementação da MA



Fonte: Elaborada pelos autores – dados do projeto

A limpeza inicial é o primeiro passo que a equipe de implementação tem para aprofundar o conhecimento sobre a máquina. Conceitos de 5S são fundamentais para a atividade de limpeza e de entendimento do argumento “dessa máquina cuido eu”. Em sequência ocorre o dia “D”, marcado antecipadamente pela capacitação e orientação da equipe sobre a importância da alocação de cada participante, atividades de limpeza e etiquetagem da máquina. É um momento especial para determinar o marco inicial da implementação da TPM.

Figura 5 – Passos de implementação da MA



Fonte: Elaborado pelos autores – dados do projeto

A figura 5 ilustra três passos para o cumprimento das principais etapas da MA. Cada passo é atendido uma vez cumpridas todas atividades do mesmo. A passagem de cada passo é consolidada mediante a auditoria de passo correspondente. Ao final do terceiro passo a máquina estará apta à MA ao cumprir os requisitos da auditoria de certificação.

Figura 6 – Etiquetas da MA

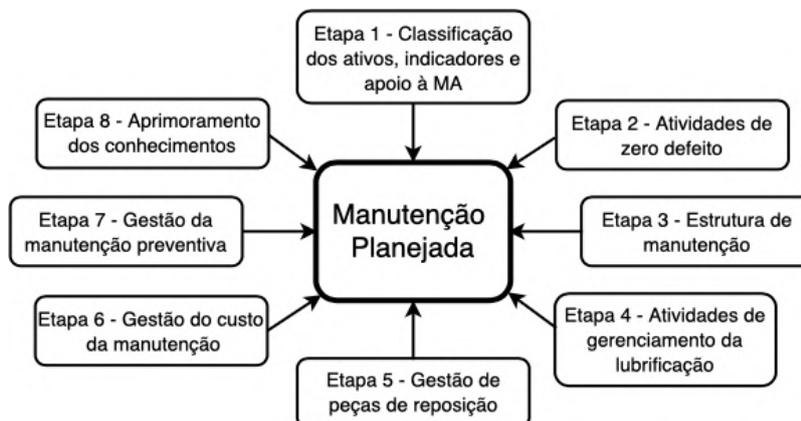


Fonte: Padrões da empresa

A etiquetagem da máquina é realizada após a limpeza e inspeção da mesma. Segue a ordem de cores adotada para mapear os pontos de anomalia: Azul – solucionada pelo operador; Vermelha – datada a execução no SAP e solucionada pelos manutentores; Verde – pontos de lubrificação propostos, tratados pela equipe de manutenção com decisão de inclusão ou não no cronograma de lubrificação; Amarela - oportunidades de melhoria tratadas pela manutenção. É de responsabilidade da equipe de MA a discussão e decisão de implementação. A Figura 6 apresenta os modelos de etiquetas desenvolvidas.

A Manutenção Planejada é proativa, visa evitar paradas não programadas, reduzir o tempo de inatividade, melhorar a eficiência operacional, a segurança do ativo e das pessoas.

Figura 7 – Etapas de implementação da manutenção planejada



Fonte: Elaborada pelos autores – dados do projeto

Além disso, permite a melhor previsibilidade de custos e programação de recursos. A Figura 7 ilustra os objetivos de cada etapa da manutenção planejada implementadas na empresa.

Ahuja et al., (2009) corroboram, dizendo que o pilar de manutenção planejada tem como principal objetivo aumentar a eficiência da máquina, buscando a quebra zero e evitando variabilidade excessiva na produção. Para isso, a equipe de manutenção deve desenvolver atividades preventivas e de controle de máquinas. Pensando nisso, é de se esperar que as empresas que buscam um processo de qualidade total, ou estabilizado, disponibilizem tempo da produção para paradas de manutenção preventiva. Ocorre que, à medida que se avança ao encontro da qualidade total e da produção enxuta, percebe-se que, ainda que o tempo de interrupção para manutenção venha a prevenir um tempo ainda maior de parada devido a uma quebra advinda de uma falta de atuação preventiva, ele reduz a utilização da máquina e pode ser visto como perda por tempo de espera.

A Figura 8 demonstra o padrão de implementação e controle do pilar da manutenção planejada.

Figura 8 – Painel de controle da manutenção planejada



Fonte: Elaborada pelos autores – dados do projeto

5. Resultados

A Tabela 2 apresenta os dados de modelagem de máxima verossimilhança para análise de desempenho da máquina, verifica-se que o indicador *Mean Time Through Repair* (MTTR) = 1,25h atribui o valor do tempo efetivo da realização do reparo apenas, conceitualmente diferente

do Tempo Médio de Reparo (MDT) que soma todos os eventos desde a abertura do chamado, as dificuldades de preparo para a ação até a efetiva conclusão da manutenção.

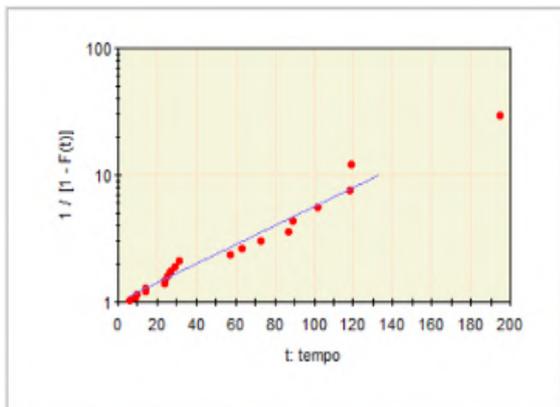
Tabela 2 – Valores do modelo de máxima verossimilhança - Prensa 400 ton.

Parâmetro	Valor modelado
Modelo de distribuição TBF	Exponencial
Modelo de distribuição TTR	Média aritmética
Fator de localização t_0	0
Taxa de falhas	0,0179
Intervalo de confiança para a taxa de falhas	0,0108 até 0,0264
Nível de significância pelo teste χ^2	18,64%
Nível de significância pelo teste K-S	26,00%
MTBF	55,80 horas
MTTR	1,25 horas
AV	97,75%
$R(t)$	$R(t) = e^{-(0,0179t)}$

Fonte: Elaborado pelos autores - Comportamento da máquina

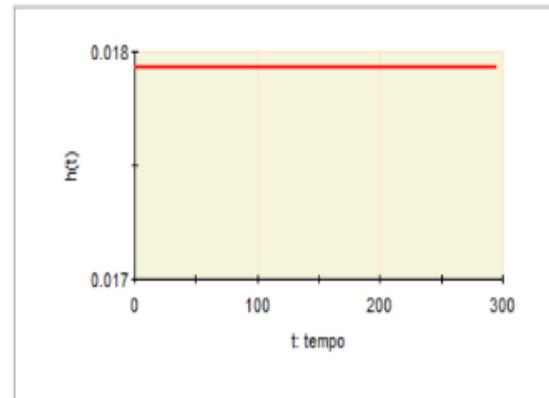
Utilizando o *software* Proconf98 para o teste de ajuste à distribuição. A Figura 9 apresenta Papel de probabilidade exponencial da amostra dos dados da Prensa 400 ton (máquina piloto). O ajuste dos pontos à linha são aceitáveis - aderente ao modelo de Weibull. A linearidade da taxa de falhas constante na Figura 10 assegura a sua confiabilidade no período considerado.

Figura 9 – Papel de probabilidade de Weibull



Fonte: Banco de dados software ProConf98

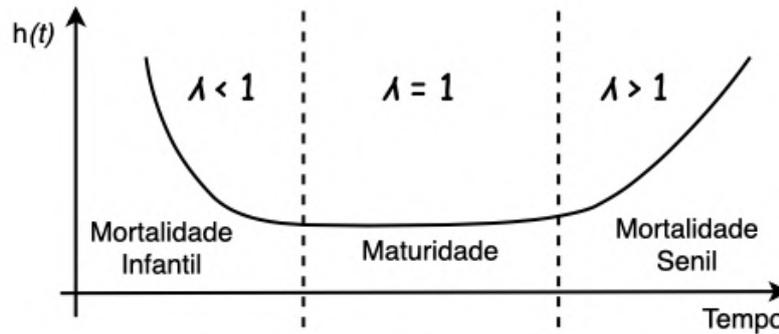
Figura 10 – Taxa de falhas - Prensa 400 ton



Fonte: Banco de dados software ProConf98

Em respeito ao comportamento da máquina, conclui-se que está no estágio de maturidade onde $\lambda = 1$ (Lambda = 1) visto na Figura 11, pode-se contar com boas práticas de gestão, tal como manutenção preventiva, preditiva e o programa da TPM.

Figura 11 – Curva da banheira – Vida: Prensa 400 ton.



Fonte: Sellitto (2005)

A Tabela 3 mostra o resumo dos resultados de eficiência após a implementação da TPM, estratégia proposta nesta pesquisa. Em destaque os ganhos em eficiência, aumento do tempo entre falhas e no custo de manutenção. A Eficiência Global do Equipamento (OEE) evoluiu de 25% em 2020 para 62,75% em 2023. O Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) evoluiu de 50h em 2020 para 294h em 2023. Em específico, o indicador de Tempo Médio de Reparo (MDT), apresentou reduções significativas devido ao planejamento das atividades de manutenção, caindo de 20 horas em 2020 para 2,35 horas em 2023.

Tabela 3 – Indicadores de eficiência após implementação da TPM

Indicadores de eficiência - Prensa 400 ton.					
Anos	2020		2021	2022	2023
Indicadores	Objetivo	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
OEE	65%	25%	44%	47,30%	62,75%
Ganho (+ Melhor)	-	-	+ 76,00%	+ 7,50%	+ 32,66%
Disponibilidade de Manutenção	97,50%	59,20%	89,80%	95,40%	99,21%
Ganho (+ Melhor)	-	-	+ 51,69%	+ 6,24%	+ 3,99%
MTBF	-	50 h	116 h	253 h	294 h
Ganho (+ Melhor)	-	-	+ 132,00%	+ 118,10%	+ 16,21%
MDT	-	20,00 h	9,00 h	7,00 h	2,35 h
Ganho (- Melhor)	-	-	- 55,00%	- 22,22%	- 66,43%
Custos de Manutenção	Não defin.	R\$ 89.494,00	R\$ 92.244,00	R\$ 63.800,00	R\$ 70.742,63
Ganho (- Melhor)	-	-	+ 3,07%	- 30,84%	+ 10,88%

Fonte: Banco de dados da empresa

Com relação ao custo de manutenção: em 2021 ocorreu um aumento de 3% em razão de investimentos realizados durante a implementação do projeto, no ano de 2022 observa-se uma redução significativa de 30% devido às ações planejadas em manutenção preventiva, já em 2023 houve um aumento de 10,88% justificado pelo investimento na reforma dos cilindros hidráulicos da máquina.

Tabela 4 – Indicadores de desempenho produtivo após implementação da TPM

Desempenho produtivo - Prensa 400 ton.				
Ano	Tempo médio / peça	Produção anual	Ganho	
			Produtividade (peças)	Percentual
2020	20 seg.	173.887	-	-
2021	20 seg.	348.958	+ 175.071	+ 100,70%
2022	20 seg.	369.861	+ 20.903	+ 5,99%
2023	20 seg.	300.568	- 69.293	- 18,73%

Fonte: Banco de dados da empresa

Como se vê na Figura 4, o desempenho produtivo resultou em ganho de 175.071 = 100,7% em 2021 e de 20.903 = 5,90% em 2022 em peças produzidas. No ano de 2023 a máquina piloto seguiu em atividade nos respectivos turnos e evoluindo nos indicadores de manutenção, no entanto, ocorreu menos 69.293 peças produzidas = -18,73% em razão da redução da demanda por parte de um dos principais clientes.

6. Conclusões e lições aprendidas

O estudo foi conduzido em uma “pesquisa-ação” e envolveu um grupo focal específico para definir os passos de implementação. O resultado foi a elevação da disponibilidade operacional, o aprimoramento da eficiência produtiva do ativo e a consequente redução nos custos de manutenção. Em particular, o estudo revisou a bibliografia pertinente para compreender as etapas de planejamento e a execução dos pilares, identificar as dificuldades e melhores práticas de implementação da TPM. Visando as etapas de implementação da gestão de ativos, detalhes do processo foram acompanhados e validados.

O apoio da alta administração foi fundamental para a execução do projeto; a escolha da máquina piloto proporcionou o sucesso na implementação da TPM; antes e durante o período da implementação do projeto, foram treinados cerca de 30 profissionais nos conceitos da TPM,

MA e MP, dentre eles a alta administração, coordenadores, líderes de área, representantes dos comitês, técnicos e operadores; o time à frente de projetos segue em capacitações para consolidar os conceitos num processo vivo de melhoria contínua; em conjunto com a implementação do pilar MA, implementou-se a Gestão dos Postos de Trabalho (GPT); a implementação da TPM proporcionou a Integração entre os colaboradores das funções Produção e Manutenção ao planejar, capacitar, projetar, executar as atividades, criar controles e realizar o monitoramento dos indicadores; em especial, o time da operação entendeu o objetivo do programa como um diferencial em suas atividades, assumindo o papel de donos do processo ao vivenciar as melhorias realizadas. Por fim, a análise comparativa entre dados iniciais e os resultados após a implementação da TPM foi conduzida, avaliando e consolidando o progresso dos indicadores na máquina-piloto selecionada.

REFERÊNCIAS

AHMAD, N. HOSSEN, J. ALI, S. M. **Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case.** International Journal of Advanced Manufacturing Technology, [s. l.], v. 94, n. 1–4, p. 239–256, 2018.

AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. **“Total productive maintenance: literature review and directions”.** International Journal of Quality & Reliability Management, 25 (7), 709-756, 2009.

BARTZ, T.; SILUK, J.C.M.; BARTZ, A.P.B. **Melhoria do desempenho industrial com TPM implementação.** Jornal da qualidade em engenharia de manutenção, 20 (1), 2-19, 2014. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.1108/JQME-07-2012-0025>>

COSTA, R.; MORIMOTO, R.; FERNANDEZ, F.; RIBEIRO, J. **Desafios da Administração Estratégica para a Implantação da TPM (Manutenção Produtiva Total) na Indústria de Embalagens de Latas de Alumínio para Bebidas no Brasil.** Sistemas & Gestão, 10(3), 370- 383, 2015. Disponível em:
<<http://dx.doi.org/10.7177/sg.2015.v10.n3.a3>>

GIURIA-FARÍAS, A.; NORIEGA-REVOREDO, C.; ALTAMIRANO-FLORES, E. **Maintenance management model based on RCM and TPM to optimize times and costs within the useful life cycle of nautical assets.** Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, [s. l.], v. 2022-July, p. 1–13, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.747>>

NAKAJIMA, S. **Introdução à Manutenção Produtiva Total (TPM).** Cambridge: Productivity Press, 1998.

NAKAZATO, K. **Manual de implementação do TPM.** Japão: Japan Institute of Plant Maintenance. 1999.

PETTER, R.R.; VAZ.; C.R.; RESENDE, L.M.M.; SELIG, P.M. **Produção, produção limpa mais limpa, produção enxuta, 5s e manutenção autônoma: uma proposta metodológica de implantação conjunta.** No Anais do VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão (pp. 1-23). Rio de Janeiro: UFF, 2011.

PINTO, J. P. **Manutenção Lean.** Lisboa: Lidel, 2013

PINTO, G. *et al.* **International Journal of Industrial Engenharia e Gestão Implementar um plano estratégico de manutenção usando a metodologia TPM.** [s. l.], 2020.

PODUVAL, P. S.; PRAMOD, V.R.; JAGATHY, R.V.P. **Barreiras na implementação de TPM em Indústrias.** International Journal of Scientific & Technology Research, 2 (5), 28-33, 2013.

SAHOO, S. **Uma exploração empírica de TQM, TPM e sua integração da Índia indústria de transformação.** Journal of Manufacturing Technology Management, 29 (7), 1188-1210, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0075>>

SCHMIDT, B., WANG, L. **Cloud-enhanced Predictive Maintenance. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,** 99/1-4: 5-13, 2018

SELLITTO, M. Formulação estratégica da manutenção industrial com base na confiabilidade dos equipamentos. Produção, v.15, n.1, p.44-59, 2005.

SELLITTO, M. A. **Expected utility of maintenance policies under different manufacturing competitive priorities: A case study in the process industry.** CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, [s. l.], v. 38, p. 717-723, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.06.012>.

VENKATESH, J. **Introdução à manutenção produtiva total (TPM).** O Centro de Recursos de Manutenção de Plantas, 2003.

WICKRAMASINGHE, G.; Perera, A. **"Effect of total productive maintenance practices on manufacturing performance: Investigation of textile and apparel manufacturing firms"**, Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 27 No. 5, pp. 713-729, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2015-0074>>.

ZAMMORI, Francesco; BRAGLIA, Marcello; FROSOLINI, Marco. Stochastic overall equipment effectiveness. **International Journal of Production Research,** v. 49, n. 21, p. 6469-6490, 2011.

GESTÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE INOVAÇÃO ABERTA EM UM HOSPITAL ONCOLÓGICO

Guilherme Hernandes Garcia Sanchez (HARENA – Hospital de Câncer de Barretos)



Definição do Problema – Este caso empresarial aborda a Gestão de Portfólio de Projetos de Inovação Aberta no Hospital de Amor (Hospital de Câncer de Barretos). O problema mapeado foi a dificuldade para aprovação, priorização e monitoramento dos projetos de Inovação Aberta e foi identificado a partir do crescimento exponencial do número de oportunidades de projetos, incluindo startups, grandes empresas, centros de pesquisa, universidades e demais atores do ecossistema de inovação em saúde no Brasil.

Análise do Problema – A análise do problema envolveu duas atividades principais: (1) desk research e benchmarking e (2) diagnóstico interno. A pesquisa documental mapeou iniciativas nacionais e internacionais em Inovação Aberta, enquanto o diagnóstico interno, por meio de entrevistas com colaboradores, identificou os principais problemas da instituição, sendo eles: sobreposição de projetos de Inovação Aberta, falta de critérios claros para aprovação, dificuldades de monitoramento e avaliação de resultados.

Solução do Problema – Para resolver o desafio, foi implementado um conjunto de cinco ações entre fevereiro de 2022 e abril de 2024, sendo elas: (1) Criação de um comitê estratégico de inovação (board de inovação), (2) Criação de uma tese de Inovação Aberta, (3) Modelo para proposta de novos projetos de Inovação Aberta, (4) Processo para avaliação de novos projetos de Inovação Aberta e (5) Fluxo de acompanhamento de projetos de Inovação Aberta em andamento.

Resultados – Foram mensurados três eixos de resultados, sendo eles: (1) aprimoramento no fluxo de aprovação e monitoramento de projetos, que inclui aprovação de 23 novos projetos de Inovação Aberta com taxa de aprovação de 95% pelo Board de Inovação; (2) Impacto econômico e operacional dos projetos, que inclui 17,4% dos projetos já apresentando ROI (retorno sobre o investimento) e 34,8% dos projetos com projeção de gerar retorno sobre o investimento em até 12 meses a partir de abril/2024; e (3) Aprimoramento do processo e cultura de Inovação Aberta, que inclui mapeamento de mais de 240 startups da área da saúde, 20 organizações parceiras (públicas e privadas).

Avaliação e Lições Aprendidas – A criação do comitê foi crucial para uma gestão organizada de projetos. A definição de critérios claros e o

acompanhamento contínuo dos projetos se mostraram essenciais para garantir a eficácia dos projetos. A expansão da rede de inovação e a maior participação dos colaboradores foram fundamentais para criar uma cultura de inovação. No entanto, desafios permanecem, como a necessidade de aprimorar a comunicação interna e a alocação de recursos humanos.

Organização/Empresa – Hospital de Amor (Hospital de Câncer de Barretos, através do Harena (Centro de Inovação do Hospital de Amor)

CNAE (Classificação Nacional de Atividade Económica): 86.10-1-01 - Atividades de atendimento hospitalar, exceto pronto-socorro e unidades para atendimento a urgências

Palavras-chave: Gestão de Portfólio, Inovação Aberta, Startups, Gestão de Projetos.

1. Contextualização e definição do problema

Este caso empresarial narra a implementação de um processo de Gestão de Portfólio de Projetos de Inovação Aberta no Hospital de Amor em Barretos, o maior complexo especializado de tratamento oncológico da América Latina.

A instituição foi fundada em 1962 em Barretos, interior do estado de São Paulo, e possui presença em 15 estados da federação com 20 unidades de prevenção oncológica, 6 unidades de tratamento oncológico e 57 unidades móveis de prevenção de câncer. Além da oncologia, a instituição administra 3 centros de reabilitação, 2 ambulatorios médico de especialidades, 2 hospitais gerais, 5 unidades básicas de saúde (UBS) e 1 unidade de pronto atendimento (UPA). O Hospital de Amor é historicamente reconhecido em âmbito nacional e internacional, tendo sido escolhida, em 2000, pelo Ministério da Saúde, como o melhor hospital público do país.

Desde 2011, é considerado “instituição irmã” do maior centro de tratamento e pesquisa de câncer do mundo, o MD Anderson Cancer Center. O Hospital de Amor tornou-se também “instituição gêmea” em 2012 do Saint Jude Children’s Research Hospital, referência internacional em tratamento oncológico infantil.

Apenas durante o ano de 2022, o Hospital de Amor realizou 1.673.441 atendimentos (entre consultas, procedimentos e exames) nas unidades de prevenção, tratamento e reabilitação espalhadas pelo Brasil, tendo atendido 540.730 pessoas de 2.531 municípios brasileiros (totalizando pacientes oriundos de 45.4% das cidades do país).

Com modelo de atendimento 100% gratuito através do Sistema Único de Saúde (SUS), a situação problemática no Hospital de Amor é o balanceamento da alta qualidade da prestação de serviços em saúde com o financiamento da operação da instituição. Com histórico de déficit operacional, apenas no período entre 2002 e 2021, o financiamento do Hospital de Amor advindo do Sistema Único de Saúde (SUS) nunca ultrapassou a marca de 71%, totalizando déficit financeiro operacional de 29% a 88% na série histórica de 2022 a 2021. Apesar do déficit financeiro, o Hospital de Amor é referência em qualidade assistencial na América Latina.

O câncer é um problema de saúde pública global que afeta milhões de pessoas em todo o mundo, variando significativamente a incidência e prevalência em diferentes países, mas de grande impacto na saúde, qualidade de vida e economia dado a disponibilidade de recursos para prevenção, diagnóstico e tratamento. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o câncer é uma das principais causas de doença e morte em nível global, resultando em

aproximadamente 10 milhões de óbitos a cada ano, representando uma a cada seis mortes no mundo (FERLAY *et al.*, 2021).

No Brasil, o Sistema Único de Saúde (SUS) tem atuação preponderante no tratamento do câncer. O câncer tem se estabelecido como a principal ou segunda causa de morte prematura, antes dos 70 anos, na maioria dos países do mundo. Observa-se um rápido aumento do impacto da incidência e mortalidade por câncer no cenário mundial (SANTOS, *et al.*, 2023). Apenas no Brasil, o Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes Da Silva (INCA) estima 704 mil casos novos de câncer no país para o triênio 2023-2025 (INCA, 2022).

Os números do câncer no mundo destacam a urgência de criação de estratégias em escala global, com ênfase na prevenção, diagnóstico e tratamento (FERLAY *et al.*, 2021). Neste sentido, as instituições públicas e privadas de serviços em saúde possuem papel fundamental na criação de estratégias de prevenção, diagnóstico e tratamento de câncer no Brasil.

No caso do Hospital de Amor, além dos serviços de saúde, focando na qualidade assistencial e balanceamento econômico, o hospital desenvolve atividades pesquisa, ensino e, mais recentemente, inovação. A instituição busca constantemente avanços no campo da prevenção, diagnóstico e tratamento do câncer, compartilhando conhecimentos por meio de programas de treinamento e capacitação para profissionais de saúde.

Uma estratégia em constante crescimento para promover o aumento da eficiência operacional dos serviços de saúde é a implementação de processos e programas de Inovação Aberta. A inovação aberta, conforme definida por Dokukina (2020), é a prática de diminuir as fronteiras entre uma empresa e seu ambiente para facilitar a transferência de inovação, incluindo conhecimento e tecnologia.

A Inovação Aberta aproveita fontes externas de novas ideias e conhecimentos, incluindo outras empresas do mesmo segmento, consumidores e comunidades mais amplas, com foco na criação de oportunidades de mercado e comercialização de novas soluções (KUAN, 2020).

Em 2021, buscando materializar o potencial de processos de Inovação Aberta para a saúde pública, o Hospital de Amor criou o Harena, um centro de inovação tecnológica instalado no complexo em Barretos-SP. O Harena é um centro de inovação aberta dedicado a selecionar, acelerar e conectar startups inovadoras das áreas da saúde com os desafios da saúde pública do Brasil.

Desde então, o Harena possui conexão ativa com mais de 240 startups dedicadas a resolver problemas específicos de saúde pública. Através da gestão de programas de Inovação Aberta e

projetos de inovação com startups e grandes empresas, o propósito do Harena é transformar a saúde do país com os diversos atores do ecossistema de inovação.

Através de uma metodologia própria e conduzida por uma equipe de especialistas, o Harena acelerou, desde 2021, 86 startups oriundas de 12 estados do país. Além das startups, uma rede formada por diferentes atores do ecossistema de inovação em saúde coopera para criar condições para o desenvolvimento de novos projetos.

Dado o crescimento exponencial do número de oportunidades de projetos de Inovação Aberta, incluindo projetos com startups, grandes empresas, centros de pesquisa, universidades e demais atores do ecossistema de inovação, o problema identificado e tratado neste caso empresarial foi a dificuldade de gestão do portfólio de projetos de inovação aberta, incluindo aprovação, priorização e monitoramento dos projetos. Este caso empresarial, portanto, discute as iniciativas implementadas no período de fevereiro de 2022 a abril de 2024 para aprimoramento do processo de gestão dos projetos de inovação aberta do Hospital de Amor.

2. Análise do problema

Dada a complexidade do tratamento oncológico e os diversos desafios enfrentados na jornada do paciente, a inovação desempenha um papel fundamental na busca por melhores resultados. A discussão em torno dos benefícios do uso de soluções digitais na área da saúde tem ganhado destaque nos últimos tempos. A incorporação de tecnologias como inteligência artificial, análise de dados e telemedicina oferece a oportunidade de melhorar a eficiência dos processos, otimizar o diagnóstico, aprimorar a tomada de decisões clínicas e proporcionar um cuidado mais personalizado aos pacientes (FERLIE et al., 2005).

Porém, a gestão de projetos de inovação aberta representa um grande desafio para empresas estabelecidas. As principais dificuldades na gestão de projetos em inovação aberta são, principalmente, problemas de coordenação entre os atores envolvidos no processo de inovação aberta e incentivos para os projetos (Rodriguez, 2011).

Os problemas de coordenação não estão relacionados apenas à criação de processos de gestão de atividades, relacionamento com pessoas e empresas envolvidas no processo de inovação aberta (pós-contratual), mas também a busca ativa e seleção de ideias e projetos, e o desenvolvimento de conhecimento para as pessoas que realizam as atividades de inovação aberta (pré-contratual) (Rodriguez, 2011).

Já entre os problemas relacionados ao incentivo para inovação aberta, estão o comportamento oportunista dos atores envolvidos no processo de inovação em relação à gestão e propriedade

das ideias e o incentivo ao desenvolvimento do conhecimento para a inovação que podem afetar a criação e captura de valor dos mesmos. Os atores envolvidos podem não perceber o valor em desenvolver as ideias, compartilhar informações, treinar e desenvolver equipes e investir esforço na comercialização das soluções (Rodriguez, 2011).

Entre os desafios para gestão adequada de portfólio de projetos, estão as dificuldades no estabelecimento de critérios claros para aprovação de projetos estratégicos, a priorização dos projetos a serem executados e incluídos no portfólio, a gestão das interdependências entre os projetos do portfólio, além do monitoramento adequado das atividades, resultados de cada projeto e a avaliação de riscos ao nível do portfólio.

Para analisar os principais problemas de gestão de portfólio de projetos de inovação aberta no Hospital de Amor, dois conjuntos de atividades foram realizadas para dimensionar a situação problemática entre os meses de outubro de 2021 e abril de 2022:

- Desk research e benchmarking externo
- Diagnóstico interno

2.1. Desk Research e benchmarking

A *Desk Research* é uma técnica também conhecida como pesquisa secundária baseada na coleta e análise de dados e informações já disponíveis publicamente. É uma metodologia de pesquisa que envolve a utilização de fontes de dados existentes, como relatórios, estudos, artigos acadêmicos, estatísticas oficiais, publicações governamentais para obter insights e informações relevantes sobre um determinado tema. Por meio da revisão estruturada, a análise de dados secundários acontece com a revisão de documentos, estudos de caso e outras técnicas de coleta de informações já publicadas.

Para o mapeamento da situação problemática no Hospital de Amor, a Desk Research aconteceu a partir de uma busca e análise aprofundada de artigos e documentos públicos governamentais e de empresas da iniciativa privada, principalmente relatórios de inovação, de iniciativas utilizadas para o aumento da eficiência operacional e diminuição de custos em processos de saúde em oncologia.

Já benchmarking é uma ferramenta que busca a comparação e aprendizado envolvendo as melhores práticas em um determinado mercado ou segmento. Por meio da referência de processos e desempenho em indicadores pré-estabelecidos, o benchmarking consiste em identificar organizações líderes com desempenho acima da média em determinadas métricas, analisando e comparando métodos para aplicá-los na melhoria do desempenho da própria

organização.

Foram mapeadas iniciativas nacionais e internacionais de instituições com programas estruturados de inovação e busca ativa de conteúdo sobre o processo de gestão de portfólio de projetos de inovação aberta nas instituições mapeadas.

2.2. Diagnóstico Interno

O segundo conjunto de atividades realizada para priorização das demandas e visão estratégica de inovação na instituição foi o Diagnóstico Interno. O diagnóstico foi realizado por um grupo formado pelo time de inovação da instituição para realização de entrevistas semiestruturadas com colaboradores em diferentes níveis hierárquicos do hospital para entendimento das percepções e experiências dos colaboradores sobre os projetos de inovação aberta.

2.3. Problemas prioritários

A partir da realização das atividades Desk Research, Benchmarking e Diagnóstico Interno, foram identificados quatro principais problemas enfrentados na gestão de projetos de inovação aberta no Hospital de Amor:

- *Sobreposição de projetos:* os projetos com características de inovação aberta que foram iniciados antes de abril de 2022 não passavam por uma decisão colegiada de áreas estratégicas da instituição. Por isso, muitos projetos tinham início por iniciativa própria de profissionais de diferentes áreas, mas sem uma estratégia clara de alinhamento e divulgação interna, fazendo com que projetos similares fossem desenvolvidos em áreas diferentes com soluções concorrentes e/ou sobrepostas.
- *Falta de critérios claros para aprovação de projetos:* a aprovação dos projetos estava restrita a uma iniciativa própria de um profissional da instituição, seja do corpo clínico ou administrativo. O projeto era estruturado sem um padrão claro e levado para aprovação da diretoria da instituição, que não possuía critérios claros para deliberação.
- *Dificuldade para monitoramento dos projetos:* após a aprovação de um novo projeto, o acompanhamento ficava restrito aos profissionais envolvidos na fase de aprovação, não tendo sido mapeada nenhuma metodologia clara de acompanhamento padronizado dos projetos de inovação aberta.
- *Dificuldade para avaliação de resultados:* durante a após a execução dos projetos de inovação aberta, a gestão dos resultados ficava majoritariamente restrita a análises qualitativas e percepção de valor do projeto pelas partes envolvidas, tendo poucos

projetos sido mapeados com métricas e parâmetros de resultados claros.

3. Implementação e solução do problema

Para aprimorar o fluxo de aprovação, priorização e acompanhamento de projetos de inovação aberta no Hospital de Amor, foram implementados um conjunto de ações entre os meses de fevereiro de 2022 e abril de 2024. Muitas das ações a seguir, apesar de implementadas e já sólidas, passam por revisão e aprimoramento constantes. São elas:

- Criação de um comitê estratégico de inovação (board de inovação);
- Criação de uma tese de inovação aberta;
- Modelo para proposta de novos projetos de inovação aberta;
- Processo para avaliação de novos projetos de inovação aberta;
- Fluxo de acompanhamento de projetos de inovação aberta em andamento.

3.1. Criação de um comitê estratégico de inovação (board de inovação)

O Board de Inovação é um órgão deliberativo, de análise, estudo, discussão, recomendação e acompanhamento; de atuação permanente, direcionado a todos os diretores, colaboradores e voluntários sobre os projetos, programas e iniciativas de inovação do Hospital de Amor. O Board de Inovação foi formalmente implementado em fevereiro de 2022 na instituição.

A finalidade do Board de Inovação é estabelecer e implantar, em colaboração com a Diretoria Executiva e os departamentos do Hospital de Amor, a estratégia de inovação da instituição, contemplando programas, projetos e iniciativas de inovação aberta e interna.

O Board de Inovação recomenda também as melhores práticas na execução dos projetos de inovação, sejam projetos exclusivamente internos ou em colaboração com instituições externas, tais como empresas privadas, startups, instituições de ensino e outros atores do ecossistema de inovação.

Após aprovados os novos projetos de inovação, os membros acompanham e orientam o planejamento e implantação de projetos de inovação em colaboração técnica com startups e parceiros externos da instituição.

Além da deliberação, o Board de Inovação serve como mecanismo para orientar os colaboradores da entidade a respeito das práticas e processos para implementação e gestão de projetos de inovação, sejam projetos exclusivamente internos ou em colaboração com instituições externas.

O Board de Inovação é constituído por 13 membros representantes dos seguintes setores da instituição: Ciência de Dados, Oncologia Clínica, Departamento de Inovação, Instituto de Ensino e Pesquisa, Departamento Administrativo, Governança Clínica, Engenharia Clínica e Tecnologia da Informação e Comunicação.

3.2. Criação de uma tese de inovação aberta

Os projetos de inovação do Hospital de Amor com relacionamento com startups e empresas são deliberados e acompanhados pelo Board de Inovação e distribuídos em três horizontes de inovação (H1, H2 e H3). São priorizados projetos com risco intermediário (técnico, tecnológico e científico) em estágio de validação das premissas do modelo de negócio e respostas promissoras da validação do MVP, com prontidão tecnológica para início de Provas de Conceito (PoC) ou validação da escalabilidade da solução.

A Tese de Inovação, criada e validada em dezembro de 2022 pelo Board de Inovação, representa o foco estratégico do Centro de Inovação e é distribuído em:

- Gestão Hospitalar: Soluções para aumento da eficiência operacional e controle de procedimentos médico-hospitalares;
- Saúde Digital: Soluções para digitalização da jornada do paciente, teleatendimento e telemonitoramento de pacientes;
- Prevenção e Acesso: Soluções para escalar o acesso à informação e ao diagnóstico precoce.
- Diagnóstico Inteligente: Soluções que utilizam algoritmos para otimizar a performance de diagnósticos médicos e laboratoriais.
- Pesquisa Científica: Soluções de pesquisa e desenvolvimento em biotecnologia.
- Dispositivos Médicos: Soluções em equipamentos utilizados para prevenção, diagnóstico e tratamento.
- Humanização e Qualidade de Vida: Soluções para melhoria da satisfação do paciente e humanização do diagnóstico e tratamento.

3.3. Modelo para proposta de novos projetos de inovação aberta

Para garantir que todos os projetos sejam estruturados seguindo padrões mínimos aceitáveis, foi proposto, em março de 2023, um novo modelo para estruturação de novos projetos de inovação aberta. O modelo contém um roteiro estruturado para o planejamento e a implementação de projetos no formato de um quadro visual.

Este quadro abrange desde a definição clara do problema e da solução proposta até a implementação prática e análise de resultados, garantindo uma abordagem sistemática para a inovação. A seguir, é fornecida uma descrição aprofundada de cada componente do modelo:

- *Nome do Projeto*: identificação que reflete o objetivo e escopo do projeto.
- *Cronograma e descrição das atividades*: detalhamento de todas as atividades-chave e seus prazos correspondentes, desde a fase de pesquisa e desenvolvimento até a implementação e avaliação do projeto.
- *Especificação do problema, entregas e resultados*: descrição do problema a ser resolvido com precisão, juntamente com os resultados esperados e as entregas concretas do projeto, ajudando a alinhar as expectativas e a definir claramente os critérios de sucesso do projeto.
- *Equipe do projeto*: identificação de todos os participantes do projeto e seus papéis, tanto membros internos quanto externos à instituição.
- *Especificações Técnicas*: detalhamento das características técnicas do projeto, incluindo as ferramentas e tecnologias que serão utilizadas durante a execução do projeto para desenvolvimento dos atributos do projeto.
- *Orçamento*: estimativa de custo detalhada, incluindo todas as despesas diretas e indiretas, assim como as fontes de financiamento do projeto.
- *Participação nos resultados*: detalhamento de como os resultados serão compartilhados entre os stakeholders e como o projeto será mantido após sua conclusão. Isso inclui planos para a sustentabilidade e escalabilidade do projeto.
- *Métricas de impacto e resultados quantitativos*: avaliação final do projeto, sendo necessário definição de métricas claras que serão influenciadas pela execução do projeto. Isso inclui tanto resultados quantitativos quanto qualitativos que demonstram o impacto do projeto.

3.4. Processo para avaliação de novos projetos de inovação aberta

Após a construção da proposta de novos projetos de inovação aberta com base no modelo proposto, a avaliação dos projetos segue um processo de análise criteriosa de vários aspectos essenciais para determinar o potencial de sucesso e a viabilidade do projeto.

A avaliação de novos projetos foi implementada na rotina de reuniões mensais do Board de Inovação, desde a composição do Board de Inovação em fevereiro de 2022, sendo que a avaliação de novos projetos é realizada sob demanda do time técnico da área de inovação,

segundo os seguintes critérios:

- *Potencial de resultado do projeto (retorno sobre o investimento):* o critério considera o impacto do projeto em redução de custos operacionais ou eficiência gerada no processo. Projetos que oferecem uma redução significativa nos custos ou que melhoram a eficiência das operações têm uma maior probabilidade de serem aprovados para desenvolvimento. Através da discussão de forma colegiada no Board de Inovação, os membros quantificam os benefícios de forma realista.
- *Período de retorno do investimento no projeto:* a análise financeira do projeto deve incluir uma estimativa clara do tempo necessário para recuperar o investimento inicial, incluindo recursos econômicos, financeiros e humanos envolvidos. Projetos com um período de retorno mais curto geralmente representam um risco menor e uma liquidez mais rápida para a instituição.
- *Evidência de recursos para manutenção do projeto pós PoC (Proof of Concept):* para garantir a sustentabilidade do projeto, é crucial avaliar as opções de financiamento disponíveis após a prova de conceito (PoC), incluindo investimentos adicionais, subsídios, ou outras formas de financiamento externo que podem ser necessários para escalar o projeto para sua operação plena.
- *Possibilidade de participação ativa no produto final (revenue share ou equity, por exemplo):* para projetos em que a colaboração ativa acontece para o desenvolvimento de um novo produto desde os estágios iniciais, existe possibilidade de participação nos resultados do produto final (seja acionária, financeira ou em propriedade intelectual), desde que viável para todas as partes envolvidas. Nesse caso, a avaliação considera como os resultados financeiros e intelectuais que serão compartilhados, garantindo que todas as partes sejam justamente compensadas pelo seu investimento e risco. Projetos com alta possibilidade de participação ativa no produto e resultados possuem maior probabilidade de serem aprovados para o desenvolvimento.
- *Maturidade da validação do modelo de negócio:* é fundamental que o projeto demonstre viabilidade através de um modelo de negócio robusto e comprovado. Isso envolve analisar como o projeto gerará receita, seu modelo de vendas e distribuição, e a escalabilidade do negócio. Projetos que adaptam modelos de negócios já testados e com sucesso em outros contextos podem ter uma vantagem para aprovação, pois reduzem a incerteza associada à inovação.
- *Grau de novidade da solução e alinhamento às grandes tendências:* projetos que

propõem soluções inovadoras e únicas que podem definir um novo nicho de mercado são altamente valorizados. A avaliação deve focar na capacidade do projeto de criar uma nova demanda e atrair consumidores que não são atendidos pelos mercados existentes. Isso inclui tecnologias emergentes, mudanças nos traços de comportamento da sociedade, e a adaptação a regulamentações. Avaliar como o projeto se alinha com essas tendências pode fornecer insights sobre seu potencial de crescimento e impacto.

- *Potencial de mercado da solução desenvolvida:* a avaliação do potencial de mercado é crucial para entender o tamanho do mercado alvo fora da instituição, a demanda potencial para o produto ou serviço e a análise competitiva para identificar como o produto se posicionará frente aos concorrentes. Também é importante avaliar a receptividade do mercado às inovações propostas, o que pode ser realizado através de estudos de mercado ou testes de conceito.

3.5. Fluxo de acompanhamento de projetos de inovação aberta em andamento

Para garantir que todos os projetos de inovação aberta aprovados para o portfólio estejam de acordo com o planejado, o processo de acompanhamento é crucial, garantindo assegurar o alinhamento contínuo com os objetivos estratégicos do hospital e para avaliar o progresso e os resultados obtidos.

Para implementar um fluxo eficaz de acompanhamento, foram adotadas reuniões regulares de monitoramento dos projetos, seguindo um calendário de encontros periódicos com a equipe de projeto para revisar o progresso, discutir desafios e ajustar planos conforme necessário, na maior parte dos casos com periodicidade semanal. Além das reuniões com as equipes dos projetos, na reunião mensal do Board de Inovação da instituição acontece a atualização do desenvolvimento de todos os projetos em andamento, incluindo revisão dos objetivos do projeto, escopo, atualização sobre orçamento, andamento técnico, financeiro e físico do projeto.

4. Resultados

Com a implementação dos cinco grupos de atividades para criação do processo de Gestão de Portfólio de Projetos de Inovação Aberta no Hospital de Amor, foram mensurados os seguintes resultados, divididos em três eixos:

- *Aprimoramento para aprovação e monitoramento de projetos:* a criação do Board de Inovação permitiu uma estrutura mais organizada e criteriosa para a aprovação de novos

projetos. Com critérios claros estabelecidos, o processo de seleção tornou-se mais transparente e eficaz. Até abril/2024 foram aprovados 23 projetos de Inovação Aberta, totalizando aproximadamente 24% dos projetos de startups participantes no programa de aceleração de startups e 95% de aprovação das propostas apresentadas pelo time de inovação para Board de Inovação, mostrando a qualidade da estruturação dos projetos no formato validado para o processo.

- *Impacto econômico e operacional dos projetos:* a implementação de um fluxo contínuo de acompanhamento dos projetos, incluindo reuniões semanais e atualizações mensais com o Board de Inovação, permitiu a avaliação mais precisa das métricas para avaliar o impacto dos projetos. Durante o período, 4 dos 23 projetos (17,4%) já apresentaram ROI (retorno sobre investimento) e 8 dos 23 projetos (34,8%) possuem projeção para gerar ROI no período de até 12 meses a partir de abril/2024, mostrando aderência à Tese de Inovação criada e aprovada pelo Board de Inovação.
- *Aprimoramento do processo e cultura para Inovação Aberta:* a rede de inovação aberta do Hospital de Amor expandiu conexões, envolvendo mais de 240 startups e mais de 20 outras organizações parceiras, incluindo parcerias públicas e corporativas. Uma pesquisa interna com 515 colaboradores da instituição (aproximadamente 10% do quadro efetivo) mostrou que 331 (64,3%) dos colaboradores tinham conhecimento sobre o processo de Inovação Aberta da instituição, mostrando o impacto cultural mesmo com curto período de execução do processo. Além disso, 426 colaboradores participaram de workshops relacionados a temas de inovação no período deste caso empresarial, totalizando aproximadamente 8,2% do quadro efetivo da instituição.

5. Lições aprendidas

A implementação do processo de Gestão de Portfólio de Projetos de Inovação Aberta no Hospital de Amor trouxe à tona diversas lições valiosas. A criação do Board de Inovação foi crucial para estabelecer uma estrutura organizada e criteriosa para a aprovação e monitoramento de projetos. A definição de critérios claros e um processo de seleção transparente foram essenciais para garantir a eficácia e a qualidade dos projetos aprovados.

O acompanhamento contínuo dos projetos, por meio de reuniões semanais e atualizações mensais, demonstrou ser vital para a avaliação precisa das métricas de impacto. Este monitoramento regular permite ajustes oportunos, garantindo que os projetos se mantenham no

caminho certo e alcancem os objetivos propostos. A prática de monitoramento contínuo deve ser incorporada para maximizar o ROI e a eficácia dos projetos.

A expansão da rede de inovação aberta e a maior participação dos colaboradores em workshops de inovação foram cruciais para fomentar uma cultura de inovação dentro da instituição. A conscientização e o envolvimento dos colaboradores são fundamentais para o sucesso dos projetos de inovação aberta.

A criação de uma Tese de Inovação, alinhada aos objetivos estratégicos do Hospital de Amor, foi fundamental para direcionar os esforços de inovação. A colaboração com startups e outras organizações parceiras foi um dos fatores-chave para o sucesso dos projetos de inovação aberta. Esta colaboração não só trouxe novas ideias e soluções, mas também ajudou a escalar e implementar as inovações de maneira eficaz.

Entre os desafios ainda não vencidos, encontram-se a necessidade de aprimoramento da comunicação e sensibilização interna dentro da instituição para potencialização cultural no tema Inovação Aberta e a dificuldade para alocação de recursos humanos em projetos de inovação com startups, dada a alta carga em rotinas assistenciais dos profissionais da instituição.

REFERÊNCIAS

Dokukina, A., Petrovskaya, I.A. Open Innovation as a Business Performance Accelerator: Challenges and Opportunities for the Firms' Competitive Strategy. In: Solovev, D.B., Savaley, V.V., Bekker, A.T., Petukhov, V.I. (eds) Proceeding of the International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019". Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 172. Springer, Singapore. (2020)

Ferlay, J. Ervik, M. Lam, F. Colombet, M. Mery, L. Piñeros, M. et al. Global Cancer Observatory: Cancer Today. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2020

Ferlie, Ewan et al. The Nonspread of Innovations: the Mediating Role of Professionals. Academy of Management Journal, v. 48, n. 1, p. 117-134, 2005.

INCA (Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes Da Silva). Estimativa 2023: incidência do Câncer no Brasil. Rio de Janeiro: INCA, 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/numeros/estimativa>. Acesso em: 10 de março de 2024.

Kuan, J.W. "Open Innovation." Oxford Research Encyclopedia of Business and Management (2020)

Rodriguez, J.L. Lorenzo, A.G. Open Innovation: Organizational Challenges of a New Paradigm of Innovation Management, European Research Studies Journal Volume XIV Issue 1, 77-84 (2011)

Santos, M.O; Lima, F.C.; Martins, L.F.L.; Oliveira, J.F.P.; Almeida, L.M. de; Cancela, M.C. Estimativa de Incidência de Câncer no Brasil, 2023-2025. Revista Brasileira de Cancerologia, [S. l.], v. 69, n. 1, p. e-213700, 2023. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2023v69n1.3700. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/index.php/revista/article/view/3700>. Acesso em: 23 de maio de 2023.

PROJETO DE UM SERVIÇO DE COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS PRÓXIMOS À DATA DE VALIDADE: IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES E DESEJOS DOS CLIENTES E ELABORAÇÃO DA ÁRVORE DE REQUISITOS DE DESIGN

Denise Luciana Rieg (FEI)
derieg@fei.edu.br

Carolina Do Val Bugelli (FEI)
came.bugelli@gmail.com

Júlia Freitas Delgado (FEI)
juliafreitasdelgado@hotmail.com

Fernando César Leandro Scramim (FEI)
fscramim@fei.edu.br



Definição do Problema – Como parte de seu compromisso com a sustentabilidade, a multinacional pesquisada tem adotado diversas iniciativas para reduzir o desperdício de alimentos e promover a segurança alimentar, incluindo a venda de produtos próximos ao vencimento. Entretanto, esse serviço de comercialização de produtos perto da data de validade (3 meses) ainda é incipiente. O que a empresa anseia no momento é ampliar e formalizar esse serviço.

Análise e Solução do Problema – O processo de coleta de dados iniciou-se com o desenvolvimento de um questionário para compreensão das necessidades e desejos dos clientes. Os dados coletados dos 23 clientes (18 potenciais e 5 atuais) foram tabulados e analisados de forma descritiva para caracterização da amostra e especificação das necessidades e desejos dos clientes potenciais do serviço de comercialização de produtos perto da data de validade da empresa. Em seguida, as necessidades e desejos identificados foram desdobrados em requisitos de design por meio de uma Árvore de Requisitos de design do Serviço, de forma a orientar o projeto deste serviço. Finalizada a árvore, gestores de áreas da empresa que estariam envolvidas no projeto como, Tecnologia de Informação, Logística e Finanças, foram entrevistados sobre a viabilidade do projeto.

Resultados – A necessidade dos clientes entrevistados é o “acesso a produtos com desconto” e seus desejos são: 1) Plataforma com catálogo de produto; 2) Descontos adicionais; 3) Entrega até 7 dias; 4) Frete grátis; 5) Contato com o vendedor via whatsapp; e 6) Variedade de formas de pagamento. A partir dessas necessidades e desejos, foi desenhada a árvore de requisitos de design. Alguns dos requisitos que se

encontram na árvore são: site intuitivo e prático; variedade de descontos conforme quantidade de produtos adquiridos e prazo de validade; pagamento por linha de crédito e pix; e possibilidade de contato com vendedores por meio do WhatsApp chat. Estes requisitos de design demandam atividades essenciais como criação e manutenção do site, alimentação constante do catálogo de produtos, gestão de dados e segurança, gestão dos meios de pagamento, determinação dos preços dos produtos, otimização da rede logística, criação do whatsapp chat para contato com o vendedor. Por sua vez, essas atividades devem ser conduzidas por diversas áreas da empresa, destacando-se o Departamento de Tecnologia da Informação, as Equipes de Produto, Marketing e Finanças, o Departamento de Logística e o pessoal de Vendas. Esses departamentos foram acionados para avaliar a viabilidade de implementação do serviço estabelecido pela árvore dos requisitos de design. Sugestões de ajustes foram feitas e a viabilidade constatada.

Avaliação e Lições Aprendidas – Este caso prático de aplicação da ferramenta “árvore de requisitos de design de serviços” demonstra que esta é uma abordagem visual e estruturada para capturar, organizar e comunicar os requisitos essenciais envolvidos no desenvolvimento e design de serviços. A representação visual da árvore ajuda a identificar relações e dependências entre os requisitos e as especificações de design, subdivididas em atividades e recursos que são cruciais para atender as necessidades e desejos dos clientes. Ao decompor os requisitos em especificações de design, a árvore de requisitos ajuda a definir e compreender claramente o escopo do serviço, ajudando na alocação eficiente de recursos.

Organização/Empresa – Empresa multinacional líder no segmento de bens de consumo, atuante no Brasil há 94 anos. Possui um portfólio que abrange mais de 400 marcas que operam em cinco grupos de negócios: beleza e bem-estar; cuidado pessoal, cuidados domiciliares, nutrição e sorvete.

CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica): 2063-1/00.

Palavras-chave: Necessidade e desejos dos consumidores, Árvore de requisitos de design de serviços, Produtos próximos ao vencimento.

1. Introdução

O caso empresarial apresentado neste estudo tem como objetivo estruturar um serviço de comercialização de produtos perto da data de validade para uma empresa de bens de consumo, a partir da identificação das necessidades e desejos dos clientes potenciais e elaboração da árvore de requisitos de design do serviço.

A identificação das necessidades dos clientes é fundamental para o sucesso no desenvolvimento e design de novos serviços. Compreender as demandas, desejos e expectativas dos clientes é crucial para criar soluções que atendam de maneira eficaz e satisfatória às suas necessidades. Em termos de eficiência operacional, projetar um serviço alinhado com as necessidades dos clientes permite uma alocação eficiente de recursos. A empresa torna-se, assim, capaz de direcionar seus esforços para áreas que realmente importam para os clientes, evitando desperdícios de tempo e recursos em funcionalidades desnecessárias (PIROLA *et al.*, 2014).

2. Contextualização e definição do problema

A empresa multinacional pesquisada é líder no segmento de bens de consumo e possui um portfólio que abrange mais de 400 marcas distintas. As marcas operam em cinco grupos de negócios: beleza e bem-estar; cuidado pessoal, cuidados domiciliares, nutrição e sorvete. No Brasil, a empresa já atua há 94 anos e seus produtos alcançam mensalmente 46 milhões de domicílios.

A empresa visa incorporar a sustentabilidade em todos os seus negócios. Isso inclui a meta de eliminar as emissões líquidas de carbono até 2039 e o compromisso de tornar todos seus produtos de cuidados pessoais biodegradáveis até 2030. Também como parte de seu compromisso com a sustentabilidade, a empresa tem adotado diversas iniciativas para reduzir o desperdício de alimentos e promover a segurança alimentar, incluindo a venda de produtos próximos ao vencimento. Na empresa pesquisada, são considerados itens próximos a data de vencimento aqueles que se encontram a 90 dias da expiração.

Entretanto, esse serviço de comercialização de produtos próximos a data de vencimento ainda é incipiente e feito de forma informal. Itens com uma validade curta, ou seja, menos de 3 meses antes do vencimento, são retirados do estoque destinado à venda regular. Semanalmente, uma avaliação é realizada para identificar esses itens, que são compilados em uma lista. Essa lista é então compartilhada com a equipe comercial, que se encarrega de efetuar as vendas. A negociação acontece de maneira presencial, ou em conversa com o comprador por meio do *WhatsApp*.

O que a empresa anseia no momento é ampliar e formalizar esse serviço. Para tal, torna-se crucial, primeiramente, identificar as necessidades e desejos dos clientes potenciais desse tipo de serviço (pequenos estabelecimentos que comercializam bens de consumo), bem como, os requisitos de design do serviço que atendam a essas necessidades e desejos.

3. Implementação e solução do problema

O processo de coleta de dados iniciou-se com o desenvolvimento de um questionário para compreensão das necessidades e desejos dos clientes. As necessidades são as razões que levam os clientes a procurarem esse tipo de serviço, enquanto os desejos consideram como os consumidores desejam satisfazer as suas necessidades (PEZZOTTA *et al.*, 2016).

A intenção inicial era compartilhar esse questionário via *Google Forms* com todos os clientes que já efetuaram compras de produtos da empresa perto da data de vencimento, registrados na base de dados do time comercial da empresa.

Contudo, após o compartilhamento do questionário, notou-se baixa adesão e indisponibilidade do contato devido ao fato de muitos clientes estarem com um cadastro fictício ou não terem disponibilizado o número. O time comercial, que já executa esse processo, expôs que a dificuldade de contato é uma situação com a qual lidam frequentemente. Muitos clientes têm negócios pequenos, com poucos funcionários e com processos manuais, fazendo com que os proprietários executem muitas funções, o que dificulta o contato com estes. O contato direto, presencial ou por meio de telefone, proporcionaria maior adesão no processo de levantamento de informações sobre esses clientes, segundo o time comercial. Assim, foram realizadas ligações para os clientes para a aplicação dos questionários. Todavia, da lista de contato de 48 clientes, só 5 clientes atenderam aos chamados.

Frente a isso, entrou-se em contato com uma empresa distribuidora brasileira que tem um portfólio de clientes por todo o Brasil e abastece lojas de grande a pequeno porte com produtos de bens de consumo, higiene pessoal, perfumaria, dentre outros. A empresa compartilhou uma lista de 78 contatos com clientes de micro porte, caracterizados por terem poucos funcionários, venda de produtos fracionados e em regiões de baixa renda. A partir dessa lista, foram realizadas 18 entrevistas estruturadas (via questionário) com clientes potenciais que mostraram interesse no serviço de produtos perto da data de validade e que já adotam essa prática com outras empresas.

Os dados coletados dos 23 clientes (18 potenciais e 5 atuais) foram tabulados e analisados de forma descritiva para caracterização da amostra e especificação das necessidades e desejos dos clientes potenciais do serviço de comercialização de produtos perto da data de validade da

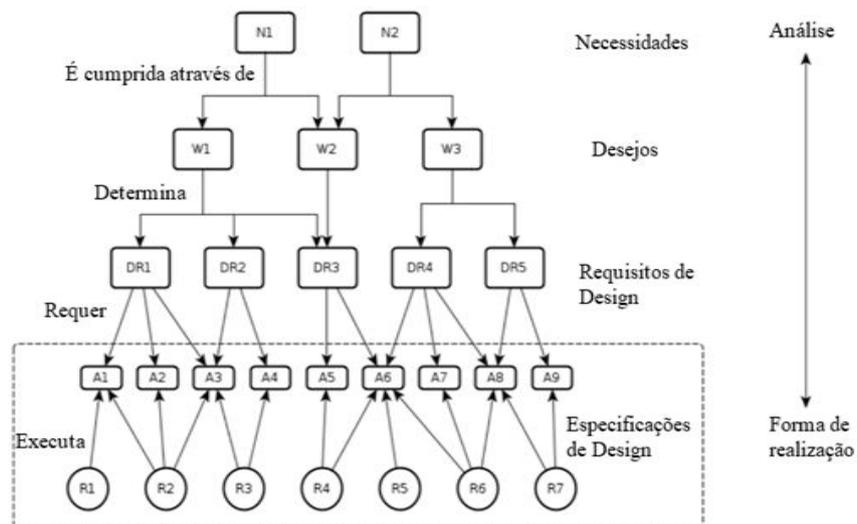
empresa estudada.

Em seguida, as necessidades e desejos identificados foram desdobrados em requisitos de design por meio de uma Árvore de Requisitos do Serviço de forma a orientar o projeto desse serviço (RIEG *et al.*, 2024).

A Árvore de Requisitos do Serviço mostra a relação entre as necessidades do consumidor e os recursos do fornecedor. Ela é construída em quatro níveis, transformando as necessidades em desejos, os desejos em requisitos de design e os requisitos de design em especificações de design, subdivididas em atividades e recursos (PEZZOTTA *et al.*, 2014). Os requisitos de design representam como a companhia pode satisfazer os desejos do cliente, especificando ou restringindo as opções disponíveis. Por fim, as especificações de design representam o que o processo de design do serviço (não criado ainda) tem intenção de fazer para entregar o requerimento de design. Este elemento tem como objetivo prover informação em termos de atividades e recursos técnicos e humanos necessários para a operação do serviço (RONDINI *et al.*, 2015; PEZZOTTA *et al.*, 2016).

Os quatro elementos, necessidades, desejos, requisitos de design e especificações de design (atividades e recursos), estão conectados hierarquicamente (Figura 1).

Figura 1 - Árvore de requisitos de serviço



Fonte: Pezzotta *et al.* (2014, p. 53, tradução nossa).

Como observado na figura, todos os recursos internos do fornecedor, em forma de atividades, artefatos e pessoas, estão conectados com a satisfação das necessidades do consumidor,

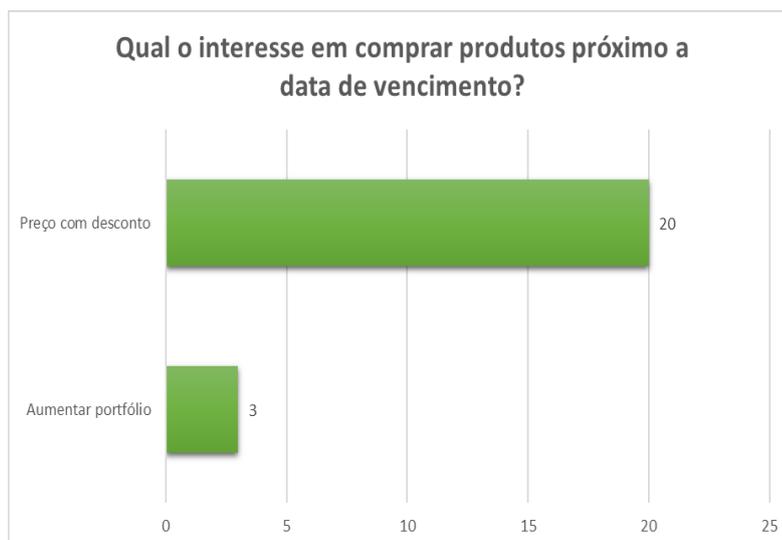
passando pelos requisitos de design e os desejos. A partir dessa hierarquia entre recursos e necessidades e se considerando a limitação de recursos disponíveis nas organizações, é possível identificar as áreas mais importantes em que a empresa deve focar seus esforços para alcançar sucesso na satisfação das necessidades do cliente (PEZZOTTA *et al.*, 2016).

4. Resultados

Os clientes da amostra dispostos a adquirir produtos próximos a data de vencimento são minimercados (12), lojas multicoisas (6) e lojas de conveniências (5) e que atendem, em média, 291 clientes por semana (desvio padrão = 91 clientes). A maioria desses estabelecimentos estão localizados na região sudeste (6 em São Paulo, 3 no Espírito Santo, 2 no Rio de Janeiro e 2 em Minas Gerais) e nordeste (2 na Bahia, 2 no Ceará e 1 no Maranhão).

Dentre as 23 empresas analisadas, 20 declararam que têm como principal necessidade a compra de produtos de consumo por um baixo preço (Figura 2).

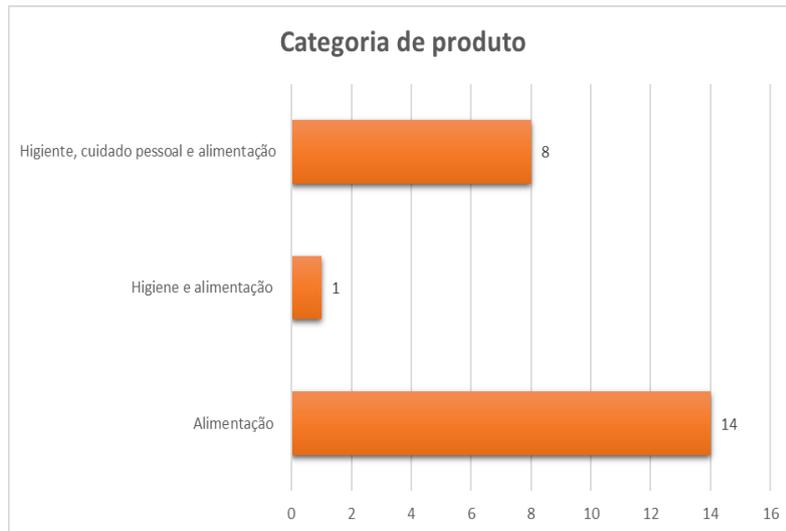
Figura 2 - Interesse de aquisição do produto



Fonte: Autores (2023).

Em relação aos produtos de interesse para compra, 14 estabelecimentos gostariam de comprar somente produtos alimentícios da empresa por um baixo preço, 8 preferem produtos de higiene, cuidados pessoais e de alimentação e 1 estabelecimento quer adquirir produtos de higiene e alimentação, como exposto na Figura 3.

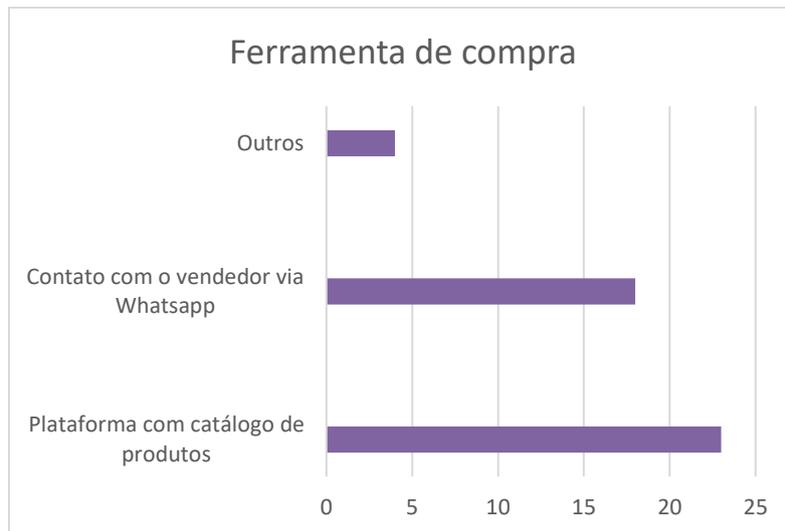
Figura 3 - Categoria de produtos a serem comercializados



Fonte: Autores (2023).

Todos os clientes, atuais e potenciais, expuseram durante as entrevistas que desejam venda com catálogos de produtos. O uso do *Whastapp* para contato direto com o vendedor foi solicitado por 18 dos 23 entrevistados, pois se trata de uma ferramenta comum no dia a dia dos clientes, gratuita, intuitiva e já utilizadas por eles em outros processos de compras.

Figura 4 – Opções de ferramentas para realização da compra



Fonte: Autores (2023).

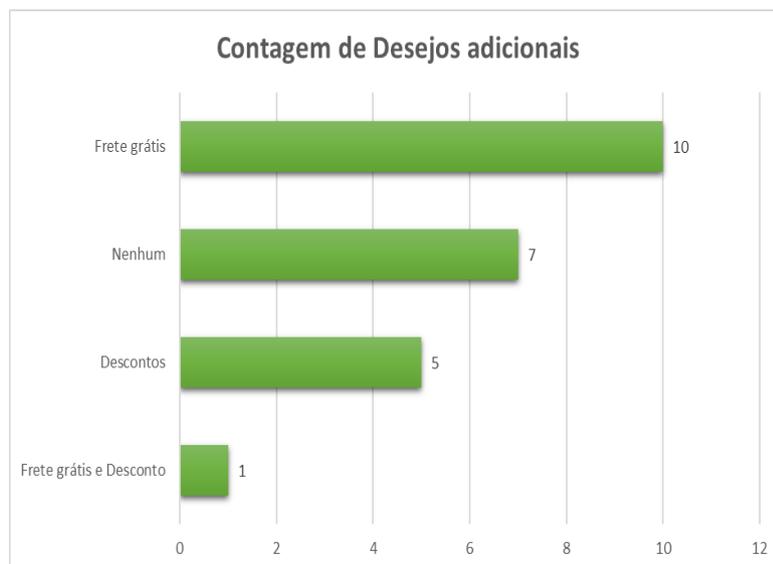
Sobre a entrega dos produtos, o prazo máximo preferencial é de 7 dias (Figura 5). Os clientes desejam ainda descontos adicionais e frete grátis (Figura 6).

Figura 5 - Tempo de espera máximo para entrega



Fonte: Autores (2023).

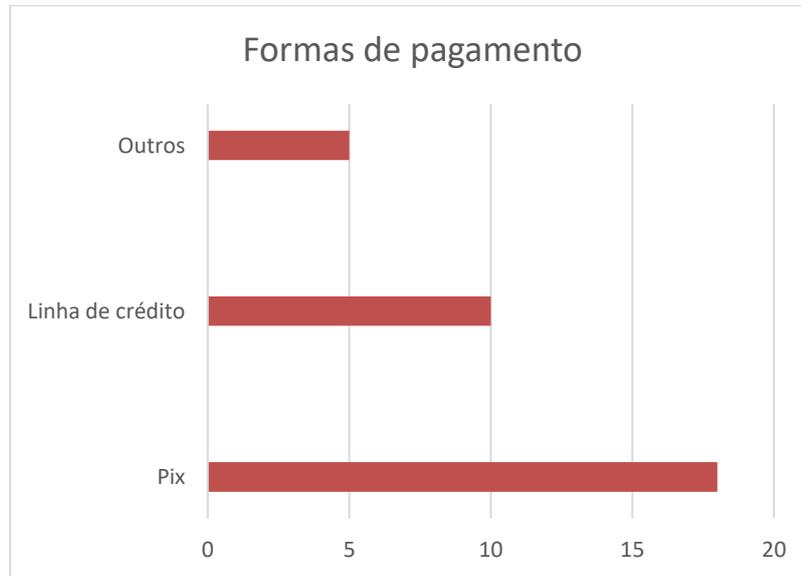
Figura 6 - Desejos adicionais do serviço



Fonte: Autores (2023).

Em relação às formas de pagamento, a modalidade *pix* foi a preferida entre os entrevistados, por não ter taxas, ser um processo transparente e possível fazer digitalmente (Figura 7).

Figura 7 - Forma de pagamento



Fonte: Autores (2023).

Frente ao exposto, foram consideradas como necessidades e desejos dos clientes:

- Necessidade: acesso a produtos com desconto;
- Desejos:
 - Plataforma com catálogo de produto;
 - Descontos adicionais;
 - Entrega até 7 dias;
 - Frete grátis;
 - Contato com o vendedor via *whatsapp*;
 - Variedade de formas de pagamento.

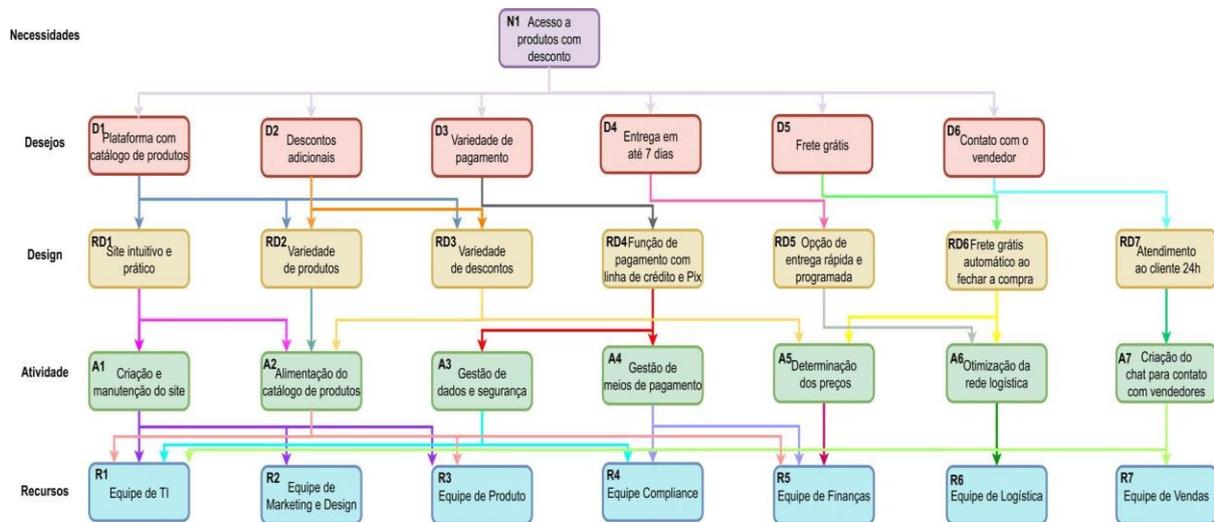
A partir dessas necessidades e desejos, foi desenhada a árvore de requisitos de design, apresentada na Figura 8.

A árvore de requisitos de design foi desenvolvida na ferramenta *Draw.io*, por ser intuitiva, e ter uma interface fácil para criar o diagrama. Ela inicia com a necessidade declarada pelos clientes, “Acesso à produtos com desconto”, sendo conectada com os desejos apresentados no nível subsequente da árvore: plataforma com catálogo de produto; descontos adicionais; variedade de formas de pagamento; entrega até 7 dias; frete grátis; e contato com o vendedor via *whatsapp*.

Para atender à necessidade e aos desejos dos clientes, foram estabelecidos os seguintes requisitos de design: site intuitivo e prático; variedade de produtos; variedade de descontos,

conforme quantidade de produtos adquiridos e prazo de validade (isso inclui um desconto de 70% para produtos que vencem no mesmo mês, um desconto de 50% para produtos que vencem no próximo mês, 30% para 2 meses de vencer e 15% para 3 meses de vencer); pagamento por linha de crédito e *pix*; possibilidade de contato com vendedores por meio do *WhatsApp chat*; opção de entrega rápida e programada; e frete grátis fornecido automaticamente na finalização da compra.

Figura 8 - Árvore de requisitos de design



Fonte: Autores, 2023.

Estes requisitos de design demandam atividades essenciais como criação e manutenção do site, alimentação constante do catálogo de produtos, gestão de dados e segurança, gestão dos meios de pagamento, determinação dos preços dos produtos, otimização da rede logística, criação do *whatsapp chat* para contato com o vendedor.

Por sua vez, essas atividades devem ser conduzidas por diversas áreas, destacando-se o Departamento de Tecnologia da Informação (TI), as Equipes de Produto, Marketing e Finanças, o Departamento de Logística e o pessoal de Vendas.

A TI desempenha um papel central na criação e manutenção contínua do site, sendo responsável pela garantia de seu funcionamento e pela segurança das operações realizadas, tanto por parte dos clientes quanto da própria empresa. Para alcançar esse objetivo, a equipe de TI deve realizar a gestão de dados sensíveis, zelando pela proteção das informações dos clientes e da empresa. Outra responsabilidade significativa da equipe de TI é a manutenção dos meios de pagamento, em colaboração com os departamentos de *Compliance* e Finanças. Essa

colaboração assegura que os processos de pagamento sejam confiáveis, seguros e estejam em conformidade com as regulamentações vigentes.

No que diz respeito à gestão dos produtos disponíveis no site, a Equipe de Produtos da empresa é encarregada de identificar e assegurar que os produtos próximos à data de vencimento estejam devidamente mapeados no estoque da empresa. Além disso, eles garantem que informações críticas, como marca, preço e data de vencimento, estejam precisamente registradas.

A equipe de Finanças é responsável por estratégias de preços que garantam a máxima rentabilidade dos produtos, ao mesmo tempo em que mantenham preços competitivos no mercado, tendo em vista a natureza dos produtos em questão que se encontram próximos à data de vencimento. É responsável também por aplicar os descontos necessários, de acordo com a data de vencimento dos itens e estabelecer o valor do frete, para as entregas dos pedidos.

O Departamento de Logística é responsável por assegurar que os produtos sejam entregues dentro do prazo acordado com os clientes e com a mais elevada qualidade possível. A eficiência e a eficácia desse processo logístico são cruciais para garantir a satisfação dos clientes e a manutenção de um serviço confiável.

Por fim, o pessoal de Vendas realiza o atendimento ao cliente. Com o objetivo de proporcionar uma experiência única e personalizada aos clientes, foi identificada a necessidade de contar com vendedores especializados em vendas *B2B (Business-to-Business)*.

Essa seria a estrutura básica do serviço de comercialização de produtos perto da data de validade desenvolvido a partir da identificação das necessidades e desejos de clientes atuais e potenciais e registrado por meio da árvore de requisitos de design. Tal estrutura foi debatida com especialistas das principais áreas envolvidas, conforme apresentado a seguir.

A Tecnologia da Informação foi contatada para compreender as dificuldades relacionadas à criação e manutenção de uma plataforma de catálogo de produtos próximos à data de vencimento. A multinacional já possui operações de *e-commerce*, o que simplifica a implementação do sistema. No entanto, qualquer adição ou modificação implica em custos, que a área de TI sugere estimar em termos de tempo, despesas e esforço. Também existem desafios relacionados à parametrização e ao abastecimento da plataforma para diferenciar itens com os mesmos códigos de identificação interna em próximos à data de vencimento e longo prazo de validade. Uma solução seria criar uma plataforma exclusiva para a comercialização de produtos próximos à data de vencimento, direcionada apenas aos clientes interessados nessa categoria, garantiria que não haja conflitos com o modelo de negócios existente da empresa.

A área de Tecnologia da Informação também não prevê qualquer desafio significativo em

assegura a capacidade de automatizar o cálculo da previsão de entrega e dos custos de frete, além de monitorar o *status* do pedido, incluindo todas as etapas de entrega. Isto ocorreria de maneira semelhante ao que já ocorre no *e-commerce*, aproveitando as integrações e sistemas existentes.

Em resumo, a área de TI acredita na viabilidade dessa implementação. Os analistas de TI demonstraram grande interesse em explorar como realizar essas integrações, sugerindo o uso de *clusters*, uma técnica que agrupa elementos para facilitar a organização, análise e execução de tarefas específicas, a fim de travar o portfólio de vendas somente para esse segmento.

Outra área que foi acionada foi a equipe de finanças. A coordenadora de finanças sugeriu oferecer frete grátis para as entregas de produtos próximos a data de vencimento, estabelecendo somente um valor de pedido mínimo de R\$ 150,00 reais, para cobrir os custos logísticos. A área também se compromete a fazer o acompanhamento do pagamento do pedido, tornando viável essa etapa do projeto.

Foi realizado também uma validação com o Departamento de Logística para garantir a viabilidade das etapas do processo. Conforme exposto pelos entrevistados, para identificar os produtos com prazo de validade curto, conta-se com a colaboração dos coordenadores operacionais das filiais em todo o Brasil. Eles atualizam semanalmente uma lista de estoques disponíveis para esse tipo de venda. Isso permite a atualização das planilhas e consequentemente, do site, tornando a compra para os clientes mais eficiente. A equipe entende que a entrega rápida desses pedidos é um grande desafio. Por isso, o coordenador de *Supply Chain* sugere estabelecer um prazo de entrega de até 7 dias úteis, priorizando o despacho dos pedidos e acompanhando a entrega do início ao fim, o que vai ao encontro do desejo dos clientes em termos de prazo de entrega.

A equipe de marketing propôs a criação de um *banner* no site principal para promover a venda de produtos próximos à data de vencimento. Esse *banner* direcionaria os clientes, quando clicado, para uma seção especializada no site, focada em produtos com validade curta. Além disso, recomendou também aprimorar o design da plataforma de vendas e otimizar o catálogo, incluindo uma lista de produtos sugeridos. O Marketing considerou que essa abordagem é essencial para aumentar a presença *online* e atrair um público mais amplo. Acredita que essa iniciativa não apenas melhorará a experiência do usuário no site, mas também promoverá de maneira eficaz os produtos, fortalecendo a marca e impulsionando as vendas de produtos próximos a data de vencimento de forma significativa.

Com base nesta análise preliminar do projeto do serviço de venda de produtos perto da data de

vencimento estruturado por meio da árvore de requisitos de design a empresa considerou a implementação do projeto desse serviço viável.

5. Considerações finais

Este caso prático de aplicação da ferramenta “árvore de requisitos de design de serviços” demonstra que esta é uma abordagem visual e estruturada para capturar, organizar e comunicar os requisitos essenciais envolvidos no desenvolvimento e design de serviços. A representação visual da árvore ajuda a identificar relações e dependências entre os requisitos e as especificações de design, subdivididas em atividades e recursos que são cruciais para atender as necessidades e desejos dos clientes. Ao decompor os requisitos em especificações de design, a árvore de requisitos ajuda a definir e compreender claramente o escopo do serviço, ajudando na alocação eficiente de recursos.

Constatou-se que a visualização da árvore de requisitos de design torna mais fácil comunicar a estrutura do serviço para as partes interessadas, incluindo membros das equipes e gerentes. Além disso, à medida que o design do serviço evolui, a árvore de requisitos de design pode ser ajustada para refletir as mudanças nos requisitos e especificações, garantindo que o design permaneça alinhado com as necessidades e desejos dos clientes e coerente com o que a empresa pode oferecer.

Por fim, acredita-se que ao utilizar a árvore de requisitos no design de serviços, as organizações podem melhorar a qualidade do serviço, aumentar a eficiência no desenvolvimento e garantir que as soluções propostas atendam às necessidades e desejos dos usuários finais.

REFERÊNCIAS

PEZZOTTA, Giuditta *et al.* Balancing product-service provider's performance and customer's value: The service engineering methodology (SEEM). **Procedia Cirp**, v. 16, p. 50-55, 2014.

PEZZOTTA, Giuditta *et al.* Towards a methodology to engineer industrial product-service system—Evidence from power and automation industry. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 15, p. 19-32, 2016.

PIROLA, Fabiana *et al.* Understanding customer needs to engineer Product-Service Systems. In: **Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2014, Ajaccio, France, September 20-24, 2014, Proceedings, Part II**. Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 683-690.

RIEG, Denise Luciana *et al.* Project-based learning through the lens of SEEM: enhancing implementation in the Brazilian context", **Journal of International Education in Business**, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, 2024. <https://doi.org/10.1108/JIEB-06-2023-0039>

RONDINI, Alice *et al.* Service Engineering Methodology in Practice: A case study from power and automation technologies. **Procedia CIRP**, v. 30, p. 215-220, 2015.

AVALIAÇÃO DA MATURIDADE LEAN NAS EMPRESAS: UMA ANÁLISE UTILIZANDO ESCALAS DE MEDIÇÃO.

Caroline Raquele Jaskowiak (Universidade de Caxias do Sul)

Diego Mendes (Universidade de Caxias do Sul)

Ezequiel Dressler Martins (Universidade de Caxias do Sul)

Odacir Deonísio Graciolli (Universidade de Caxias do Sul)

Renan Moraes da Cruz (Universidade de Caxias do Sul)



A cultura Lean oriunda do Sistema Toyota de Produção mostrou-se ao longo dos anos benéfica quando alinhados com as diretrizes da organização. O artigo propõe uma análise de maturidade das organizações através da aplicação de um questionário em quatro empresas da Serra Gaúcha, de segmentos distintos como: Saúde, Fabricante de Máquinas, Calçadista e Metalúrgica. O questionário é composto de 24 itens distribuídos em 5 fatores: (I) Liderança e Espírito de Equipe; (II) Foco no Cliente; (III) Comunicação; (IV) Treinamento de Funcionários; (V) Melhoria Contínua. Buscou-se acrescentar ao questionário perguntas como: Tempo de empresa; Gênero; Área de atuação (Operacional, Gestão); Escolaridade e Idade. Usou-se uma escala do tipo Likert de cinco pontos para medir os itens da seguinte forma: variando de discordo totalmente a concordo totalmente. Através deste questionário será possível identificar o nível de maturidade destas organizações perante a estes 5 fatores gerando base de apoio para orientar as diretrizes estratégicas organizacionais. Após a coleta e limpeza dos dados aplicou-se uma análise fatorial ANOVA por segmento, constatou-se que não houve diferença significativa entre os setores, dando destaque ao fator foco no cliente, que apresentou o p-valor mais elevado. Quando analisada a questão Área de atuação (Operacional, Gestão), é importante destacar a fator comunicação que apresentou diferença significativa, gerando um p-valor abaixo de 0,05. Para o item escolaridade o destaque ficou para o fator melhoria contínua apresentando diferença significativa com p-valor abaixo de 0,05. Por fim, estas descobertas contribuem para a formulação de políticas e direcionamentos estratégicos, quanto aos fatores Comunicação e Melhoria Contínua para as organizações, bem como o engrandecimento do conhecimento no campo acadêmico. Sugere-se ainda novas pesquisas ampliando a quantidade de empresas e regiões para avaliar as relações com os resultados.

Palavras-chave: Lean, escala de medição, maturidade Lean nas empresas.

1. Introdução

O *Lean Manufacturing* teve início na metade do século XX no Japão. Trata-se de uma filosofia cujo seu principal propósito é a redução de desperdícios e, conseqüentemente, o aumento da lucratividade conforme destacado por Cielusinsky et al. (2020). O termo *Lean Manufacturing* ou sistema de produção enxuto passou a ser utilizado a partir do livro “A Máquina que Mudou o Mundo”, escrito por Womack et al. (1992). Para uma organização de produção em massa transformar-se em uma organização enxuta é necessário adotar uma mentalidade *Lean* (ANTUNES ET AL. 2013).

Essa mudança requer a adoção de cinco princípios fundamentais:

- a) Identificação da cadeia de valor para cada produto;
- b) Mapeamento do fluxo de valor;
- c) Fluxo contínuo do valor sem interrupções;
- d) Atendimento à demanda do cliente de forma puxada;
- e) Busca constante pela perfeição.

A gestão Lean tem se destacado como uma abordagem fundamental para aprimorar a eficiência e a competitividade nas empresas modernas. O *Lean Manufacturing*, originado dos princípios estabelecidos pelo *Toyota Production System* (TPS), além do foco na redução dos desperdícios e otimização dos processos é considerado um agente de promoção à implementação de uma cultura de melhoria contínua, visando assim a maximização do valor para o cliente (JUNIOR, U. O. 2018).

Por esses motivos, a filosofia Lean ganhou destaque entre as empresas no mundo todo, que passaram a introduzir seus princípios e ferramentas com a finalidade de melhorar seus resultados conforme destacado por Cielusinsky et al. (2020). Aliado a isto, a capacidade de inovação conforme destacado por Adiguzel (2021) e a busca contínua por melhorias são essenciais para empresas que buscam não apenas sobreviver, mas prosperar em um ambiente empresarial cada vez mais desafiador e competitivo (UTKU ET AL. (2022).

Embora os estudos confirmam vantagens exitosas da utilização, vale ressaltar que o processo de implementação é lento, uma vez que a transição não é instantânea e os resultados não são imediatos. Neste contexto, citam-se como desafios os custos do investimento, a falta de compreensão do processo pelos usuários, a falha de comunicação ao longo das etapas de implementação junto às equipes, o *modus operandi* da capacitação das equipes e, não menos desafiador a posição da liderança ao atingimento das metas estabelecidas (CIELUSINSKY ET AL. 2020).

Com base nesse contexto, este artigo faz uma análise da maturidade da gestão *Lean* em quatro

empresas dos setores: calçadista, fabricante de máquinas, saúde e metal mecânico na Serra Gaúcha; à esta, será realizada por meio de uma abordagem estruturada de escala de medição. Ao desenvolvimento deste, utilizaram-se de constructos que serão correlacionados entre os setores anteriormente elencados. Objetiva-se com este estudo apresentar o nível de maturidade *Lean* nas empresas dos segmentos em questão, a fim de corroborar com o direcionamento mais assertivo de esforços aos constructos mais vulneráveis ao respectivo setor.

2. Referencial Teórico

De acordo com Deshmukh et al. (2022), no que compete a filosofia Lean, ressalta a importância da utilização máxima dos recursos, concentrando-se na redução de diversos tipos de desperdícios como, por exemplo, inventário, transporte, movimentação, excesso de produção e defeitos. O pensamento de produção enxuta visa atingir a perfeição, priorizando tarefas que agregam valor e eliminando as que não agregam.

Apesar de todos os benefícios das práticas Lean, esse processo apresenta desafios significativos, como destacado por Kumar et al. (2022) e Cielusinsky et al. (2020). Mudar os processos produtivos não é uma tarefa simples, podendo ser custoso e lento, uma vez que algumas etapas são essenciais para o sucesso da implementação, como a identificação dos tipos de desperdícios; sua eliminação através de técnicas específicas; a busca por formas de redução dos mesmos e; o cálculo dos ganhos alcançados (KUMAR ET AL. 2022).

Para Milan et al. (2014), criar um modelo para compreender a capacidade de adoção das ferramentas Lean envolve entender as informações e indicadores já utilizados pela empresa. A participação ativa dos colaboradores e suas experiências anteriores são fundamentais para a aplicação desse novo conceito. Esse modelo pode servir como um guia para as organizações estabelecerem critérios comparativos entre os níveis de capacidade de adoção das ferramentas Lean.

A filosofia Lean não se restringe apenas ao chão de fábrica, mas pode ser aplicada em diversas áreas, incluindo serviços, saúde, logística e desenvolvimento de produtos. Sua ênfase na eliminação de desperdícios, melhoria contínua e respeito pelas pessoas a torna uma abordagem holística e abrangente para a gestão empresarial Ohno (2019). Portanto, a visão geral do Lean é de uma filosofia de gestão que busca aprimorar a eficiência, a qualidade e a agilidade organizacional através da eliminação de desperdícios e da promoção da melhoria contínua em todos os níveis da organização.

De acordo com Santos Bento et al, (2018), a melhor forma para avaliar a maturidade de um processo está na compreensão do nível de experiência das operações de uma empresa. Essa

compreensão é alcançada ao saber como essas operações são medidas, controladas e gerenciadas. Por meio desse entendimento, é possível identificar o potencial da organização e avaliar sua consistência na obtenção de resultados. Entretanto, o entendimento da maturidade é fundamental ao saber seus pontos fortes e fracos para que essa filosofia seja implantada.

3. Metodologia

A metodologia utilizada para a construção deste artigo tomou como base o artigo desenvolvido por Ait Abdelmalek et al. (2023). O desenvolvimento original teve por objetivo a busca em construir uma escala de medição da capacidade dos serviços públicos em adotar a abordagem Lean baseado no paradigma de Churchill (1979). Embora este paradigma seja hoje contestado Rossiter (2002), permanece relevante porque propõe regras precisas e medidas simples para a construção de escalas de medição. Além disso, é particularmente apropriado para este estudo porque envolve o desenvolvimento de uma escala multi-item original.

3.1. Geração de Itens

Os itens da escala de medição da maturidade para a implementação das práticas Lean nas empresas foram gerados com base na literatura e apresentado por Abdelmalek et al. (2023), por um lado, e por outro lado, em discussões em grupo com colegas dos seguintes setores: calçadista, fabricante de máquinas, saúde e metal mecânico, com fins de enriquecer os critérios de avaliação resultantes da revisão da literatura. Assim, são gerados 24 itens conforme anexo. Ainda foram incluídas questões como: segmento (calçadista, fabricante de máquinas, saúde e metal mecânico), gênero, tempo de empresa, área de atuação (Gestão ou Operação), idade e nível de escolaridade.

Assim como no artigo original foram mantidas as definições dos 5 fatores sendo eles:

Fator 1: Liderança e espírito de equipe;

Fator 2: Foco no cliente;

Fator 3 : Comunicação;

Fator 4: Treinamento de funcionários;

Fator 5: Melhoria contínua.

Uma escala do tipo Likert de cinco pontos foi usada para medir os itens da seguinte forma: variando de discordo totalmente a concordo totalmente. Uma escala Likert é uma escala de classificação usada para medir atitudes, percepções e opiniões. Muitas vezes utilizadas em pesquisas de mercado e ciências sociais, os pesquisadores usam a escala para entender pontos de vista e sentimentos em relação a um produto, serviço, marca ou mercado, (JOSEPH F. ET

AL. 2009).

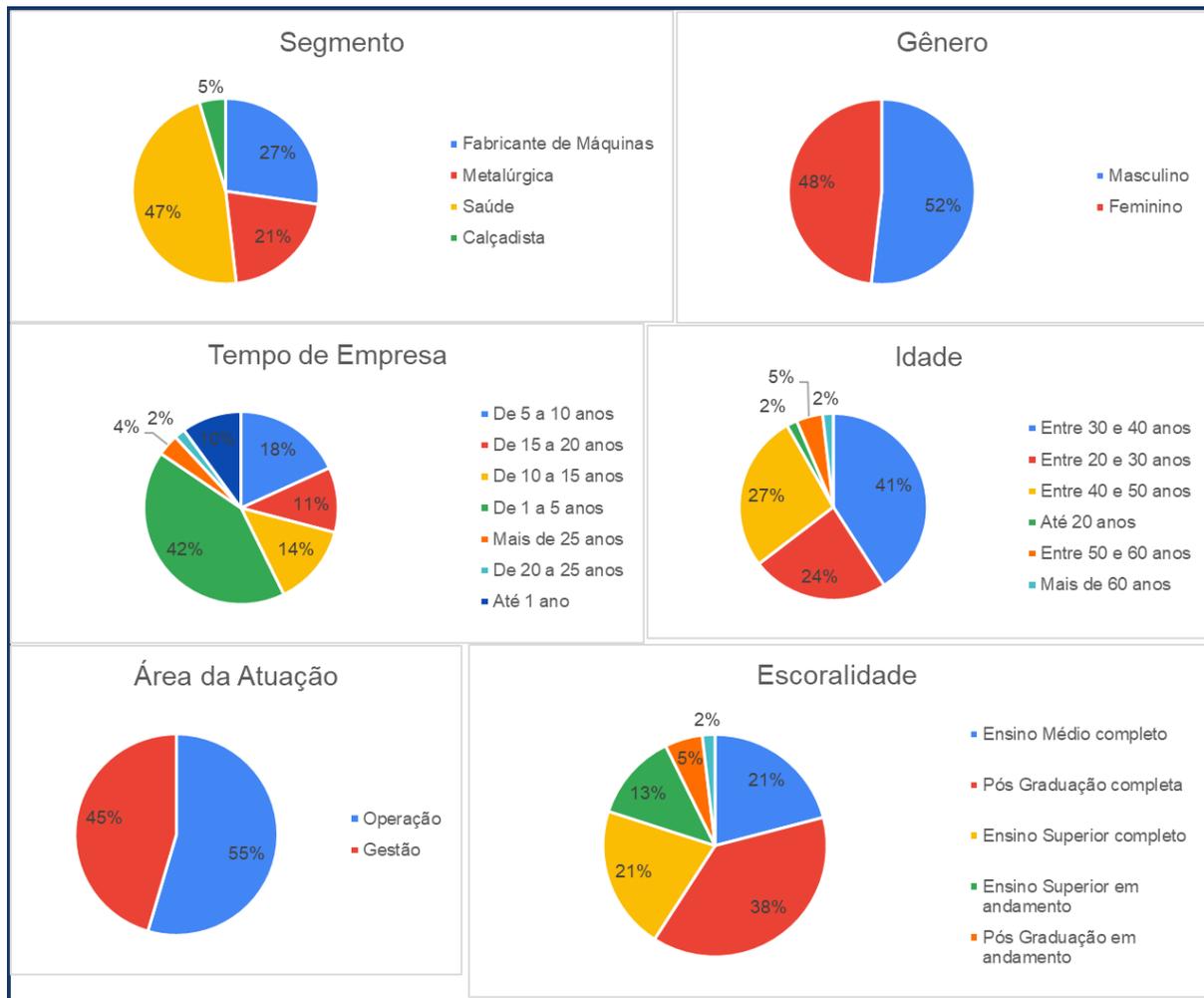
3.2 Coleta dos dados

Os dados foram coletados a partir da aplicação do questionário usando o Software *Google Forms*. Foi coletada uma amostra de 110 respostas, em 4 empresas, sendo uma do ramo calçadista, uma do ramo de fabricante de máquinas, uma do ramo da saúde e uma do ramo metal mecânico. Os questionários foram aplicados em um período de 15 dias no mês de abril de 2024. Os questionários foram distribuídos e preenchidos pelos participantes de diferentes níveis hierárquicos e áreas funcionais dentro das empresas, desde colaboradores operacionais até gestores, garantindo assim uma coleta de dados com boa representatividade de cargos e funções. O período de aplicação do questionário foi planejado para minimizar possíveis interferências sazonais ou eventos específicos que pudessem influenciar as respostas dos participantes.

4. Resultados

Os dados coletados foram analisados usando Software *Excel* em primeiro momento. Foi avaliado se houve inconsistência nas respostas usando a análise de desvio padrão para cada questionário. Todas as respostas foram diferentes de zero, isso comprova que no mesmo questionário não foi seguido um padrão de sempre o mesmo grau para todas as questões. Para determinar o perfil dos respondentes, os autores realizaram uma análise exploratória dos dados recolhidos para a elaboração das análises conforme figura 1.

Figura 1: Perfil da amostra



Fonte: dados da pesquisa (2024)

O perfil dos respondentes da entrevista revela uma distribuição equivalente em termos de gênero, com 48% identificados como do sexo feminino e 52% como do sexo masculino. Dentre esses, 45% ocupam cargos de gestão, enquanto 55% desempenham funções operacionais. No que diz respeito à escolaridade, observa-se que 38% dos entrevistados têm nível de pós-graduação completo e 75% possuem idade igual ou superior a 30 anos.

Foram realizadas as análises descritivas das respostas dos entrevistados através de análise fatorial ANOVA, usando o software *Jamovi*. Na Tabela 1 foram relacionados o segmento pelos fatores.

Tabela 1: Estatísticas descritivas para segmento

	Segmento	N	Média	Desvio-padrão	Erro-padrão	P
Liderança e Espírito de Equipe	Calçadista	5	4,28	0,54	0,2417	0,243
	Fabricante de Máquinas	30	3,91	0,423	0,0772	
	Metalúrgica	23	4,13	0,545	0,1136	
	Saúde	52	4,08	0,506	0,0702	
Foco no Cliente	Calçadista	5	3,96	0,385	0,172	0,562
	Fabricante de Máquinas	30	4,16	0,51	0,0932	
	Metalúrgica	23	4,02	0,497	0,1036	
	Saúde	52	4,15	0,437	0,0606	
Comunicação	Calçadista	5	3,45	0,647	0,2894	0,499
	Fabricante de Máquinas	30	3,26	0,438	0,0799	
	Metalúrgica	23	3,43	0,545	0,1136	
	Saúde	52	3,23	0,613	0,085	
Treinamento	Calçadista	5	3,6	0,2	0,0894	0,188
	Fabricante de Máquinas	30	3,91	0,643	0,1173	
	Metalúrgica	23	3,59	0,752	0,1568	
	Saúde	52	3,77	0,57	0,0791	
Melhoria Contínua	Calçadista	5	3,92	0,716	0,32	0,095
	Fabricante de Máquinas	30	3,86	0,49	0,0895	
	Metalúrgica	23	3,77	0,484	0,1008	
	Saúde	52	3,53	0,605	0,084	

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Quando avalia-se os segmentos, observa-se que todos apresentam pequena diferença entre o desvio padrão e a média das respostas. No entanto, é interessante observar que o fator "foco no cliente" apresentou um ótimo alinhamento entre os segmentos, isso mostra que este fator apresenta um grau de maturidade elevado. Ainda nesta análise observou-se que para os fatores melhoria contínua e comunicação o grau de maturidade mostrou-se menor em comparação com as demais, mesmo que com um p-valor acima de 0,05, indicando baixa variação entre as médias e desvio padrão. No entanto, estes são fatores extremamente importantes para o resultado das organizações quanto à implantação do lean.

Na sequência buscou-se entender o comportamento quanto à área de atuação, gestão e operação. Entende-se que para o resultado positivo para a implantação do lean o nivelamento sobre o tema entre os grupos é extremamente importante. Abaixo os dados na Tabela 2.

Tabela 2: Estatísticas descritivas para área

	Área	N	Média	Desvio-padrão	Erro-padrão	P
Liderança e Espírito de Equipe	Gestão	50	4,04	0,439	0,0621	0,804
	Operação	60	4,06	0,546	0,0704	
Foco no Cliente	Gestão	50	4,2	0,429	0,0606	0,069
	Operação	60	4,04	0,489	0,0631	
Comunicação	Gestão	50	3,16	0,497	0,0703	0,024
	Operação	60	3,4	0,585	0,0755	
Treinamento	Gestão	50	3,78	0,617	0,0873	0,782
	Operação	60	3,75	0,637	0,0822	
Melhoria Continua	Gestão	50	3,8	0,542	0,0767	0,065
	Operação	60	3,6	0,581	0,075	

Fonte: dados da pesquisa (2024)

Os resultados indicam que para os fatores liderança e foco no cliente e treinamento há uma concordância entre os níveis, houve baixa variação nos resultados. Já o fator comunicação apresentou um p-valor abaixo de 0,05, isso sugere a existência de ruídos neste fator, sendo ele um dos principais fatores para o sucesso de uma organização. Quando analisa-se o nível de maturidade, o foco no cliente e liderança e espírito de equipe apresentaram os resultados mais altos, novamente os dois fatores mais bem pontuados. Essa descoberta sugere que, apesar das diferentes posições hierárquicas dos participantes, suas percepções em relação à liderança e ao foco no cliente dentro do contexto Lean são uniformes. Isso pode indicar uma cultura organizacional sólida e uma compreensão compartilhada das práticas e valores relacionados à liderança e ao desenvolvimento de habilidades dentro da filosofia Lean. No entanto, é importante realizar uma análise mais detalhada para compreender completamente os motivos por trás dessa consistência e suas implicações para a implementação eficaz do Lean em diferentes níveis hierárquicos dentro da organização.

A consideração do nível de escolaridade dos entrevistados é uma abordagem pertinente para entender melhor as diferenças percebidas nos outros tópicos avaliados anteriormente. Desta forma buscou-se realizar uma análise conforme Tabela 3.

Tabela 3: Estatísticas descritivas para escolaridade

	Escolaridade	N	Média	Desvio-padrão	Erro-padrão	P
Liderança e Espírito de Equipe	Ensino Médio completo	25	4,02	0,439	0,0879	0,484
	Ensino Superior completo	23	4,09	0,529	0,1102	
	Ensino Superior em andamento	14	3,86	0,418	0,1118	
	Pós Graduação completa	42	4,1	0,514	0,0793	
	Pós Graduação em andamento	6	4,2	0,681	0,2781	
Foco no Cliente	Ensino Médio completo	25	3,93	0,493	0,0986	0,063
	Ensino Superior completo	23	4,15	0,472	0,0984	
	Ensino Superior em andamento	14	3,94	0,44	0,1175	
	Pós Graduação completa	42	4,26	0,418	0,0645	
	Pós Graduação em andamento	6	4,17	0,48	0,1961	
Comunicação	Ensino Médio completo	25	3,28	0,475	0,095	0,884
	Ensino Superior completo	23	3,37	0,639	0,1332	
	Ensino Superior em andamento	14	3,27	0,624	0,1667	
	Pós Graduação completa	42	3,23	0,534	0,0823	
	Pós Graduação em andamento	6	3,46	0,66	0,2694	
Treinamento	Ensino Médio completo	25	3,54	0,634	0,1268	0,144
	Ensino Superior completo	23	3,85	0,65	0,1356	
	Ensino Superior em andamento	14	3,63	0,67	0,179	
	Pós Graduação completa	42	3,82	0,562	0,0867	
	Pós Graduação em andamento	6	4,23	0,599	0,2445	
Melhoria Contínua	Ensino Médio completo	25	3,66	0,403	0,0806	0,002
	Ensino Superior completo	23	3,61	0,564	0,1176	
	Ensino Superior em andamento	14	3,13	0,601	0,1605	
	Pós Graduação completa	42	3,87	0,524	0,0808	
	Pós Graduação em andamento	6	4,2	0,473	0,1932	

Fonte: dados da pesquisa (2024)

É interessante notar que, perante a esta análise os fatores comunicação, liderança e treinamento apresentam as menores variações quanto às suas médias e desvio padrão. No entanto o fator melhoria contínua apresentou uma alta variação, gerando um p-valor abaixo de 0,05, o que indica um desalinhamento neste fator importante dentro da cultura Lean. ainda percebe-se uma influência quanto ao nível de escolaridade, pois quanto maior o nível maior foi a média entre os entrevistado. Essa descoberta sugere que outros fatores, além do nível de escolaridade, podem estar influenciando as percepções dos entrevistados. Por exemplo, experiência profissional, tempo de serviço na empresa, treinamento específico em Lean, entre outros, podem desempenhar um papel importante na formação das opiniões dos entrevistados sobre os conceitos Lean.

Portanto, uma abordagem mais abrangente que leve em consideração outras variáveis como região demográficas e profissões dos entrevistados podem fornecer sugestões mais completas sobre as diferenças percebidas nos fatores que se sobressaíram como liderança e comunicação. Isso pode ajudar os pesquisadores a identificar fatores que influenciam as percepções em relação ao Lean a desenvolver estratégias mais eficazes para a implantação desses conceitos dentro das organizações.

5. Considerações Finais

Com base nos resultados desta pesquisa, pode-se obter uma visão ampla das percepções dos entrevistados em relação aos conceitos Lean. Foram explorados cinco fatores principais: liderança e espírito de equipe, foco no cliente, comunicação, treinamento de funcionários e melhoria contínua. Os resultados revelam que tanto a liderança quanto o treinamento são percebidos de maneira semelhante por funcionários em diferentes níveis hierárquicos, seja na gestão ou na operação.

Além disso, é evidente que o foco no cliente e liderança são de maior relevância para aqueles que trabalham na gestão e pelos profissionais da operação.

No que diz respeito aos diferentes segmentos, observa-se que o fator de melhoria contínua apresenta uma diferença significativa, com uma importância atribuída menor pelos respondentes do setor da saúde. Essa descoberta destaca a necessidade de abordagens específicas ao implementar práticas Lean nesse contexto particular.

Outro ponto relevante é que pessoas com níveis mais altos de escolaridade tendem a dar mais importância ao foco no cliente e à liderança. Portanto, a empresa deve considerar a educação e o desenvolvimento contínuo dos funcionários como parte integrante de sua estratégia Lean.

No contexto prático, destaca-se a capacidade das empresas analisadas em absorver os princípios do *Lean Manufacturing*. Os resultados da pesquisa revelam uma consistência homogênea nas respostas, indicando uma maturidade à filosofia Lean durante a avaliação. Essa regularidade sugere não apenas a importância do tema, mas também a necessidade de uma análise mais crítica e aprofundada..

Espera-se que este estudo contribua para o desenvolvimento de diretrizes práticas para a avaliação e o aprimoramento da gestão Lean nas empresas, corroborando com o direcionamento mais eficiente de esforços aos fatores mais vulneráveis nos respectivos setores. Os resultados decorrentes deste trabalho poderão ser utilizados por outros pesquisadores em suas futuras pesquisas.

Referencial Bibliográfico

CIELUSINSKY, Vivien et al. **Análise das principais métricas utilizadas por profissionais na avaliação da maturidade de projetos de lean.** Revista Produção Online, v. 20, n. 1, p. 202-220, 2020.

ADIGUZEL, Zafer. Competitive advantage and competitive dynamics in terms of strategic innovation orientation. **Financial Strategies in Competitive Markets: Multidimensional Approaches to Financial Policies for Local Companies**, p. 47-63, 2021.

UTKU, Durdu Hakan; SUBAŞI, Gizem; KASIMOĞLU, Fatih. **A bottleneck analysis for an automotive company.** Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, n. 35, p. 432-442, 2022.

JUNIOR, U. O. (2018). **Os desafios da implantação do 5S e padronização para a busca dos princípios Lean em uma indústria de auto peças.**

OHNO, Taiichi. **Toyota production system: beyond large-scale production.** Productivity press, 2019.

Análise multivariada de dados [recurso eletrônico] / Joseph F Hair Jr ... [et al.] ; tradução Adonai Schlup Sant'Anna. – 6. ed. –Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Bookman, 2009.

AIT ABDELMALEK, Ismail; HOUFAIDI, Souad. Developing a measurement scale of the public sector's ability to adopt lean. **Public Organization Review**, v. 23, n. 1, p. 149-158, 2023.

KUMAR, Naveen et al. **Lean manufacturing techniques and its implementation:** A review. *Materials Today: Proceedings*, v. 64, p. 1188-1192, 2022.

MILAN, Gabriel Sperandio; DOS REIS, Zaida Cristiane; COSTA, Carlos Alberto. **A implementação dos conceitos Lean no processo de desenvolvimento de novos produtos (DNP).** *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 16, n. 1, 2014.

DESHMUKH, Manish et al. **Study and implementation of lean manufacturing strategies:** A literature review. *Materials Today: Proceedings*, v. 62, p. 1489-1495, 2022.

Churchill, G. (1979). **Um paradigma para o desenvolvimento de melhores medidas de construções de marketing.** *Diário de Pesquisa de Marketing*, 16, 64–73.

Rossiter, Jr (2002). **O procedimento COARSE para desenvolvimento de escala em marketing.** *Revista Internacional de Pesquisa em Marketing*, 19(4), 305–335

WOMACK, J.P. ; JONES, D.T. ROOS, T. **A Máquina que Mudou o Mundo.** Rio de Janeiro, Editora Campus, 1992.

ANTUNES JÚNIOR, J.A.; KLIPPEL, A. F.; SEIDEL, A.; KLIPPEL, M. **Uma Revolução na Produtividade: A Gestão Lucrativa dos Postos de Trabalho.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

SANTOS BENTO, Graziela dos; TONTINI, Gérson. **Developing an instrument to measure lean manufacturing maturity and its relationship with operational performance.** *Total Quality Management & Business Excellence*, v. 29, n. 9-10, p. 977-995, 2018.

ANEXO

Construtos	Perguntas
Liderança e Espírito de Equipe	1. Meu supervisor imediato consegue fazer com que as pessoas trabalhem juntas. 2. Meu supervisor imediato facilita meu trabalho. 3. Meu superior imediato está atento ao que eu digo. 4. Percebo com facilidade quando um membro do time está precisando de ajuda. 5. Me sinto confortável quando solicitam a minha ajuda.
Foco no Cliente	6. Meu trabalho tem um número excessivo de tarefas. 7. Meu trabalho exige velocidade de execução. 8. No meu trabalho, é dada importância às necessidades e exigências dos clientes. 9. No meu trabalho, tenho conhecimento do quanto valor agrego ao produto do ponto de vista do cliente. 10. As tarefas que executo, sei o porque as faço e para quem as faço.
Comunicação	11. Na execução das minhas tarefas, encontro diversas interrupções e transtornos. 12. Recebo ordens contraditórias dos meus superiores. 13. No meu trabalho, as demandas e entregas são comunicadas de forma clara. 14. No meu trabalho, caso eu tenha alguma dúvida ou encontre certa dificuldade, consigo saná-la com a liderança.
Treinamento	15. Meu trabalho me obriga a aprender coisas novas. 16. Meu trabalho exige um alto nível de qualificação. 17. No meu trabalho recebo treinamento para exercer as tarefas diárias. 18. Meu trabalho disponibiliza instruções de treinamento para execução das tarefas diárias. 19. Meu trabalho disponibiliza tempo para treinamento e desenvolvimento.
Melhoria Contínua	20. Meu trabalho me permite tomar decisões de forma independente. 21. Tenho liberdade para decidir como faço meu trabalho. 22. No meu setor, são adotadas medidas para garantir a participação ativa dos trabalhadores na identificação de problemas e propostas de melhorias nos processos de produção. 23. As exigências em relação ao cuidado e a manutenção dos equipamentos utilizados estão sendo o suficiente para garantir a execução e a qualidade do trabalho. 24. Tem sido implementado novas ferramentas ou equipamentos para ajudar a melhorar a eficiência no trabalho.
Segmento	25. Qual o segmento de atuação da empresa que você trabalha?
Gênero	26. Gênero:
Tempo de Empresa	27. Tempo de Empresa:
Área	28. Em qual área você trabalha?
Idade	29. Qual a sua idade?
Escolaridade	30. Qual seu nível de escolaridade?

Melhoria de Processo por Meio da Smart Industry: Implementação de um Misturador em uma Indústria de Saneantes no Brasil

Renan Surian de Oliveira¹
renansurian@hotmail.com

Allan Teixeira dos Santos²
UNIFACOL
allanteixera.aut2012@gmail.com

Over Causil³
Universidad federal de pernambuco
montescausil.o@gmail.com

Sassha Rico Díaz³
Universidad federal de Pernambuco
sassha.rico@ufpe.br



A *Smart Industry*, ou indústria inteligente, embora com seus desafios para a implementação, surge com uma nova perspectiva para solucionar esses desafios e apresentar novas possibilidades, auxiliando as empresas a se manterem competitivas no mercado e se desvincularem de metodologias consideradas arcaicas. Neste contexto em uma indústria de saneantes desempenha um papel fundamental na economia brasileira, foram implementados novos equipamentos e sistemas automatizados para uma maior qualidade do produto, ao mesmo tempo em que se espera que aumentem a eficiência e a confiabilidade nos processos de fabricação envolvidos. A empresa analisada, localizada em Guarulhos – SP, enfrentava desafios significativos relacionados ao tempo de preparo e à qualidade de um de seus produtos, resultando em aumentos no "*lead time*" e prejuízos financeiros consideráveis. Após as inovações com novo misturador para automatização do processo otimizou o tempo de preparo, tornando-o cerca de 2,3 vezes mais rápido e melhorou drasticamente a previsibilidade do processo, em função de uma maior homogeneidade dos resultados.

Palavras-chave: Smart Industry, industria de saneantes, lead time, automatização.

1. Introdução

A indústria de saneantes desempenha um papel fundamental na economia brasileira, com implicações significativas para o Produto Interno Bruto (PIB) e a geração de empregos (MATTOS; DE MORAES, 2022). Tendo em vista o impacto das indústrias que atuam nesse setor, se faz necessária a busca por novas tecnologias que otimizem o processo produtivo de modo a atender novas demandas e melhorar a qualidade dos produtos manufaturados.

A *Smart Industry* ou indústria inteligente, embora com seus desafios, surge com uma nova perspectiva para solucionar esses desafios e apresentar novas possibilidades, auxiliando as empresas a se manterem competitivas no mercado e se desvinculem de metodologias consideradas arcaicas (DA SILVA et al., 2020; DEMARTINI; TONELLI, 2018; JAVAID et al., 2022; TORTORELLA; FETTERMANN, 2018).

Nesse contexto, a implementação de novos equipamentos e sistemas automatizados promete uma maior qualidade do produto, ao mesmo tempo em que se espera que aumentem a eficiência e a confiabilidade nos processos de fabricação envolvidos. As ferramentas da qualidade são parte fundamental, pois auxiliam no monitoramento e contribuem para a visualização e quantificação dos benefícios das mudanças implementadas, garantindo o sucesso financeiro, produtivo e sustentável nas organizações (FOIDL; FELDERER, 2018; MORAIS et al., 2020; TORTORELLA; FETTERMANN, 2018).

A empresa analisada enfrentava desafios significativos relacionados ao tempo de preparo e à qualidade de um de seus produtos, resultando em aumentos no "*lead time*" e prejuízos financeiros consideráveis. Com o objetivo de superar essas dificuldades, a organização empreendeu esforços para modernizar suas operações, substituindo uma metodologia de preparação manual anteriormente utilizada para um produto destinado ao tratamento de águas de piscina. O processo era amplamente dependente da habilidade e experiência dos operadores envolvidos. A solução adotada consistiu na implementação de um novo misturador, integrado a um sistema supervisor e automatizado equipado também por células de carga. Esse sistema visa otimizar e padronizar o processo, reduzindo a dependência da habilidade individual dos operadores e promovendo melhorias significativas na eficiência e na qualidade do produto final. O objetivo é conduzir uma análise comparativa entre o modelo antigo e o modelo atual do processo produtivo de um produto químico, com ênfase na modernização e automação. Busca-se identificar os benefícios potenciais dessa transição, empregando ferramentas da qualidade, incluindo a coleta de dados, a elaboração de histogramas, a construção de fluxogramas, o controle do processo e a análise de dados organizacionais para avaliar as variáveis do processo.

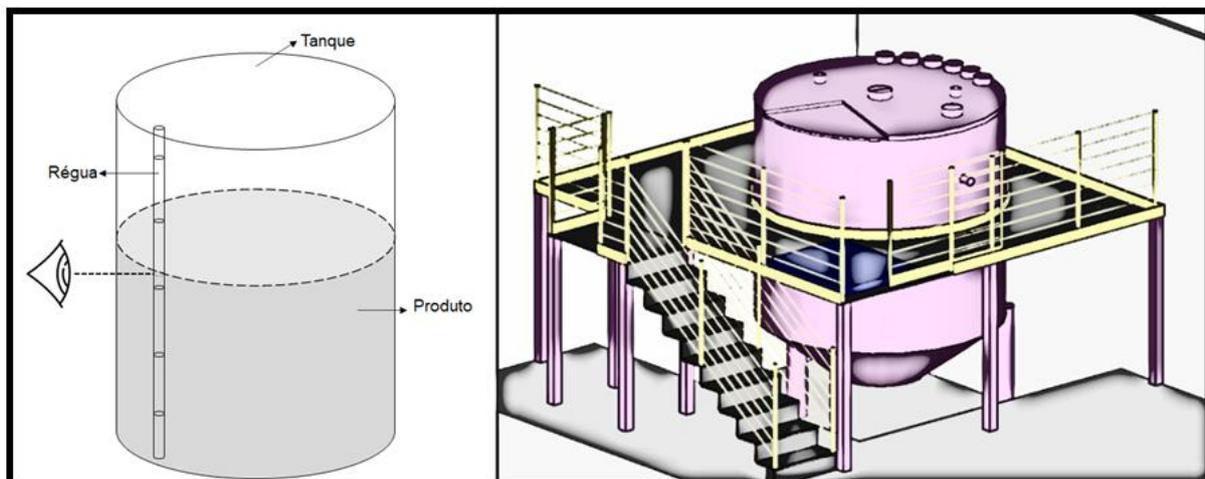
2. Métodos

Foi realizada uma pesquisa explicativa, na qual se buscou compreender as causas e efeitos da modificação do processo produtivo por meio da análise de dados quantitativos que foram obtidos utilizando-se métodos experimentais. Os dados do projeto foram coletados no período de maio/2022 a outubro/2023 (18 meses) em uma empresa localizada em Guarulhos - SP, especializada em produtos para tratamento de águas.

Dentre os itens manufaturados, optou-se por avaliar os resultados do teor de ativo (concentração do composto químico responsável pela atividade desejada) de um produto, denominado como "GF" para fins de pesquisa, cujo processo de preparação (mistura de matérias primas para fabricação de um produto químico) foi inteiramente alterado no que se refere a metodologia e tempo, conforme exemplificados nos fluxogramas 1 e 2.

No método de preparação antigo, a metodologia empregada para verificar a quantidade de cada uma das matérias primas adicionadas, dependia da avaliação visual do operador do nível do tanque de preparação (figura 1) e cada batelada produzia cerca de 30.000 L do produto acabado.

Figura 1 - Ilustração da verificação visual dos volumes adicionados de cada matéria prima no tanque de preparação com auxílio da régua de volume e do novo misturador



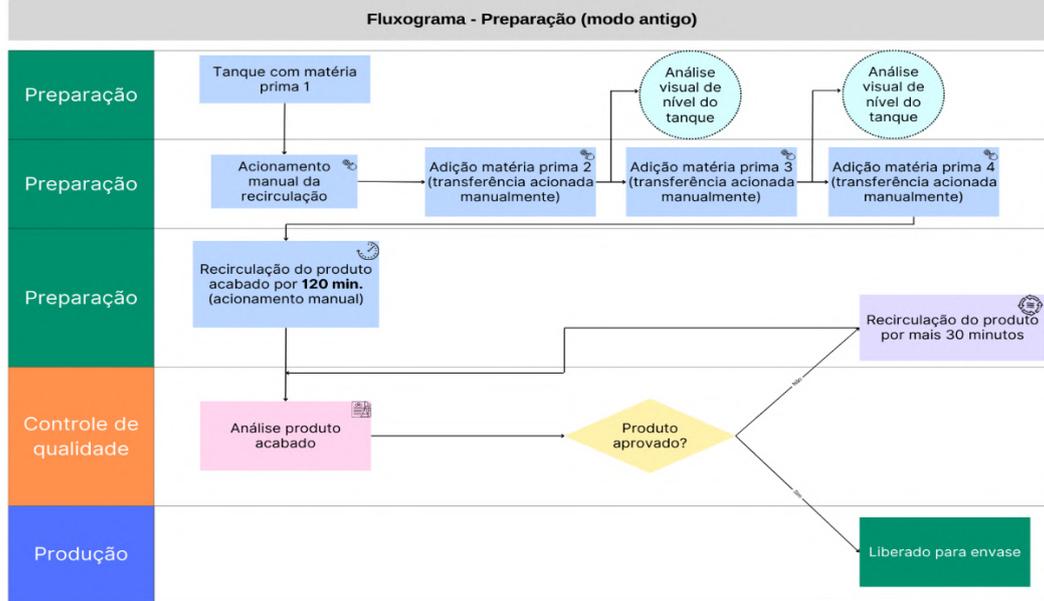
Fonte: Autores (2023)

Após a implementação do novo misturador (figura 1), o sistema interpreta o volume da matéria prima adicionada por meio da célula de carga e inicia as próximas etapas automaticamente (adição das demais matérias primas e recirculação) através do script de preparação do GF implementado no sistema e exposto por meio de uma IHM, cada batelada produz cerca de 10.000 L do produto acabado.

Foram realizadas análises dos impactos da implementação do novo misturador no sistema de preparação de líquidos em uma indústria de produtos domissanitários por meio do estudo

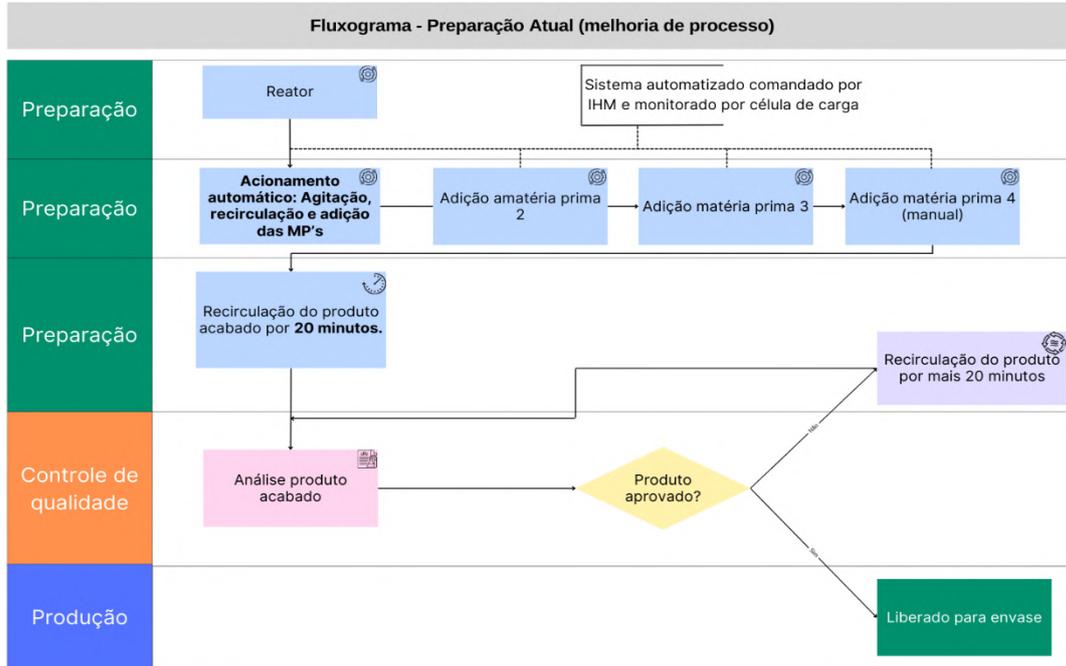
comparativo entre os dados coletados do processo atual e o processo superado. Os benefícios foram verificados através da avaliação de dados e registros operacionais da empresa com o auxílio de ferramentas estáticas e ferramentas da qualidade.

Fluxograma 1 - Exemplificação e sintetização do método antigo empregado na preparação do GF.



Fonte: Autores (2023)

Fluxograma 2 - Exemplificação e sintetização do método atual empregado na preparação do GF.



Fonte: Autores (2023)

2.1. Dados e registros

Durante cada batelada, definida como um processo no qual uma quantidade específica de matéria-prima é processada ou produzida de uma só vez em uma única operação de produto fabricado, uma amostra de GF foi coletada pelo laboratório de controle de qualidade para análise do teor de ativo.

No método anterior, foram coletados 112 teores de ativo de cada uma das bateladas preparadas durante o período de 18/05/2022 a 20/04/2023, totalizando aproximadamente 11 meses, em torno de um resultado a cada dois dias úteis. Após a implementação do novo sistema, foram compilados 74 teores de ativo de cada batelada em um intervalo de 6 meses, compreendido entre 27/04/2023 e 28/10/2023, aproximadamente 1,2 resultados a cada dois dias úteis.

Além da análise do teor de ativo, também foi examinado o tempo despendido, em minutos, para a preparação e liberação de cada lote do produto acabado.

2.3. Histograma

Os histogramas são gráficos estatísticos amplamente utilizados na análise de dados. Eles fornecem uma avaliação visual da variabilidade de um processo ou serviço. Para sua elaboração manual é necessário realizar as seguintes etapas:

Tabela 1 - Etapas para criação de um histograma.

Etapa	Procedimento
1) Determinar o número de classes (k)	$k = \sqrt{n}$ (n = número de análises)
2) Calcular a amplitude da amostra (R)	$R = V_{max} - V_{min}$ (V = valor)
3) Calcular a amplitude da classe (h)	$h = \frac{R}{k}$
4) Calcular os valores máximos e mínimos de cada classe	V_{min} $V_{min} + h = V_2 \quad \dots \quad V_2 + h = V_3 \quad \dots$
5) Calcular as frequências (f) de cada classe	Verificar a quantidade de análises (n) dentro de cada classe.
6) Construir o histograma	Utilizar ferramenta gráfica para a elaboração do gráfico.

Fonte: Autores (2023)

2.4. Fluxograma

O fluxograma é uma ferramenta aplicada em diversas áreas que se utiliza de simbologias em

etapas, ilustradas de forma sequencial para mapear decisões de processos com o intuito de facilitar a sua visualização, planejamento e diagnóstico de possíveis desperdícios de tempo e recursos.

2.5. Controle do processo

Ferramenta de monitoramento de processos produtivos cujo objetivo é a identificação das causas envolvidas em variações na qualidade de um produto ou serviço.

Nesse contexto, a empresa definiu que o teor de ativo do GF pode variar de 9 a 12%, e para que fosse possível avaliá-lo, criou-se um gráfico plotando todos os resultados de cada uma das análises do método antigo e do método atual. Além disso, sintetizou-se o teor de ativo em histogramas com o intuito de entender o comportamento do processo antes e depois da instalação do misturador.

Foram utilizadas também ferramentas estatísticas de modo a auxiliar na comparação dos processos.

Equação (1) Média

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

\bar{X} : Média

$\sum_{i=1}^n x_i$: Soma de todos os elementos

n : Quantidade de elementos presentes

Equação (3) Desvio padrão

$$s = \sqrt{s^2}$$

s : Desvio padrão

s^2 : Variância

Equação (2) Amplitude

$$R = x_{máximo} - x_{mínimo}$$

R: Amplitude

$x_{máximo}$: Maior valor dentre os elementos

$x_{mínimo}$: Menor valor dentre os elementos

A variância é uma medida estatística que quantifica a dispersão dos valores de um conjunto de dados em relação à sua média. Ela é calculada como a média dos quadrados das diferenças entre cada valor individual e a média do conjunto de dados. A variância expressa o quão distantes os valores individuais estão da média.

O desvio padrão é outra medida estatística que está intimamente relacionada à variância. Ele é calculado como a raiz quadrada da variância e também fornece uma medida da dispersão dos valores em torno da média de um conjunto de dados.

3 Resultados e Discussão

3.1. Teor de ativo pelo método antigo

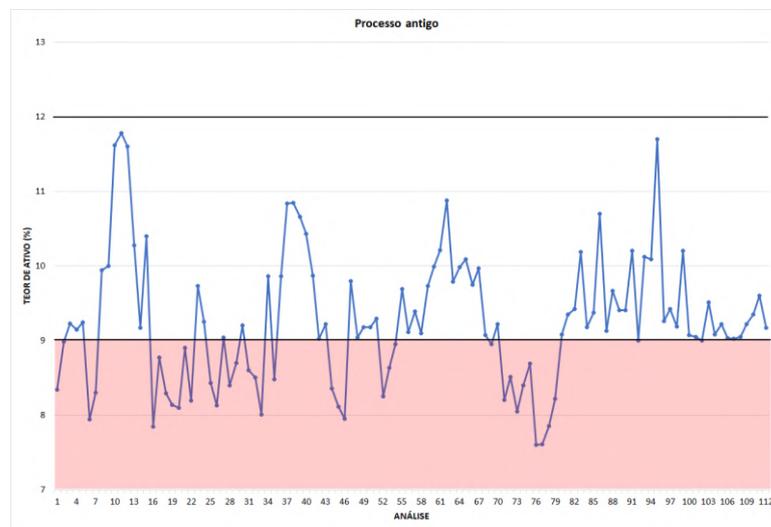
Foram sintetizados e plotados graficamente os resultados do teor de ativo com o método antigo sendo empregado na preparação do GF.

É possível verificar por meio do gráfico 1 que o método antigo de preparação apresentou uma quantidade significativa de produtos fora da especificação (faixa vermelha, teor abaixo de 9%). Nesse sistema de preparação, a fração defeituosa apresentou resultado de 0,3125, ou seja, 31,25% dos produtos analisados não estavam aptos a serem comercializados.

Embora seja expressiva a porcentagem de resultados não conformes, a média do teor de ativo manteve-se dentro da especificação ($\bar{X} = 9,26\%$) próximo do valor mínimo permitido, com desvio padrão 0,88 e amplitude de 4,18% do teor de ativo.

De forma a auxiliar na visualização do padrão de variação do processo, elaborou-se o histograma, apresentado no gráfico 2.

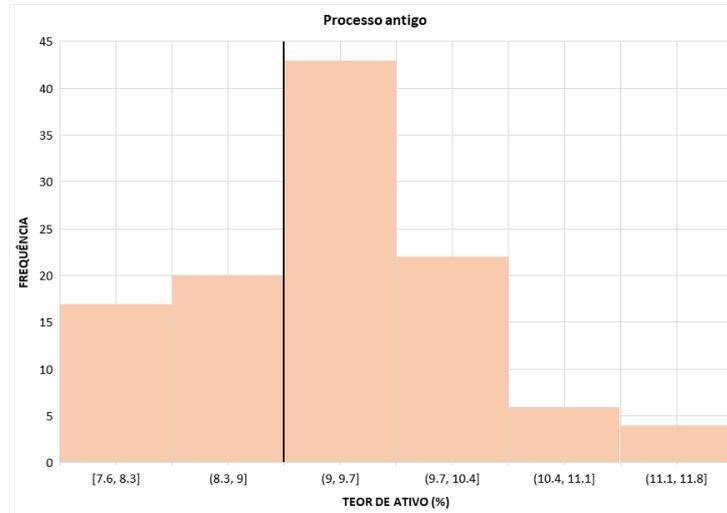
Gráfico 1- Resultados do teor de ativo do GF com o sistema de preparação antigo (visualização de nível) com as faixas de limite superior e inferior.



Fonte: Os Autores (2023)

Por meio dos resultados, é possível verificar que o histograma construído é assimétrico à direita, indicando certa influência de limitações para valores mais altos que podem ser atribuídos ao GF, além de evidenciar as duas classes de teor de ativo com resultados não aceitáveis para os limites estipulados pela empresa (SILVA; FERNANDES; ALMEIDA, 2015).

Gráfico 2 - Histograma representativo do processo antigo empregado na preparação do GF com as faixas de limite superior e inferior.

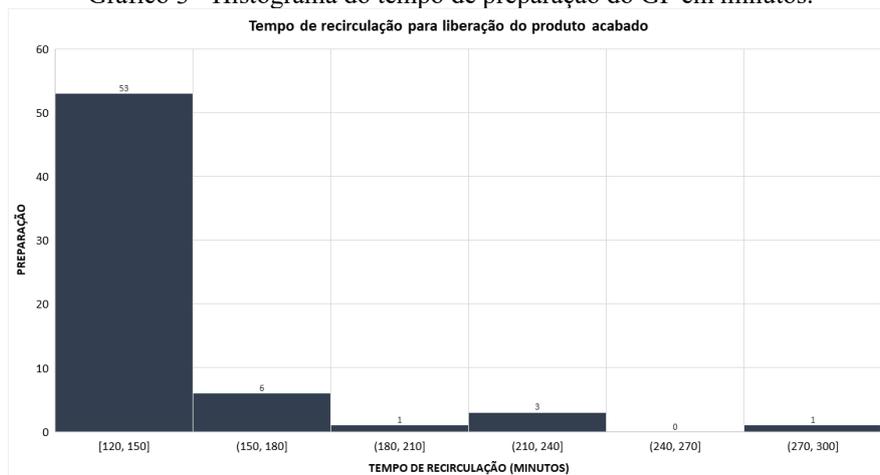


Fonte: Autores (2023)

3.2 Tempo de preparação

O tempo desempenha um papel significativo na tomada de decisões. Dessa maneira, quantificou-se o tempo em minutos para a preparação do GF, levando-se em consideração, assim como já demonstrado no fluxograma 1, que caso o produto acabado estivesse fora da especificação, o procedimento adotado seria mantê-lo por mais 30 minutos em recirculação até a próxima análise. Ou seja, foi considerado somente o tempo total de preparação para os produtos que foram aprovados. O gráfico 3 abaixo apresenta o histograma contendo essas informações.

Gráfico 3 - Histograma do tempo de preparação do GF em minutos.



Fonte: Autores (2023)

Por meio da análise visual dos dados é possível concluir que as preparações utilizaram, em sua

maioria, de 120 a 150 minutos para finalização do produto, com média de aproximadamente 138 minutos.

3.4 Teor de ativo preparação pelo novo método

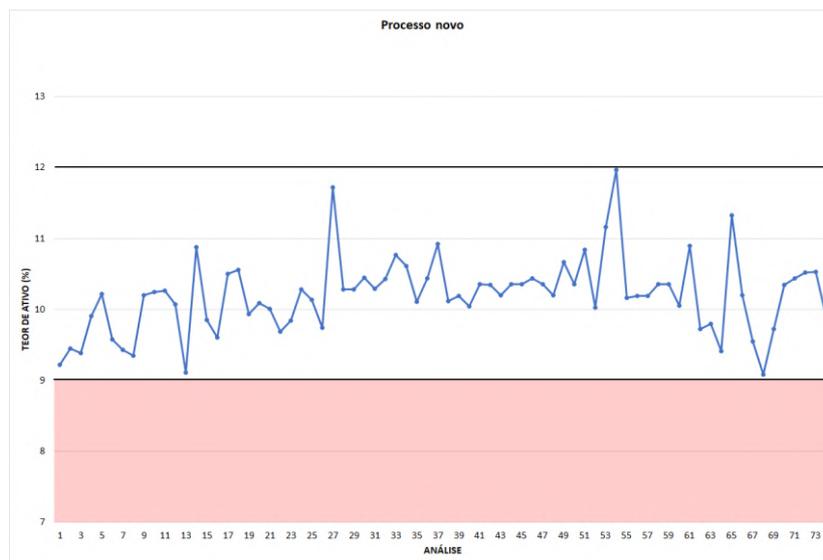
Para realizar um estudo comparativo, compilou-se os resultados obtidos a partir do novo método de preparação do GF adotado pela empresa. É possível verificar por meio do gráfico 4 que o método de preparação adotado, aprimorou drasticamente o controle do processo, pois não houve nenhum resultado de teor de ativo fora da especificação indicado pela faixa vermelha, teor abaixo de 9%. Dessa forma não há valor de fração defeituosa.

A média do teor de ativo no novo método é cerca de 1% acima da média do método antigo ($\bar{X} = 10,21\%$), com desvio padrão de 0,53 e amplitude de 2,89% do teor de ativo.

Sabendo que o conceito de desvio padrão é a distribuição dos valores em torno da média é possível concluir que, o teor de ativo após a melhoria de processo, apresentou resultados mais homogêneos e concisos quando comparados com o método de preparação utilizado anteriormente cujo desvio padrão é maior (SOUSA, 2021 E COSTA NETO, 2002).

A amplitude atual é cerca de 1,5 vezes menor, demonstrando uma menor dispersão de resultados, como já verificado pela análise do desvio padrão.

Gráfico 4 - Resultados do teor de ativo do GF com o sistema de preparação atual (novo misturador com suporte de célula de carga e IHM) com as faixas de limite superior e inferior.

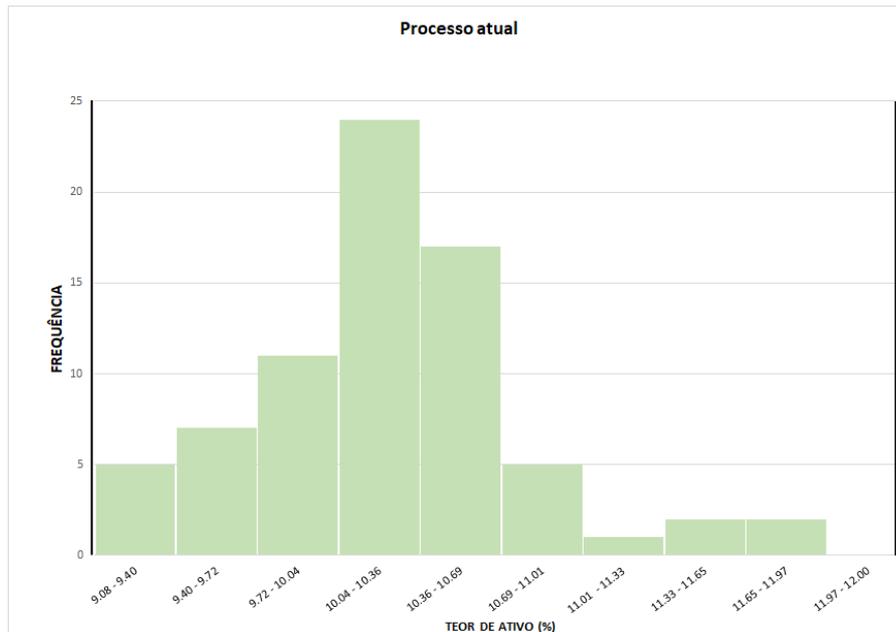


Fonte: Autores (2023)

Para corroborar com os resultados apresentados do padrão de variação do processo, elaborou-se um histograma, apresentado no gráfico 5, onde é possível verificar que no processo atual ainda há certa assimetria à direita, o que é plausível e esperado em função das metodologias e

estratégias adotadas pela empresa na preparação do GF. Porém, comparado ao gráfico 2 (histograma do processo superado), foi possível verificar novamente, que o novo misturador permitiu estabilizar e tornar nula a presença de GF fora da especificação.

Gráfico 5- Histograma representativo do processo atual empregado na preparação do GF com as faixas de limite superior e inferior.



Fonte: Autores (2023)

3.5 Tempo de preparação

O método atual também modificou essencialmente o tempo para a preparação do produto acabado (exposto no fluxograma 2) e como não houve nenhuma análise cujo teor de ativo não atendesse as exigências estabelecidas, o tempo para todas as preparações manteve-se em 20 minutos.

É importante mencionar que com a troca da metodologia de preparo, houve aumento na quantidade de produto final produzido. A tabela 2 relaciona a média dos dados de tempo entre os dois métodos levando em consideração a quantidade produzida por batelada.

Tabela 2 - Comparação do tempo de preparação e volume por batelada dos dois métodos.

	Tempo médio (min)	Volume (L) por batelada
Método antigo	137,81	30000
Método atual	20	10000

Fonte: Autores (2023)

Para que fosse possível realizar a comparação do tempo de preparo do mesmo volume de produto acabado, optou-se por avaliar um terço do volume e, conseqüentemente, o tempo do processo superado apresentado na tabela 3.

Tabela 3: Comparação do tempo de preparação e volume por batelada dos dois métodos com os valores do método antigo atualizados para o mesmo volume de preparação do método atual.

	Tempo médio (min)	Volume (L) por batelada
Método antigo	45,94	10000
Método atual	20	10000

Fonte: Autores (2023)

Dessa forma, se torna notável que a implementação de novas tecnologias por meio de toda a infraestrutura do novo misturador tornou 2,3 vezes mais rápido o tempo de preparação de 10.000 L de produto. Quantidade muito expressiva, que demonstrou a superioridade do processo atualizado.

3.6. Comparação dos métodos

Foram reunidos na tabela 4 os resultados apresentados nos dois métodos de preparação, com o intuito de compará-los diretamente.

Tabela 4 - Comparação dos resultados dos dois métodos utilizados de preparação do GF.

	Média teor de ativo (%)	Desvio padrão	Amplitude	Fração defeituosa	Tempo de preparação (min)
Método antigo	9,26	0,88	4,18	0,3125	45,94
Método atual	10,21	0,53	2,89	0	20

Fonte: Autores (2023)

Diante dos resultados expostos, é evidente que o processo implementado na empresa, possibilitou uma mudança profunda no método de preparo, impactando positivamente em todos os aspectos relevantes do processo.

Além do desvio padrão evidenciar uma maior homogeneidade nos resultados do produto acabado, a melhora abrupta encontra-se na fração defeituosa e no tempo de preparo. Enquanto

no método antigo 31,2% das amostras analisadas apresentaram teor fora do especificado e um tempo de cerca de 46 minutos para preparação de 10.000 L, a implementação do novo misturador possibilitou diminuir o tempo da análise para 20 minutos e zerar completamente a presença de GF com teor de ativo abaixo de 9%.

Por meio da análise de dados e indicativos da qualidade, tornam-se evidenciados os benefícios da mudança de processo implementada, possibilitando que a empresa se aproxime ainda mais do modelo ideal da *Smart Industry* e dos modelos *lean* de produção (RICARDO *et al.*, 2022).

3.7. Contribuição Geral

Por meio do presente projeto foi possível evidenciar os frutos da implementação de novas tecnologias numa indústria de saneantes. Com o auxílio das ferramentas utilizadas e os resultados sintetizados e discutidos nesse trabalho, tornou-se evidente a melhoria de processo, uma vez que a partir da instalação do novo misturador, a empresa diminuiu o “lead time” de preparo e aumentou a qualidade e estabilidade do processo envolvido na preparação de um de seus produtos.

Dessa forma, o trabalho pode demonstrar que, com o aumento de tecnologias envolvidas em suas metodologias, a empresa cumpre com seu objetivo de estar cada vez mais próxima dos conceitos e modelos ideias da *Smart Industry*.

Nessa perspectiva, o novo misturador teve também impacto positivo no que se refere ao meio ambiente, uma vez que houve a diminuição nos gastos de energia da empresa em função da diminuição do tempo de preparo.

O fato de não haver produto fora da especificação diminuiu também as análises realizadas, impactando diretamente na redução dos resíduos químicos e sólidos industriais gerados.

Em função do aumento da complexidade dos processos envolvidos na implementação das novas tecnologias, houve a necessidade da qualificação de mão-de-obra gerando profissionais mais capacitados.

Nesse contexto, um dos principais benefícios está associado ao âmbito financeiro, uma vez que houve diminuição dos gastos, associados justamente ao aumento da inteligência das máquinas, que por sua vez evitam ainda mais o desperdício de matérias-primas.

4. Conclusão

A automatização do processo produtivo de uma indústria de saneantes localizada na cidade de Guarulhos, por meio da implementação de um novo misturador para automatização do processo

produtivo demonstrou ser benéfica em diversos aspectos.

O processo atual otimizou o tempo de preparo, tornando-o cerca de 2,3 vezes mais rápido e melhorou drasticamente a previsibilidade do processo, em função de uma maior homogeneidade dos resultados, tendo em vista o desvio padrão de 0,53 do processo atual que é consideravelmente menor quando comparado ao 0,88 observado no método antigo.

Além disso, houve a nulidade da presença de teor de ativo fora da especificação do produto acabado GF no sistema implementado, o que representa um impacto significativo para a empresa quando comparado com a fração defeituosa de 0,3125 do método antigo.

Apesar dos avanços tecnológicos implementados serem recentes, já demonstram ganhos notáveis na produtividade, que contribuirão diretamente no equilíbrio e manutenção financeira da empresa. Sendo uma modificação recente, ainda não há uma quantidade significativa de dados de longo prazo, portanto, novos estudos de amadurecimento do processo seriam importantes para avaliação contínua das melhorias.

REFERÊNCIAS

- APARECIDA DA SILVA, E.; MESQUITA OLIVEIRA DE MOURA, I. E.; MACHADO MOITA NETO, J. REGULAÇÃO DE SANEANTES EM TRÊS MERCADOS MUNDIAIS: A EFETIVIDADE DO CASO BRASILEIRO. *Veredas do Direito – Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável*, v. 20, p. e202543, 24 nov. 2023.
- COSTA NETO, P. L. DE O. *Estatística*. 2. ed. [s.l: s.n.].
- DA SILVA, V. L. et al. Implementation of Industry 4.0 concept in companies: empirical evidences. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, v. 33, n. 4, p. 325–342, 2 abr. 2020.
- DEMARTINI, M.; TONELLI, F. **Quality management in the industry 4.0 era**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85056285688&partnerID=40&md5=41c8e840ea0982efc294c9f15f4a588f>>
- FOIDL, H.; FELDERER, M. Integrating software quality models into risk-based testing. *Software Quality Journal*, v. 26, n. 2, p. 809–847, 1 jun. 2018.
- JAVOID, M. et al. Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. *Sustainable Operations and Computers*, v. 3, p. 203–217, 1 jan. 2022.
- MATTOS, F.; DE MORAES, B. **O segmento de produtos de limpeza tem papel protagonista nas economias industrial**. [s.l: s.n.].
- MORAIS, M. DE O. et al. A evolução da qualidade na indústria 4.0. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, p. e3929108634, 1 out. 2020.
- RICARDO, L. et al. **A INDÚSTRIA 4.0 COM A PERSPECTIVA LEAN**Revista FIBiNOVA [. [s.l: s.n.].
- SILVA, J. L. DE C.; FERNANDES, M. W.; ALMEIDA, R. L. F. DE. *Estatística e Probabilidade*. 3. ed. Fortaleza: [s.n.].
- SOUSA, J. DE A. **DESENVOLVIMENTO E INDÍCIOS DE VALIDADE DE UMA ESCALA DE RELACIONAMENTO (ERC) COM USUÁRIOS DE STREAMING DE VÍDEO**. Brasília: Universidade de

Brasília, 22 out. 2021.

SOUZA, M. G. DE A. et al. Fatores de interferência na qualidade da desinfecção e limpeza de superfícies hospitalar. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 2, p. 8981–8993, 20 abr. 2021.

TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D. Implementation of industry 4.0 and lean production in Brazilian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2975–2987, 18 out. 2018.

MODELO DE ACOMPANHAMENTO DE ESTOQUE BASEADO EM PONTO DE PEDIDO COM A UTILIZAÇÃO DE LOTES ECONOMICOS DE COMPRA EM UM VAREJO DE CALÇADO DE BELÉM - PA

Dion Henrique Ferreira da Cunha (Universidade do Estado do Pará)
dion.hfdcunha@aluno.uepa.br

Maria Regina Viana Lopes (Universidade do Estado do Pará)
maria.rvlopes@aluno.uepa.br

André Clementino de Oliveira Santos (Universidade do Estado do Pará)
andre.santos@uepa.br



O presente trabalho trata da implementação de um modelo de acompanhamento do estoque de uma coleção de peças de um varejo de calçados baseados em Ponto de Pedido com a utilização de Lotes Econômicos de Compra, pois a empresa não executava nenhum modelo de controle adequado para seus estoques. Para que o trabalho fosse possível, foi necessária a coleta dos dados diretamente com a proprietária do varejo, para que em seguida fossem realizados os cálculos utilizando as técnicas de previsão de demanda para encontrar o estoque de segurança. Foi possível alcançar o Ponto de Pedido de 29 unidades e um Lote Econômico de Compra de 146 unidades 6 vezes ao ano por um custo total de R\$ 45.871,47 junto ao fornecedor, uma redução de R\$ 4.128,53 em relação ao valor praticado antes. O objetivo principal do trabalho foi fornecer ao estabelecimento um modelo confiável de monitoramento de estoques, por intermédio da aplicação de ferramentas como previsão de demanda, ponto de pedido e lote econômico de compra. Ao final, foram feitas considerações acerca do modelo e de oportunidades de melhorias, com sugestões sobre aplicações do modelo desenvolvido.

Palavras-chave: Ponto de pedido, Lote econômico, Gestão de Estoque.

1. Introdução

A efetiva administração de inventários é essencial para que a empresa mantenha sua competitividade no mercado, porém representa um desafio significativo para organizações de pequeno e médio porte, uma vez que requer um considerável investimento financeiro. Dessa forma, é fundamental que os estoques, célula principal dos inventários dessas empresas, sejam devidamente planejados e monitorados.

O estoque permite às organizações tirar vantagem das oportunidades em curto prazo. Adicionalmente, manter um estoque reduzido pode levar a custos significativos de escassez de produtos, enquanto, por outro lado, manter estoques elevados pode resultar em despesas operacionais e impactar o capital de giro da empresa, isto porque eles representam um ativo que não gera lucro imediato para a organização, porém oferecem a segurança ao evitar a falta de produtos, assegurando sua disponibilidade para os clientes.

Nesse sentido, a gestão de estoques busca alcançar o equilíbrio entre oferta e demanda, a qual pode até mesmo se tornar um ponto distintivo entre as empresas. A determinação dos níveis de estoque deve ser pautada pela estratégia de cada organização e pelas particularidades de cada setor.

Dentre as ferramentas auxiliares para a gestão de estoques, destacam-se a previsão de demanda, o controle das saídas de estoque, o estoque de segurança, o ponto de pedido, o lote econômico de compra e a política de revisão de estoque. Não obstante, neste trabalho, será prioridade determinar o estoque de segurança, o lote econômico de compra e o ponto de pedido, pois repousa uma vantagem competitiva a ser explorada no que tange ao lote econômico de compra baseado no ponto de pedido.

O presente estudo busca reduzir custos de uma empresa do ramo de comércio de calçados por intermédio da criação de um modelo de acompanhamento de estoques, algo que inexistia nas operações da empresa atualmente. Será utilizada como objeto de estudo a coleção de sandálias que possui maior rotatividade. Com base nas ferramentas expostas anteriormente, serão alcançados uma previsão de demanda e um estoque de segurança, fundamentos para se instaurar um ponto de pedido e um lote econômico de compra para a coleção. Posteriormente, serão feitas ponderações sobre os resultados alcançados e projeções futuras.

2. Referencial teórico

2.1 Gestão de estoques

De acordo com Pozo (2016), a gestão de estoques tem como objetivo determinar os diferentes níveis de materiais e produtos que a empresa necessita manter. É fundamental

estabelecer um planejamento abrangente para todas as atividades de controle de estoque, pois isso contribui significativamente para a redução dos custos operacionais anuais da empresa.

A falta de uma administração adequada pode levar a erros no controle de estoque, acarretando atrasos nas entregas e interrupções no processo produtivo, o que na realidade de pequenas e média empresas, corresponde a um réves dificilmente superado. Por isso, é fundamental aplicar indicadores de controle que contribuam para a precisão e eficiência da gestão de estoque, sendo os focos o estoque de segurança e o ponto de pedido, que proporcionam a disponibilidade máxima e o planejamento alinhado com os setores envolvidos. (Paoleschi, 2019)

2.2 Previsão de demanda

A previsão de demanda é essencial para a ascensão de um empreendimento, visto que esta é um pilar para o planejamento estratégico da produção e da cadeia de suprimentos, pois ela auxilia na tomada de decisões, destacando-se o planejamento da logística, marketing, produção e finanças (BRUSQUE; ZUCATTO, 2015). O processo de desenvolvimento de um modelo de previsão da demanda pode ser desdobrado em cinco etapas fundamentais. Primeiramente, estabelece-se o objetivo do modelo, o qual orientará a coleta e análise dos dados. Em seguida, seleciona-se a técnica de previsão mais adequada. Posteriormente, realiza-se o cálculo da previsão da demanda. E, como forma de aprimoramento contínuo, monitoram-se e atualizam-se os parâmetros utilizados no modelo por meio da análise dos erros de previsão.

A única coisa que se pode garantir é que o valor previsto será sempre uma aproximação do valor real. Porém, quanto mais apurada for a técnica empregada, melhor a base em cima da qual o planejador decidirá. A avaliação do erro de previsão servirá de base para o estabelecimento dos estoques de segurança do sistema, assim como para a atualização dos parâmetros do modelo de previsão. (Tubino, 2017)

2.3 Estoque de segurança

Os estoques de segurança são necessários para amortecer as variações de demanda durante o tempo de ressuprimento, para não haver erros no fluxo produtivo. Conforme (Tubino, 2017):

“No que se refere ao dimensionamento dos estoques de segurança, assim como na teoria do lote econômico, a determinação deles deve levar em consideração dois fatores a serem equilibrados: os custos decorrentes do esgotamento do item e os custos de manutenção dos estoques de segurança.”

Deste modo, é necessário determinar o estoque mínimo, ou seja, planejar o estoque para que ele consiga atender as possíveis adversidades no reabastecimento do produto. Por meio disso, vale salientar que quanto maiores forem os custos advindos da falta do produto, maiores deverão ser os níveis de segurança de estoques a serem mantidos. Assim sendo, as empresas adotaram um indicativo empírico de estoque de segurança que é determinado por 30% da média da demanda como termo de referência para a manipulação dos cálculos, isso quer dizer que é visado um armazenamento menor que essa taxa e a previsão que seja mais adequada. Em vista disso, o cálculo pode ser realizado por meio do Desvio Médio Absoluto (MAD) conforme a equação (Tubino, 2017):

$$Q_S = Z \cdot 1,25 \cdot \text{MAD}$$

Sendo o estoque mínimo, o fator 1,25 serve como coeficiente de segurança e Z é o valor do desvio padrão médio do nível de confiança, ao qual foi adotado 90% para este trabalho e corresponde ao valor tabelado de 1,28.

2.4 Lote econômico de compra

O Lote Econômico de Compra é uma ferramenta essencial na gestão de estoques que visa maximizar a eficiência operacional e reduzir custos de armazenamento e reposição, quando a empresa não detém meios de fabricação própria. Munido de diversos custos do cotidiano da empresa, ele estima o momento ideal para reposição, equilibrando custos de estoque e de pedidos, determinando o tamanho ideal do lote para minimizar custos anuais com estoque e as operações, e garantir disponibilidade dos produtos. (Silver, Pyke e Peterson, 1998)

Figura 1: Lote Econômico de Compra.

$$CT = D \cdot C + \frac{D}{Q} \cdot A + Q_m \cdot C \cdot I = D \cdot C + \frac{D}{Q} \cdot A + \frac{Q}{2} \cdot C \cdot I$$

Fonte: Tubino (2017)

Figura 2: Lote de Reposição

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot A}{C \cdot I}}$$

Fonte: Tubino (2017)

Onde:

$CT = \text{Custo Total}$

$D = \text{Demanda no período}$

$C = \text{Custo Unitário de compra}$

$Q = \text{Tamanho do Lote de Reposição}$

$A = \text{Custo Unitário de Preparação}$

$Q_M = \text{Estoque Médio do Período}$

$I = \text{Encargos Financeiros}$

2.5 Ponto de pedido

Essa prática envolve definir um nível específico de itens em estoque, conhecido como ponto de pedido ou reposição, que, ao ser alcançado, desencadeia o processo de reposição do item em uma quantidade previamente estabelecida. Para que o ponto de pedido seja mais confiável, é necessário conhecer o Lead Time do produto. Nesse sentido, faz-se a formulação a seguir, conforme (Tubino,2017):

$$P_p = (\text{demanda diária} * \text{tempo de ressurgimento}) + \text{estoque de Segurança}$$

3. Metodologia

Para o estudo de caso, foi realizada uma pesquisa quantitativa em uma empresa de calçados na região metropolitana de Belém. De acordo com Marconi (2022), a pesquisa quantitativa tem como característica a medição numérica para estabelecer padrões. A coleta dos dados, foram feitas *in loco* diretamente no estabelecimento. O objetivo foi explorar o problema da falta de controle de estoque e encontrar soluções através de revisões literárias, que guiassem os cálculos necessários para a solução do problema em questão. O estudo também incluiu a interpretação dos dados para aplicar habilidades de planejamento e controle da produção, considerando fatores quantitativos para obter resultados viáveis. A partir do modelo de previsão de demanda obtido foi possível realizar os cálculos para encontrar o melhor acompanhamento possível de estoque baseado em ponto de pedido.

4. Estudo de caso

4.1 Caracterização da empresa

Por intermédio de uma entrevista com a proprietária, chegou-se à caracterização do negócio. A empresa na qual foi realizado o estudo de caso se engloba no setor do comércio, especificamente no varejo de artigos de calçados. Atua no mercado varejista local desde 2003 e vem expandindo suas operações na última década, admitindo novos colaboradores e inaugurando unidades pela cidade.

Dentre as unidades já atuantes no setor, o foco do trabalho será na matriz, o primeiro centro

de operações. Esta possui um layout retangular, onde ao final deste situa-se o estoque de peças – um dos focos do estudo - para reposição ou para trocas por peças de dimensões diferentes em relação as peças em exposição nas vitrines.

O foco do produto será nos artigos de sandálias da marca MOLECA, fornecidas em atacado e por intermédio de coleções – a exemplo de coleção de verão, coleção retrô etc.

Firmou-se um contrato entre a proprietária e o fornecedor principal já mencionado em que é mandatório a compra em sua totalidade das coleções a preço fixo sempre que alguma vier ao mercado. Anualmente, os gastos com as coleções totalizam cerca de R\$ 50.000,00, conforme dados do sistema gerencial da proprietária. Nesse sentido, infere-se a existência da necessidade vital de vendas, de giros do estoque e do controle minucioso deste a fim de se evitar altos níveis de ociosidade.

4.2 Previsão de demanda

4.2.1 Estruturação dos dados

Dispôs-se os dados coletados de um período de 24 meses de demanda dos calçados em uma planilha no Software *Microsoft Excel*. Como na tabela a seguir a seguir.

Tabela 1: Demanda de Sandálias MOLECA

Ano	Mês	Período	Demanda
2021	Janeiro	1	76
2021	Fevereiro	2	72
2021	Março	3	77
2021	Abril	4	72
2021	Maio	5	71
2021	Junho	6	79
2021	Julho	7	76
2021	Agosto	8	69
2021	Setembro	9	73
2021	Outubro	10	69
2021	Novembro	11	79
2021	Dezembro	12	86
2022	Janeiro	13	77
2022	Fevereiro	14	79
2022	Março	15	85
2022	Abril	16	80

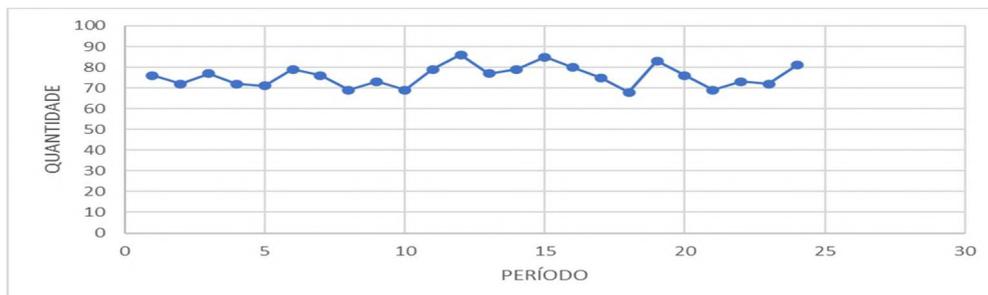
2022	Maio	17	75
2022	Junho	18	68
2022	Julho	19	83
2022	Agosto	20	76
2022	Setembro	21	69
2022	Outubro	22	73
2022	Novembro	23	72
2022	Dezembro	24	81

Fonte: Autores (2023)

4.2.2 Modelo de previsão

Com base na Tabela 1, plotou-se o gráfico de dispersão para definição do melhor modelo de previsão de demanda, o qual permitiu atestar para a existência de uma clara estabilidade, característica do modelo de média. Foram realizados testes entre os três modelos de previsão por média – móvel, exponencial e ponderada, a fim de encontrar aquele com o menor erro acumulado – MAD.

Figura 2: Gráfico de Dispersão da Demanda



Fonte: Autores (2023)

4.2.3 Média exponencial

O modelo de média exponencial destacou-se com o menor erro acumulado (4,7) e, portanto, foi escolhido como melhor modelo base.

Tabela 2. MAD de cada método de previsão

Descrição	MAD
Média Móvel	4,9
Exponencial	4,7
Média Ponderada	5,4

Fonte: Autores (2023)

4.3 Estoque de segurança

Para alcançar-se o valor do estoque de segurança, foram considerados o fator de segurança 1,25 e o desvio padrão médio a nível de 90% de confiabilidade - de 1,28, além do próprio MAD, a seguir:

$$Q_S = MAD \cdot 1,28 \cdot 1,25$$

$$Q_S = 4,7 \cdot 1,28 \cdot 1,25$$

$$Q_S = 8 \text{ unidades}$$

4.4 Lote econômico

4.4.1 Lote econômico de compra

Com as informações obtidas com o estabelecimento, formulou-se o quadro a seguir com os custos envolvidos.

Tabela 4. MAD de cada método de previsão

Descrição	MAD
Média Móvel	4,9
Exponencial	4,7
Média Ponderada	5,4

Fonte: Autores (2023)

Tabela 5: Custos Relacionados à Empresa e à Coleção Moleca nos anos de 2021 a 2022.

Custos	Valores
Custo direto de compra	R\$ 978,00
Custo de preparação	R\$ 3.000,00
Custo de manutenção	R\$ 1.015,00
Custo unitário de compra	R\$ 48,90
Custo para pedir	R\$ 78,00

Fonte: Autores (2023)

Utilizando-se a fórmula vista anteriormente, a partir de uma demanda anual somada do ano de 2022 de 918 unidades, juntamente com a taxa de encargo financeiro sobre o estoque sendo a taxa SELIC – 13,75% a.a, calculou-se o lote econômico de compra e o valor de 146 unidades foi o obtido, a seguir.

Figura 2: Cálculo do Lote Econômico de Compra

$$Q = \sqrt{\frac{2 * 918 * 78}{48,90 * 0,1375}}$$

$$Q = 146$$

Fonte: Autores (2023)

4.4.2 Custo total de ressurgimento

Após o Lote Econômico calculado, chega-se ao seu Custo Total, dado por R\$45.871,47 com seu cálculo exposto a seguir.

Figura 3: Cálculo do Custo Total

$$CT = 918 * 48,90 + \frac{918}{146} * 78 + 146 * 48,90 * 0,1375$$

$$CT = R\$ 45.871,47$$

Fonte: Autores (2023)

4.5 Ponto de pedido

Calculados o Estoque de Segurança e o Lote Econômico, partiu-se ao Ponto de Pedido, fundamental para o ressurgimento eficiente, enquanto que o estoque restante absorvea demanda prevista remanescente até a consolidação de um giro. Pela fórmula, faz-se:

$$Pp = (\text{demanda diária} * \text{tempo de ressurgimento}) + \text{estoque de Segurança}$$

$$Pp = (d_d * t_s) + q_{spp} = (3 * 7) + 8$$

$$Pp = 29 \text{ unidades}$$

4.5.1 Faixa de controle do estoque

Dispondo-se dos valores calculados, podemos estabelecer a faixa de controle a partir do estoque de segurança e o lote de ressurgimento, a fim de se obter melhor acompanhamento dos níveis de estoque. Pela fórmula, vem:

$$Q_{MÁX} = Q + Q_s$$

$$Q_{MÁX} = 146 + 8$$

$$Q_{MÁX} = 154 \text{ unidades}$$

$$Q_s = 8 \text{ unidades}$$

5. Resultados obtidos

Com base no que foi desenvolvido neste trabalho, podemos estruturar os resultados da seguinte maneira, a seguir.

Tabela 6: Análise da Confiabilidade do Estoque de Segurança com Base nos 24 Períodos

Descrição	Unidades
Média das Demandas	75
Qs	8

% Confiabilidade (Quociente) 10,67%

Fonte: Autores (2023)

Tabela 7: Resultados

Descrição	Unidades
Lote Econômico de Compra	146 unidades
Custo Anual Total de Ressuprimento	R\$ 45.871,47
Custo Total de Ressuprimento Por Giro	R\$ 7.645,24

Fonte: Autores (2023)

Tabela 8: Acompanhamento do Estoque

Descrição	Unidades
Ponto de pedido	29 unidades
Estoque mínimo (segurança)	8 unidades
Estoque máximo	154 unidades
Encargo Financeiro (Selic)	13,75%
Giro Anual	6
Índice Confiabilidade	10%

Fonte: Autores (2023)

6. Considerações finais

A partir dos resultados do trabalho, considera-se vantajoso o modelo de acompanhamento de ponto de pedido encontrado, bem como seus custos envolvidos, visto que houve uma redução de 8,25% no custo total de ressuprimento para a coleção de sandálias, indo de R\$50.000,00 para R\$43.871,29. A posse deste controle de forma concisa é crucial para manter os ativos da empresa valorizados - visto que os produtos foco do estudo são de fácil absorção no mercado e, portanto, rotacionam menos tempo em estoque, manter uma boa relação com fornecedores e sempre atender as necessidades dos clientes.

O objetivo geral de se instaurar um modelo de gestão de estoques para uma linha de produtos foi logrado, fundamentado na aplicação das ferramentas Previsão de Demanda, Estoque de Segurança, Ponto de Pedido e Lote Econômico – como objetivos específicos. A recomendação futura para o empreendimento é de que se expanda a aplicação dos procedimentos aqui realizados para outras linhas de produtos – com o apoio de outras ferramentas do Planejamento e Controle da Produção, como a Curva ABC para estabelecimento de prioridades, e de que investimentos sejam feitos na área de estoques, pois, no setor de varejo, é preciso variar as ofertas de produtos, o que exige maiores contatos

e uma gama maior e melhor de fornecedores. Manter os estoques bem coordenados e bem planejados é inegavelmente uma das maneiras de se manter competitivo no mercado, com os custos bem controlados.

Referências

- Betts, A. et al. **Gerenciamento de Operações e de Processos: Princípios e Práticas de Impacto Estratégico**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- Tubino, Dalvio Ferrari. 2017. **Planejamento e Controle da Produção - Teoria e Prática, 3ª edição**. São Paulo : Atlas, 2017. 978-85-97-01371-9.
- Paoleschi, Bruno. **Almoxarifado e gestão de estoques**. 3 ed. São Paulo: Editora. Érica, 2019. Pozo, H. G. **Administração de Recursos Materiais e Patrimoniais: uma abordagem logística**. São Paulo: Atlas, 2016.
- SANTOS, A. C. D. O. **Planejamento e Controle de Produção**. Belém: [s.n.], 2012.
- Silver, E. A.; Pyke, D. F.; Peterson, R. **Inventory Management and Production Planning and Scheduling**. 3rd ed. John Wiley & Sons. 1998

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. **Metodologia Científica**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2022.
Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786559770670/>. Acesso em: 04 mai. 2024.

BRUSQUE, S., ZUCATTO, L.C., **Previsão de vendas para empresa varejista de confecções adulto feminino e masculino**. Revista de Administração e Negócios da Amazônia, Rio Grande do Sul, Brasil v. 7, n. 2, p. 88-111, 2015. Disponível em
<https://www.researchgate.net/publication/282432348_Previsao_de_Vendas_para_Empresa_Varejista_de_Confeccoes_Adulto_Feminino_e_Masculino>. Acesso em: 04 Mai. 2024.

PROPOSTA DE MELHORIAS NO ENDEREÇAMENTO COM FOCO NAS ATIVIDADES DE PICKING EM UMA DISTRIBUIDORA DE MEDICAMENTOS

Gisele Rodrigues Barata (UEPA)

Jairo Philippe Amorim Chaves (UEPA)

Léony Luis Lopes Negrão (UEPA)



Definição do Problema – Os atrasos nas atividades de separação de pedidos tem feito parte do cotidiano de uma distribuidora de produtos farmacêuticos. Outrossim, por mais que tenha contatado um aumento nas vendas, a lucratividade da empresa não é, satisfatoriamente, o esperado como consequência do aumento nas vendas.

Análise do Problema – A utilização de técnicas de cronoanálise e Curva ABC foram utilizadas para analisar, entender e dimensionar a carga de trabalho e o giro dos produtos comercializados.

Solução do Problema – Com isso, foi proposto um novo modelo de endereçamento de picking para a distribuidora farmacêutica utilizando as técnicas de cronoanálise e Curva ABC como critério de segmentação dos produtos, visando patamares superiores de desempenho.

Resultados – Ao avaliar o atual cenário de endereçamento e a realização de picking com a nova disposição dos produtos nos racks de separação, é possível constatar a redução de 16,14% no tempo de movimentação total para o picking. O que implica em uma economia mensal nos custos operacionais na ordem de R\$11.334,96.

Avaliação e Lições Aprendidas – Buscar procedimentos sistemáticos para dimensionar parâmetros organizacionais internos possibilita a potencialização de resultados e proporciona maior segurança nas tomadas de decisão. Atuar profissionalmente na empresa com esse foco tem gerado ganhos de conhecimento e experiência profissional para continuar na jornada diária de desafios do mercado de trabalho.

Organização/Empresa – Nazaria Distribuidora de Produtos Farmacêuticos LTDA

CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica): 46.44-3/01

Palavras-chave: Endereçamento, Picking, Melhoria Contínua, Distribuidora Farmacêutica.

1. Contextualização e Definição do Problema

A empresa em foco é uma líder no setor de distribuição farmacêutica, com uma presença marcante na região norte e nordeste do Brasil. Com mais de 600 colaboradores e 12 centros de distribuição, a empresa atende a vários mercados, incluindo Piauí, Ceará, Maranhão, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia e Pará.

Este estudo foi aplicado especificamente em um dos centros de distribuição da empresa, localizado na cidade de Castanhal, Pará. No que diz respeito ao portfólio de produtos, a empresa distribui mais de 10.000 itens de medicamentos, higiene e beleza e alimentício, isso reflete a diversidade e a amplitude de sua oferta, permitindo atender a uma ampla gama de necessidades dos clientes.

Nos últimos anos, a empresa tem se concentrado em várias iniciativas de melhoria de desempenho, como o descarte adequado de materiais, redução no tempo de entrega de alguns pedidos, reutilização de insumos ofertados pela indústria para diminuir o número de materiais descartados, entre outros. Isso inclui esforços para oferecer produtos e serviços de alta qualidade aos seus clientes e parceiros, o que faz a empresa ser líder de mercado nas regiões que atende. Ainda assim, a recorrência nos atrasos das atividades de separação de pedidos tem feito parte do cotidiano da distribuidora. Outrossim, por mais que tenha contatado um aumento nas vendas, a lucratividade da empresa não é, satisfatoriamente, o esperado como consequência do aumento nas vendas.

Logo, por meio deste caso empresarial, buscou-se analisar e propor melhorias no processo de endereçamento de *picking* em uma distribuidora farmacêutica utilizando a Curva ABC e cronoanálise, visando a redução de tempo e custos envolvidos.

Para Bozutti (2010), *picking* é uma atividade que consiste em regras de visitas em armazéns para a coleta do *mix* correto de produtos, em suas quantidades corretas para satisfazer às necessidades do consumidor. O autor salienta também que essa atividade é de suma importância para a *Supply Chain Management* e constitui de 50% a 75% do custo total das atividades de um depósito.

Para Palomino *et al.* (2018), a Curva ABC é uma técnica usada para controle de estoques nas empresas, possibilitando aos gestores uma visão geral de todos os produtos. Os autores destacam que o objetivo da Curva ABC é economizar tempo na gestão de estoque, bem como reduzir os custos de armazenagem, direcionando o foco do time e a maior parte dos recursos para os itens que possuem maior valor agregado ao negócio.

2. Análise do Problema

Todos os relatórios utilizados como base para o tratamento e organização dos dados, foram retirados do próprio WMS utilizado na empresa. O banco de dados nomeado como “Balanceamento - Unidades” forneceu a quantidade unitária solicitada e vendida apenas no varejo, enquanto o relatório nomeado como “Balanceamento - Frequência de Notas” forneceu a quantidade total comercializada no período, tanto no varejo, como no atacado. O último relatório utilizado, o de “Endereço dos Produtos”, foi utilizado como referência por nortear quanto ao atual endereçamento de cada um dos SKU’S, seja em localizadores destinados ao alto giro ou ao baixo giro. Em seguida, as tabelas foram transferidas para listas no *Sharepoint Online* por meio do *Access*.

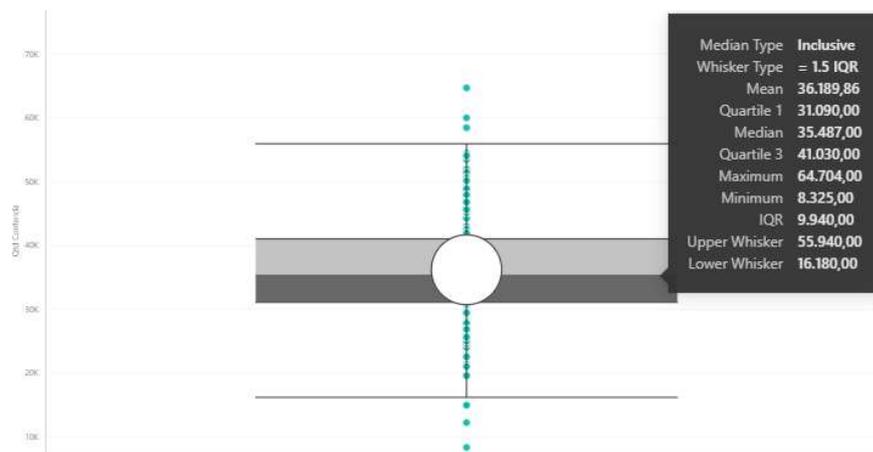
O tratamento e a análise de dados foram iniciados com o uso do *Power Query*, uma ferramenta de transformação e preparação de dados da *Microsoft*. Essa ferramenta permite a importação, limpeza e transformação de dados de diversas fontes, facilitando sua análise e utilização em outras ferramentas, como *Excel* e *Power BI*.

Todas as bases de dados do *Sharepoint* foram importadas para um Fluxo de Dados do *Power BI*. Após, procedeu-se à alteração do tipo de dados de todas as colunas para o tipo correto. A atenção foi então direcionada para a tabela “Balanceamento – Unidades”. Esta tabela foi duplicada e agrupada de duas maneiras diferentes para a remoção dos *outliers*: quantidade conferida por dia e quantidade conferida por dia por produto. As tabelas foram classificadas em ordem crescente pela quantidade conferida e uma coluna de índice foi adicionada. Adotaram-se as duas formas de remoção de dados para posterior análise de eficácia. A escolha dessas estratégias visou garantir a precisão e a confiabilidade dos resultados obtidos na análise dos dados. Para Hawkins (1980), um *outlier* é uma observação que se desvia tanto das outras observações que levanta suspeitas de que foi gerada por um mecanismo diferente.

O método dos quartis foi o selecionado para a identificação dos *outliers*. O que envolve a divisão do conjunto de dados em quatro partes iguais, cada uma contendo 25% dos dados. Os três quartis são os valores que dividem o conjunto de dados em quatro partes iguais. O primeiro quartil (Q1) é o valor abaixo do qual 25% dos dados estão localizados, o segundo quartil (Q2) é a mediana e o terceiro quartil (Q3) é o valor abaixo do qual 75% dos dados estão localizados. O intervalo interquartil (IQR) é a diferença entre Q3 e Q1. Segundo Tukey (1977), o método dos quartis é uma técnica robusta para identificar *outliers*, pois não é afetado por valores extremos.

Para a quantidade conferida por dia, foram identificados *outliers* em 7 dos 251 dias analisados. Os valores dos quartis foram: Q1 = 31.065 e Q3 = 41.074. O intervalo interquartil, que é a diferença entre esses dois quartis, foi de 10.009. Além disso, os limites inferior e superior foram calculados como 16.051,50 e 56.087,50, respectivamente. Mas, antes de proceder à remoção desses *outliers*, os resultados foram comparados com os fornecidos pelo gráfico *Box Plot*, conforme ilustrado na Figura 1. Após a remoção dos *outliers*, a tabela “Balanceamento – Unidades” foi reduzida para 738.833 linhas, em comparação com as 756.267 linhas originais. Isso representa uma redução de 2,31% no volume de dados.

Figura 1 – Gráfico *Box Plot*



Fonte: Os autores (2024)

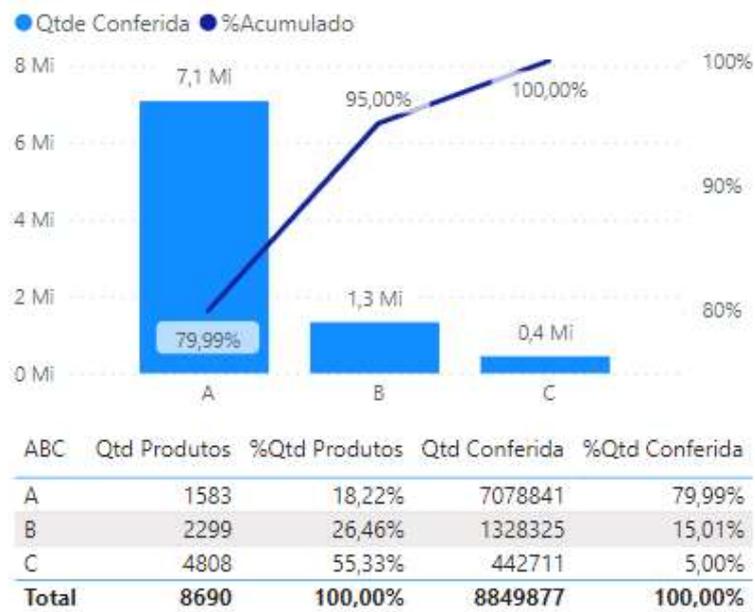
A identificação e remoção dos *outliers* na base de dados por produto por dia apresentou um desafio maior. No entanto, foram alcançados resultados satisfatórios. Após a importação dos dados já agrupados, foi criada uma tabela calculada no *Power BI* com os valores distintos de todos os produtos.

A remoção das quantidades conferidas em dias específicos para cada produto exigiu uma avaliação linha a linha, ou seja, de cada produto. Foi necessário aplicar um filtro apenas para as linhas da tabela agrupada que possuíam um determinado produto e calcular os valores com base nesse filtro. Finalmente, foi criada uma coluna adicional na tabela agrupada para especificar se a linha atual é um *outlier* ou não. Esta extensão foi realizada para atender à necessidade de eliminar, na tabela denominada "Balanceamento – Unidades", não os dados correspondentes a dias completos, mas sim a totalidade da quantidade conferida de um produto específico em um dia determinado. Para esse propósito, foram concatenadas a data e o nome do produto na tabela de produtos agrupados por dia e quantidade conferida e na tabela de “Balanceamento –

Unidades” com o uso de colunas virtuais. Isso permitiu a aplicação de um filtro final na tabela de “Balanceamento – Unidades”, onde os *outliers* foram retirados.

Após a remoção dos *outliers* específicos de cada produto em cada dia, a tabela “Balanceamento – Unidades” foi reduzida para 701.818 linhas, em comparação com as 756.267 linhas originais. Isso representa uma redução de 7,20% no volume de dados, e com o cálculo de todas as colunas específicas, foi possível plotar o gráfico das duas curvas ABC, conforme constam nas Figura 2 e 3.

Figura 2 – Curva ABC sem Outliers por dia



Fonte: Os autores (2024)

Figura 3 – Curva ABC sem Outliers por produto por dia



Fonte: Os autores (2024)

A elaboração da Curva ABC com base na demanda dos produtos e sua quantidade conferida diariamente, é fundamental para compreender quais produtos possuem maior impacto na linha de separação, quando considerado a necessidade que o operador da linha tem de movimentação para realizar a separação do pedido.

A tabela de valores acumulados de unidades conferidas por produto foi tomada como base para auxiliar o endereçamento de *picking*, para o posicionamento dos produtos com maior demanda em locais estratégicos, podendo assim reduzir a movimentação do operador, bem como a alocação de SKU's com menor índice de demanda em locais mais afastados do operador, abrindo espaço para o cadastramento de produtos com maior saída em locais próximos ao responsável pela separação na zona específica.

A remoção dos *outliers* nesta análise foi necessário devido ao comportamento da demanda no centro de distribuição. A realização de campanhas com promoções internas e promoções ofertadas pela indústria farmacêutica em determinado produto ou em determinados laboratórios, fazem com que a demanda fuja do padrão de venda. Com um aumento considerável na saída diária do produto, torna o dado analisado possível de ser descartado por conta do comportamento incomum no respectivo dia.

A análise realizada de duas formas para compreender o comportamento dos *outliers*, seja por dia de produção ou por comportamento da demanda do produto ao longo do período serviu como base para a definição de qual dos métodos deve ser selecionado para auxiliar no endereçamento de *picking*. Sendo escolhido assim, o primeiro método, que faz a análise geral do dia de produção, dado que a remoção do dia por completo que teve um volume de produção que se afasta de forma considerável do comum, é mais correto devido afetar não especificamente um único produto no momento do ranqueamento, mas a todos daquele dia específico.

Com a definição do método ideal para a remoção dos *outliers*, foi necessário remover os mesmos da outra base de dados “Balanceamento - Frequência de Notas”, se utilizando de um método bem parecido ao anterior, onde uma tabela calculada é criada com base em um filtro que exclui os dias com *outliers* e, nesse caso, também filtrando apenas pelos localizadores que começam com “M”, que são os da linha de medicamentos.

Após a remoção dos *outliers*, a tabela “Balanceamento - Frequência de Notas” foi reduzida para 1.972.831 linhas, em comparação com as 2.971.405 linhas originais. Isso representa uma redução de 33,61% no volume de dados.

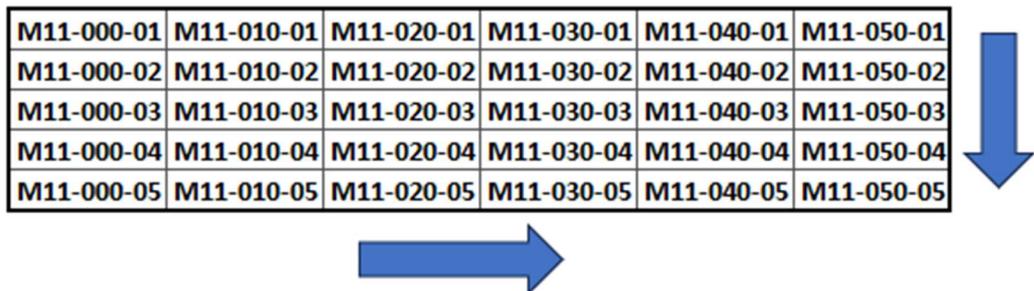
3. Implementação e Solução do Problema

O estudo realizado não pretende alterar a disposição dos *racks* de separação, mas sim posicionar os produtos endereçados nestes de forma estratégica para aqueles que possuem maior demanda diária possam estar mais acessíveis à equipe de separação de cada uma das estações, sendo possível assim reduzir o tempo gasto com movimentações desnecessárias de cada um dos operadores, para que estes recursos possam ser realocados em outras tarefas ou da forma que a empresa julgar mais adequada.

A empresa utilizada como objeto de estudo dispõe de três modelos de estruturas de *racks* de separação para o endereçamento de *picking*, sendo elas direcionadas no projeto inicial de implantação para os produtos de Curva A, Curva B e Curva C. Para a designação de qual a zona de separação de cada um dos operadores, a empresa determina que cada separador é responsável por quatro corredores, formando assim uma estação. Por exemplo, determinado separador é responsável pelos corredores de início M11, M12, M13 e M14, de todas as estruturas de *rack* de separação, independente se é a Curva A, B ou C, sendo assim, todos os produtos endereçados nessa estação formada por estas iniciais dos quatro corredores compõem a zona de separação do operador, dado o fato da empresa utilizar o modelo de *picking* por zona.

No modelo utilizado para o endereçamento dos produtos de Curva A, também chamados de SKU's de alto giro, a estrutura de cada *rack* de separação é posicionada estrategicamente na frente do separador, permitindo assim uma menor movimentação em relação as demais estruturas. Observa-se na Figura 4 como é a estrutura do *Flow Rack* de um dos corredores. As setas apontam a sequência dos endereços no pedido, com o módulo aumentando da esquerda para a direita e o box de cima para baixo.

Figura 4 – Primeiro corredor dos produtos de curva A

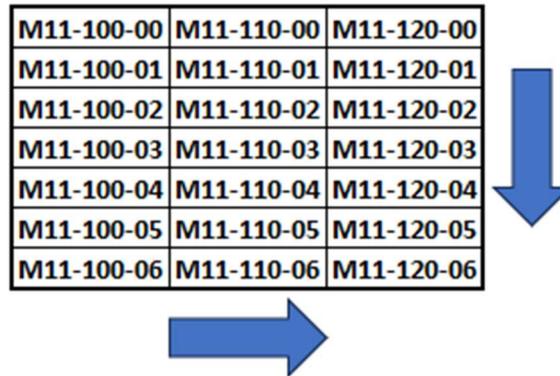


Fonte: Os autores (2024)

Já no endereçamento dos produtos de Curva B, por não possuírem uma elevada saída diária, estes foram posicionados nas costas dos separadores, sendo necessário somente um pouco mais de movimentação em relação aos endereços do alto giro. Na Figura 5 consta a ilustração de tal resumo.

Figura 5 – Primeiro corredor dos produtos de curva B

M11-100-00	M11-110-00	M11-120-00
M11-100-01	M11-110-01	M11-120-01
M11-100-02	M11-110-02	M11-120-02
M11-100-03	M11-110-03	M11-120-03
M11-100-04	M11-110-04	M11-120-04
M11-100-05	M11-110-05	M11-120-05
M11-100-06	M11-110-06	M11-120-06

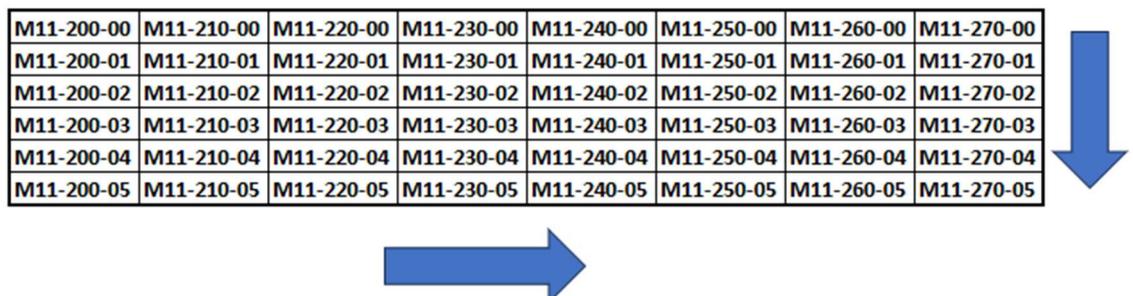


Fonte: Os autores (2024)

Os produtos de Curva C são endereçados em corredores que requerem uma maior movimentação dos operadores, na qual estes devem sair da esteira de separação principal e se direcionar até os endereços dentro de cada um dos corredores para poder realizar a separação dos produtos. Por este motivo, o tempo de movimentação torna-se maior em relação aos demais. Devido ao fato de a empresa possuir mais de 10.000 SKU's, há muito mais produtos endereçados nos endereços de Curva C do que nos locais para os produtos de Curva B e A. Na Figura 6 estão demonstrados parcialmente a sequência de módulos que vai até o número 490.

Figura 6 – Primeiro corredor parcialmente dos produtos de curva C

M11-200-00	M11-210-00	M11-220-00	M11-230-00	M11-240-00	M11-250-00	M11-260-00	M11-270-00
M11-200-01	M11-210-01	M11-220-01	M11-230-01	M11-240-01	M11-250-01	M11-260-01	M11-270-01
M11-200-02	M11-210-02	M11-220-02	M11-230-02	M11-240-02	M11-250-02	M11-260-02	M11-270-02
M11-200-03	M11-210-03	M11-220-03	M11-230-03	M11-240-03	M11-250-03	M11-260-03	M11-270-03
M11-200-04	M11-210-04	M11-220-04	M11-230-04	M11-240-04	M11-250-04	M11-260-04	M11-270-04
M11-200-05	M11-210-05	M11-220-05	M11-230-05	M11-240-05	M11-250-05	M11-260-05	M11-270-05



Fonte: Os autores (2024)

Desse modo, com a atual estrutura dos *racks* de separação, cada operador é responsável pela separação de 924 produtos no total em sua capacidade máxima, sendo 120 endereçados estrategicamente na frente do separador facilitando o processo de

atendimento dos pedidos, 84 posicionados nas costas dos separadores ainda na esteira principal de separação e 720 atrelados aos endereços de *picking* nos corredores que dispõem os *racks* nas costas dos operadores, esse número elevado é devido ao fato de cada corredor conter 384 endereços de *picking*, no entanto dado que cada operador é responsável por uma estação, que nada mais é que a composição de 4 corredores, esse valor torna-se na realidade 924 endereços de *picking*.

No total, a linha de medicamentos da presente distribuidora farmacêutica possui 24 corredores, totalizando 6 estações de separação. Hoje, a empresa designa 3 operadores por estação, totalizando 18 operadores necessários de separação para conseguir atender a demanda diária de pedidos a serem separados em tempo hábil. Dessa forma, são no total 18 operadores necessários para conseguir atender a demanda apenas da linha de fármacos, que é onde se concentra o maior valor agregado de vendas da organização.

Para avaliar o tempo total de movimentação dos operadores até os endereços de separação dos produtos, utilizou-se uma folha de verificação dedicada à coleta de dados de tempos de separação para diferentes endereços de *picking*. A coleta abrangeu o tempo desde a identificação do pedido na bacia até o retorno do operador com os produtos solicitados, iniciando um novo ciclo de separação.

O tempo cronometrado aplicado 12 vezes, agrupando-se 4 amostras de 3 ciclos de cronometragem, para o separador utilizado como objeto de estudo. Na realização desta etapa, por não haver diferenças consideráveis entre idade, peso e altura, os mesmos valores do operador estudado foram admitidos para os demais 17 separadores da linha de fármacos. Para a realização da cronometragem foi utilizado um cronometro comum. Na Tabela 1 consta, na folha de verificação, os tempos médios obtidos no deslocamento até cada um dos endereços, considerando o sistema internacional de unidades de tempo, ou seja, segundos. Consta ainda na Tabela 1, os tempos do primeiro corredor da linha de medicamentos. Como todos os corredores são alinhados e os *racks* possuem a mesma estrutura, os tempos encontrados foram considerados para os demais corredores que possuem o mesmo valor de módulo e box, alterando apenas a inicial do corredor.

Para a determinação de quantos pedidos cada operador consegue separar por ciclo, foi aplicado novamente a folha de verificação, tendo como base para o estudo 6 operadores, e, também, considerando o fato explicado pelos gestores quanto a capacidade de um separador conseguir separar mais de um pedido por vez. Sendo avaliado 24 ciclos de separação de cada um e quantos pedidos cada um desses 6 operadores conseguiram separar de uma única vez nestes ciclos, conforme apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 – Folha de verificação do tempo de separação por localizador

Folha de Verificação de Tempos de Separação - Coleta de Dados de Endereços de Picking											
• Responsável Pela Coleta:				• Hora de Início:				• Data:			
• Local da Coleta:								• Hora de Término:			
Localizador	Tempo médio (s)	Localizador	Tempo médio (s)	Localizador	Tempo médio (s)	Localizador	Tempo médio (s)	Localizador	Tempo médio (s)	Localizador	Tempo médio (s)
M11-000-01	8,3	M11-230-02	14,2	M11-280-04	15,9	M11-340-00	17,4	M11-390-02	17,6	M11-440-04	19
M11-000-02	6,2	M11-230-03	13,7	M11-280-05	16,1	M11-340-01	17,1	M11-390-03	17,1	M11-440-05	19,3
M11-000-03	4,8	M11-230-04	14,5	M11-290-00	16,5	M11-340-02	16,7	M11-390-04	17,9	M11-450-00	19,6
M11-000-04	6,5	M11-230-05	14,7	M11-290-01	16,2	M11-340-03	16,2	M11-390-05	18,2	M11-450-01	19,3
M11-000-05	7,3	M11-240-00	15,1	M11-290-02	15,8	M11-340-04	17	M11-400-00	18,5	M11-450-02	18,9
M11-100-00	11,4	M11-240-01	14,8	M11-290-03	15,3	M11-340-05	17,3	M11-400-01	18,2	M11-450-03	18,4
M11-100-01	10,2	M11-240-02	14,4	M11-290-04	16,1	M11-350-00	17,6	M11-400-02	17,8	M11-450-04	19,2
M11-100-02	8,5	M11-240-03	13,9	M11-290-05	16,4	M11-350-01	17,3	M11-400-03	17,3	M11-450-05	19,5
M11-100-03	7,1	M11-240-04	14,7	M11-300-00	16,6	M11-350-02	16,9	M11-400-04	18,1	M11-460-00	20
M11-100-04	7,9	M11-240-05	14,9	M11-300-01	16,3	M11-350-03	16,4	M11-400-05	18,4	M11-460-01	19,7
M11-100-05	8,4	M11-250-00	15,4	M11-300-02	15,9	M11-350-04	17,2	M11-410-00	18,7	M11-460-02	19,3
M11-100-06	9,3	M11-250-01	15,1	M11-300-03	15,4	M11-350-05	17,5	M11-410-01	18,4	M11-460-03	18,8
M11-200-00	14,3	M11-250-02	14,7	M11-300-04	16,2	M11-360-00	17,7	M11-410-02	18	M11-460-04	19,6
M11-200-01	14	M11-250-03	14,2	M11-300-05	16,5	M11-360-01	17,4	M11-410-03	17,5	M11-460-05	19,9
M11-200-02	13,6	M11-250-04	15	M11-310-00	16,8	M11-360-02	17	M11-410-04	18,3	M11-470-00	20,3
M11-200-03	13,1	M11-250-05	15,2	M11-310-01	16,5	M11-360-03	16,5	M11-410-05	18,6	M11-470-01	20
M11-200-04	13,9	M11-260-00	15,7	M11-310-02	16,1	M11-360-04	17,3	M11-420-00	18,9	M11-470-02	19,6
M11-200-05	14,1	M11-260-01	15,4	M11-310-03	15,6	M11-360-05	17,6	M11-420-01	18,6	M11-470-03	19,1
M11-210-00	14,5	M11-260-02	15	M11-310-04	16,4	M11-370-00	17,8	M11-420-02	18,2	M11-470-04	19,9
M11-210-01	14,2	M11-260-03	14,5	M11-310-05	16,7	M11-370-01	17,5	M11-420-03	17,7	M11-470-05	20,2
M11-210-02	13,8	M11-260-04	15,3	M11-320-00	17,1	M11-370-02	17,1	M11-420-04	18,5	M11-480-00	20,5
M11-210-03	13,3	M11-260-05	15,5	M11-320-01	16,8	M11-370-03	16,6	M11-420-05	18,8	M11-480-01	20,2
M11-210-04	14,1	M11-270-00	16,1	M11-320-02	16,4	M11-370-04	17,4	M11-430-00	19,2	M11-480-02	19,8
M11-210-05	14,3	M11-270-01	15,8	M11-320-03	15,9	M11-370-05	17,7	M11-430-01	18,9	M11-480-03	19,3
M11-220-00	14,7	M11-270-02	15,4	M11-320-04	16,7	M11-380-00	18	M11-430-02	18,5	M11-480-04	20,1
M11-220-01	14,4	M11-270-03	14,9	M11-320-05	17	M11-380-01	17,7	M11-430-03	18	M11-480-05	20,4
M11-220-02	14	M11-270-04	15,7	M11-330-00	17,3	M11-380-02	17,3	M11-430-04	18,8	M11-490-00	20,9
M11-220-03	13,5	M11-270-05	15,9	M11-330-01	17	M11-380-03	16,8	M11-430-05	19,1	M11-490-01	20,6
M11-220-04	14,3	M11-280-00	16,3	M11-330-02	16,6	M11-380-04	17,6	M11-440-00	19,4	M11-490-02	20,2
M11-220-05	14,5	M11-280-01	16	M11-330-03	16,1	M11-380-05	17,9	M11-440-01	19,1	M11-490-03	19,7
M11-230-00	14,9	M11-280-02	15,6	M11-330-04	16,9	M11-390-00	18,2	M11-440-02	18,7	M11-490-04	20,5
M11-230-01	14,6	M11-280-03	15,1	M11-330-05	17,2	M11-390-01	17,9	M11-440-03	18,2	M11-490-05	20,8

Fonte: Dos Autores (2024)

Tabela 2 – Folha de verificação do número de pedidos separados por operador por ciclo

Folha de Verificação - Número de pedidos separados por operador											
• Responsável Pela Coleta:						• Data:					
• Local da Coleta:				• Hora de Início:				• Hora de Término:			
Operador 1		Operador 2		Operador 3		Operador 4		Operador 5		Operador 6	
Coleta	Qtd de Pedidos	Coleta	Qtd de Pedidos	Coleta	Qtd de Pedidos	Coleta	Qtd de Pedidos	Coleta	Qtd de Pedidos	Coleta	Qtd de Pedidos
1	4	1	3	1	4	1	3	1	1	1	3
2	3	2	2	2	4	2	4	2	3	2	2
3	2	3	1	3	5	3	3	3	4	3	4
4	5	4	4	4	3	4	2	4	3	4	3
5	4	5	5	5	3	5	3	5	2	5	3
6	3	6	3	6	5	6	4	6	4	6	2
7	2	7	2	7	6	7	4	7	3	7	3
8	1	8	1	8	4	8	3	8	4	8	1
9	5	9	1	9	3	9	3	9	3	9	2
10	4	10	4	10	3	10	2	10	2	10	4
11	3	11	3	11	2	11	4	11	3	11	2
12	3	12	2	12	3	12	3	12	4	12	3
13	2	13	3	13	3	13	2	13	2	13	4
14	3	14	2	14	3	14	3	14	3	14	4
15	4	15	2	15	4	15	3	15	4	15	3
16	3	16	4	16	5	16	2	16	3	16	3
17	2	17	3	17	3	17	3	17	4	17	2
18	1	18	3	18	4	18	4	18	2	18	4
19	4	19	1	19	3	19	2	19	2	19	3
20	5	20	3	20	5	20	3	20	1	20	3
21	2	21	2	21	3	21	3	21	4	21	2
22	3	22	1	22	4	22	2	22	3	22	4
23	1	23	2	23	5	23	3	23	3	23	3
24	3	24	1	24	6	24	3	24	2	24	3
Média	3	Média	2,416666667	Média	3,875	Média	2,958333333	Média	2,875	Média	2,916666667

Fonte: Dos Autores (2024)

Tempo de movimentação no *picking* atual

Com os tempos para todos os endereços *picking* medidos e registrados, foi possível fazer a análise do cenário atual da empresa, calculando quanto tempo está sendo gasto com a movimentação na separação de pedidos dado um certo período. O processo começou com a importação da base de dados “Tempo/Localizador *Picking*” para o *Power Query* e subsequentemente para o *Power BI*, em seguida, como o tempo de todos os localizadores que possuem os mesmos 5 últimos dígitos são iguais, foi adicionada uma coluna com os 6 últimos dígitos da coluna de localizador, contando com o hífen, para ser usada como chave de pesquisa.

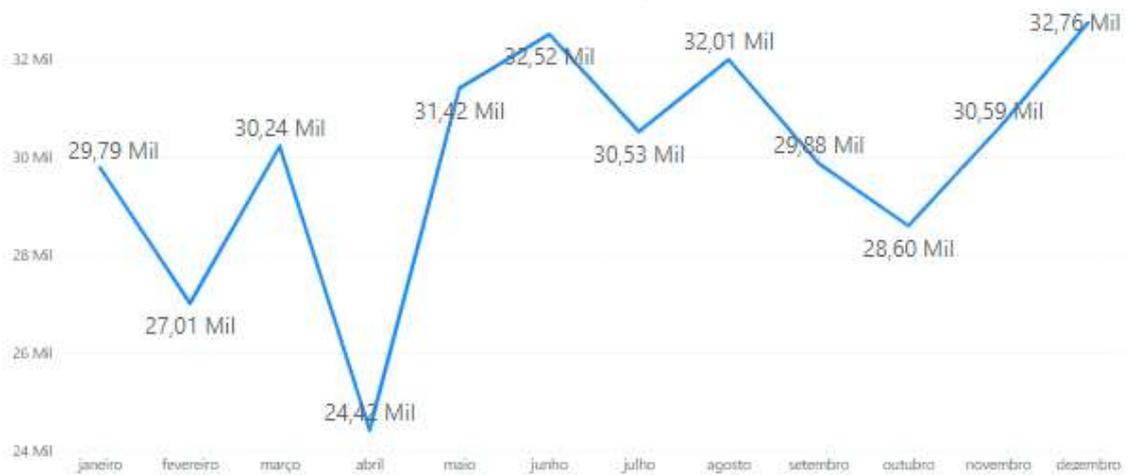
Finalmente, uma coluna calculada que trazia o tempo de separação de cada produto, baseada no localizador *picking*, foi adicionada a tabela “Balanceamento – Frequência de Notas”. Esse procedimento possibilitou a criação de um gráfico temporal (Figura 7) para a análise do tempo de separação em todo o período contemplado pelas bases de dados. Na Figura 7, consta o total de horas investidas na separação mensalmente para que fosse possível o atendimento dos pedidos, considerando o número total de 36 operadores de *picking* com aqueles que são movimentados de outras linhas de separação para conseguir atender a demanda. Sendo que cada um destes operadores possui disponível 220 horas mensais, totalizando 7920 horas mensais. No entanto, estima-se que em cada movimentação nas estações, um mesmo separador consiga separar 3 pedidos ao mesmo tempo, o que totalizaria uma capacidade de atendimento de até 23760 horas, sem demandar horas extras.

Neste cenário, apenas o mês de abril/2023 apresenta um valor demandado de tempo de separação abaixo do disponível. Nos demais meses avaliados, a empresa necessitaria de um valor considerável de horas dos separadores para conseguir atender a demanda de separação de varejo. Sendo o maior gargalo no mês de dezembro/2023, conforme demonstrado na Figura 12.

Tempo de separação no *picking* proposto

Para o cenário proposto foi sugerido que os produtos da linha de medicamentos sejam alocados, de acordo com seu *ranking* na Curva ABC, em novos endereços considerando o menor tempo de separação. Para isso, o primeiro passo foi a criação de duas novas tabelas calculadas. Uma a partir da tabela da Curva ABC que só contenha os produtos da linha de medicamentos, e outra a partir da nova tabela de “Balanceamento – Frequência de Notas” com todos os localizadores *picking* e seus tempos de separação.

Figura 7 – Gráfico de tempo total (horas) necessário na separação



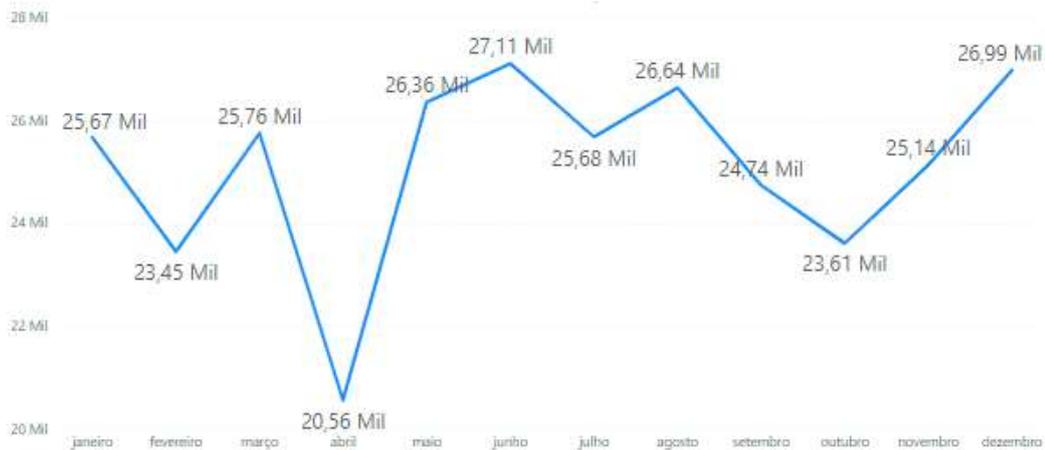
Fonte: Dos Autores (2024)

Em seguida, foi preciso criar uma coluna de classificação na nova tabela da Curva ABC, a partir da que já existia, uma vez que se retirou parte dos produtos e os valores de classificação perderam a sequência. Para o próximo passo adicionou-se uma coluna de desempate, baseada no endereço *picking*, gerando uma nova tabela de tempos de separação por localizador *picking*. Para, então adicionar mais uma coluna de classificação que foi usada como chave de busca na próxima etapa.

Em seguida, foi adicionada uma coluna com o código do produto utilizando a coluna de classificação como chave. Assim, garantiu que os produtos que possuísem as melhores classificações ABC também ocupassem as melhores classificações quanto ao tempo de separação. Para o último passo bastou voltar a tabela de “Balanceamento - Frequência de Notas” original e adicionar uma nova coluna trazendo o novo tempo de separação, agora com base na coluna de código do produto. Isso possibilitou a criação de um novo gráfico temporal para a análise do tempo de separação, e que consta na Figura 8.

Observando os novos tempos de separação da Figura 8, o mês que demandou mais tempo de separação foi junho/2023, com cerca de 27000 horas, aplicando a capacidade de cada separador conseguir atender a 3 pedidos em cada movimentação, este valor se aproxima de 9000 horas mensais, sendo o total disponível 7.920 horas. Dentre os meses avaliados, seria possível atender a demanda de fevereiro, abril e outubro sem horas extras. Os demais meses ainda precisariam, mas apresentaram redução em relação ao cenário anterior.

Figura 8 – Gráfico de novo tempo de separação

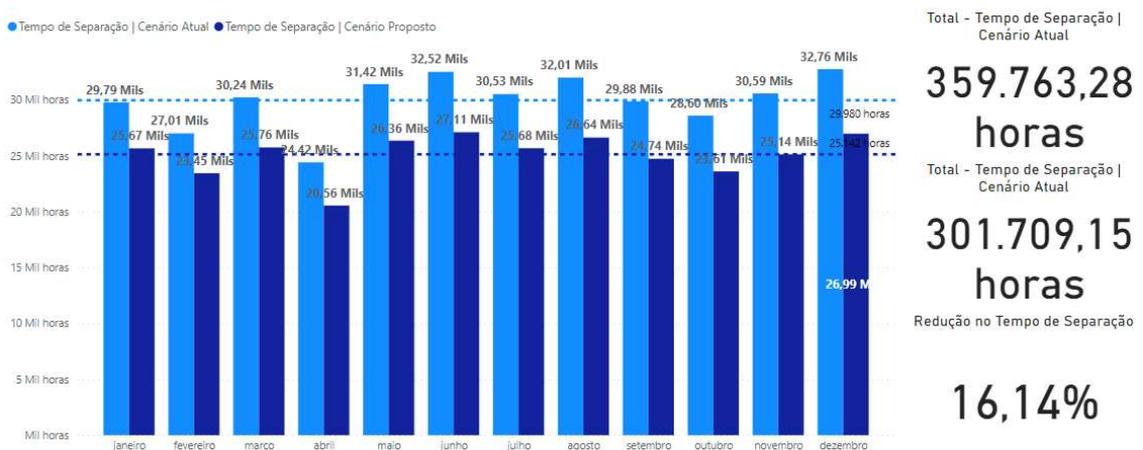


Fonte: Dos Autores (2024)

4. Resultados

Com base nos resultados alcançados ao avaliar o atual cenário de endereçamento de *picking* e a nova disposição dos produtos nos *racks* de separação, é possível identificar uma redução de cerca de 16,14% no tempo de movimentação total destinado à separação dos pedidos e uma redução de 4838 horas no tempo médio mensal de separação durante o período avaliado, vide Figura 7.

Figura 7 – Comparação dos dois cenários



Fonte: Os autores (2024)

É válido ressaltar que durante as visitas *in loco*, os responsáveis pela operação de separação informaram a necessidade de movimentação de separadores de outras áreas, como a linha de higiene e beleza, para conseguir atender a demanda elevada de pedidos da linha de fármacos. Com isso, o número de separadores chega a ser, ou até superior

em alguns casos, a 36 separadores. Além disso, outro fato observado pelos gestores da empresa é quanto à quantidade de horas extras realizadas mensalmente, situação que ocorre quase diariamente na empresa para conseguir atender o volume de produção, elevando ainda mais o tempo disponível de operação.

Ou seja, com base no número de 36 operadores sendo utilizados atualmente com as movimentações realizadas pelos gestores, multiplicado pelo total de 220 horas disponíveis mensalmente por colaborador, temos o total de 7920 horas disponíveis mensalmente para a realização do processo de separação de pedidos. Somado a isso, tem-se o total de 2 horas extras realizadas diariamente pelos 36 operadores, durante, em média, 24 dias no mês, totalizando 1728 de horas extras. Com as horas normais disponíveis e as horas extras realizadas, há no total mensalmente 9648 horas disponíveis para a separação.

Desse modo, considerando que 9648 horas disponíveis para atender o processo de separação no cenário atual, e aplicando uma redução de 16,14% que é o valor encontrado com o ajuste na disposição dos produtos nos *racks* de separação, há uma redução de cerca de 1557 horas mensais, mais de 90% do total de horas extras. Adotando o valor médio salarial do auxiliar de logística que é um valor médio de R\$1.600,00, com um valor de cada hora de trabalho custando R\$7,28, essa redução proporcionaria a empresa uma redução de custo com horas extras de R\$11.334,96 por mês e R\$136.019,52.

5. Lições Aprendidas

Utilizar procedimentos sistemáticos para dimensionar parâmetros organizacionais internos possibilitou a potencialização de resultados e proporcionou maior segurança nas tomadas de decisão. Atuar profissionalmente na empresa com esse foco tem gerado ganhos de conhecimento e experiência profissional para continuar na jornada diária de desafios de gestão de operações nas organizações.

Bucar entender profundamente o problema possibilitou um exercício de reflexão, inflexão, persistência e aprendizado na busca por soluções. Estudar as técnicas e ferramentas da Engenharia de Produção e poder apresentar solução para um conjunto de dados reais, elevou o nível de preparação/formação acadêmica com foco no cliente. O presente caso empresarial poderá ser utilizado por gestores de outros centros de distribuição, visto que tal sistemática tende a potencializar o desempenho das atividades de *picking*. Ainda assim, é necessário que considerem o arcabouço aqui apresentado e

conduzam o tratamento e refinamento adequado de seus dados para que possam ter êxito nas análises e empregos de técnicas e ferramentas para a solução do problema.

O uso de técnicas de otimização na alocação dos produtos nas estações pode ser algo que possibilite um incremento robusto no desempenho do tempo de separação e consequente redução de custos operacionais, melhorando os resultados aqui elencados.

REFERÊNCIAS

BOZUTI, D. F. Visão Geral Sobre *Picking*. In: XVII SIMPEP - Simpósio de Engenharia de Produção. **Anais**. São Paulo, 2010.

HAWKINS, D. M. **Identification of Outliers**: monographs on applied probability and statistics. Springer, 1980.

PALOMINO, R.; SILVEIRA, R. O.; OLIVEIRA, R.; MOURA, T. Aplicação da curva ABC na gestão de estoque de uma microempresa de Aracaju/SE. In: XXXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. **Anais**. Maceió: ABEPRO, 2018.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data Analysis**. 1. Ed. Pearson, 1977. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bimj.4710230408>. Acesso em: 03 nov. 2023.

APLICAÇÃO DA SERVICE ENGINEERING METHODOLOGY NO PROJETO DE UM SERVIÇO DE COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS PRÓXIMOS À DATA DE VALIDADE

Denise Luciana Rieg (FEI)
derieg@fei.edu.br

Emilly Rodrigues Nagata (FEI)
contato.emillynagata@gmail.com

Karina Dias Cabral (FEI)
karinadiascabral@gmail.com

Lara Pescarini Camargo (FEI)
Lara_pcarnargo@hotmail.com

Fernando César Leandro Scramim (FEI)
fscramim@fei.edu.br



Definição do Problema – A empresa estudada comercializa produtos próximos da data de vencimento, mas de forma incipiente e informal. Itens com uma validade curta, ou seja, menos de 3 meses antes do vencimento, são retirados do estoque destinado à venda regular. Semanalmente, uma avaliação é realizada para identificar esses itens, que são compilados em uma lista. Essa lista é então compartilhada com a equipe comercial, que se encarrega de efetuar as vendas. A negociação acontece de maneira presencial, ou em conversa com o comprador por meio do WhatsApp. O que a empresa anseia no momento é ampliar e formalizar esse serviço de comercialização.

Análise e Solução do Problema – Para realizar o design do serviço de comercialização de produtos perto da data de validade foi utilizada a Service Engineering Methodology – SEEM. A SEEM foca na entrega de valor para os clientes, com base nas suas necessidades e desejos e no que a empresa tem a oferecer. Na sua implementação, estão previstas as seguintes etapas: identificação das necessidades e desejos dos clientes; elaboração da árvore de requisito de design do serviço; aplicação da matriz QFD de forma simplificada; elaboração da árvore de requisito de design do serviço simplificada a partir dos resultados da matriz QFD; desenho do processo de serviço (service blueprint) com base na árvore simplificada e validação desse processo. Todas essas etapas foram realizadas no presente caso empresarial.

Resultados – A necessidade dos clientes entrevistados é o “acesso a produtos com desconto” e seus desejos são: 1) Plataforma com catálogo de produto; 2) Descontos adicionais; 3) Entrega até 7 dias; 4) Frete

grátis; 5) Contato com o vendedor via whatsapp; e 6) Variedade de formas de pagamento. A partir dessas necessidades e desejos, foi desenhada a árvore de requisitos de design com 28 elementos. Para simplificá-la, foram aplicadas quatro matrizes QFD simplificadas que permitiram identificar os elementos cruciais em cada nível da árvore: necessidades, desejos, requisitos de design e especificações de design. O resultado foi uma árvore simplificada composta de 12 elementos. Essa árvore serviu como referência para o desenho do processo de serviço, mapeado com suas atividades de front office e back room. Esse processo foi validado com gestores diversas áreas da empresa, destacando-se o Departamento de Tecnologia da Informação, as Equipes de Produto, Marketing e Finanças, o Departamento de Logística e o pessoal de Vendas. Sugestões de ajustes foram feitas e a viabilidade operacional constatada. Um protótipo do site para comercialização dos produtos foi desenvolvido com base no front office do processo desenhado. Este foi apresentado a 15 clientes em potencial do serviço projetado e entrevistas foram realizadas para captar as suas percepções sobre o protótipo. As perguntas foram feitas com base nos requisitos (necessidades e desejos) priorizados na árvore simplificada. As sugestões de melhorias foram incorporadas no design final do site.

Avaliação e Lições Aprendidas – Por meio da aplicação da metodologia SEEM, foi possível identificar as necessidades do público-alvo e as demandas da empresa, garantindo a participação ativa de ambas as partes na definição da solução final. A colaboração entre a empresa e os clientes permitiu o desenvolvimento de um protótipo que atendeu aos requisitos e expectativas de ambas as partes envolvidas. A ferramenta proposta mostrou-se viável para o gerenciamento interno da empresa, possibilitando a gestão adequada dos produtos próximos do vencimento e uma comunicação mais direta com os clientes.

Organização/Empresa – Empresa multinacional líder no segmento de bens de consumo, atuante no Brasil há 94 anos. Possui um portfólio que abrange mais de 400 marcas que operam em cinco grupos de negócios: beleza e bem-estar; cuidado pessoal, cuidados domiciliares, nutrição e sorvete.

CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica): 2063-1/00.

Palavras-chave: Produtos próximos ao vencimento, Service Engineering Methodology (SEEM), Design de serviços.

1. Introdução

A venda de produtos próximos da data de validade, além de ajudar a diminuir desperdícios, pode ser vista como uma oportunidade de reduzir perdas e aumentar as margens de lucros das empresas. Além disso, mapear um processo que permita aplicar a venda de produtos próximos a data de validade pode ser considerada uma nova forma de atender às necessidades dos clientes, uma vez que os consumidores têm exigido cada vez mais serviços personalizados com práticas sustentáveis e conscientes (EKAFITRI *et al.*, 2020).

Mesmo com o tema de sustentabilidade ganhando cada vez mais força no âmbito empresarial e acadêmico, há escassez na literatura de estudos que apontem soluções de finalidade para produtos próximos da data de vencimento. Quando pesquisado na base dados *Web of Science*, o termo “*due date product*” apresenta 3878 artigos com resultados variados relacionados a produtos alimentício e químicos na Agronomia, Indústria Química e de Materiais. Os resultados apresentam uma preocupação acadêmica com a poluição causada pelo descarte hospitalar e de medicamento, que são compostos químicos altamente poluentes. Já no ramo alimentar, os estudos exploram principalmente a desigualdade alimentar no aumento de resíduos. Os poucos artigos que abordam a comercialização e venda de produtos perto da data de validade concentram-se especialmente na precificação desses produtos. Neste sentido, este estudo empresarial visa contribuir para a literatura acerca do desenvolvimento de soluções de finalidade para produtos próximos da data de vencimento.

O objetivo deste caso empresarial é aplicar a metodologia *Service Engineering* (*Service Engineering Methodology* - SEEM) para projetar um serviço *B2B* de comercialização de itens que estejam próximo à da data de vencimento e que seriam descartados por uma empresa produtora de bens de consumo.

2. Contextualização e definição do problema

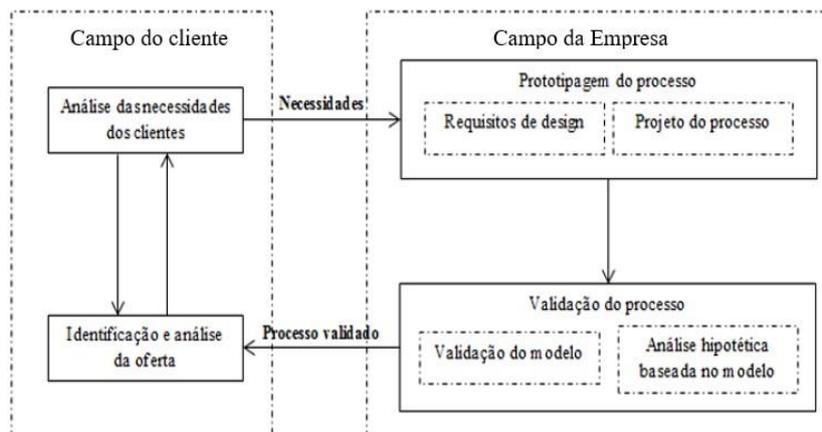
A empresa estudada possui um portfólio que abrange mais de 400 marcas distintas que operam em cinco grupos de negócios: beleza e bem-estar; cuidado pessoal, cuidados domiciliares, nutrição e sorvete. No Brasil, já atua há 94 anos e seus produtos alcançam mensalmente 46 milhões de domicílios. A empresa já comercializa produtos próximos da data de vencimento, mas de forma incipiente e informal. Itens com uma validade curta, ou seja, menos de 3 meses antes do vencimento, são retirados do estoque destinado à venda regular. Semanalmente, uma avaliação é realizada para identificar esses itens, que são compilados em uma lista. Essa lista é então compartilhada com a equipe comercial, que se encarrega de efetuar as vendas. A

negociação acontece de maneira presencial, ou em conversa com o comprador por meio do *WhatsApp*. O que a empresa anseia no momento é ampliar e formalizar esse serviço de comercialização.

3. Implementação e solução do problema

A metodologia utilizada neste trabalho para realizar o design do serviço é o SEEM. A escolha desta metodologia se deve ao fato de que Pezzotta *et al.* (2014) propuseram a SEEM para projetar serviços, com foco na entrega de valor para os clientes, com base nas suas necessidades e desejos e no que a empresa tem a oferecer. A SEEM não se centra apenas nos clientes, mas inicia o seu processo de design a partir deles (PEZZOTTA *et al.*, 2014). Ela considera dois grandes campos: a do cliente e a da empresa, como apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Estrutura do *service engineering* (SEEM)



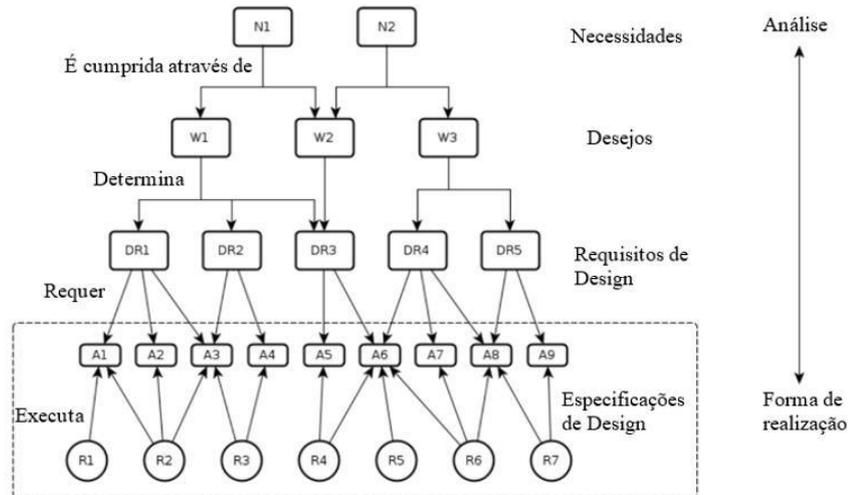
Fonte: Pezzotta *et al.* (2016, p. 21).

No campo do cliente, a primeira fase do processo envolve identificar as necessidades do cliente e compará-las com os serviços já disponíveis na empresa (quando esses serviços são oferecidos). Nessa fase inicial do processo, a metodologia SEEM emprega uma variedade de técnicas de pesquisa de mercado, como grupos focais, observação, entrevistas, questionários, entre outros, a fim de obter as informações necessárias (PEZZOTTA *et al.*, 2014). Independentemente da forma como é implementada, o propósito é obter uma compreensão clara das necessidades e desejos dos clientes em relação ao serviço e desempenho esperado (PEZZOTTA *et al.*, 2016).

A segunda fase da implementação, utiliza as necessidades e desejos identificados na primeira fase como *inputs* para o desenvolvimento de um protótipo do serviço. O objetivo desta tarefa

é identificar as relações essenciais entre as necessidades dos clientes e os recursos do provedor de serviço-produto. Para isso, como primeira tarefa, utiliza-se a Árvore de Requisitos de Design do Serviço (Figura 2).

Figura 2 - Árvore dos requisitos de design do serviço



Fonte: Pezzotta *et al.* (2014, p.55).

A árvore dos requisitos de design é construída em quatro níveis (RONDINI *et al.*, 2015):

- (N) Necessidades do cliente: aquilo que o cliente precisa suprir, que é útil e indispensável na visão do cliente. Isso varia de acordo com a segmentação do mercado e público-alvo;
- (D) Os desejos do cliente: como o cliente quer que suas necessidades sejam atendidas;
- (RD) Requisitos de Design: são os elementos, as propriedades que o serviço a ser projetado deve ter para atender as necessidade e desejos dos clientes;
- (ED) Especificações do design: são as atividades e recursos necessários para operacionalizar os requisitos do design.

Geralmente, as árvores dos requisitos de design do serviço compreendem muitos elementos em cada um dos seus níveis hierarquizados. A partir dessa hierarquia e se considerando a limitação de recursos disponíveis nas empresas, é necessário se identificar aqueles elementos cruciais que devem de fato orientar o projeto do serviço (RIEG *et al.*, 2024). Elas vão compor a árvore dos requisitos de design simplificada. Para elaboração da árvore simplificada, (PEZZOTA *et al.* (2014) sugerem a utilização da matriz desdobramento da função qualidade (QDF do inglês *Quality Function Deployment*) de forma simplificada (veja Pezzotta *et al.* 2014 e 2016 para maiores detalhes).

Ainda na segunda fase, é realizado o desenho do processo. É necessário criar uma representação dos processos de fornecimento de serviços. Dentro da SEEM, a ferramenta *Service Blueprint* é empregada para visualizar de forma simultânea o processo de retaguarda do serviço, os pontos de contato com o cliente (PEZZOTTA *et al.*, 2016).

Já na terceira fase, há a validação do processo projetado. O objetivo validar e avaliar o desempenho do processo, além de identificar a configuração ideal dos recursos necessários. Para isso, pode-se utilizar protótipos não funcionais ou funcionais, como a simulação de processos (PEZZOTTA *et al.*, 2016).

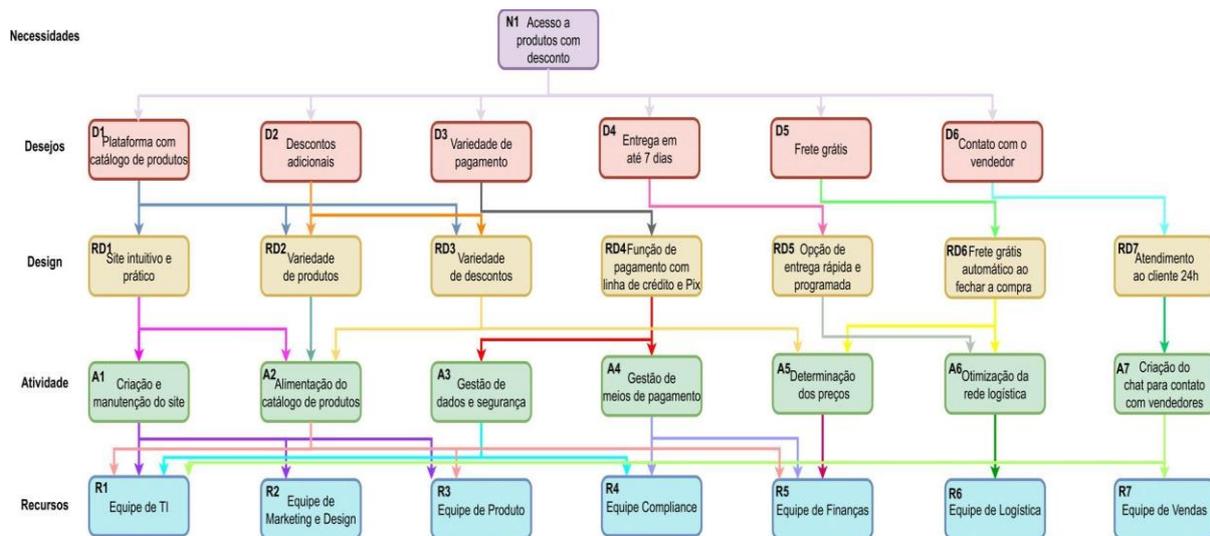
Para realizar esse estudo, foram conduzidas entrevistas com donos de 23 empresas clientes (5 atuais e 18 clientes em potencial) para identificar suas necessidades e desejos com relação à compra de produtos perto da data de validade. A partir da coleta de dados, o estudo seguiu com a aplicação das ferramentas previstas na SEEM: elaboração da árvores de requisitos de design do serviço com base nas respostas dos clientes; aplicação da matriz QFD simplificada; elaboração árvore simplificada a partir dos resultados da matriz QFD; desenho do *Service Blueprint* com base na árvore simplificada; prototipagem (criação do site do serviço); e validação (do site) por meio de entrevistas realizadas com 15 clientes que participaram na primeira etapa do estudo. O mapeamento também foi analisado internamente por meio de entrevistas com 1 analista de TI, 1 coordenadora de *Supply Chain* (Departamento de Logística), 1 gerente de finanças e 1 analista de *Marketing*. Nas entrevistas, foi apresentado o *Blueprint* e questionado a sua viabilidade operacional, além de captar sugestões de melhorias.

4. Resultados

As 23 empresas clientes investigadas são minimercados (12), lojas multicoisas (6) e lojas de conveniências (5) e que atendem, em média, 291 clientes por semana (desvio padrão = 91 clientes). A maioria desses estabelecimentos estão localizados na região sudeste. Ao analisar os resultados das entrevistas constatou-se que a necessidade dessas empresas é ter acesso a produtos com desconto e por isso têm interesse na comercialização de produtos perto da data de validade. O que elas desejam neste serviço são: (1) plataforma com catálogo de produto; (2) descontos adicionais; (3) entrega até 7 dias; (4) frete grátis; (5) contato com o vendedor via *whatsapp*; e (6) variedade de formas de pagamento.

A partir dessa necessidade e desses desejos, foi desenhada a árvore de requisitos de design do serviço no *Draw.io*, apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Árvore de requisitos de design do serviço



Fonte: Autores (2023).

Como pode ser observado na Figura 3, para atender à necessidade e aos desejos dos clientes, foram estabelecidos os seguintes requisitos de design: site intuitivo e prático; variedade de produtos; variedade de descontos, conforme quantidade de produtos adquiridos e prazo de validade (isso inclui um desconto de 70% para produtos que vencem no mesmo mês, um desconto de 50% para produtos que vencem no próximo mês, 30% para 2 meses de vencer e 15% para 3 meses de vencer); pagamento por linha de crédito e *pix*; possibilidade de contato com vendedores por meio do *WhatsApp chat*; opção de entrega rápida e programada; e frete grátis fornecido automaticamente na finalização da compra.

Estes requisitos de design demandam atividades essenciais como criação e manutenção do site, alimentação constante do catálogo de produtos, gestão de dados e segurança, gestão dos meios de pagamento, determinação dos preços dos produtos, otimização da rede logística, criação do *whatsapp chat* para contato com o vendedor. Por sua vez, essas atividades devem ser conduzidas por diversas áreas, destacando-se o Departamento de Tecnologia da Informação (TI), as Equipes de Produto, Marketing e Finanças, o Departamento de Logística e o pessoal de Vendas, como apresentado na Figura 3.

Em seguida, foram desenvolvidas quatro matrizes QFD simplificadas, relacionando: 1) necessidades e desejos; 2) desejos e requisitos de design; 3) requisitos de design e atividades; 4) atividades e recursos (Tabela 1), de modo a identificar os elementos centrais em cada camada da primeira árvore e construir a árvore simplificada.

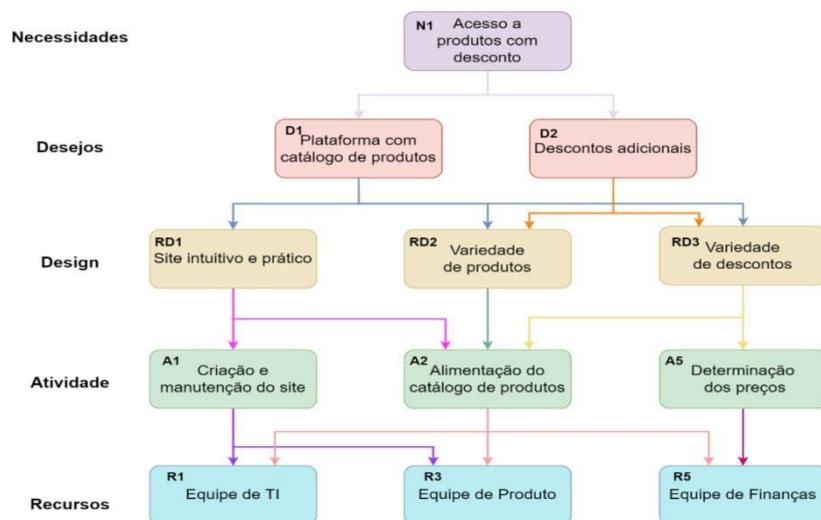
Tabela 1 – Exemplo de QFD adaptado: atividades com recursos

Atividade/ Recurso	A1 Criação e manutenção do site	A2 Alimentação do catálogo de produtos	A3 Gerenciamento de dados e segurança	A4 Gerenciamento dos meios de pagamento	A5 Determinação dos preços	A6 Otimização da rede logística	A7 Criação do chat para contato com os vendedores	W importância	W importância %
Peso	9	9	9	9	9	3	3	0	0%
R1 Equipe de TI	9	3	9				3	198	27%
R1 Equipe de Marketing e Design	3							27	4%
Equipe de Produto	9	9						162	22%
R3 Equipe de Compliance			9	3				108	15%
R4 Equipe de Finanças		3		9	9			189	26%
R5 Equipe Logística						9		27	4%
R6 Equipe de Vendas							9	27	4%
Total								738	100%

Fonte: Autores (2023).

Para a elaboração das matrizes, os elementos do nível superior da árvore foram colocados nas colunas e os do nível inferior, nas linhas. No cruzamento das linhas com as colunas, colocou-se o peso (1- pouco importante; 3 – importante; ou 9 - crucial) que o item da linha tem na satisfação do item na coluna, quando relacionados na árvore. Depois, foi feita a somatória da multiplicação do peso do item da linha pelo peso do item da coluna, resultando nos pesos absolutos dos itens (W) e de seus valores respectivos em porcentagem (W%). Após a elaboração das quatro matrizes e identificação dos elementos com maior W%, como exemplificado na Tabela 1, construiu-se a árvore simplificada dos requisitos de design do serviço (Figura 4).

Figura 4 - Árvore simplificada de requisitos de design do serviço



Fonte: Autores (2023).

A partir da árvore simplificada de requisitos de design do serviço foi desenvolvido o mapeamento *Service Blueprint*, com o propósito de esboçar como o processo de prestação de serviços de venda de produtos perto da data de vencimento deve ocorrer. Ressalta-se que a árvore simplificada é um orientador para a elaboração do *Service Blueprint* e não um limitador do que deve estar contido no processo.

O mapeamento foi apresentado a especialistas das principais áreas envolvidas para análise de viabilidade de implementação, conforme apresentado a seguir.

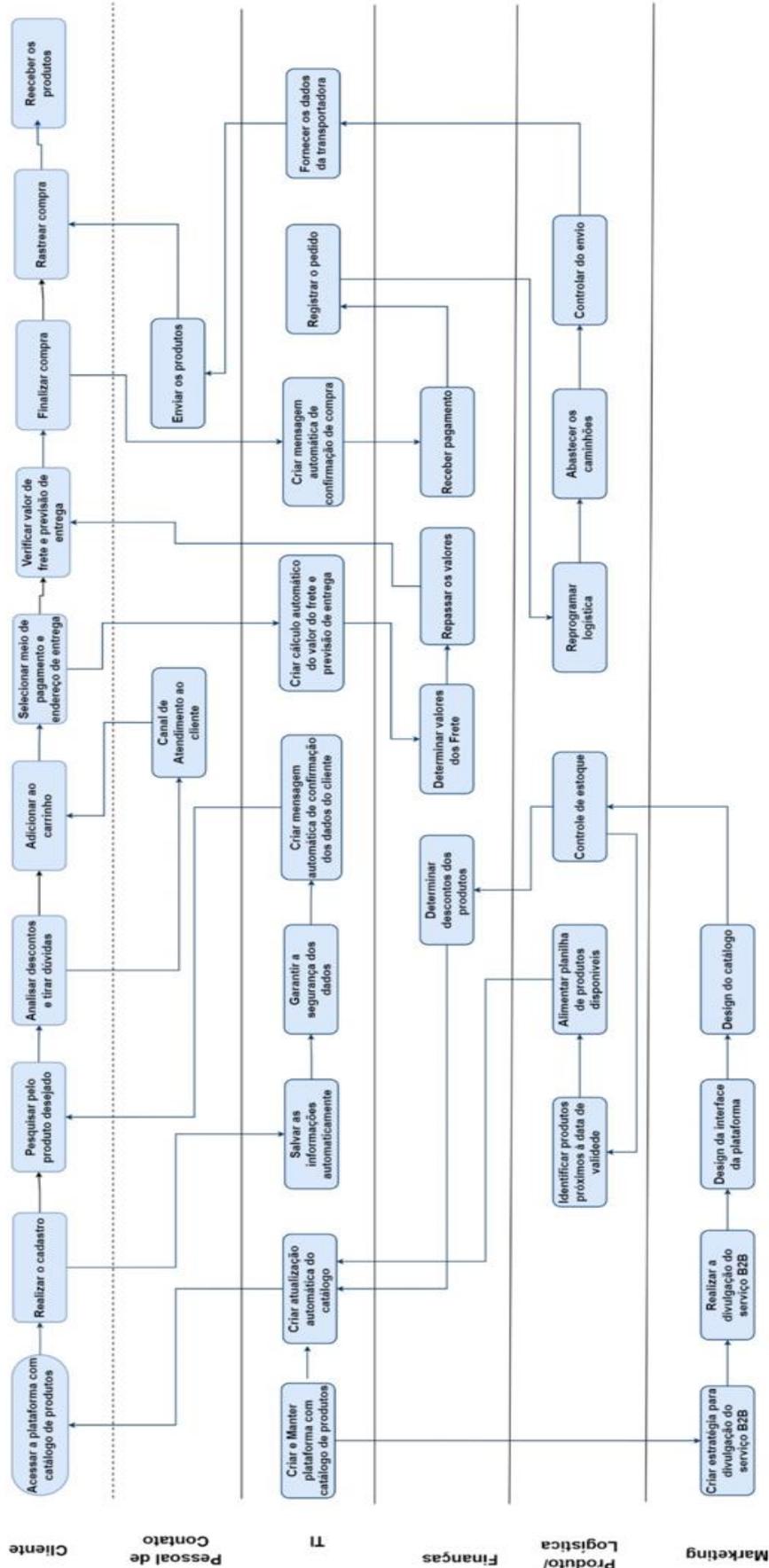
O analista de TI contatado destacou que a empresa já possui operações de *e-commerce*, o que simplifica a implementação do sistema. Entretanto, existem desafios relacionados à parametrização e ao abastecimento da plataforma para diferenciar itens com os mesmos códigos de identificação interna em próximos à data de vencimento e longo prazo de validade. Uma solução seria criar uma plataforma exclusiva para a comercialização de produtos próximos à data de vencimento, direcionada apenas aos clientes interessados nessa categoria.

Isto garantiria que não houvesse conflitos com o modelo de negócios existente da empresa. O especialista de TI não prevê qualquer desafio significativo em assegurar a capacidade de automatizar o cálculo da previsão de entrega e dos custos de frete, além de monitorar o *status* do pedido, incluindo todas as etapas de entrega. Isto ocorreria de maneira semelhante ao que já ocorre no *e-commerce*, aproveitando as integrações e sistemas existentes.

O gerente de finanças sugeriu oferecer frete grátis para as entregas de produtos próximos a data de vencimento, estabelecendo somente um valor de pedido mínimo de R\$ 150,00 reais, para cobrir os custos logísticos. A área também se compromete a fazer o acompanhamento do pagamento do pedido, tornando viável essa etapa do projeto.

A coordenadora de *Supply Chain* (Departamento de Logística), pontuou que para identificar os produtos com prazo de validade curto, conta-se com a colaboração dos coordenadores operacionais das filiais em todo o Brasil. Eles atualizam semanalmente uma lista de estoques disponíveis para esse tipo de venda. Isso permite a atualização das planilhas e consequentemente, do site, tornando a compra para os clientes mais eficiente. Ela entende que a entrega rápida desses pedidos é um grande desafio. Por isso, a coordenadora de *Supply Chain* sugere estabelecer um prazo de entrega de até 7 dias úteis, priorizando o despacho dos pedidos e acompanhando a entrega do início ao fim, o que vai ao encontro do desejo dos clientes em termos de prazo de entrega.

Figura 5 - Mapeamento Service Blueprint

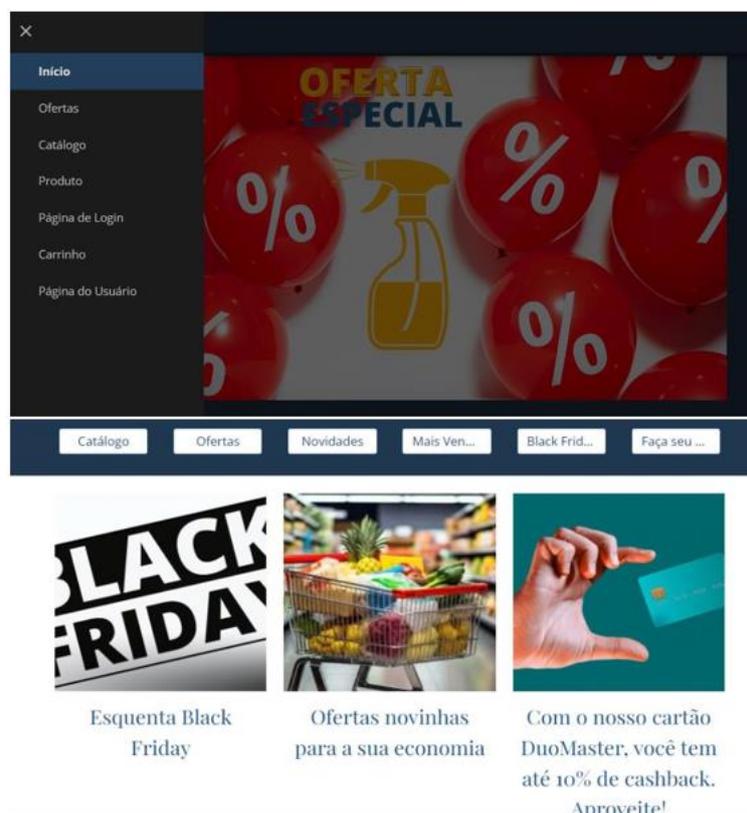


Fonte: Autores (2023).

Por fim, o analista de marketing propôs a criação de um *banner* no site principal para promover a venda de produtos próximos à data de vencimento. Esse *banner* direcionaria os clientes, quando clicado, para uma seção especializada no site, focada em produtos com validade curta. Além disso, recomendou também aprimorar o design da plataforma de vendas e otimizar o catálogo, incluindo uma lista de produtos sugeridos.

Com base na jornada do cliente apresentada no *Blueprint* (Figura 5), foi desenhado o site (no *site.google.com*) para ser o intermediador do processo de vendas para os produtos perto da data de validade. Conforme sugestão do analista de Marketing, foi inserido um *banner* na página inicial com novidades e ofertas. Ainda na mesma página, abaixo do *banner*, encontram-se os itens do catálogo clusterizados (Figura 6), conforme sugestão do analista de TI. O site fornece acesso ao catálogo com filtros de ofertas: por data de lançamento, mais vendidos; novidades e área para pesquisa de algum produto específico. Na área de catálogo, após o cliente entrar em um dos ícones do catálogo (produtos de limpeza, produtos de beleza etc.) e selecionar um produto, aparecem as informações referentes ao produto, como preço e quantidade disponível.

Figura 6 - Página inicial do site na pesquisa por produtos



Fonte: Autores (2023).

Ao clicar no ícone “comprar”, o cliente será direcionado ao carrinho de compras com todos os produtos selecionados. A mesma área já contará com a área de cadastro do cliente e pagamento. No final da compra, o cliente visualiza o frete (caso a compra tenha sido acima de R\$150,00 o frete é grátis) e o tempo de entrega. Foi inserido também uma área facultativa para instrução sobre entrega, caso seja uma área de limite de acesso, restrição de entrega ou tipo de veículo.

Como mencionado na seção 3, este protótipo foi apresentado a 15 clientes atuais e em potencial do serviço projetado para validação e novas entrevistas foram realizadas para captar a percepção do cliente. As perguntas foram feitas com base nos requisitos (necessidades e desejos) priorizados na árvore simplificada.

A respeito do uso da plataforma para fazer o processo de compras, 86,7% dos entrevistados usariam a plataforma para o processo de compra dos itens. Sobre a visualização dos produtos pelo catálogo, 14 das 15 pessoas consideraram a visualização fácil. Em relação ao manuseio da plataforma, 73,3% afirmaram que a plataforma é intuitiva. A respeito do processo da compra, 53,3% não conseguiram encontrar todas as informações necessárias para realização da compra como os descontos dos produtos e o prazo de vencimento do lote. E quanto ao preenchimento do cadastro, todos os respondentes afirmaram que o processo é simples.

Por fim, foi solicitado aos clientes que apresentassem sugestões de melhoria para o site. As principais sugestões foram a inclusão de uma área para falar com o vendedor (desejo que apareceu na primeira árvore de requisitos de design do serviço, mas não na simplificada) e facilitar a visualização do prazo de vencimento dos itens e o desconto aplicados nos itens vendidos sobre o preço original da mercadoria. Também na área de pagamento, foi solicitado a inclusão de código e *link* para rastrear a compra assim que finalizar a venda. Todas essas sugestões foram aderidas na reformulação do site.

5. Considerações finais

Por meio da aplicação da metodologia SEEM, foi possível identificar as necessidades do público-alvo e as demandas da empresa, garantindo a participação ativa de ambas as partes na definição da solução final.

A colaboração entre a empresa e os clientes permitiu o desenvolvimento de um protótipo que atendeu aos requisitos e expectativas de ambas as partes envolvidas. A ferramenta proposta mostrou-se viável para o gerenciamento interno da empresa, possibilitando a gestão adequada dos produtos próximos do vencimento e uma comunicação mais direta com os clientes.

Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade da solução proposta. Além de beneficiar a empresa em termos econômicos, ao minimizar os custos de armazenagem e produção dos produtos excedentes, a solução também demonstra impactos positivos nos aspectos sociais e ambientais. Ao redirecionar os produtos próximos da data de vencimento para clientes de pequeno porte, a solução contribuiu para a redução do desperdício, evitando o seu descarte e para a satisfação dos consumidores, que podem adquirir os produtos a preços mais atrativos, proporcionando benefícios tangíveis e satisfatórios aos clientes

Considerando as limitações de informações disponíveis durante o estudo e o tempo decorrido, é recomendado que a empresa realize uma prospecção mais ampla de clientes interessados em adquirir produtos próximos da data de vencimento. Além disso, é pertinente que seja realizado um estudo quantitativo detalhado para avaliar de forma precisa o impacto financeiro de disponibilizar produtos com desconto.

Em conclusão, o estudo em questão se mostrou satisfatório ao atingir seus objetivos, entregando uma solução eficiente para o manejo de produtos próximos da data de vencimento. Por meio da aplicação da metodologia SEEM, a participação ativa da empresa e dos clientes e a validação do protótipo desenvolvido, foi possível demonstrar a viabilidade e os benefícios sustentáveis dessa abordagem.

REFERÊNCIAS

EKAFITRI, Riyanti *et al.* Shelf-life assessment of energy banana bar using acceleration method with critical moisture content approach. **Food Science and Technology**, v. 41, p. 163-168, 2020.

PEZZOTTA, Giuditta *et al.* Balancing product-service provider's performance and customer's value: The service engineering methodology (SEEM). **Procedia Cirp**, v. 16, p. 50-55, 2014.

PEZZOTTA, Giuditta *et al.* Towards a methodology to engineer industrial product-service system—Evidence from power and automation industry. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 15, p. 19-32, 2016.

RIEG, Denise Luciana *et al.* Project-based learning through the lens of SEEM: enhancing implementation in the Brazilian context", **Journal of International Education in Business**, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, 2024. <https://doi.org/10.1108/JIEB-06-2023-0039>

RONDINI, Alice *et al.* Service Engineering Methodology in Practice: A case study from power and automation technologies. **Procedia CIRP**, v. 30, p. 215-220, 2015.

Automatización de Indicadores de Sustainig para una industria aeronáutica



M.Sc. Pablo Isaias Rojas Fernandez^{1,2}

Eng. Dayana Miluska Heredia Leon^{1,2,3}

Lic. Isabel Belen Rojas Fernandez⁴

D.Sc. Fabio Neves Puglieri^{1,2,3}

D.Sc. Flavio Trojan^{1,2}

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). - 1
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP). - 2
Laboratório de Sistemas Produtivos Sustentáveis (LESP). - 3
Universidad Mayor de San Simón (UMSS) - 4

Definición del problema – *La industria aeronáutica necesita un sistema más eficiente para recopilar datos en su área de Estampado. Porque, el sistema actual es manual, desactualizado y no proporciona respuestas en tiempo real a los problemas de producción.*

Análisis del problema – *El sistema de gestión de datos manual de la empresa impide respuestas oportunas a problemas de mantenimiento, limitando la eficiencia y aumentando el riesgo de errores. Además, la falta de soluciones existentes de automatización en este sector dificulta la búsqueda de mejoras.*

Solución del problema – *Se desarrollo un aplicativo para automatizar la recolección de datos de solicitudes de atendimento y la generación de gráficos de indicadores clave de rendimiento (KPIs).*

Resultados – *La satisfacción de la industria con el aplicativo fue del 80%.*

Evaluación y lecciones aprendidas – *La colaboración academia-empresa y tecnologías digitales impulsaron un aplicativo innovador que optimizó la gestión de atendimientos y recibió buena acogida en la industria.*

Empresa – *Empresa del sector Aeronáutica*

CNAE (Clasificación Nacional de Actividad Económica): 3041-5/00, *Fabricación de aeronaves.*

Palabras clave: *Indicadores, Automatización, Industria Aeronáutica.*

1. Introdução

La evolución de los procesos de producción y su automatización han dado lugar a la Industria 4.0 un paradigma que impulsa a las empresas a buscar innovaciones para optimizar sus procesos (PICCAROZZI; AQUILANI; GATTI, 2018; ROMERO, 2021). Las tecnologías digitales asociadas a la Industria 4.0 se presentan como una oportunidad para abordar problemas y satisfacer las necesidades de las empresas (BRUCE SINCLAIR, 2018), ofreciendo beneficios como una mejor coordinación entre departamentos, un monitoreo más efectivo de procesos, acceso rápido a información confiable, incremento de la productividad, reducción de costos y facilitación en la toma de decisiones (ROMERO, 2021).

Dentro del contexto del monitoreo efectivo de procesos, la automatización de indicadores se convierte en una herramienta fundamental para las organizaciones (SCHEUERMANN; CÂNDIDO DA SILVA CYRNE, 2019). Esta automatización permite una evolución significativa en los sistemas de indicadores, facilitando la gestión y la toma de decisiones estratégicas (SCHEUERMANN; CÂNDIDO DA SILVA CYRNE, 2019). El empleo de indicadores resulta esencial para una gestión eficaz, ya que favorece la mejora y optimización de los procesos productivos, permitiendo una gestión más eficiente de los recursos disponibles. (SCHEUERMANN; CÂNDIDO DA SILVA CYRNE, 2019).

La industria aeronáutica ha estado trabajando con la automatización de sus procesos en diferentes niveles de complejidad durante décadas (CAYEUX et al., 2012). A medida que aumentan las necesidades de eficiencia y precisión de los procesos, las soluciones automatizadas son cada vez más populares en esta industria (CHENG et al., 2012). La automatización de indicadores se presenta como una solución efectiva para mejorar la eficiencia de las operaciones.

Los estudios han demostrado que la tecnología de automatización desempeña un papel crucial en diversas industrias, incluida la aviación, al delegar los procesos de toma de decisiones a sistemas automatizados, lo que conduce a operaciones más eficientes (ARAUJO et al., 2020; MCKAY et al., 2020). La automatización también afecta la sostenibilidad de las tecnologías aeronáuticas futuras, lo que enfatiza la necesidad de evaluar las implicaciones de la automatización en el diseño y el rendimiento de las aeronaves de próxima generación (KARPUK; RADESPIEL; ELHAM, 2022).

La fabricación de aeronaves es un sector que enfrenta actualmente diversos desafíos. La complejidad y el tiempo requerido para producir los componentes de estas aeronaves puede ser bastante alto, lo que dificulta el proceso de fabricación (SINGAMNENI et al., 2019). Además, un

error en este proceso puede tener graves consecuencias tanto en términos de seguridad como económicos (GONZÁLEZ PRIETO, 2018).

En el contexto actual, la industria en estudio enfrenta desafíos relacionados con el reporte de indicadores en su proceso de estampería. Para abordar estos problemas, se dividió el presente trabajo en tres etapas clave. La primera etapa implica una revisión exhaustiva de literatura en bases de datos confiables, enfocada en la automatización de indicadores dentro del sector aeronáutico. La segunda etapa se centra en el desarrollo de una aplicación específica para este fin. Finalmente, la tercera etapa busca evaluar el grado de satisfacción de la empresa con el nuevo sistema, mediante un cuestionario dirigido a los usuarios.

2. Contextualización y definición del problema

En el ámbito de la fabricación de aeronaves, la automatización de indicadores emerge como una herramienta crucial para la optimización de procesos. La empresa objeto de estudio enfrenta un desafío significativo: su sistema de gestión de datos de estampado está saturado, lo que obstaculiza la obtención oportuna de información esencial para abordar los problemas del sector. Esta situación provoca demoras en la toma de decisiones, incrementa el riesgo de cometer errores y restringe la eficiencia operativa. Ante este panorama, el objetivo de este trabajo es implementar un sistema automatizado de indicadores de sustaining específicamente diseñado para este sector, que facilite la recopilación de información en tiempo real, mejore la toma de decisiones y optimice la eficiencia del área.

3. Análisis del Problema

El área encargada de brindar soporte a la producción interviene cuando surge alguna dificultad o incertidumbre en un proceso productivo. En estos casos, el equipo de soporte es activado para abordar y resolver el problema correspondiente. Los indicadores clave en esta área comprenden el número de solicitudes recibidas, pendientes y resueltas.

Sin embargo, el programa de indicadores utilizado por el equipo de soporte enfrentaba una carga excesiva, lo que afectaba su velocidad de procesamiento. Acceder a la información sobre las llamadas de producción y los problemas asociados se convirtió en un desafío debido a las caídas recurrentes y las demoras experimentadas al utilizar el programa. Además, la recopilación manual de datos dificultaba aún más el proceso, ya que carecía de la información detallada necesaria para identificar las llamadas de producción que requerían atención y los problemas asociados.

Ante esta problemática, se reconoció la necesidad urgente de encontrar una solución efectiva. Por consiguiente, el objetivo principal de este estudio de caso es desarrollar una aplicación que automatice los indicadores de soporte, aprovechando la colaboración de un equipo multidisciplinario.

4. Implementación y Solución del Problema

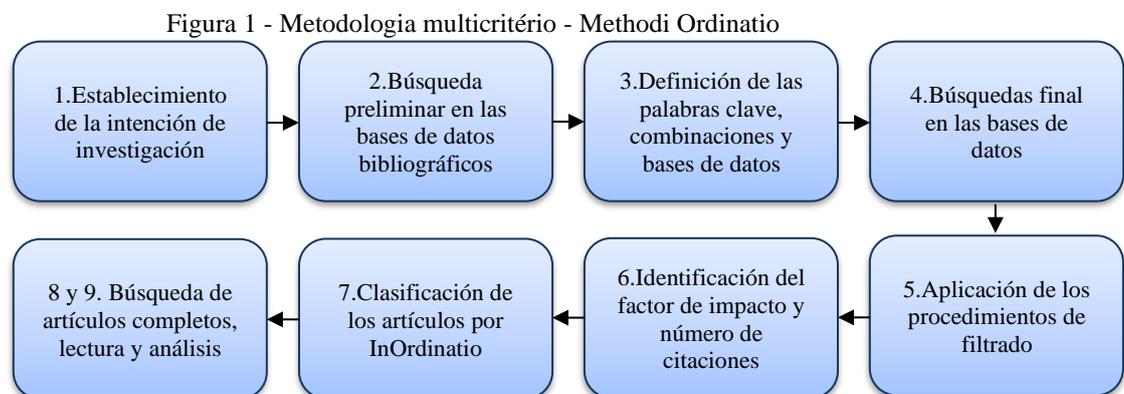
El desarrollo de este estudio se dividió en tres fases clave, cuya planificación y ejecución fueron fundamentales para alcanzar el objetivo.

4.1 Revisión de literatura

La revisión de literatura en un estudio es crucial para situar el tema dentro del contexto existente, identificar brechas en el conocimiento, establecer fundamentos teóricos, seleccionar metodologías apropiadas y evitar duplicaciones. En nuestro contexto, la revisión de literatura nos permitirá identificar las tecnologías digitales más utilizadas para la automatización de indicadores.

En este sentido, fue realizado una revisión sistemática de literatura, utilizando la metodología multicriterio "Methodi Ordinatio". Esta metodología tiene como objetivo seleccionar y clasificar los artículos más relevantes, con base a la ecuación (1), considerando los siguientes factores: Factor de impacto del artículo (IF), número de citas (Ci) y año de publicación (DE CAMPOS et al., 2018; PAGANI; KOVALESKI; DE RESENDE, 2017; PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015).

$$InOrdinatio = \left(\frac{IF}{1000}\right) + \alpha * [10 - (ResearchYear - PublishYear)] + \left(\sum c_i\right) \quad (1)$$



Fuente: Adaptado de Pagani et al. (2017)

- **Paso 1 - Establecimiento de la Intención de la Investigación:** El objetivo es conocer qué tipos de tecnologías digitales se utilizan para la automatización de los indicadores.

- **Paso 2 - Búsqueda preliminar en bases de datos:** Se probó la combinación de palabras clave enfocadas en tecnologías digitales en bases de datos.
- **Paso 3 - Definición y combinación de palabras clave y bases de datos:** Las bases de datos seleccionadas para esta investigación fueron Capes, Scopus, según la Tabla 1.

Tabla 1 -Combinación de palabras clave y banco de datos

Base de datos	Capes / Scopus
Title/Abs/Keywords	("Automation" OR "digital technologies" OR "information technology" OR "programming language" OR Programming)
All fields	(Aeronautics OR plane OR aircraft OR “manufacture airplanes”)
All fields	(database OR "Big data")
All fields	(Indicators OR kpi OR "indicators of performance")

Fuente: Elaborado por el autor (2023)

- **Paso 4 - Búsqueda final en las bases de datos:** Teniendo en cuenta las diversas herramientas de búsqueda (tiempo, tipo de documento, búsqueda por título, resumen, palabras clave y uso de booleanos), se obtuvo un total de 176 artículos, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 - Artículos por base de datos

Tipo	Ano	Capes	Scopus	Total
Artigos	1980-2022	35	141	176

Fuente: Elaborado por el autor (2023)

- **Paso 5 - Procedimientos de filtrado:** Después de realizar la búsqueda final, se aplicaron los procedimientos de filtrado y eliminación, como artículos repetidos; trabajos cuyo Título, Resumen, Palabras clave o Contenido no estén relacionados con el tema de investigación y capítulos de libros. Los resultados obtenidos en los procedimientos de filtrado se presentan en la Tabla 3. Los criterios de inclusión y exclusión de este estudio se presentan en la Tabla 4.

Tabla 3 - Procedimiento de filtración

Procedimiento	Ítems excluidos
Numero de artículos	176
Exclusión de artículos duplicados	0
Exclusión de artículos fuera de contexto	170
Exclusión de artículos sin autor	1
Resultante de artículos por portafolio	5

Fuente: Elaborado por el autor (2023)

Tabla 4 - Criterios de inclusión y exclusión

Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
Documentos sobre automatización de indicadores	*Nanotecnología *Tópicos de Medicina *Documentos sobre gestión

Fuente: Elaborado por el Autor (2023)

- **Paso 6 - El número de citas:** las citas de los artículos (Ci) se obtuvo en Google Académico; el año de publicación y el Factor de Impacto (FI) se recopilaron de Capes y Scopus.
- **Paso 7 - Clasificación de los artículos por InOrdinatio:** En esta investigación, se aplicó la Ecuación InOrdinatio Ecuación 1, asignando a α el valor de 10, considerando que el factor año es importante para el estudio. Así, resultando en un portafolio final de 5 artículos, según su relevancia científica.
- **Paso 8 - Búsqueda de artículos completos:** Esta etapa se realizó parcialmente en el paso 6. Todos los 5 artículos fueron encontrados en su versión completa, lo que nos permitió continuar con la última etapa del Methodi Ordinatio.
- **Paso 9 - Lectura final y análisis sistemático de los artículos:** Tras obtener el portafolio final con los artículos ordenados según su relevancia, se inició la respectiva lectura y se desarrolló la Tabla 5.

Tabla 5 - Tecnologías digitales para la automatización de indicadores

Artículo	Objetivo	Sector	Tecnologías o herramientas digitales	Beneficios
Sistemas de Información Ejecutiva para el Mantenimiento de la Base de Cabina de Aeronaves en PT. GMF AeroAsia Tbk	Desarrollo de un cuadro de mando para identificar, controlar y analizar la realización de cada proyecto de mantenimiento de aeronaves.	Mantenimiento de Aeronaves	1) Sistemas de Información Ejecutiva (EIS)	El sistema muestra información para identificar y supervisar el rendimiento; y de esta manera asistir y apoyar a los líderes a tomar decisiones correctas y estratégicas sobre el desempeño en sí, especialmente el desempeño de la Unidad de Mantenimiento de la Base de Cabina de PT GMF AeroAsia
Un gemelo digital para encontrar automáticamente las causas raíz de las alarmas de producción en función de los KPI de IoT agregados	Se propone y desarrolla una aplicación de un cuadro de mando que actúe como gemelo digital, que indica el valor medido para ser responsable de cualquier fallo futuro.	Fabricación	2) Gemelo digital, 3) Procesamiento analítico en línea (OLAP), 4) Sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS)	La principal ventaja del método es la rápida identificación del rendimiento de la producción, además del hecho de que los resultados mostraron que el Dashboard emite alertas sobre fallas en el rendimiento de la producción incluso antes de la producción real.
Tecnologías de Business Intelligence y Data Mining para el análisis de la producción y comercialización de cacao	Identificar los indicadores clave de rendimiento (KPI) de la producción y comercialización de una empresa de cacao	Producción y comercialización de cacao	5) Inteligencia de negocios, 6) minería de datos, 7) postgreSQL, 8) PowerBi	Los resultados más significativos son un tablero BI-DM con una interfaz web que accede a una casa de dataware, visualiza información estadística, detecta patrones de datos y predice el rendimiento y las ventas de la cosecha de cacao.

<p>Diseño e implementación de un panel de control para la gestión de los indicadores de calidad de una empresa maderera</p>	<p>Diseñar un cuadro de mando de gestión de indicadores de calidad que mejore el proceso productivo de los componentes de madera, estableciendo especificaciones del proyecto según las necesidades de la empresa y digitalizando la información generada en el proceso de control para crear una base de datos integrada.</p>	<p>Empresa maderera</p>	<p>9)Excel Online, 10)Power Automate y Power BI.</p>	<p>La implementación del cuadro de mando ha tenido un impacto significativo en los tres pilares de la sostenibilidad. En el aspecto medioambiental, la impresión de hojas de parámetros de control de calidad disminuyó de 120 a 0 hojas por semana, una reducción del 100%. En el aspecto social, el tiempo que se tarda en generar informes de calidad se ha reducido de 2 horas a 5 segundos por informe, una reducción del 99,9%, lo que reduce el estrés de los operarios y gestores por no disponer de la información cuando la necesitan. Desde el punto de vista económico, se espera una reducción de costes debido al control en tiempo real de los productos no conformes.</p>
<p>Construcción de un modelo de inteligencia de negocios para mejorar el rendimiento de la caña de azúcar para una industria azucarera sostenible</p>	<p>Se trata de construir un sistema de inteligencia de negocios (dashboard) para mejorar el rendimiento de la caña de azúcar para mantener la producción de la industria de la caña de azúcar</p>	<p>Industria azucarera</p>	<p>11) Datos de planificación de recursos empresariales (ERP), 12) Interfaz gráfica de usuario (GUI) para inteligencia empresarial</p>	<p>La construcción de Business Intelligence para mejorar el contenido de azúcar en la productividad de la caña de azúcar jugó un papel importante para garantizar la sostenibilidad de la producción de la industria azucarera</p>

Fuente: Elaborado por el autor (2023)

Conocidas todas las tecnologías disponibles para la automatización de indicadores, se procedió a la planificación y construcción de la aplicación para la automatización de los indicadores.

4.2 Planificación

En esta fase, el equipo multidisciplinario estableció una comunicación virtual activa con la empresa para comprender detalladamente los requisitos y especificaciones del proyecto. Además, se acordaron reuniones semanales para evaluar el progreso del desarrollo y realizar ajustes según las necesidades emergentes. Estas medidas nos aseguraron una comprensión completa de los desafíos y alinearon las acciones con los intereses y expectativas de la empresa.

4.2.1 Construcción de la aplicación

En esta fase del proceso, se transformó la concepción teórica en un desarrollo tangible. A continuación, se describe las actividades realizadas:

- Automatización de la recopilación de datos diarios de producción: Dado el alcance y la complejidad de las operaciones, que abarcan múltiples centros de trabajo, se decidió implementar una solución técnica basada en TypeScript y JavaScript para agilizar y sistematizar el proceso de recolección de datos;
- Desarrollo de una aplicación para la gestión de tareas pendientes y el almacenamiento de información en una base de datos: Se procedió al diseño y desarrollo de una aplicación sólida y adaptable utilizando lenguajes de programación modernos como

TypeScript y JavaScript. Asimismo, se seleccionó PostgreSQL como sistema de gestión de bases de datos debido a su capacidad para manejar grandes volúmenes de información de manera eficiente y segura;

- Creación de un panel de control integrado con los principales indicadores de rendimiento (KPI) del área: Con el fin de proporcionar una visión analítica y estratégica del desempeño, se implementó un panel de control completo utilizando la plataforma Power BI. Esta herramienta permitió una visualización intuitiva y en tiempo real de los KPI más relevantes, facilitando así la toma de decisiones informadas y la identificación de áreas de mejora;
- Pruebas y validación: Una vez completado el desarrollo, se llevó a cabo una fase de pruebas exhaustivas en colaboración con la empresa para garantizar la calidad, estabilidad y seguridad de la aplicación. Se prestó especial atención a la validación de la funcionalidad para asegurar una experiencia óptima para el equipo de soporte de la empresa;
- Implementación: Finalmente, después de completar las pruebas y validaciones de manera satisfactoria, se procedió a implementar la aplicación en el entorno operativo de la empresa. Se realizaron las configuraciones necesarias y se brindó el soporte técnico adecuado para garantizar una transición fluida y una adopción exitosa por parte de los usuarios finales que son el equipo de soporte de la empresa.

4.3 Grado de Satisfacción

Con el fin de medir el nivel de satisfacción del equipo de soporte de la empresa respecto al aplicativo desarrollado, se llevó a cabo una encuesta en línea como esta detallada en la sección 5.3.

5. Resultados

En esta sección, presentaremos los resultados obtenidos de nuestro estudio, que buscó mejorar los indicadores de sustainig para el sector de estampado.

5.1 Planeamiento

El enfoque multidisciplinario del equipo fue una estrategia valiosa para abordar los desafíos en la empresa aeronáutica, ya que permitió una evaluación desde diferentes perspectivas. La diversidad de habilidades en el equipo facilitó una colaboración más integral, lo que resultó en una asignación de roles que se ajustaba mejor a las competencias individuales de los miembros.

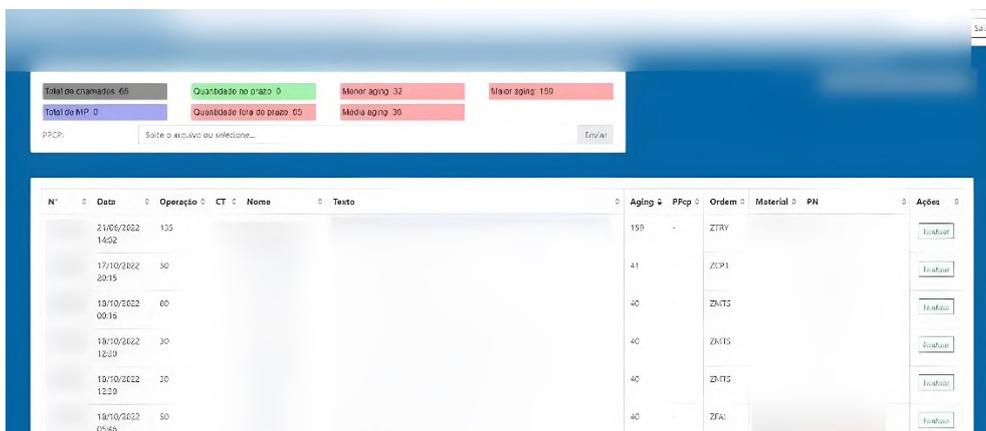
El equipo multidisciplinario estaba compuesto por siete profesionales de diferentes campos, como ingeniería mecánica, ciencias de la computación, ingeniería eléctrica, ingeniería química e ingeniería de producción. Cada miembro asumió responsabilidades específicas que estaban alineadas con sus habilidades y experiencia.

Estas funciones incluyeron el desarrollo de la aplicación, la organización de actividades planificadas, la gestión de la comunicación con las partes interesadas, el seguimiento del progreso y la administración de la documentación pertinente. Este enfoque garantizó una distribución eficiente de tareas y una coordinación efectiva para alcanzar el objetivo establecido en el proyecto aeronáutico.

5.2 Desarrollo del aplicativo

Las características del aplicativo desarrollado son las siguientes: al iniciar sesión, el empleado perteneciente al equipo de soporte de la empresa aeronáutica debe autenticarse con su nombre de usuario y contraseña para acceder de manera segura al aplicativo. Una vez completado este proceso, el usuario será llevado automáticamente a la pantalla principal, como se muestra en la Figura 2. En esta interfaz, se muestran varios datos relevantes, como el recuento total de llamadas recibidas, tanto dentro como fuera del plazo establecido. Además, se proporciona información detallada sobre cada llamada, incluyendo la fecha de registro, un número de identificación único, el nombre del solicitante de producción y una descripción detallada del motivo de la llamada.

Figura 2- Panel principal del aplicativo

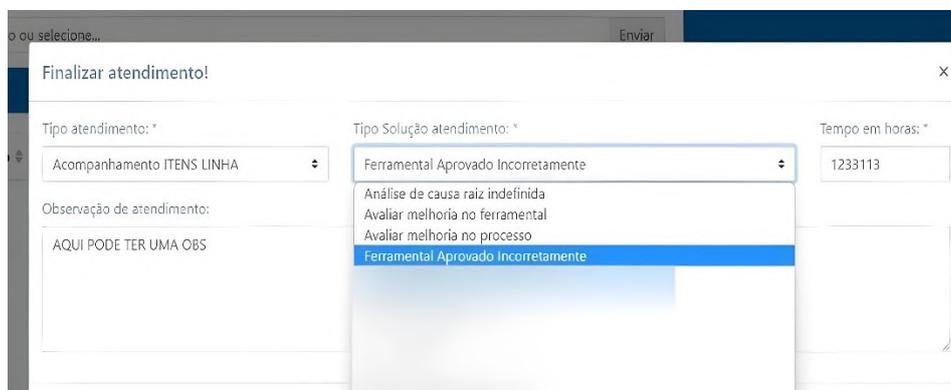


Fuente: Elaborado por los autores (2024)

La pantalla principal de la aplicación muestra de manera clara y accesible todas las llamadas atendidas. El usuario, que forma parte del equipo de soporte de la empresa, seleccionará la llamada que abordará. Una vez que haya resuelto el problema relacionado con la producción de

la empresa, deberá concluir el proceso de atención y registrarlo en la aplicación. La Figura 3 muestra la pantalla que se despliega para que el usuario pueda registrar los detalles pertinentes, como el tipo de atención proporcionada, la solución implementada y el tiempo dedicado a resolver la llamada, además de ofrecer la posibilidad de incluir observaciones relevantes. Después de la respuesta del usuario del equipo de soporte, la llamada se considera concluida y se graba y almacena en la base de datos PostgreSQL, lo que permite mantener un registro histórico detallado de todas las llamadas atendidas.

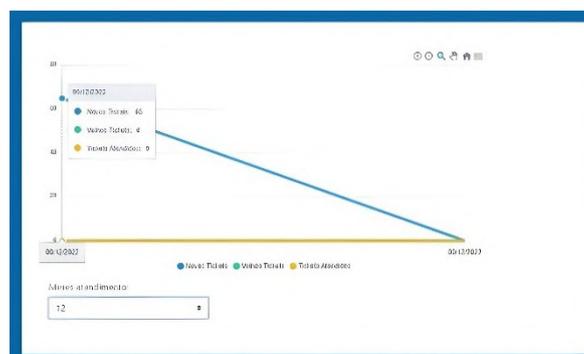
Figura 3- Panel de finalización de atendimento



Fuente: Elaborado por los autores (2024)

Una vez que se hayan registrado todas estas informaciones, el aplicativo podrá generar un panel de control en tiempo real con los principales indicadores clave de rendimiento (KPIs) del área, como se muestra en la Figura 4. Esto facilitará la toma de decisiones estratégicas, ya que se podrá evaluar la productividad del área de soporte en relación con las solicitudes de atención provenientes del área de producción de la empresa. Además, esto permitirá identificar y analizar con mayor precisión los aspectos que requieren mejoras.

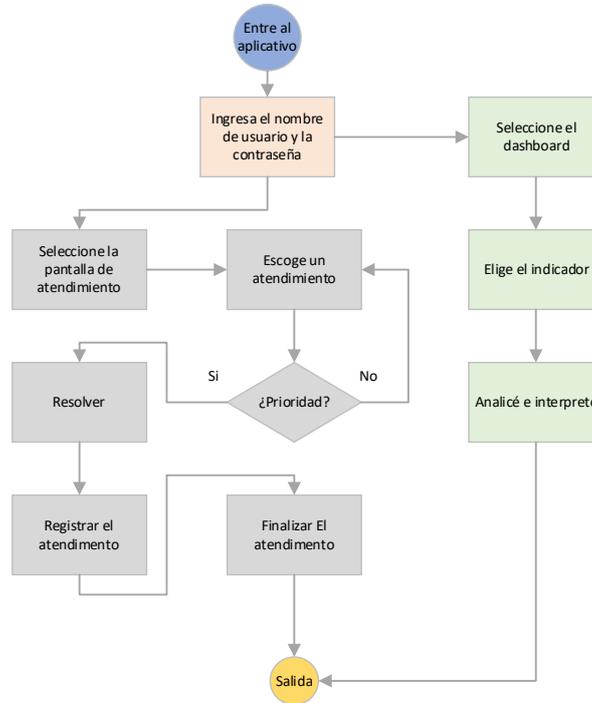
Figura 4 - Dashboard generado en el aplicativo



Fuente: Elaborado por los autores (2024)

En la Figura 5, se presenta de forma resumida un diagrama de flujo que detalla los pasos que el usuario debe seguir para acceder al aplicativo.

Figura 5 - Flujograma de acceso al aplicativo



Fuente: Elaborado por los autores (2024)

Después del desarrollo del aplicativo, se realizaron pruebas rigurosas para garantizar su funcionalidad. Una vez confirmado que el aplicativo cumplía con las necesidades y requisitos de la empresa aeronáutica, se llevó a cabo su implementación en un lapso de una semana. Después de la implementación, se realizó una evaluación de satisfacción tanto del aplicativo en sí como del desempeño del equipo multidisciplinario encargado de su desarrollo.

5.3 Evaluación de satisfacción

Tras enviar el cuestionario en línea al encargado del equipo de soporte de la empresa, los resultados revelaron un nivel de satisfacción del 80% con el aplicativo y del 100% con el desempeño del equipo multidisciplinario, según la evaluación realizada por la empresa aeronáutica.

El encargado del equipo de soporte también subrayó que el compromiso del equipo multidisciplinario, junto con su conocimiento técnico, constituyen los pilares fundamentales para el éxito de las actividades emprendidas.

6. Lecciones Aprendidas

Durante el proceso de desarrollo del aplicativo para la empresa aeronáutica, se destacó la importancia de la colaboración entre la academia y el sector empresarial. Esta colaboración es vital, ya que une el conocimiento académico con las necesidades empresariales.

La formación de un equipo multidisciplinario para crear el aplicativo ofrece varios beneficios. La diversidad de enfoques y habilidades dentro del equipo facilita la generación de soluciones innovadoras y eficientes. La cohesión del equipo es clave para lograr resultados exitosos, destacando la importancia de una comunicación fluida entre los miembros del equipo y la empresa, evitando la fragmentación y el individualismo.

Además, el aplicativo desarrollado para la empresa aeronáutica cumplió con las expectativas establecidas. La capacidad de las empresas para modernizar y automatizar sus procesos mediante soluciones tecnológicas trae consigo mejoras significativas en los controles operativos, lo que a su vez se traduce en un aumento de la productividad.

7. Conclusiones

En conclusión, la revisión de la literatura permitió identificar las tecnologías digitales utilizadas para la automatización de indicadores, lo que proporcionó una base para desarrollar un aplicativo que se alinea con las necesidades específicas de la empresa. Una vez desarrollado e implementado el aplicativo, se aplicó un cuestionario de satisfacción para evaluar su efectividad. Los resultados reflejaron un nivel de satisfacción del 80% con el aplicativo y del 100% con el desempeño del equipo multidisciplinario. Estos hallazgos demuestran que el aplicativo cumplió en gran medida con las expectativas de la empresa y que el equipo multidisciplinario desempeñó un papel crucial y altamente efectivo en su implementación.

8. Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Consejo Nacional Brasileño de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) por su apoyo financiero para hacer posible la publicación de este trabajo.

REFERENCIAS

ARAUJO, T. et al. In AI we trust? Perceptions about automated decision-making by artificial intelligence. **AI & SOCIETY**, v. 35, n. 3, p. 611–623, 1 set. 2020.

BRUCE SINCLAIR. **IoT: Como Usar a “Internet Das Coisas” Para Alavancar Seus Negócios**. 2018. ed. São Paulo Autêntica Business: [s.n.].

CAYEUX, E. et al. Advanced Drilling Simulation Environment for Testing New Drilling

Automation Techniques and Practices. **SPE Drilling & Completion**, v. 27, n. 04, p. 559–573, dez. 2012.

CHENG, H. et al. Modeling and analyzing of variation propagation in aeronautical thin-walled structures automated riveting. **Assembly Automation**, v. 32, n. 1, p. 25–37, fev. 2012.

DE CAMPOS, E. A. R. et al. Construction and qualitative assessment of a bibliographic portfolio using the methodology Methodi Ordinatio. **Scientometrics**, v. 116, n. 2, p. 815–842, 2018.

GONZÁLEZ PRIETO, A. Aplicaciones estratégicas de la transformación digital en el sector aeroespacial. 2018.

KARPUK, S.; RADESPIEL, R.; ELHAM, A. Assessment of Future Airframe and Propulsion Technologies on Sustainability of Next-Generation Mid-Range Aircraft. **Aerospace**, v. 9, n. 5, p. 279, 23 maio 2022.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; DE RESENDE, L. M. M. Advances in the composition of methodi ordinatio for systematic literature review. **Ciencia da Informacao**, v. 46, n. 2, p. 161–187, 2017.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

PICCAROZZI, M.; AQUILANI, B.; GATTI, C. Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3821, out. 2018.

ROMERO, M. La Industria 4.0 en el Sector Aeronáutico. 2021.

SCHEUERMANN, G.; CÂNDIDO DA SILVA CYRNE, C. Conjunto de Indicadores de Sustentabilidade empresarial: Uma proposta de avaliação para micro e pequenas empresas do segmento agroindustrial. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, v. 21, n. 1–3, p. 79–93, 2019.

SINGAMNENI, S. et al. Additive Manufacturing for the Aircraft Industry: A Review. **Journal of Aeronautics & Aerospace Engineering**, v. 08, n. 01, 2019.

SYNCARD FOR NON-REPETITIVE PROCESS: A PROPOSAL FOR AEROSPACE INDUSTRY

Ms. Ângelo Arantes Levenhagen (UFSCar)

Dr. Luiz Fernando de Oriani e Paulillo (UFSCar)



Problem Definition – Order accumulation and inventory in non-repetitive process.

Problem Analysis – JIT and QRM principles and methodology proposals for address the problem in two different approaches.

Problem Solution – SynCARD is the proposal for addressing the issue observed, taking characteristics of both methodologies.

Results – SynCARD may synchronize the pace among departments involved in the PD and potentially reduce WIP in the office and shop floor.

Evaluation and Lessons Learned – This study can help practitioners to understand some characteristics, advantages and difficulties of implementing the methodologies. For scholars, this research can contribute to increase the current interest in applying acknowledged methodologies usually well-fitted to repetitive processes into non-repetitive ones.

Organization/Company – This research concerns an aerospace company, which has been developing complex products for more than 20 years, located in São Paulo (Brazil).

CNAE (National Classification of Economic Activity): C-3041-5/00

Keywords: Just-in-Time, Quick Response Manufacturing, Non-repetitive, Product Development, Aerospace Industry.

**SYNCARD FOR NON-REPETITIVE PROCESS: A PROPOSAL
FOR AEROSPACE INDUSTRY**

Ms. Ângelo Arantes Levenhagen (UFSCar)

Dr. Luiz Fernando de Oriani e Paulillo (UFSCar)

1. Contextualization and Problem Definition

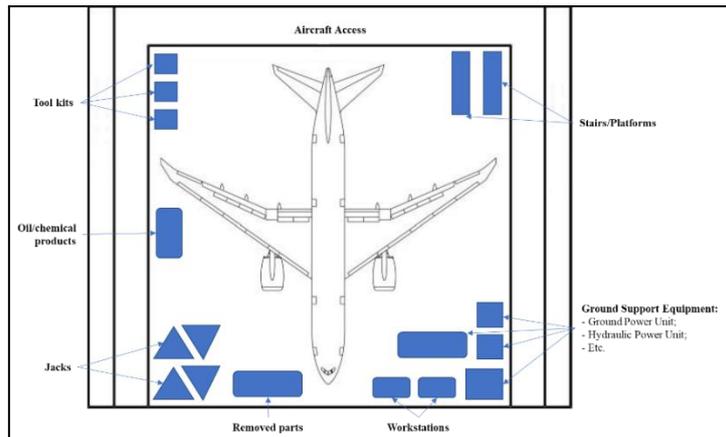
Just-in-time (JIT) and Quick Response Manufacturing (QRM) are methodologies that purpose an approach for waste and lead time reduction (Jacobs et. al, 2010; Suri, 2010; Mallampati, Srivinivas and Krishna, 2018), respectively, increasing the flexibility needed to respond quickly to demand variability, keeping inventory under control. But how can JIT and QRM be implemented in NRP? What are the advantages and (if any) limitations of each methodology when dealing with the NRP? Case research was conducted in a company that develops products for aerospace industry in order to identify opportunities for JIT and QRM as potential solutions to increase flexibility and to decrease pending orders and inventory accumulated.

As a novel contribution, we propose the use of a card (here named SynCARD) based on both JIT and QRM principles to synchronize the pace among the different departments involved in the product development process of an aircraft. In practical terms, this study develops scientific knowledge derived from a real case, contributing to concept understanding, providing the identification of opportunities for improvement of NRP and providing practical guidelines for aeronautical managers. As known, most of research related to JIT and QRM focus on repetitive processes and productions systems. The case proposed here concern a non-repetitive process, which may be considered a differential of this research. It also explores an application context not usually treated by JIT and QRM literature: the project-based environment of the aerospace industry.

This research concerns an aerospace company, which has been developing complex products for more than 20 years, located in Brazil. Its products attend different market segments, with similarities and important differences. The supply of parts is done through external purchase (usually make-to-order items of great complexity and high cost, in addition to raw materials) and in-house manufacturing (mainly make-to-stock items corresponding to structural and machined parts).

During product development (PD), some prototype aircrafts and test benches are used to test, validate and certify the aircraft requirements before project approval by aeronautical authorities. The layout is positional (Figure III) and the product, a full-scale representative prototype, is placed in the middle of a hangar, surrounded by material and tools to be used during operation and modification. The prototype is constantly moving inside and outside the building to perform the tests as required by the PD plan.

Figure III: Layout schema



Source: authors

The unit of analysis for the case research is the process of product modification, carried out in the test/validation phase of product development. By product modification we mean each configuration change, which is introduced in a prototype aircraft or in a test bench in order to fix, maintain or prepare the product for testing or validation.

The macro process performed is shown in Figure IV. The first stage (Initial Planning) happens after engineering departments define the test sequence. The second stage (Orders Issuing) starts once the sequence of tests demands changes in the configuration. If material and tools are required for the modification, then the third stage occurs (Material & Tools Kitting). Information of material and tool readiness is confirmed, and the modification can be confirmed and scheduled (Final Planning). A list of activities is received in the shop floor and is carried out according to test sequence when the aircraft is available (Modification Execution). There is a specific team for each ongoing project. Activities related to Initial Planning, Order Issuing and Final Planning are performed at the office, Materials & Tools kitting at the warehouse while Modification Execution at the shop floor.

Figure IV: Macro process, the stages for product modification



Source: authors

The sequence of orders to be performed in prototypes or test benches depends on the daily schedule of tests. Performing the tests is the main priority, but if one modification became a requirement for testing, then the priority moves to it. Other orders are restricted to be scheduled when tests are not being performed on aircraft. Pending orders and inventories associated to those orders accumulate. In the two major PD projects in progress, the order execution efficiency, measured by comparing order execution to total orders issued, is around 60%. Buffer levels are high and there are

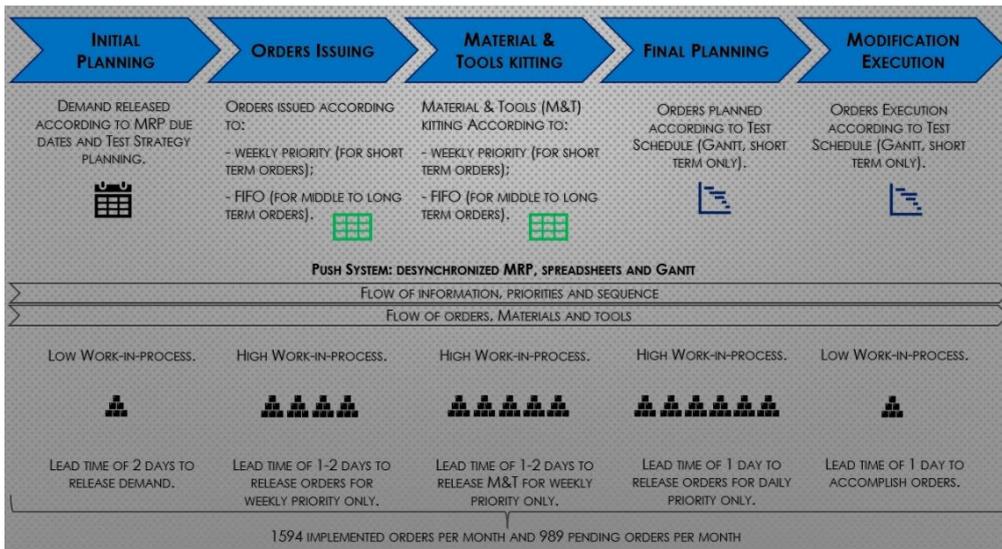
decentralized buffers of materials and tools (to be used for the modifications) in two buildings.

The company have an ERP software for scheduling, issuing and order execution control for serialized products (manufacturing) and PD as well. There is an annual forecast with quarterly reviews for products to be delivered to customers as well as an annual forecast with weekly and daily reviews for PD projects. Using the classification stated by Zaccarelli (1987), Burbidge (1988) and Fernandes and Godinho Filho (2013), the ordering system observed can be classified as a controlled order system, with similarities to the sub-system of load allocation by order.

Figure V shows the characteristics of the ordering system. Based on the data collected and additional observation in loco, the ordering system was considered as a push system. The MRP is the input of the process. It establishes the due date for orders issuing. After that, the sequence control is divided in two ways. Orders for the current week (short term) are prioritized using spreadsheets and orders for middle and long term are attended based on opportunities. Most of the time, a first-in/first-out (FiFo) approach is set for the middle to long term orders, other times, the dispatching tulle depends on the issuer’s preferences. Once Materials & Tools Kitting is finished, the order can be finally planned in a Gantt chart. Modification Execution is accomplished following the sequence defined in the Gantt chart.

It was observed that each department has its own pace and prioritize the sequence of activities based on its experience and on the information of test sequence available at that time. There is a weak synchronization for short term activities, while middle to long term activities are desynchronized, accumulating orders and inventory.

Figure V: Ordering system identified.



Source: authors

The company has been assessing and visualizing the PD performance. A ten-period data set (10 months) for the two main projects under development during the study is showed at Table III.

Table III: Product modification performance.

Project	Period	Accumulated orders	Implemented Orders	Pending Orders	Accomplishment
1	1	2629	1620	1009	62%
1	2	2916	1899	1017	65%
1	3	3026	1977	1049	65%
1	4	3177	2031	1147	64%
1	5	3253	2049	1204	63%
1	6	3276	2110	1166	64%
1	7	3336	2139	1197	64%
1	8	3388	2163	1225	64%
1	9	3467	2205	1262	64%
1	10	3502	2305	1197	66%
2	1	1546	779	650	50%
2	2	1638	906	732	55%
2	3	1672	1004	668	60%
2	4	1920	1158	762	60%
2	5	1973	1177	797	60%
2	6	2010	1186	824	59%
2	7	2102	1223	879	58%
2	8	2226	1260	966	57%
2	9	2340	1307	1034	56%
2	10	2384	1379	1005	58%

Source: authors

It is possible to note that the number of pending orders is increasing during the period considered as well as the total amount of orders issued, but the accomplishment is stable at around 60% for both projects, since the implementation of orders is also increasing.

2. Problem Analysis

This section recaps some seminal studies and highlights specific elements to be further used in the selected case of this research. We started from the premise that understanding JIT and QRM principles in repetitive processes is a requirement for understanding the implementation in non-repetitive ones.

2.1. JIT Principles.

Womack and Jones (1996) established the rules for continuous flow where keeping the focus on the product is part of the first step and acting horizontally, breaking blocks and resistances between departmental workflows is the second. The last step would be to rethink work practices to eliminate waste such as rework, scrap and stoppages. Synchronizing the speed between sales and production is another important rule highlighted by the authors. Multifunctionality becomes important to meet the expected flow, so that operators are required to understand and perform different tasks; This can only be possible if a training plan provides it. Production information, such as visual controls, are also necessary so that workers can orient themselves about their own work, as highlighted by the authors. Looking for greater transparency is one of the characteristics of new leaders who act as a change agent. JIT, according to the authors, has as its main focus the production and delivery of the right amount of production at the right time (WOMACK and JONES, 1996). For this to happen the workflow needs to

be pulled and the standard work is one of the prerequisites.

Monden (2012) shows how to implement Kanban and JIT. Kanban is a production system capable of providing a more synchronized and harmonious control for production. It can also make it possible to reach the necessary amount to be produced at the most suitable time, avoiding the accumulation of WIP (work-in-process). Two types of kanban are mentioned by the author: the withdrawal kanban and the production order kanban. A kanban withdrawal details the quantity the next process must withdraw, while a production order kanban shows the quantity that the previous process produces.

Monden (2012) also explain that a worker uses to operate as many machines as possible in a multi-process holding line and each process will proceed only when the worker completes the tasks within a specified cycle time. Thus, the inclusion of one more unit in the line occurs when a unit before this one is completed. This way of pacing production is called one-piece production. The concept of multifunctional worker is commonly applied by Japanese manufacturers, where possible questions raised by unions are not as intense as in the US or Europe. American and European factories often have many departments and job divisions where union workers were paid according to their class of work. Due to these agreements, it is expected that an employee who specializes in one machine does not carry out activities involving other machines, making it difficult to implement this important feature of the JIT system. In Japan, on the other hand, cross-functional training for cross-functional occupation is very easy with regard to oppositions that may arise from unions (MONDEN, 2012).

Regarding WIP, Monden (2012) clarifies that, normally, there are two types of spreadsheets that show information to operators: the spreadsheet that shows the work routine and the spreadsheet with the standard work. Among other things, this last spreadsheet specifies the cycle time and the default WIP quantity (MODEN, 2012). An emergency card (i.e. the Kanban card) can be issued temporarily to solve a specific problem, such as to compensate for defective units or the creation of a buffer for weekend operation. This kanban can also take the form of a withdrawal kanban or a production kanban. Monden (2012) also shows that Toyota can respond to a sudden increase in demand by adopting punctual overtime in the interval between unscheduled shifts.

2.2. QRM principles

Quick Response Manufacturing is a methodology developed by Suri (2010) which is focused on the reduction of lead times, starting with Manufacturing Critical-path Time (MCT) mapping. Suri (2010) defines MCT as the typical amount of calendar time from when a customer creates an order, through the critical path, until the first piece of that order is delivered to the customer. The purpose of MCT is to provide a ballpark estimation that highlights the biggest opportunities for improvement.

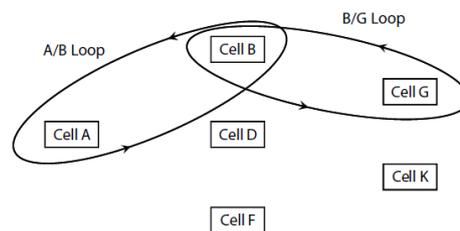
According to the author, office operations such as quoting, engineering, scheduling, and order processing consume more than half of the quoted lead time, account for over 25% of costs, greatly

influence order capture rate and impact overall market share.

Suri (2010) claims that Kanban is not adequate for systems with low demand and high variety of products, once it allows to produce as fast as an inventory is consumed, no matter when the next order will take place. In these cases, the material just produced is costly maintained in stock, creating waste. Furthermore, once Kanban is a replenishment system, it cannot be smoothly used for new products or production with high variability or customization. POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization) are the system to perform well in that environment, according to the author.

In POLCA, before cell A starts a job that is destined to later proceed to cell B, it needs to have an A/B card available. When the card is available, the job is started, and the card is kept with the job. Once cell A completes the job, it sends the job along with the A/B card to cell B, authorizing them to produce too. Finishing the job at cell B, then the A/B card returns to cell A, authorizing them to produce again. Cell A decides which job to start according to sequencing rules and depending on high level MRP authorizations. Overlapping loops appear when more than two cells are involved in the production routing of a given part/product (Figure II).

Figure II: Overlapping loops in POLCA.



Source: Suri (2010, p138)

3. Research Method

In this research we propose to emulate the implementation of JIT and QRM to a non-repetitive production environment of an aerospace company, which also allowed a comparative analysis between both methodologies. Once they are comprehensive and can be applied in several domains across the firm, it was necessary to structure the application around two aspects:

- Initial operational approach (IOA): recommendations of JIT methodology regarding production leveling (smoothing) and lot sizing reduction were considered in this aspect as well as steps to be carried out considering lead time mapping and critical-path mapping for QRM methodology;

- Order coordination systems (OCS): this aspect concerns the recommendations about particularities in implementing Kanban and CONWIP for JIT methodology as well as POLCA for QRM methodology. Here, the SynCARD is presented;

This research complies with the characteristics of qualitative research described by Bryman (1989): it emphasizes the subjective interpretation of individuals; it delineates the research context, with a not very structured approach to facilitate the enrichment of information collected and it also emphasizes the importance of the organizational reality as well as being the phenomenon close to the researchers' expertise.

Voss *et. al.* (2002) highlights the strengths of case research method, stating that the phenomenon can be studied in its natural and significant setting, with gains for theory through observation of practice. Data was collected by means of direct observation and documentary analysis in loco, where the programming, issuing, control and execution of orders were carried out. We also have analyzed the warehouses of parts and the shop floor, where product modifications are performed. The data collection took six months.

4. Implementation and Solution of the Problem

4.1. Initial operational approach (IOA) for JIT

JIT methodology establishes that reducing lot size is one of the starting points for obtaining production leveling as a baseline performance. In the case studied, the PD is not carried out in lots, but based on individual orders. Based on the data collected, it was possible to calculate the order execution rate by months, days and working-hours. Project 1 presented an average rate of 0.46 orders / hour, with mean standard deviation of 0.28, while Project 2 presented an average rate of 0.40 orders / hour, with mean standard deviation of 0.24.

One important aspect when applying pull systems is the reduction of variability (HOOP AND SPEARMAN, 2004). Table IV shows that the variation among the periods is high. One possible reason for this is that the difference in the nature of the tasks within an order and the difference of scope between orders are also high. This information is expected, once the NRP under analysis is the PD. In fact, the modifications carried out are different because the sequence of tests (and their required configuration) or the problems to be fixed during PD are from different sources. For instance, some tests can demand software modification to check a specific behavior while other required a swap in the hardware configuration.

Table IV: Order Execution Rate

Project	Period	Accumulated orders	Implemented Orders	Pending Orders	Accomplishment	Implemented Orders (per month)	Implemented Orders (per day)	Implemented Orders (per hour)
1	1	2629	1620	1009	62%			
1	2	2916	1899	1017	65%	279,5	12,15	1,52
1	3	3026	1977	1049	65%	78	4,11	0,51
1	4	3177	2031	1147	64%	53,3	2,42	0,30
1	5	3253	2049	1204	63%	18,2	0,96	0,12
1	6	3276	2110	1166	64%	61,1	3,82	0,48
1	7	3336	2139	1197	64%	28,6	1,30	0,16
1	8	3388	2163	1225	64%	24,7	1,24	0,15
1	9	3467	2205	1262	64%	41,6	2,31	0,29
1	10	3502	2305	1197	66%	100,1	4,77	0,60
2	1	1546	779	650	50%			
2	2	1638	906	732	55%	127,4	5,54	0,69
2	3	1672	1004	668	60%	97,5	5,13	0,64
2	4	1920	1158	762	60%	154,7	7,03	0,88
2	5	1973	1177	797	60%	18,2	0,96	0,12
2	6	2010	1186	824	59%	9,1	0,48	0,06
2	7	2102	1223	879	58%	37,7	1,71	0,21
2	8	2226	1260	966	57%	36,4	1,82	0,23
2	9	2340	1307	1034	56%	46,8	2,34	0,29
2	10	2384	1379	1005	58%	72,8	3,47	0,43

Source: Authors

Order execution rate is also cost suggestive. Became easiest to estimate the cost of overtime and to set performance targets. More than that, once the product is expected to spend all day in testing, the costs to move efforts to afternoon, night and weekends can be lower than overtime costs. If advantageous, then the strategy for personnel allocation can change in order to increase the number of people working on shifts where the aircraft is available to perform modifications instead of paying overtime.

4.2. Initial operational approach (IOA) for QRM

The initial approach for QRM implementation is drawing the MCT (Manufacturing Critical-path Time) for the process under study using the available data. The lead time for pending orders in each month was calculated using the order execution rate obtained for implemented orders (Table V). For example, in Project 1, the average order execution rate for all periods is 3.67 orders implemented per day. Dividing the 1009 pending orders by the average order execution rate results in a total lead time of 274,55 days. This is the lead time for the whole PD process, but it is necessary to estimate the lead time for each stage. Once the specific data was not available, the following distribution of the pending orders (base on the professionals' experience) was assumed: 10% of pending orders were waiting at Initial Planning, 20% of pending orders waiting at Order Issuing stage for obsolete treatment (i.e. old orders that were not accomplished at the specific time, requiring to be updated before releasing) (5%) or initial attendance (15%), 30% of pending orders were waiting at Material & Tool Kitting stage, 25% of pending orders waiting at Final Planning stage and 5% of pending orders were waiting to be executed at Modification Execution. This is the WIP distribution within the whole process. The premise adopted is that all the orders have the same unitary execution time in all the stages, which includes embedded

waiting time and corresponds to the inverse of the average order execution rate. Based on that, the percentages of WIP distribution may be used to estimate the lead times of each stage of Product Development.

Thus, using the Little’s Law, the lead time (flow time) for each department in a given period was calculated by dividing the associated number of pending orders (WIP) by the average order execution rate (flow rate). Summing up the mean lead time of each department, we found that Project 1 would require 316,41 days and Project 2 would require 191,68 days to implement all pending orders, respectively. For both projects analyzed, the Final Planning stage presented the longest lead time (110,75 days and 67,09 days, for projects 1 and 2, respectively). This can suggest that this stage is a bottleneck, just before performing Modification Execution. According to Suri (2010) starting with a ballpark estimation and initially defining the lead time with the best information available does not jeopardize the application of the methodology. On the other hand, if accurate data is easily reached, the initial number shall be reviewed.

Table V: Lead time estimation

Project	Period	Accumulated orders	Implemented Orders	Pending Orders	Accomplishment	Lead time (days)				
						Initial Planning (~10%)	Orders Issuing (~20%: 5% obs., 15% attend)	Material & Tools Kitting (~30%)	Final Planning (~35%)	Product Modification (~5%)
1	1	2629	1620	1009	62%	27,45	54,91	82,36	96,09	13,73
1	2	2916	1899	1017	65%	27,67	55,33	83,00	96,83	13,83
1	3	3026	1977	1049	65%	28,55	57,10	85,65	99,93	14,28
1	4	3177	2031	1147	64%	31,21	62,41	93,62	109,22	15,60
1	5	3253	2049	1204	63%	32,76	65,52	98,29	114,67	16,38
1	6	3276	2110	1166	64%	31,74	63,47	95,21	111,08	15,87
1	7	3336	2139	1197	64%	32,58	65,17	97,75	114,05	16,29
1	8	3388	2163	1225	64%	33,33	66,66	99,98	116,65	16,66
1	9	3467	2205	1262	64%	34,35	68,71	103,06	120,24	17,18
1	10	3502	2305	1197	66%	32,58	65,17	97,75	114,05	16,29
						31,64	63,28	94,92	110,75	15,82
2	1	1546	779	650	50%	14,63	29,25	43,88	51,19	7,31
2	2	1638	906	732	55%	16,47	32,94	49,41	57,64	8,23
2	3	1672	1004	668	60%	15,04	30,07	45,11	52,63	7,52
2	4	1920	1158	762	60%	17,14	34,29	51,43	60,00	8,57
2	5	1973	1177	797	60%	17,93	35,87	53,80	62,76	8,97
2	6	2010	1186	824	59%	18,55	37,09	55,64	64,91	9,27
2	7	2102	1223	879	58%	19,78	39,55	59,33	69,21	9,89
2	8	2226	1260	966	57%	21,74	43,47	65,21	76,07	10,87
2	9	2340	1307	1034	56%	23,26	46,51	69,77	81,40	11,63
2	10	2384	1379	1005	58%	22,61	45,23	67,84	79,15	11,31
						19,17	38,34	57,50	67,09	9,58

Source: Authors

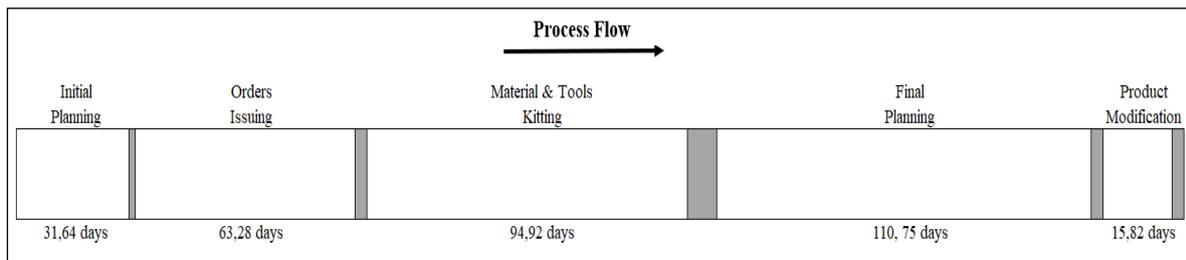
The demonstration of the products’ capabilities is an important milestone for PD conclusion, then the required tests are the main priority and the product modifications are secondary, except the ones that block the tests. If both projects are compared, a big difference in terms of lead times can be noticed. Project 1 is 61% longer than Project 2. The total quantity of orders is different for each project. One possible reason is that the Project 2 could present different types of modifications, more complex than the ones required in Project 1. If not, an opportunity for investigation arises considering that the team engaged in each project was not so different in terms of quantity and qualification.

MCT mapping shows the difference of performance in the different stages and the

backlog evolution for each department. Following the methodology, opportunities for improvements can begin from the process with the highest lead time to the one with lowest. WIP levels can be defined to reduce overprocessing for each stage and keeping enough orders to be ready to respond to demand variation.

For an initial simulation, we have estimated three different touch times values for each stage, depending on the complexity of the modification. The most complex one was considered, for instance, an engine replacement (demanding 2 days at the Modification Execution stage). A software upload and test (0,25 days long to configure) were considered the lowest complex modification and, in between, an oil reservoir replacement and replenishment was considered as a modification with immediate complexity (usually replaced and tested in 1 day at the aircraft). The same was done to the previous stages of the process. The MCT visual representation is one important advantage in QRM methodology. Figure VI shows where the action shall begin.

Figure VI: MCT mapping, Project 1



Source: Authors

Looking to the MCT mapping, even if we consider the longest touch time estimated (gray space), the magnitude of the waiting time due to WIP (white space) in each stage stands out. Therefore, it is possible to confirm that “a time-based approach is needed rather than a cost-based one” (Suri, 2010).

Desynchronized paces between areas generate orders accumulation. This is particularly strong at Final Planning, where orders must be planned for the next stage considering the constraints of time (product available to receive modifications) and personnel allocated at Modification Execution.

It was observed that the product is dedicated to the execution of tests during the day and just at the beginning of the night it becomes available for the execution of modifications (around 8 hours per night). It was noticed that the distribution of the team (Modification Execution) was concentrated in the morning shift during the weeks and overtime is limited, being controlled for both working periods, during the week and on weekends.

Changing the allocation of personnel of Modification Execution, that is, setting the personnel to work on different schedules and shifts (the ones where the product is not being submitted to tests), could reduce the lead time of Final Planning by providing extra available time to implement

modification during periods where the product are not being used for tests. If we consider that the product is available to implement modifications during 8 hours per night, then we have a total of 40 hours in a week. On the other hand, similar to the strategy of doing setup operation for the next products where the machines are still working, working fully on the weekends (24 hours) and covering all day with different working ranges (for example: redistributing some people in 3 shifts of 8 hours, each of them working from Wednesday to Sunday), could provide more 48 hours of uninterrupted work in Modification Execution, without increasing overtime. That would be larger than the 40 hours available during week. Providing uninterrupted and long working time can be interesting for implementing a more complex modification, which could not fit the 8 hours of availability during the overnights of a regular week.

4.3. The SynCARD: order coordination system (OCS) based on JIT and QRM for non-repetitive processes.

Both Kanban and CONWIP are OCSs controlled by the work-in-process (WIP) level. In Kanban, the WIP level is defined by the number of cards. Double cards (withdraw and production) or single card (production) can be used. Available card and container with raw material authorize the production of each work center. In CONWIP, WIP level is defined by the number of containers and the WIP of the whole system is controlled, instead of the WIP of each work center. An available container for parts and another container with row material authorizes the production. Another difference between Kanban and CONWIP is that the first set a card for each part number, while the last establish one card for a container with part numbers inside.

POLCA (Paired-cell Overlapping Loops of Cards with Authorization) is a hybrid OCS. Touch times from each cell are used to plan tasks. According to Suri (2010) an available POLCA card from the downstream process authorizes the production upstream. It was possible no notice that 60% of the lead time for product modification came from departments just before Final Planning. POLCA can be useful to interconnect the performance (in terms of time) between departments. By doing that, an overall performance can be achieved when reducing the overprocessing in such departments.

In the Kanban system, as known, the existence of a Kanban (i.e., a card) on the board, detached from the parts, means that the buffers are being consumed and must be replenished. Additionally, the color zones in the board indicate the urgency of the replenishment. In the POLCA system, the availability of a card related to a pair of cells indicate that the next cell (or workstation) has available capacity to process the order (i.e. POLCA cards signal capacity availability). Both of these principles, from Kanban and POLCA cards, were used to propose an OCS for product development. The analogy for application in the case under study can be done considering cards to synchronize departments, called herein as SynCARD. The position of the product in the building (where the modifications are performed) is considered as a single work center. Containers moving from one work

center to another are not applicable here because, excepting the Modification Execution area, which is located in the hangar, the other steps are processed in the office, in different rooms. Instead of the containers, we propose a fixed space to be fulfilled with parts and to receive prepared work orders. The number of parts and orders to be received should be enough to cover modifications of the next two working shifts.

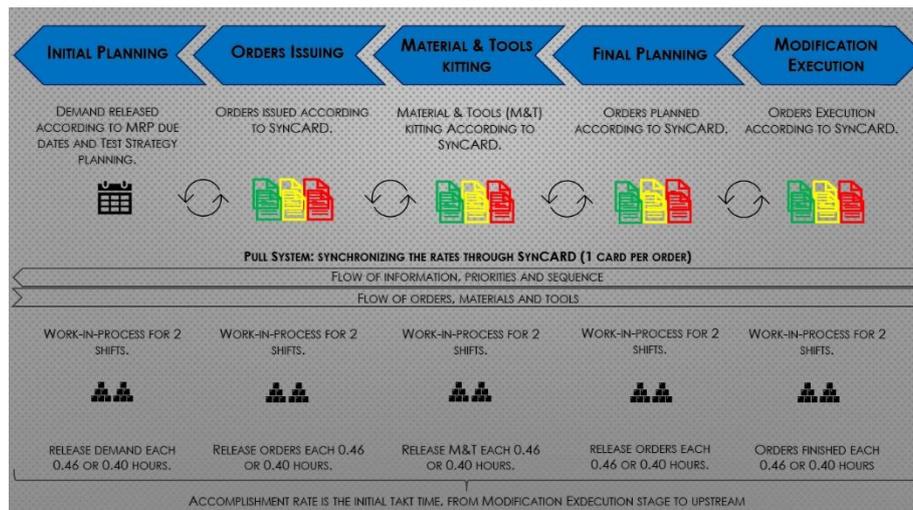
The number of SynCARDS can be defined based on the order execution rate of modifications carried out in two shifts (8 hours each). It was observed (section 5.1) that order execution rate for Project 1 is 0.46 orders / hour and Project 2 is 0.40 orders / hour. Then, multiplying 16 hours by the order execution rate results in approximately 7 cards for Project 1 and 6 cards for project 2. Cards colors can be defined to visualize WIP levels during a working day, showing to the team's members the urgency to attend the next stage of the process (i.e. the stage downstream). We could establish 2 green cards, 2 yellow cards and 3 red cards for Project 1 and 2 green cards, 2 yellow cards and 2 red cards for project 2. Table VI exemplify the use of colors for project 1.

While signaling available capacity, SynCARD would approach to the principles that guide the use of POLCA cards. On the other hand, by signaling delays using colors and by controlling each step of the process, SynCARD approaches to the Kanban methodology. However, SynCARD is developed considering that signaling delays and control in each step of the process is enough to synchronize areas, so that to implement the control by pairs of cells as in POLCA is not necessary.

Figure VII shows the SynCARD pull system schematically. It is important to notice that the initial takt time is set according to the current execution order rate, which depends on the scope of the orders. Once best practices for order issuing are being incorporated and modifications categorized by their type (see section 5.1), then reducing takt time is possible as well as working with different takt time depending on modification type.

Comparing to the push system presented, the pull system reduces WIP by synchronizing the areas around the order execution rate calculated based on the performance of the Modification Execution area. Therefore, to increase performance, it is necessary to improve takt time and increase order execution rate at Modification Execution area.

Figure VII: Ordering system proposed: SynCARD.



Source: authors

7. Results and Lessons Learned

This research has achieved the general objective of analyzing the implementation of JIT and QRM in a non-repetitive process. The process of PD of an aerospace company was selected as an example of NRP. As a theoretical and practical contribution, we proposed the SynCARD, based on principles of both JIT and QRM order coordination systems. It may synchronize the pace among departments involved in the PD and potentially reduce WIP in the office and shop floor. The initial operating approach and the required organizational transformation for each methodology were also discussed, as well as the advantages and some limitations of implementing each of them. Among the main advantages of implementing JIT is the faster implementation in the shop floor with rapid perception of performance improvement by the customer. QRM recommends general performance improvement to the process with longest lead time first. Limitations for implementation reside on cultural barriers that can arise: JIT focus on shop floor instead of other departments and the QRM demand for decentralization of decision making can be cited as the most important ones. The use of a SynCARD based on some of the advantages of each methodology would minimize these limitations and overcome the silo culture.

The case research method was useful to better understand the requirements for JIT and QRM implementation. This study can help practitioners to understand some characteristics, advantages and difficulties of implementing the methodologies. For scholars, this research can contribute to increase the current interest in applying acknowledged methodologies usually well-fitted to repetitive processes into non-repetitive ones.

As a unique case research, this study presents some insights to deeply understand the phenomenon under study, but also present a limitation for generalization. Therefore, other studies can

be performed in other companies or industrial segments to provide some generalization. The results can still differ, once each organization might be at different stage of evolution, presenting more or less control (more or less indicators) of its non-repetitive processes.

References

- Bryman, A. (1989) *Research Methods and Organization Studies*. Contemporary Social Research Series. Loughborough University. New York: Routledge.
- Jacobs, E. R.; Berry, W. L.; Whybark, D. C.; Vollmann, T. E.; (2011) *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*; New York: McGraw Hill.
- Mallampati, M.; Srivivinas, K.; Krishna, T. (2018) Design Process to Reduce Production Cycle Time in Product Development. *International Journal of Artificial Intelligence*, Vol. 7, No. 3, pp. 125-129, DOI: 10.11591/ijai.v7.i3.pp125-129.
- Monden, Y. (2012) *Toyota Production System. An Integrated Approach to Just-In-Time*, 4th Edition, New York: CRC Press.
- Suri, R. (2010) *It's About Time – The Competitive Advantage of Quick Response Manufacturing*, New York: CRC press.
- Voss, C.; Tsikriktsis, N.; Frohlich, M. (2002) Case research in operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, vol.22, no.2, pp.195-219.
- Womack, J. P.; Jones, D. T. (1996) *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Journal of the Operational Research Society, New York: Free Press, DOI: 10.1038/sj.jors.2600967.

OBTENÇÃO DE MELHORIAS NO CICLO DE VIDA DA GESTÃO DE PROCESSOS DE NEGÓCIO POR MEIO DE TREINAMENTO EM NOTAÇÃO DE MODELAGEM

Fabiano Leal (Universidade Federal de Itajubá)

Rafael de Magalhães Dias Frinhani (Universidade Federal de Itajubá)

Eduarda Gandini Calheiros (Universidade Federal de Itajubá)

João Miguel Morais Teixeira (Universidade Federal de Itajubá)

Daniel Cardoso Gomes (REDES Tecnologia e Serviços)



Definição do Problema – A identificação equivocada de processos no início do ciclo da Gestão de Processos de Negócio pode dificultar a realização das etapas subsequentes deste ciclo.

Análise do Problema – O ciclo de vida da BPM proposto por Dumas et al. (2018) foi utilizado como referência, bem como a notação BPMN.

Solução do Problema – Foi aplicado um treinamento na notação BPMN para os gerentes da empresa, antes da etapa de Identificação dos processos.

Resultados – A identificação dos processos foi mais assertiva após o treinamento, o que gerou efeitos benéficos nas etapas subsequentes, como a necessidade de entrevistas mais curtas, em menor quantidade e validações mais eficientes e eficazes.

Avaliação e Lições Aprendidas – A aplicação de um treinamento básico em notação de modelagem aos gerentes, antes da etapa de Identificação dos processos, é capaz de aumentar a eficácia e a eficiência das entrevistas, gerando vantagens sobretudo nas etapas de Identificação e Descoberta dos processos.

Organização/Empresa – Redes Tecnologia e Serviços.

CNAE (Classificação Nacional de Atividade Econômica): [62.0](#)

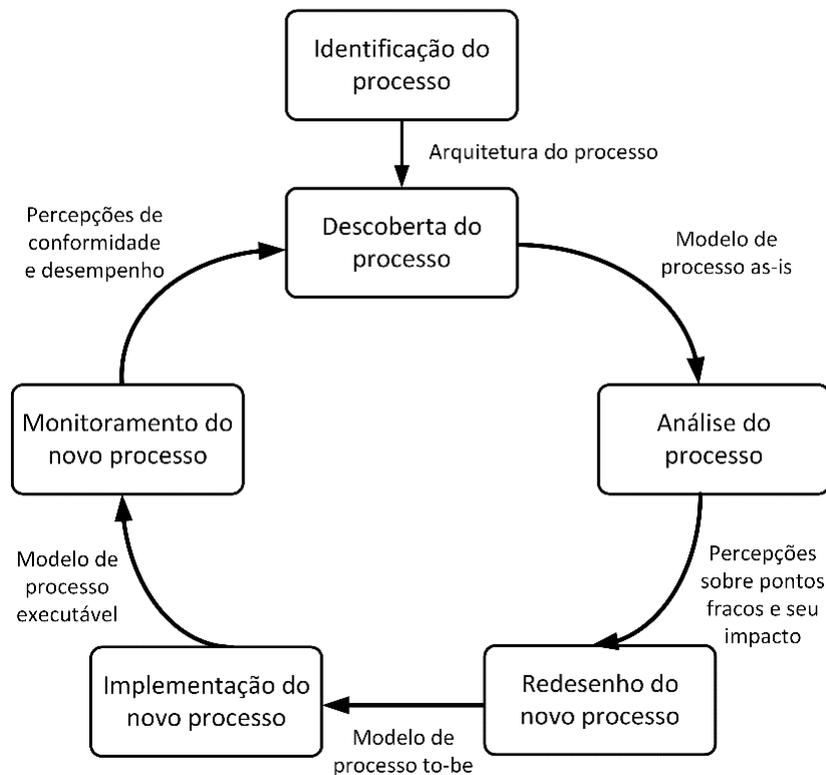
Palavras-chave: Gestão de Processos de Negócio, Business Process Model and Notation, Treinamento.

1. Contextualização e Definição do Problema

Este caso empresarial envolve a empresa Redes Tecnologia e Serviços, com sede na cidade de Lavras (MG). A empresa completou 20 anos de existência em 2023 e sua missão é promover soluções integradas nas áreas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) que atendam às necessidades de infraestrutura de seus clientes. A empresa possui um escritório de projetos e presta serviços de implantação e manutenção em: redes de longa e curta distância (ex. ópticas, metálicas, sem-fio, telefonia, elétrica), projeto e construção de *data centers*, sistemas de controle de acesso e circuito fechado de TV (CFTV), segurança e suporte em TIC.

Em 2023 esta empresa assinou um convênio junto à universidade onde atuaram os autores deste artigo. A expectativa da empresa era obter modelos diagramáticos de seus principais processos de negócio para auxiliar na sua transformação digital. A equipe da universidade, composta por dois professores e dois alunos de graduação, ficou encarregada de criar os modelos dos processos em seus estados atuais (*as-is*) e estados futuros (*to-be*). Os modelos foram criados por meio da notação BPMN (*Business Process Model and Notation*). Como referência para gerenciamento das etapas, foi utilizado o ciclo de vida da BPM (*Business Process Management*), publicado por Dumas et al. (2018) e ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Ciclo de vida da BPM



Fonte: Adaptado de Dumas et al. (2018)

No escopo deste convênio foram executadas as etapas “Identificação do Processo”, “Descoberta do processo”, “Análise do processo” e “Redesenho do novo processo”. Não estava prevista a execução das etapas “Implementação do novo processo” e “Monitoramento do novo processo”, embora elas tenham sido discutidas entre empresa e universidade.

Na primeira etapa, chamada de “Identificação do Processo” (Figura 1), busca-se definir sistematicamente o conjunto de processos de negócios de uma organização e estabelecer critérios claros para selecionar os processos específicos para a melhoria (DUMMAS et al., 2018). A pergunta que se buscou responder nesta etapa foi: considerando que não é viável modelar todos os processos, quais são os mais relevantes?

A equipe da universidade solicitou aos gerentes da empresa que listassem os nomes dos processos de negócio mais relevantes. Para cada processo identificado foi solicitado aos gerentes que informassem o nome do processo, os participantes deste processo (setores da empresa), o evento que caracterizava o início deste processo e os eventos que caracterizam o seu final (ou possíveis finais). A expectativa da equipe da universidade era obter informações iniciais que permitissem a criação de uma estrutura base dos modelos. Além disso, uma vez conhecidos os processos de negócio a serem modelados, a equipe da universidade poderia dimensionar o tempo que seria despendido nas entrevistas e modelagens.

Justamente no início da execução do ciclo BPM é que foi constatado um problema, que motivou a escrita deste artigo. Os gerentes da empresa identificaram 22 processos, cujos nomes atribuídos não permitiam à equipe da universidade reconhecer se o que foi descrito, de fato, correspondia a um processo de negócio e quais seriam suas saídas (*outputs*). Também foi constatada uma grande dificuldade dos gerentes para identificar os participantes dos processos listados e os eventos que caracterizavam o início e os finais destes processos.

A equipe concluiu que este problema poderia causar dificuldades não somente nesta etapa, mas também nas etapas seguintes nas quais seriam realizadas as entrevistas e as modelagens dos processos. Além do risco da escolha incorreta dos processos, esta dificuldade na identificação poderia gerar retrabalho e atrasos consideráveis na execução do convênio, devido a entrevistas mais demoradas e dificuldades para validar os modelos.

Diante deste problema, a equipe da universidade formulou uma pergunta que deveria ser respondida: o que fazer para que a empresa possa identificar seus processos de forma mais clara e precisa? A solução para este problema deveria ser implantada logo no início do ciclo BPM, para minimizar os efeitos deste problema nas etapas seguintes.

2. Análise do Problema

Para uma melhor compreensão do problema relatado na Seção 1 deste artigo, é importante apresentar uma visão geral do ciclo de vida da BPM. Na primeira etapa, “Identificação do Processo”, nem tudo o que se observa em um contexto de negócios é um processo. Um departamento, por exemplo, não é um processo. Para qualquer processo adequado, deve ser possível identificar a ação principal. Para ilustrar esta situação, considere como exemplo que em uma determinada instituição poderia existir o processo de negócios “avaliar solicitações”. Pode-se verificar o quão apropriado é o nome deste processo considerando o seu resultado. Se o resultado do processo for “solicitações avaliadas”, então o nome do exemplo está adequado. A etapa seguinte é nomeada “Descoberta do processo”, como mostra a Figura 1. Esta etapa pode ser definida como o ato de coletar informações sobre um processo existente e organizá-las na forma de um modelo *as-is*. É nesta etapa que o modelo do processo é construído. Existem alguns métodos de coleta de dados que podem ser usados na criação de modelos de processos como, por exemplo, entrevistar os participantes do processo ou observar como eles atuam na prática. Neste trabalho optou-se pela entrevista. De acordo com Dumas et al. (2018), a etapa da “Descoberta do processo” deve conter quatro tarefas: (i) montar um time de especialistas da empresa e modeladores, (ii) reunir as informações sobre o processo a ser modelado, (iii) criar o modelo do processo e (iv) garantir a qualidade deste modelo.

A próxima etapa é nomeada “Análise do processo”, conforme a Figura 1. Nela busca-se a compreensão sobre as fraquezas do processo atual. Uma forma bastante utilizada de se obter esta compreensão é fazer uma análise de agregação de valor. Além disso, outras análises podem ser realizadas envolvendo, por exemplo, a simulação (análises mais quantitativas) ou técnicas mais qualitativas, como a técnica dos 5 Porquês.

A etapa seguinte é nomeada “Redesenho do novo processo” (Figura 1). Nesta etapa, o modelo atual do processo é alterado (ou refeito), gerando-se assim o modelo do estado futuro (*to-be*). O objetivo é projetar melhorias que beneficiarão o processo (ex. eliminação de desperdícios, aumento de produtividade, redução do *lead time* etc.).

Após a criação do modelo *to-be*, este novo processo deve ser implementado na etapa chamada de “Implementação do novo processo”, como mostra a Figura 1. Nesta etapa é definido como as mudanças deverão ser implementadas no processo e no sistema de informações. Dois aspectos ocorrem nesta etapa: gestão da mudança organizacional e automação. Especificamente na automação, ocorre o desenvolvimento e implantação dos sistemas de informação que darão o suporte ao processo *to-be*. Nesta etapa destaca-se o BPMS (*Business Process Management*

Systems), descrito em trabalhos como Dumas, van der Aalst e Hotstede (2005). A partir de um modelo de processo, o BPMS pode atuar como um orquestrador da execução das atividades, possibilitando até mesmo que os atores do processo sejam notificados conforme suas tarefas.

Por fim, o ciclo se completa na etapa chamada “Monitoramento do novo processo”, na qual busca-se a compreensão sobre a conformidade e desempenho do novo processo. O monitoramento de processos utiliza dados gerados pela execução de um processo de negócios, a fim de extrair *insights* sobre seu desempenho real e verificar sua conformidade em relação a normas, políticas ou regulamentos.

Alguns problemas que ocorrem dentro deste ciclo e possíveis soluções são apresentados em artigos científicos, como o trabalho de Rosa et al. (2022) que propõe uma abordagem visual para identificação e anotação de elementos de processos de negócio. Outra linha de pesquisa identificada na literatura é a análise de diferentes propostas de ciclo de vida da BPM, como mostra o trabalho de Moraes et al. (2014).

O problema enfrentado neste caso empresarial ocorreu na etapa de “Identificação do processo”. Conforme foi descrito na primeira seção deste artigo, os gerentes da empresa sugeriram a existência de 22 processos na etapa de identificação, cujos nomes atribuídos a estes processos não permitiam à equipe da universidade um reconhecimento se de fato tratava-se de um processo e quais seriam suas saídas (*outputs*). A dificuldade apresentada pela empresa não se limitou à nomeação dos processos, mas também se manifestou na identificação dos participantes destes processos e dos eventos que caracterizavam o seu início e os seus finais.

O Quadro 1 contém os nomes dos processos identificados pelos gestores da empresa, os quais foram divididos em dois grupos: Implantação e Projetos. Foram mantidos os nomes dos processos de negócio da forma como a empresa os descreveu. A equipe da universidade não conseguiu identificar a principal ação do suposto processo por meio do seu nome, como por exemplo, nos processos do grupo Implantação identificados pelos números 3, 5, 6, 7, 14 e 15, e nos processos do grupo Projetos identificados pelos números 3, 4, 5 e 7. Este problema nesta etapa poderia confundir os modeladores e exigir um maior gasto de tempo nas etapas subsequentes. As entrevistas para coleta de informações destinadas à criação dos modelos corriam o risco de serem mais prolixas e demoradas, devido à falta de compreensão por parte da empresa sobre a lógica de processos. Desta forma, as validações também poderiam ser mais cansativas, podendo gerar inclusive modelos que não refletiam a realidade do dia a dia da empresa.

Quadro 1 – Nomes dos processos identificados pelos gestores da empresa na primeira rodada da etapa de “Identificação do Processo”

Identificação dos processos antes do treinamento	
Implantação	Projetos
1 Kick Off Interno	1 Kick Off Interno
2 Kick Off Externo	2 Kick Off Externo
3 Reunião interna	3 Visita técnica
4 Definição de equipe	4 Pré projeto
5 Cronograma	5 Aditivo (escopo/prazo)
6 Lista de material	6 Medição
7 Ordem de serviço	7 Projeto executivo
8 Mobilização	
9 Integração	
10 Medição	
11 Emissão de nota fiscal	
12 Homologação	
13 Execução	
14 Documentação	
15 Aditivo (escopo/prazo)	

Fonte: próprios autores

3. Implementação e Solução do Problema

Nas etapas em que ocorre a modelagem de processos, ou seja, a “Descoberta do processo” e o “Redesenho do novo processo” (Figura 1), a equipe da universidade decidiu pelo uso da notação BPMN (*Business Process Model and Notation*). Esta escolha por si só não é uma solução para o problema apresentado, mas está diretamente relacionada à solução. A solução adotada pela equipe da universidade foi a aplicação de um treinamento de BPMN aos funcionários considerados estratégicos pelo diretor da empresa (inclusive o próprio diretor da empresa). Este treinamento seria aplicado na etapa de “Identificação do processo”.

A hipótese definida pela equipe da universidade é que, um conhecimento básico na notação BPMN proporcionaria aos gerentes da empresa um melhor entendimento sobre o que é um processo e sua lógica, possibilitando que identifiquem de forma mais assertiva os processos, seus participantes, seus eventos de início e de fim. Desta forma, além do efeito considerado trivial pela equipe da universidade, que é a melhoria da etapa de “Descoberta do processo”, buscou-se com este treinamento um efeito considerado não trivial, que é a melhoria da etapa de “Identificação do processo”.

A literatura técnica sobre modelagem de processos apresenta várias notações diferentes, cada uma delas apresentando simbologia e regras próprias para a construção dos modelos. Algumas notações destacam-se pela grande quantidade de aplicações publicadas, como por exemplo a BPMN (*Business Process Model and Notation*), a UML (*Unified Modeling Language*), a EPC (*Event-driven Process Chain*) e o VSM (*Value Stream Mapping*). Contudo, a BPMN tem sido

a notação predominante para a modelagem de processos devido a sua versatilidade em representar os modelos para diferentes fins (COMBI; OLIBONI; ZERBATO, 2019; DUMAS et al., 2018).

A BPMN é uma notação desenvolvida pela BPMI (*Business Process Management Initiative*) e incorporada e mantida pelo OMG (*Object Management Group*). Apresenta como aspectos positivos definições abrangentes, intuitivas e fáceis de trabalhar. Outra de suas vantagens é ser uma notação de padrão aberto, de forma que não é necessário pagar pelo seu uso. Além disso, sua padronização formal possibilita que os modelos criados em determinado software ou aplicativo possam ser exportados e abertos por outros sem perda de informações (SORDI, 2014). A simbologia utilizada na notação BPMN pode ser vista em trabalhos como Dumas et al. (2018) e OMG (2014).

O treinamento ocorreu de forma presencial na universidade, com uma carga horária de 10 horas, dividida em 2 dias. É importante destacar que este treinamento foi aplicado aos gerentes da empresa já na primeira etapa do ciclo de vida da BPM. O título definido a este treinamento foi: “Modelagem diagramática por meio da notação BPMN”. Os principais pontos apresentados neste treinamento foram:

- o significado e uso dos elementos *pool* e *lane*;
- as atividades (tarefas e subprocessos) e o fluxo de sequência;
- os elementos *data objects* (objetos de dados), *data store* (objetos de armazenamento) e a associação;
- o significado e uso dos eventos de início, intermediário e final;
- o significado e uso dos *gateways*;
- o fluxo de mensagem.

Durante a última hora do treinamento, a equipe da universidade conduziu a modelagem de um dos processos da empresa, com o objetivo de desenvolver nos gerentes a competência associada à identificação e modelagem de processos.

Após este treinamento, a equipe da universidade solicitou aos gerentes da empresa que refizessem o preenchimento dos quadros de identificação dos processos. A expectativa era verificar se o treinamento na notação BPMN poderia ter gerado algum efeito na percepção dos processos e suas identificações.

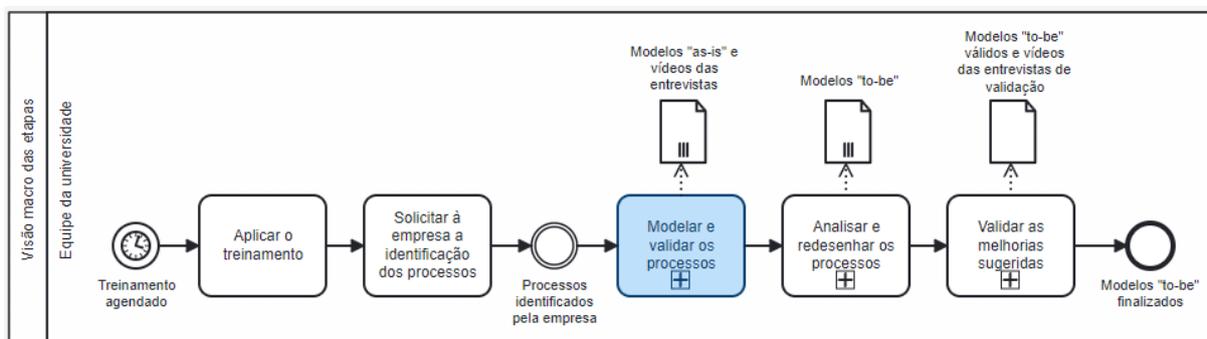
Após a nova identificação dos processos a serem modelados e de seus participantes, a equipe da universidade elaborou uma agenda de entrevistas *on-line*. Cada entrevista teve como foco um dos processos identificados. Nestas entrevistas, realizadas por meio do aplicativo *Google*

Meet, a equipe da universidade questionou aos responsáveis pelo processo na empresa qual era a sequência de atividades e eventos do processo, os pontos de divergência e de convergência, fluxo de mensagens e a presença de objetos de dados. Em paralelo à entrevista, um dos integrantes da equipe da universidade construía o modelo do processo por meio da notação BPMN, utilizando para isso o site *cawemo.com*. Durante o convênio este site foi descontinuado pela empresa *Camunda* e substituído pelo *Camunda Modeler*, também *on-line*. Desta forma, o gerente entrevistado acompanhava em tempo real a construção do modelo. Na próxima seção serão apresentados os efeitos do compartilhamento dos modelos em tempo real.

Todas as entrevistas foram gravadas para que a equipe da universidade pudesse revê-las caso necessário, de modo a realizar ajustes no modelo sempre que alguma nova informação fosse identificada. A coleta de dados por meio de ferramentas virtuais cresceu muito, segundo a literatura, sobretudo após a pandemia de COVID-19 e deverá ser um formato predominante (HAMEED et al., 2021; RICHTER, 2020; OLIVEIRA et al., 2023).

A representação diagramática da Figura 2 mostra o modelo macro das atividades executadas pela equipe da universidade, com destaque para o treinamento que foi aplicado antes da segunda execução da etapa de “Identificação dos processos”. A partir de um evento de agendamento o treinamento foi aplicado aos gerentes, seguido da solicitação de uma nova execução da etapa de “Identificação dos processos”. Os processos identificados foram modelados pela equipe da universidade constituindo os modelos “*as-is*”, os quais foram validados pelos gerentes. A partir desses modelos foram propostas melhorias pela equipe da universidade, sendo então gerados os modelos “*to-be*”, que após validados pelos gerentes, geraram os modelos “*to-be*” finalizados.

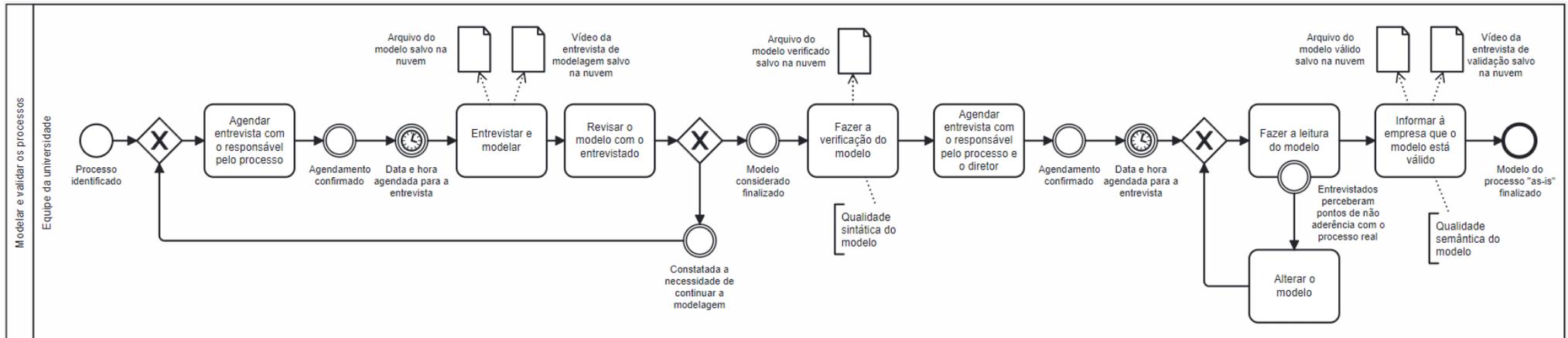
Figura 2 – Modelo macro do trabalho realizado em parceria com a empresa.



Fonte: próprios autores

A Figura 3 ilustra o subprocesso expandido “Modelar e validar os processos”, o qual está destacado na cor azul na Figura 2.

Figura 3 – Subprocesso expandido “Modelar e validar os processos”, que caracteriza a etapa da “Descoberta do processo” no ciclo BPM.



Fonte: próprios autores

4. Resultados

De fato, foi observado um efeito benéfico do treinamento na realização das atividades. O Quadro 2 mostra os nomes dos processos identificados pelos gerentes na etapa “Identificação do Processo”, antes e depois do treinamento realizado. As novas identificações enviadas pelos gerentes agora correspondem a 7 processos ao invés de 22, sendo 4 do grupo “Implantação” e 3 do grupo “Projetos”. Esta redução significativa ocorreu pois os gerentes da empresa perceberam que diversos casos identificados anteriormente como processos eram, na verdade, atividades ou objetos de dados. A identificação dos setores participantes de cada processo também sofreu alterações após o conhecimento adquirido no treinamento.

Quadro 2 – Processos identificados pela empresa na etapa “Identificação do Processo”, antes e depois do treinamento.

Identificação dos processos antes do treinamento		Identificação dos processos depois do treinamento	
Implantação	Projetos	Implantação	Projetos
1 Kick Off Interno	1 Kick Off Interno	1 Orçamento do projeto	1 Planejamento do projeto
2 Kick Off Externo	2 Kick Off Externo	2 Planejamento da implantação	2 Execução do projeto
3 Reunião interna	3 Visita técnica	3 Execução e controle	3 Finalização do projeto
4 Definição de equipe	4 Pré projeto	4 Finalização da implantação	
5 Cronograma	5 Aditivo (escopo/prazo)		
6 Lista de material	6 Medição		
7 Ordem de serviço	7 Projeto executivo		
8 Mobilização			
9 Integração			
10 Medição			
11 Emissão de nota fiscal			
12 Homologação			
13 Execução			
14 Documentação			
15 Aditivo (escopo/prazo)			

Fonte: próprios autores

A redução de cerca de 68% da quantidade de processos pode ser atribuída à melhor percepção do conceito de processo e sua lógica, adquirido pelos funcionários da empresa que participaram do treinamento. Além desta redução foi constatado que os novos nomes atribuídos aos processos de negócio pelos gerentes eram considerados mais apropriados pela equipe da universidade, uma vez que as principais ações de cada processo ficaram mais explícitas. O que foi equivocadamente identificado como processo pela empresa antes do treinamento não deixou de existir, mas na verdade, passou a ser considerado como atividade ou objeto de dados de outros processos. A eficiência do método adotado possibilitou que também fossem modelados

os processos dos setores Comercial e Compras, inicialmente não previstos no escopo do Convênio, juntamente com os dos setores de Projetos e de Implantação.

Um dos importantes relatos dos gerentes da empresa que passaram pelo treinamento foi o aumento de confiança na identificação do processo. Ou seja, o estudo das regras sintáticas da notação BPMN permitiu aos funcionários o desenvolvimento da habilidade em identificar e caracterizar os processos, que é uma etapa anterior à modelagem, como mostra o ciclo da BPM. Os resultados vantajosos desta solução não se limitaram à etapa de “Identificação dos processos”. Durante a etapa de “Descoberta dos processos”, na qual ocorre a modelagem do estado atual, as entrevistas com os funcionários da empresa ocorreram de forma virtual, sendo o modelo construído em tempo real e exibido aos entrevistados. Durante as entrevistas, os gerentes então treinados não só descreveram os caminhos dos processos, o que de fato era esperado para uma entrevista, mas também sugeriram ao modelador determinadas correções ou o uso de símbolos da notação. O trecho a seguir descreve a fala de um dos gerentes entrevistados, que foi previamente treinado na notação BPMN: “... *a partir desta atividade o processo abre em dois caminhos. Pode colocar aí um gateway paralelo*”.

Este conhecimento básico na notação que foi apresentado pelos gerentes facilitou o trabalho dos modeladores, já que a descrição do processo nas entrevistas foi bastante objetiva, graças ao conhecimento sobre a lógica do processo apresentado pelos entrevistados. Como as entrevistas foram gravadas, a equipe da universidade pôde revê-las e corrigir trechos do modelo, diminuindo a necessidade de agendar muitas entrevistas na etapa de “Descoberta do processo”. O Quadro 3 apresenta os efeitos obtidos com a aplicação do treinamento em BPMN antes da etapa de “Identificação dos processos”. Estes efeitos estão posicionados neste quadro nas linhas que correspondem às etapas do ciclo BPM nas quais foram observados. É importante lembrar que nem todas as etapas do ciclo foram executadas neste projeto com a empresa.

Quadro 3 – Resultados percebidos após a aplicação do treinamento antes da Identificação dos processos

Etapa do ciclo BPM (Figura 1)	Resultados percebidos após a aplicação do treinamento
Identificação do processo	Aumento da confiança e assertividade dos gerentes em identificar: os nomes dos processos de negócio, seus participantes e seus eventos de início e fim.

Descoberta do processo (modelagem <i>as-is</i>)	Maior eficiência na modelagem do estado atual devido à necessidade de poucas entrevistas com cada responsável pelo processo (uma ou duas entrevistas com cada gerente).
Descoberta do processo (validação)	Maior eficiência na validação devido à habilidade do entrevistado em interpretar o modelo diagramático do processo. Esta habilidade na interpretação aumentou a confiança do entrevistado em afirmar se o modelo representava bem ou não o processo.
Análise do processo	Como os modelos do estado atual foram construídos e validados de forma mais ágil e assertiva, a equipe da universidade pode contar com um tempo maior para analisar os processos e propor melhorias.
Redesenho do novo processo (modelagem <i>to-be</i>)	A validação dos novos modelos também ocorreu de forma eficiente, devido à habilidade dos gerentes da empresa em interpretar os modelos.

Fonte: próprios autores

5. Lições Aprendidas

A modelagem de processos de negócio pode ser árdua, devido ao extenso trabalho de coleta de informações que identifiquem e caracterizem os processos a serem modelados. Isso porque, dependendo da estrutura da instituição, várias pessoas precisam ser entrevistadas para que os diversos processos sejam modelados, caso o método de coleta escolhido pelos modeladores seja a entrevista.

Estas entrevistas tendem a ser mais demoradas e pouco eficazes se o entrevistado não se sentir confiante em identificar o processo e não for assertivo quando for descrevê-lo. Isso gera uma situação estressante ao modelador, que não compreende a lógica do processo por meio do relato do entrevistado, podendo demandar mais entrevistas ou entrevistas mais longas, ou até mesmo a construção de modelos com baixa qualidade semântica (aderência com o processo real).

Uma lição aprendida neste caso empresarial é que a aplicação de um treinamento básico em notação de modelagem aos especialistas dos processos, é capaz de aumentar a eficácia e a eficiência das entrevistas, gerando vantagens sobretudo nas etapas de Identificação e de Descoberta dos processos. Outro aspecto desta lição aprendida é que este treinamento deve ocorrer antes da etapa de “Identificação dos processos”.

Esta conclusão se restringe ao cenário de estudo onde as informações sobre os processos foram coletadas por meio de entrevistas com os especialistas do processo. Além disso, não foram testados outros aspectos desta solução:

- o treinamento foi realizado antes da etapa de “Identificação dos processos”, mas pode-se avaliar o efeito caso ele seja realizado em outra etapa do ciclo BPM;
- todos os especialistas de processos não apresentavam conhecimentos prévios sobre a notação BPMN antes do treinamento, mas pode-se avaliar a eficácia e a eficiência das entrevistas quando os entrevistados já possuírem este conhecimento prévio, por aplicar a modelagem no dia a dia;
- a equipe de modeladores (aqui chamado de equipe da universidade) não executou as etapas de “Implementação do novo processo” e “Monitoramento do novo processo”, não sendo possível uma conclusão sobre o efeito do treinamento nestas etapas da BPM;
- as conclusões foram elaboradas a partir da observação de um caso empresarial, mas é recomendado a aplicação em outros objetos de estudo para que possa ser observado se os efeitos desejados com o treinamento se mantêm.

6. Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem a todos os funcionários da empresa Redes Tecnologia e Serviços, pela oportunidade gerada neste convênio e pelo engajamento apresentado durante o treinamento e entrevistas.

REFERÊNCIAS

COMBI, Carlo; OLIBONI, Barbara; ZERBATO, Francesca. A modular approach to the specification and management of time duration constraints in BPMN. **Information Systems**, v. 84, 2019.

DUMAS, Marlon; LA ROSA, Marcello; MENDLING, Jan; REIJERS, Hajo A. **Fundamentals of Business Process Management**. Springer, 2 .ed., 2018.

DUMAS, Marlon; van der AALST, Wil; HOFSTEDE, Arthur H. M. ter. **Process-Aware Information Systems**. A John Wiley & Sons, INC., 2005.

HAMEED, BM Zeeshan; TANIDIR, Yiloren; NAIK, Nithesh; TEOH, Jeremy Yuen-Chun; SHAH, Milap; WROCLAWSKI, Marcelo Langer; KUNJIBETTU, Afrah Budnar; CASTELLANI, Daniele; IBRAHIM, Sufyan; SILVA, Rodrigo Donalísio da; RAI, Bhavan; de la ROSETTE, J. J. M. C. H.; TP, Rajeev; GAUHAR, Vineet; SOMANI, Bhaskar. Will “hybrid” meetings replace face-to-face meetings post COVID-19 era? Perceptions and views from the urological community. **Urology**, 156, 52-57, 2021.

MORAIS, Rinaldo Macedo de; KAZAN, Samir; PÁDUA, Silvia Inês Dallavalle; COSTA, André Lucirton. An analysis of BPM lifecycles: from a literature review to a framework proposal. **Business Process Management Journal**, v. 20, n. 3, 2014.

OBJECT MANAGEMENT GROUP - OMG. **Business Process Model and Notation - BPMN**. v. 2.0.2. In: OBJECT MANAGEMENT GROUP - OMG. Business Process Model and Notation – BPMN, SPECIFICATIONS Download the standard. 2014. Disponível em: <https://www.omg.org/bpmn>. Acesso em: 30 set. 2022.

OLIVEIRA, Milena Silva de; SANTOS, Carlos Henrique dos; GABRIEL, Gustavo Teodoro; LEAL, Fabiano; MONTEVECHI, José Arnaldo Barra. FaMoSim: a facilitated discrete event simulation framework to support online studies. **Production**, 33, 2023.

RICHTER, Alexander. Locked-down digital work. **International Journal of Information Management**, 55, 2020.

ROSA, Leonardo Silva; SILVA, Thanner Soares; FANTINATO, Marcelo; THOM, Lucineia Heloisa. A visual approach for identification and annotation of business process elements in process descriptions. **Computer Standards & Interfaces**, n. 81, 2022.

SORDI, J. O. **Gestão por processos: uma abordagem da moderna administração**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.