



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS JOINVILLE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS MECÂNICAS

Cristiano dos Santos

PROPOSTA DE UM MODELO DE REDUÇÃO DE CUSTOS DE PRODUTOS
INDUSTRIAIS EXISTENTES

Joinville
2023

Cristiano dos Santos

PROPOSTA DE UM MODELO DE REDUÇÃO DE CUSTOS DE PRODUTOS
INDUSTRIAIS EXISTENTES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Sistemas de Engenharia

Orientador: Prof. Cristiano Vasconcellos Ferreira,
Dr.

Joinville

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

SANTOS, CRISTIANO DOS
PROPOSTA DE UM MODELO DE REDUÇÃO DE CUSTOS DE PRODUTOS
INDUSTRIAIS EXISTENTES / CRISTIANO DOS SANTOS ;
orientador, CRISTIANO VASCONCELLOS FERREIRA, 2023.
107 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Campus Joinville, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Mecânicas, Joinville,
2023.

Inclui referências.

1. Engenharia e Ciências Mecânicas. 2. Projetos de
Redução de Custo. 3. Eliminação de Desperdícios. I. FERREIRA,
CRISTIANO VASCONCELLOS . II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências
Mecânicas. III. Título.

Cristiano dos Santos

PROPOSTA DE UM MODELO DE REDUÇÃO DE CUSTOS DE PRODUTOS
INDUSTRIAIS EXISTENTES

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 05 de maio de 2023,
pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Carlos Maurício Sacchelli, Dr.
Instituição UFSC

Prof. Régis Kovacs Scalice, Dr.
Instituição UFSC

Prof. Valdeon Sozo , Dr.
Instituição Católica de SC

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Sistemas de
Engenharia

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Cristiano Vasconcellos Ferreira, Dr.
Orientador

Joinville, 2023

Este trabalho é dedicado à minha família e amigos e aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que me ajudaram ao longo da minha jornada para completar minha dissertação de mestrado. Sem o apoio e orientação de vocês, eu não teria sido capaz de alcançar este marco significativo em minha carreira acadêmica.

Primeiramente, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Cristiano Vasconcellos Ferreira, Dr., por dedicar seu tempo e conhecimento para me guiar neste processo desafiador. Suas sugestões e críticas construtivas foram inestimáveis para melhorar meu trabalho e atingir os objetivos propostos.

Também gostaria de agradecer aos meus colegas e amigos, Thiago Coelho e Marcelo Agostini, que me apoiaram com palavras de encorajamento e motivação durante momentos difíceis. Suas ideias e discussões enriqueceram minha pesquisa e me ajudaram a refinar minha visão do tema.

Não posso deixar de mencionar minha família que me deu suporte emocional para que eu pudesse focar em minha dissertação. Sua presença constante me deu forças para superar os desafios e dificuldades deste processo.

Por fim, agradeço a todos os demais professores e colaboradores, que contribuíram para o meu crescimento acadêmico e me permitiram adquirir os conhecimentos necessários para realizar este trabalho.

Mais uma vez, obrigado a todos pelo apoio e amizade durante esta jornada. Não teria sido possível sem vocês.

Atenciosamente,

Cristiano dos Santos

RESUMO

Um processo constante de gestão de custos de produtos é fundamental para que uma empresa se mantenha no mercado. Esse processo conta com esforços contínuos de redução de custo que tem como principais vantagens o incremento ou a manutenção da margem de lucro de um negócio. Uma avaliação dos métodos de execução de projetos de redução de custos com enfoque em produtos industriais mostra desperdícios e gera a necessidade de reorganização e eliminação dos mesmos. Para que a análise seja eficaz são necessários o Mapeamento do Fluxo de Valor, a definição do que é valor para a empresa estudada e o mapeamento detalhado dos desperdícios encontrados. Uma proposta de estado futuro foi elaborada com base na eliminação ou redução de impacto de cada desperdício e, além de passar pela reorganização de tarefas e realinhamento dos stakeholders, sugere a eliminação de tarefas desnecessárias. Foi proposto um processo genérico para projetos de redução de custos que passa principalmente pelo envolvimento adequado das pessoas e pelo senso crítico da mentalidade enxuta. Como resultado, foi obtida a melhoria em tempo de execução de 3 vezes em relação ao estado atual medido com projetos piloto realizados na mesma empresa e como oportunidades para estudos futuros, sugere-se a aplicação em projetos de maior lead time e em diferentes tamanhos de empresas e diferentes tipos de produtos.

Palavras-chave: produtos; redução-de-custos; valor; desperdícios.

ABSTRACT

A constant product cost management process is essential for a company to remain in the market. This process relies on continuous efforts to reduce costs, whose main advantages are increasing or maintaining a business's profit margin. An evaluation of the methods of executing cost reduction projects focusing on industrial products shows waste and generates the need to reorganize and eliminate it. For the analysis to be effective, the Value Stream Mapping is necessary, the definition of what is value for the company studied and the detailed mapping of the waste found. A future state proposal was prepared based on the elimination or reduction of the impact of each waste and, in addition to going through the reorganization of tasks and realignment of stakeholders, it suggests the elimination of unnecessary tasks. A generic process for cost reduction projects was proposed, which mainly involves the proper involvement of people and the critical sense of the lean mindset. As a result, an improvement in execution time of 3 times was obtained in relation to the current state measured with pilot projects carried out in the same company and as opportunities for future studies, it is suggested the application in projects with greater lead time and in different sizes of companies and different types of products.

Keywords: products; cost-reduction; value; waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia de Pesquisa Proposta	22
Figura 2 – Processo de <i>Target Costing</i>	53
Figura 3 – Entradas e Saídas do Fluxo de Execução de Projetos de Redução de Custo de Produtos.	60
Figura 4 – Mapeamento do Fluxo de Valor do processo de execução de projetos de custo.	62
Figura 5 – Fluxograma Geral do Estado Futuro	69
Figura 6 – Fase de preparação do projeto	69
Figura 7 – Fase de execução de projeto.	73
Figura 8 – Fase de entrega do projeto	74
Figura 9 – Fluxo de Projetos de Redução de Custos de Produtos	78
Figura 10 – Fase de Preparação do Projeto	80
Figura 11 – Fase de Execução do Projeto	83
Figura 12 - Procedimento de avaliação	88
Figura 13 - Avaliação do atendimento das diretrizes	91
Figura 14 - Avaliação da aplicabilidade do modelo proposto	92
Figura 15 - Avaliação dos critérios de representação	93
Figura 16 - Avaliação dos critérios de conteúdo	94

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Pesquisas selecionadas a partir da PRISMA	26
Quadro 2 – Tipos e Subtipos de Desperdícios	46
Quadro 3 – Desperdícios versus Indicadores do Processo de Desenvolvimento de Produtos	51
Quadro 4 – Notação das siglas utilizadas no estudo	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Desperdícios capturados na fase de preparação de projeto	68
Tabela 2– Critérios e questões da proposta do modelo de redução de custos de produtos existentes.	86
Tabela 3 – Critérios de avaliação da proposta de redução de custos de produtos existentes.	87
Tabela 4 - Caracterização dos participantes	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPEX	Capital Expenditure
QFD	Quality Function Deployment
DFMA	Design for Manufacture and Assembly
DTC	Design to Cost
DOE	Design of Experiments
GNV	Gás Natural Veicular
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
PRISMA	Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses
MFV	Mapa do Fluxo de Valor
TRIZ	Teoria para a Resolução de Problemas Criativos
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VA/VE	Value Analysis / Value Engineering

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVO	19
1.2	JUSTIFICATIVA	20
1.3	METODOLOGIA DE PESQUISA	21
1.4	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	23
2	REVISÃO DA LITERATURA	24
2.1	PRISMA	24
2.1.1	Planejamento	24
2.1.2	Escopo	24
2.1.3	Pesquisa	25
2.1.4	Avaliação	25
2.1.5	Síntese e Análise	26
2.2	PENSAMENTO ENXUTO	36
2.2.1	Lean Office	39
2.2.2	Mapeamento do Fluxo de Valor	41
2.2.3	Desperdícios	44
2.3	TARGET COSTING	51
2.4	ENGENHARIA DE VALOR	53
2.5	BUSINESS CASE	56
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
3	ESTUDO DE CASO	58
3.1	ESTADO ATUAL	59
3.1.1	Identificação dos Desperdícios e Causas	64
3.1.2	Estudo sobre Solicitação de Capital - CAPEX	65
3.2	ESTADO FUTURO	67
3.2.1	Fase de Preparação do Projeto	69
3.2.2	Fase de Execução de Projeto	72
3.2.3	Fase de Entrega de Projeto	74
3.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
4	PROPOSTA DE UM PROCESSO DE EXECUÇÃO DE PROJETOS DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM ENFOQUE EM PRODUTOS INDUSTRIAIS EXISTENTES	77

4.1	AVALIAÇÃO DO MODELO	85
4.1.1	Critérios e Questionário de Avaliação	85
4.1.2	Workshop	88
4.1.2.1	Procedimentos de Avaliação	88
4.1.2.2	Caracterização dos Entrevistados	89
4.1.2.3	Análise dos Resultados	90
4.1.2.4	Avaliação do atendimento às diretrizes do modelo proposto	91
4.1.2.5	Avaliação da aplicabilidade do modelo proposto	92
4.1.2.6	Avaliação dos critérios de representação	92
4.1.2.7	Avaliação dos critérios de conteúdo	93
4.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
5	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
	REFERÊNCIAS	98

1 INTRODUÇÃO

Para se manter no mercado, uma empresa precisa de um programa constante de redução de custos. De acordo com Bragg et al. (2010), essa premissa não é uma opção, mas sim uma questão de sobrevivência. A queda nos lucros, custos fixos altos, aumentos de custos variáveis e alto grau de complexidade colaboram para que esse esforço seja constante e segundo TYAGI et al., (2015), a composição de fatores que compõem um produto ou serviço passa pela estratégia de custo visto que o sucesso do projeto de novos produtos é mensurado na maioria dos casos através de resultados financeiros.

Sempre que surge a necessidade de desenvolvimento de um novo produto, essa necessidade baseia-se nos resultados financeiros esperados e segundo o PMBOK® Guide (2021), o gerenciamento de custo de projetos deve considerar os requisitos das partes interessadas (*stakeholders*). Diferentes *stakeholders* mensuram os custos de projetos de diferentes formas e além disso, esse processo se preocupa primeiramente com os custos dos recursos necessários para completar as atividades do projeto.

De acordo com Hmida et al. (2006), para a maioria das indústrias, os métodos de estimativa de custos determinam na maioria dos casos duas funções estratégicas: projeto de produto e precificação. Uma primeira classificação é a financeira que passa por custos diretos, que são alocados a um objeto de custo e pelo custo indireto que são os custos que não podem ser diretamente alocados a um objeto de custo. A segunda classificação o autor define como morfológica e é composta por custo de material, custo de mão-de-obra, e custos fixos.

Anteriormente, conforme Pascal et al. (2008), as empresas podiam estabelecer seus preços através da soma do custo com a margem de lucro: a contabilidade determinava o custo baseado nos princípios de contabilidade de custos, e uma margem de lucro comum para a área era acrescentada. O preço era então repassado ao consumidor que normalmente pagava o que lhe era proposto, mas na atualidade, a equação de lucro evoluiu de forma que o preço é um fator fixo determinado pelo mercado e o lucro é o resultado desse preço menos os custos envolvidos.

O crescente acesso à informação, concorrentes mais estruturados organizacional e financeiramente e a melhoria contínua da tecnologia aumenta a liberdade de escolha do consumidor e isso direciona o esforço de redução frequente de custos para se chegar a um produto final.

Para que o fluxo de informações e de objetivos aconteça de forma adequada, é necessário um processo de gestão dos custos adequado e o PMBOK® Guide (2021) apresenta um modelo para a gestão de custos que evidencia o planejamento dos recursos, a estimativa de custos, o orçamento e o controle do custo como os quatro principais processos da gestão de custos. Quando se fala em planejamento dos recursos entende-se que a determinação de quais recursos (pessoas, equipamentos, materiais) e em quais quantidades serão utilizados para a execução das atividades é necessária. A estimativa de custo passa pelo desenvolvimento de uma estimativa dos custos dos recursos necessários para se completar as atividades do projeto, o orçamento é a alocação da estimativa geral de custo para as atividades individuais e o controle do custo visa controlar as mudanças no orçamento do projeto.

Dentro do processo de Estimativa de Custos, o PMBOK® Guide (2021) apresenta como técnicas e ferramentas a análise de especialistas, a estimativa por analogia, a modelagem paramétrica, a estimativa de três-pontos, a análise reversa, o cálculo do custo da qualidade, o uso de ferramentas computacionais, as análises de fornecedores e as técnicas de decisão em grupo. Essa gama de ferramentas auxilia a composição do estudo financeiro de um projeto, o business case, definido mais adiante.

A redução de custos é a forma mais fácil de incremento das margens de lucro de um negócio em curto prazo e também pode ser o maior direcionador para crescimento a longo prazo se organizada e feita adequadamente, comenta Bragg et al. (2010). Como a redução de custo está praticamente cem por cento sob o controle da empresa, esse processo pode ser considerado mais simples do que processos que envolvem o restante das variáveis do mercado como preços, ações dos competidores e regulações governamentais e funciona bem com lucros a longo prazo e permite que seja reinvestido parte dos resultados alcançados em pessoas, processos e tecnologia. Desta forma, uma empresa que tem um esforço contínuo de reduções de custo sinaliza ao mercado e aos novos entrantes que terão dificuldades

para competir em preço visto que esse movimento é facilitado quando os custos já estão otimizados.

A redução de custos pode ser vista com reputação ruim se conduzida incorretamente e caso seja definido, por exemplo, um percentual arbitrário de redução em toda a companhia como meta, pode-se gerar alguns problemas de performance e de entregas de resultado, visto que a responsabilidade pelo custo deve ser compartilhada relativamente ao impacto que cada etapa, processo ou setor tem no custo final.

Segundo Bragg et al. (2010), esse tipo de comportamento pode gerar efeitos ruins como o corte de despesas conduzido incorretamente, a inclusão das possibilidades de metas de corte de despesas nos orçamentos futuros já antevendo que esse será um objetivo e o corte de despesas consideradas leves, mas que levam tempo e investimento para gerar resultados como treinamentos de empregados ou novos investimentos em desenvolvimento. Esses cortes podem ter um impacto a médio e longo prazo na empresa e podem ser minimizados ou eliminados utilizando-se de um plano de metas claro e alinhado com a estratégia do negócio.

Quando se observa a redução de custos em produtos que já estão em linha de produção que almeja principalmente o aumento da rentabilidade ou a reação a um novo movimento de um competidor no mercado, existem vários métodos e técnicas que podem ser utilizados para implementar projetos de redução de custo de produtos.

Um dos métodos mais conhecidos é o *Value Analysis/Value Engineering* (VA/VE). Esse método foi criado na década de 1940 e, conforme Miles (1961), é utilizado para analisar produtos e processos com o objetivo de identificar oportunidades de redução de custos. O VA/VE envolve a realização de uma análise detalhada do produto, buscando identificar possíveis desperdícios e oportunidades de melhoria. Uma vez identificadas as oportunidades de redução de custos, a equipe de VA/VE deve propor soluções e recomendações para implementação.

Rana et al. (2011) define a Análise Custo-Benefício como um método de avaliação econômica que visa a comparar os custos e benefícios de uma intervenção, permitindo que se determine se ela é socialmente justificável e é uma técnica amplamente utilizada em tomadas de decisão econômicas, sendo utilizada para avaliar a eficiência de uma determinada intervenção, política ou projeto. Segundo os autores, a ferramenta permite que sejam avaliados os custos e benefícios associados a uma intervenção, sendo que os custos e benefícios são expressos em termos monetários.

Outro método, segundo Porter (1985), é a Análise de Cadeia de Valor. Esse método envolve a identificação das atividades que adicionam valor ao produto e aquelas que não adicionam valor. Uma vez identificadas as atividades que não adicionam valor, a equipe de projeto pode propor soluções para eliminá-las ou reduzi-las. A Análise de Cadeia de Valor é uma abordagem abrangente que pode ser utilizada para identificar oportunidades de redução de custos em toda a cadeia de produção.

Como pode ser observado, o problema de redução de custo é tratado pelas empresas como um projeto. Na literatura observa-se processos que mencionam as etapas principais do gerenciamento com métodos e ferramentas propostas para auxiliar. Por outro lado, observa-se que existe uma carência de um modelo que trata desse tema de forma integral.

1.1 OBJETIVO

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo de redução de custos para produtos industriais existentes. O estudo não abrange um método para desenvolvimentos de novos produtos e nem de geração de idéias de redução de custos, somente da execução das ideias já geradas anteriormente.

Constituem objetivos específicos:

- 1) Realizar a busca do estado da arte de processos de redução de custos em produtos industriais que já estejam em linha de produção.

- 2) Identificar quais são os principais desperdícios de um processo de redução de custos de produtos em linha de produção em ambiente industrial;
- 3) Propor um modelo para execução de projetos para redução de custo de produtos existentes.
- 4) Avaliar o modelo proposto.

1.2 JUSTIFICATIVA

Khan e Qamar (2013) discutem a necessidade de redesenhar produtos que já estão em produção, com o objetivo de melhorar seu desempenho, reduzir custos e atender a requisitos regulatórios. No entanto, segundo os autores, a literatura sobre o assunto se concentra principalmente em processos de design de novos produtos, deixando uma lacuna em relação a modelos de processo para a execução de projetos de produtos já em linha de produção. Como solução, sugere-se que as empresas que desejam redesenhar produtos em produção em massa devem seguir um processo sistemático e integrado de planejamento, análise de viabilidade, desenvolvimento de conceitos, detalhamento de projetos e implementação do projeto. Além disso, os autores destacam que o sucesso do processo de redesenho de produtos depende de uma série de fatores, como a seleção adequada da equipe de projeto, o envolvimento dos funcionários da empresa em todas as etapas do processo e a utilização de ferramentas adequadas de análise e simulação.

O trabalho com foco na redução de custos de produtos existentes se justifica pelo fato da importância para sobrevivência dos negócios frente às pressões de aumento de custos tanto de matéria prima como de logística e outras fontes de aumento.

O trabalho realizado usa como base um estudo de caso em uma empresa de grande porte que realiza US\$70 milhões em reduções de custo por ano somente nos produtos que já estão em produção. Alguns fatores demonstram a relevância desse estudo como por exemplo o fato de o mesmo tipo de produto produzido por essa empresa na década de 80 custar o triplo em matéria prima do que o produto atual

com o detalhe de que o produto atual consome 70% menos energia elétrica para entregar mais benefícios em capacidade, ergonomia e segurança.

Com base na observação da prática do dia a dia desta empresa, da literatura disponível que busca mostrar o estado da arte nesse processo e do conhecimento de importantes *stakeholders* envolvidos, se objetiva propor uma adequação dos métodos existentes de execução de projetos e de alocação de recursos, aumentando a receita pretendida e garantindo melhor saúde dos negócios.

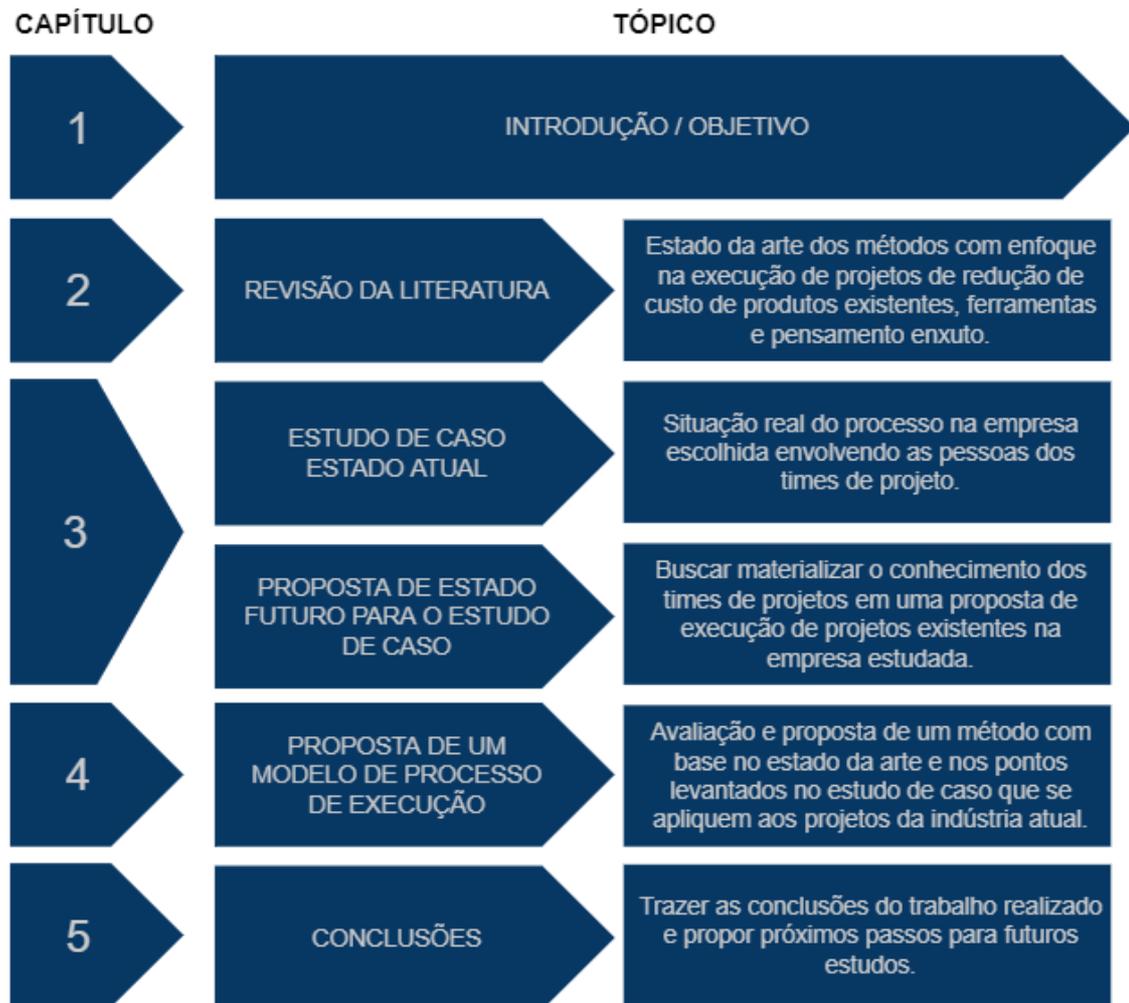
1.3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia de pesquisa proposta para o trabalho está dividida em alguns passos conforme a Figura 1. Esses passos são correlacionados aos capítulos apresentados neste trabalho.

O primeiro capítulo abordou o texto introdutório e os objetivos gerais e específicos de trabalho.

O segundo capítulo envolve a revisão de literatura com a busca do estado da arte dos métodos de execução de projetos de redução de custos de produtos industriais que já estejam em produção, isto é, o trabalho tenta não englobar em seu escopo, projetos de redução de custo para o desenvolvimento de novos produtos. Para analisar os métodos de processo de execução de projetos de redução de custos com enfoque em produtos industriais existentes, foi realizada uma revisão sistemática da literatura. Para isto, adotou-se as diretrizes da PRISMA, baseada em Page et al. (2021).

Figura 1: Metodologia de Pesquisa Proposta



Fonte: Elaborado pelo autor.

O capítulo 3 relata um estudo de caso de gestão de projeto de redução de custo de produtos existentes em uma empresa de relevância e que exerce influência sobre o mercado cujo detalhamento será fornecido no capítulo específico.

Para esse estudo de caso utilizou-se da técnica de Mapeamento do Fluxo de Valor para entender o estado atual e em conjunto com os profissionais da empresa, propor um estado futuro resultado da redução dos desperdícios mapeados.

A próxima etapa, ainda no capítulo 3, revela uma proposta de estado futuro dentro da mesma empresa, onde o grupo sugere mudanças que visam redução de desperdícios num exercício de aplicação na indústria.

No capítulo 4 se desenvolve uma proposta genérica de execução de projetos de redução de custos de produtos existentes baseada na literatura e nos pontos levantados no estudo de caso aplicado.

As conclusões e sugestões de próximos estudos relativos ao tema deste trabalho são abordadas no Capítulo 5.

1.4 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O presente estudo se limita aos métodos de processo de redução de custo de produtos existentes, isto é, produtos que já estão em linha de produção.

A limitação se estende também ao tamanho da empresa que executa esse tipo de projeto. O estudo está limitado a empresas de médio e grande porte.

O aprofundamento nas áreas de qualidade, processos industriais, planejamento e controle de produção, logística entre outros, não foi objetivo deste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - PRISMA

PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) é um conjunto de diretrizes propostas que tem por objetivo dar transparência às revisões sistemáticas da literatura, justificando o propósito da pesquisa e as referências escolhidas (Page et al. (2021)) e se compõe de cinco etapas: planejamento, escopo, pesquisa, avaliação e síntese e análise.

2.1.1 - Planejamento

Para o planejamento definiram-se as bases de dados adotadas para a pesquisa por referências, permitindo selecionar as publicações de maior impacto na área de métodos de execução de projetos de redução de custos de produtos industriais que já estejam em produção. Nesse sentido, selecionou-se cinco bases de pesquisa: IEEEExplore, Springer, ScienceDirect, MDPI, Repositório Institucional UFSC, Web Of Science.

2.1.2 - Escopo

A segunda etapa determinou o escopo da pesquisa por meio da formulação de perguntas que serviram de base para a busca e análise dos resultados. Os objetivos foram melhor especificados e permitiu-se direcionar as buscas por publicações e com uso de filtros, selecionaram-se os títulos de maior interesse.

Sob essa perspectiva, partindo dos objetivos apresentados no item 1.1 , propuseram-se os seguintes questionamentos: Q1: Quais os métodos atuais de execução de projetos de redução de custos de produtos? Q2: Quais as melhores práticas de execução de redução de custo de produtos? Com isso, especificou-se que os objetivos desta revisão sistemática da literatura incluem observar nas publicações mais recentes a existência de métodos que auxiliem na execução de projetos de redução de custos de produtos já em linha de produção e as ferramentas mais adequadas sugeridas pelos autores.

2.1.3 - Pesquisa

Com o escopo em formas de perguntas estabelecido, partiu-se para uma etapa de consulta às bases de dados utilizando uma frase de consulta específica, baseada nas questões estruturadas na etapa anterior e uma vez determinados os objetivos da pesquisa em forma de perguntas, foi iniciado o processo de consulta às bases de dados escolhidas utilizando-se de palavras-chave específicas.

Considerando o método de Henriques e Winkler (2021), procedeu-se da seguinte forma: “qualquer campo, contém: *project execution*”; “qualquer campo, contém: *cost reduction*”, “qualquer campo, contém: *method* ”. Além dessas limitações proporcionou-se, num segundo momento, a limitação ao idioma inglês e às publicações dos últimos 10 anos. Para o segundo momento, as limitações de pesquisa foram: “qualquer campo, contém: *cost reduction*”; “qualquer campo, contém: *cost reduction*”, “qualquer campo, contém: *method* ” e “qualquer campo, contém: *design methodology* ”.

Desse modo, com um levantamento feito em 27 de outubro de 2022, obteve-se 1525 resultados para a primeira pesquisa e 133 resultados para a segunda seleção de critérios.

Observou-se que a busca dos termos acima elencados apenas nos títulos das obras não apresentou êxito em nenhuma plataforma de pesquisa e como já comentado por Khan e Qamar (2013), confirmou-se que a literatura sobre o assunto se concentra principalmente em processos de design de novos produtos, deixando uma lacuna em relação a modelos de processo para a execução de projetos de produtos já em linha de produção.

2.1.4 - Avaliação

Com o processo de refinamento da pesquisa diversificando os critérios para diminuir o número de resultados, limitou-se a 10 anos a data de publicação e ao idioma inglês. Além disso, limitou-se a apenas artigos acadêmicos, papers, teses e dissertações. Com isso, gerou-se uma lista de 22 publicações que passaram para a fase de síntese e análise.

2.1.5 - Síntese e Análise

Na última etapa, revisaram-se os resultados obtidos a fim de selecionar quais foram incluídos no trabalho. Vale ressaltar que essa revisão se deu apenas em elementos-chave dos textos. Então, o título e o resumo dos 22 trabalhos foram avaliados sob a perspectiva do escopo estipulado pelas perguntas, buscando identificar quais desses estavam em conformidade com os objetivos deste trabalho conforme apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Pesquisas selecionadas a partir da PRISMA.

(continua)

Autor (es)	Título	Síntese
Kolic et al.(2017)	Lean Methodology to Transform Shipbuilding Panel Assembly	Estudo de caso sobre a aplicação da metodologia Lean no processo de montagem de painéis em um estaleiro de construção naval. A pesquisa demonstrou que a aplicação da metodologia resultou em uma redução significativa de desperdícios e em um aumento na eficiência do processo de montagem. Foram apresentadas diversas estratégias utilizadas para implementar a metodologia, como o uso de mapas de fluxo de valor e a padronização do processo.
Mello et al. (2019)	Redesign of an In-Market Conveyor System for Manufacturing Cost Reduction& Design Efficiency Using DFMA Methodology	Aborda o uso do DFMA (Design for Manufacture and Assembly) na otimização do sistema de transporte de uma fábrica.
Mesa et al. (2018)	A novel approach to include sustainability concepts in classical DFMA methodology for sheet metal enclosure devices	O artigo apresenta uma nova abordagem para integrar conceitos de sustentabilidade na metodologia DFMA (Design for Manufacturing and Assembly) para dispositivos de invólucro de chapas metálicas. O método proposto combina o cálculo de indicadores de sustentabilidade com a análise de eficiência do processo de fabricação.

Quadro 1 – Pesquisas selecionadas a partir da PRISMA.

(continua)

Autor (es)	Título	Síntese
Cavalcante et al. (2018)	Project management approach for cost reduction in manufacturing companies.	Neste artigo, é proposta uma abordagem de gerenciamento de projetos para redução de custos em uma empresa de manufatura. A abordagem é baseada em etapas de planejamento, execução e monitoramento, e é ilustrada por meio de um estudo de caso em uma empresa de produção de painéis elétricos.
Hahn e Hill (2013)	How to manage a successful business in China. Springer Science & Business Media.	Este artigo apresenta discute que o envolvimento ativo dos funcionários é essencial para o sucesso de projetos de redução de custos, mas é preciso superar desafios como resistência à mudança, falta de recursos e problemas de comunicação para implementá-los de maneira eficaz.
Silva et al. (2017)	Cost analysis methodology for cost reduction projects in manufacturing companies.	Neste artigo, é proposta uma metodologia de análise de custos para auxiliar na tomada de decisão em projetos de redução de custos em empresas de manufatura. A metodologia proposta é baseada em uma análise do custo total do produto e em uma análise do custo de cada etapa do processo produtivo.
Kim e Jang (2012)	Design for Manufacturing and Assembly of the 787 Dreamliner	Aborda o Design for Manufacturing and Assembly do 787 Dreamliner.

Quadro 1 – Pesquisas selecionadas a partir da PRISMA.

(continua)

Autor (es)	Título	Síntese
Fadavi et al. (2019)	Financial feasibility analysis of cost reduction projects in manufacturing processes: a case study in a wood-based panel production plant Journal of cleaner production	O artigo apresenta uma metodologia para análise de viabilidade financeira de projetos de redução de custos em processos produtivos. A metodologia foi aplicada em uma empresa de produção de painéis de madeira e os resultados mostram que a empresa pode economizar cerca de 20% nos custos de produção com as alterações propostas.
Ramírez et al. (2021)	Design of a Modular Plantar Orthosis System through the Application of TRIZ Methodology Tools	O artigo apresenta o projeto de um sistema modular de órteses plantares, utilizando a metodologia TRIZ. A proposta visa solucionar problemas comuns encontrados em modelos de órteses já existentes, melhorando a sua funcionalidade e personalização. A metodologia TRIZ foi aplicada para gerar ideias e conceitos inovadores, e o sistema modular proposto permitirá a personalização das órteses de acordo com as necessidades individuais dos usuários.
Gibson et al. (2015)	Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing	Descreve os conceitos de manufatura aditiva e outros conceitos relacionados a prototipagem rápida.
Torres-Jiménez et al. (2018)	Methodology to simulate normalized testing cycles for engines and vehicles via design of experiments with low number of runs	O artigo apresenta uma metodologia para simular ciclos de teste normalizados para motores e veículos utilizando o design de experimentos com baixo número de execuções. A metodologia foi aplicada a um motor diesel e a um veículo movido a GNV, resultando em um bom ajuste dos dados simulados com os dados experimentais.

Quadro 1 – Pesquisas selecionadas a partir da PRISMA.

(continua)

Autor (es)	Título	Síntese
Chan et al. (2018)	Value analysis for cost reduction in an automotive company: a case study Journal of engineering design	O artigo apresenta um estudo de caso sobre a implementação de um projeto de redução de custos em uma indústria automotiva. A metodologia utilizada para a execução do projeto foi a análise de valor e os resultados mostram uma redução significativa nos custos de produção do veículo.
Rashid et al. (2019)	A methodology for cost reduction projects in manufacturing companies: a case study in a beverage industry	O artigo apresenta uma metodologia para a gestão de projetos de redução de custos em empresas de manufatura. A metodologia consiste em sete etapas que vão desde a identificação das oportunidades de redução de custos até a implementação das alterações propostas. A metodologia foi aplicada em uma empresa de produção de bebidas e os resultados mostram uma redução de 10% nos custos de produção.
Gonçalves et al. (2017)	Cost reduction through product quality improvement: a case study in an automotive parts manufacturer	O artigo apresenta uma abordagem para a redução de custos em processos produtivos por meio da melhoria da qualidade dos produtos. A metodologia proposta inclui a aplicação de ferramentas de gestão da qualidade e a análise dos custos da não qualidade. A metodologia foi aplicada em uma empresa de produção de autopeças e os resultados mostram uma redução de 15% nos custos de produção.

Quadro 1 – Pesquisas selecionadas a partir da PRISMA.

(continua)

Autor (es)	Título	Síntese
Tucci et al. (2014)	Accelerated life tests as an integrated methodology for product design, qualification and production control: a case study in household appliances	O artigo apresenta um estudo de caso sobre o uso de testes de vida acelerados como metodologia integrada para o design, qualificação e controle de produção de eletrodomésticos. Foram realizados experimentos para estimar a vida útil dos produtos em condições aceleradas e validar os resultados com dados de uso real. Os resultados mostraram que essa metodologia pode ser uma ferramenta útil para melhorar a qualidade dos produtos e reduzir custos de produção.
Kumar et al. (2017)	A case study on cost reduction and productivity improvement for electric motors production.	Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a implementação de uma estratégia de redução de custos em uma linha de produção de motores elétricos. O estudo incluiu a análise dos custos de fabricação e a identificação de áreas de oportunidade para redução de custos por meio de melhorias no processo de produção. Foram implementadas mudanças no processo, resultando em uma economia de custos de cerca de 12%.
Eguren et al. (2020)	Modelling of an Additive 3D-Printing Process Based on Design of Experiments Methodology	O artigo apresenta um estudo sobre a modelagem de um processo de impressão 3D por meio da metodologia de Projetos de Experimentos (DOE). Foram realizados testes para avaliar o efeito de diferentes parâmetros no processo de impressão, a fim de otimizar a qualidade e eficiência do processo. Os resultados mostraram que a metodologia de DOE pode ser útil para melhorar o processo de impressão 3D

Quadro 1 – Pesquisas selecionadas a partir da PRISMA.

(continua)

Autor (es)	Título	Síntese
Chen et al. (2017)	Bionic design methodology for wear reduction of bulk solids handling equipment	O artigo propõe uma metodologia de projeto biônico para redução do desgaste de equipamentos de manuseio de sólidos a granel, usando uma abordagem de modelagem por elementos discretos. O método é aplicado em um estudo de caso envolvendo um transportador de correia usado na indústria de mineração.
Santis et al. (2017)	Strategy of textile design: Use of design methodology tools in the creative process.	O artigo apresenta uma estratégia de design de têxteis que utiliza ferramentas de metodologia de design no processo criativo, e relata a aplicação prática dessa estratégia em um projeto de desenvolvimento de estampas de tecido. Foi identificado que o uso de uma metodologia estruturada auxilia na otimização do processo criativo e na produção de resultados mais consistentes e coerentes com os objetivos do projeto.
Jefferson et al. (2016)	Reconfigurable Assembly System Design Methodology: A Wing Assembly Case Study.	O artigo apresenta uma metodologia para o projeto de sistemas de montagem reconfiguráveis, com foco em um estudo de caso de montagem de asas. A abordagem proposta inclui análise de tarefas, projeto de sistemas e integração de componentes, permitindo a reconfiguração rápida e fácil da linha de montagem.
Mascaraque-Ramírez et al. (2019)	Management of a Ferry Construction Project Using a Production-Oriented Design Methodology.	O artigo apresenta um estudo de caso sobre a construção de uma balsa, destacando a importância da metodologia de design orientada para produção no gerenciamento do projeto. Os autores discutem as etapas do projeto e a implementação da metodologia, bem como os resultados alcançados.

Quadro 1 – Pesquisas selecionadas a partir da PRISMA.

(conclusão)

Autor (es)	Título	Síntese
Butt et al. (2020)	Redesign of an In-Market Conveyor System for Manufacturing Cost Reduction and Design Efficiency Using DFMA Methodology.	O artigo descreve o redesenho de um sistema transportador inovador para redução de custos de fabricação e eficiência de design usando a metodologia DFMA. Foram feitas análises do produto, identificação de componentes caros, busca de alternativas viáveis e sugestões de design.

Portanto, seguindo as cinco etapas da PRISMA – planejamento, escopo, pesquisa, avaliação e síntese e análise – foi possível obter uma lista com 15 publicações acerca do tema e que serviram de base para a revisão da literatura. Alguns dos artigos encontrados, tiveram o propósito de auxiliar no aprofundamento dos temas abordados, mas não seguiram comentados no texto. Para auxílio em alguns aprofundamentos foram ainda buscadas mais obras que serão mencionadas durante a revisão bibliográfica.

A execução de projetos de redução de custos em produtos já em linha de produção pode envolver várias etapas, desde a identificação e seleção de oportunidades de redução de custos até a implementação de mudanças e monitoramento. Em muitos casos, uma revisão detalhada do processo de produção pode ajudar a identificar áreas onde as mudanças terão maior impacto, como a revisão dos processos de fabricação, a análise do uso de materiais, o gerenciamento de estoques e a identificação de oportunidades para melhorar a eficiência do processo conforme Kim & Lee, (2019). Já, Eshraghian (2014) inclui a reengenharia do produto de uma forma geral e a redução de custos de transporte e logística . A implementação das mudanças pode envolver, na ótica de Kumar & Shukla (2013), a compra de novos equipamentos, a realização de treinamento para os funcionários e a revisão dos processos de produção.

É importante garantir que as mudanças sejam implementadas de maneira adequada e que os resultados sejam monitorados e avaliados regularmente para garantir o sucesso do projeto (Tiwari & Anand, 2019) e a realização de avaliações regulares do processo de produção, o monitoramento dos custos e a revisão das

metas de redução de custos, se necessário, são algumas das ações importantes para garantir o sucesso do projeto (Androniceanu & Seitan, 2016).

Quando se avaliam as diversas abordagens para a identificação de oportunidades de redução de custos em produtos já em linha de produção, Vahdati e Tavakkoli-Moghaddam (2019) mostram uma revisão sistemática da literatura sobre a redução de custos na gestão da cadeia de suprimentos e identificam que as principais técnicas utilizadas incluem a análise de valor, a análise de custo-alvo, a análise do ciclo de vida do produto e a análise de custo-benefício. Quando se observa Fathy e Mohamed (2019), em uma revisão da literatura sobre práticas de manufatura enxuta e verde na gestão da cadeia de suprimentos, também percebe-se a análise do valor como uma técnica eficaz para identificar oportunidades de redução de custos. Já Yuan, Yang e Ren (2019), em sua revisão sistemática sobre redução de custos na indústria manufatureira, destacam a importância da análise do fluxo de valor como uma técnica que permite identificar gargalos e desperdícios nos processos produtivos.

Uma vez identificadas as oportunidades de redução de custos, é necessário implementar as mudanças necessárias para alcançar os objetivos de redução de custos e dentro dessa abordagem Ayoubi, Abdolshah e Fallah (2018) realizaram uma revisão abrangente da literatura sobre a implementação de estratégias de redução de custos em empresas manufatureiras e apontaram que as principais técnicas utilizadas incluem o uso de equipes multifuncionais, o envolvimento dos funcionários, a melhoria contínua e o uso de tecnologias avançadas. Sathish e Vijayan (2020), em sua revisão sobre a implementação de projetos de redução de custos em organizações manufatureiras, destacam a importância do planejamento cuidadoso, da definição clara de metas e objetivos, e da liderança eficaz como fatores críticos para o sucesso da implementação. Sarkar e Mohapatra (2020) também enfatizam a importância do planejamento cuidadoso e da liderança eficaz na implementação de projetos de redução de custos, além do uso de metodologias de gestão da qualidade e da melhoria contínua.

Uma das abordagens mais comuns para a implementação de projetos de redução de custos é o uso de ferramentas de melhoria contínua, como o *Lean Six Sigma*. O *Lean Six Sigma* é uma metodologia que combina o *Lean Manufacturing* e o *Six Sigma*, com o objetivo de melhorar a qualidade e a eficiência dos processos, reduzindo custos e aumentando a satisfação do cliente. Segundo Panizzolo (2017),

o uso do *Lean Six Sigma* pode ser uma abordagem eficaz para a redução de custos em empresas de diferentes setores.

Outra abordagem que pode ser útil na implementação de projetos de redução de custos é a Gestão de Processos de Negócios que se concentra na análise e otimização dos processos de negócios, com o objetivo de reduzir custos e aumentar a eficiência. De acordo com Jeston e Nelis (2014), a técnica pode ajudar as empresas a identificar oportunidades de redução de custos, analisando e redesenhando seus processos de negócios.

Além disso, a implementação de projetos de redução de custos também requer a colaboração e o envolvimento de todos os níveis da organização, desde a alta administração até os funcionários da linha de frente. Segundo Hahn e Hill (2013), a participação ativa dos funcionários é essencial para a implementação bem-sucedida de projetos de redução de custos, pois eles são as pessoas que têm o conhecimento e a experiência necessários para identificar oportunidades de melhoria e implementar mudanças eficazes. No entanto, a implementação de projetos de redução de custos pode enfrentar desafios e obstáculos. Por exemplo, pode haver resistência à mudança por parte dos funcionários, falta de recursos, dificuldades na obtenção de dados confiáveis para análise e problemas de comunicação. Para superar esses desafios, é importante adotar uma abordagem sistemática e baseada em dados para a implementação de projetos de redução de custos, além de envolver os funcionários e fornecer treinamento e suporte adequados.

De maneira macro, a implementação de projetos de redução de custos requer a adoção de abordagens e técnicas adequadas, como o *Lean Six Sigma* e a Gestão de Processos de Negócios, além do envolvimento e colaboração de todos os níveis da organização. A participação ativa dos funcionários e uma abordagem sistemática e baseada em dados também são fundamentais para o sucesso desses projetos.

Após a implementação das mudanças, é necessário avaliar os resultados obtidos em termos de redução de custos e outros indicadores de desempenho. Tan, Kannan e Handfield (2019), em seu estudo sobre gestão de riscos na cadeia de suprimentos, destacam a importância da medição e monitoramento contínuos dos indicadores de desempenho, bem como da análise de cenários para avaliar os possíveis impactos de riscos, enquanto que Jha e Shankar (2020), em sua revisão sobre a avaliação de fornecedores com base em indicadores de sustentabilidade,

ênfatizam a importância da avaliação regular dos fornecedores para garantir a conformidade com os requisitos de sustentabilidade.

Segundo o guia PMBOK (2017) (*Project Management Body of Knowledge*), um dos principais padrões para gerenciamento de projetos que dedica uma seção específica para a Execução do Projeto, é importante executar as atividades do projeto de acordo com o plano de gerenciamento de custos, garantindo que os custos sejam gerenciados de forma eficaz e que haja uma comunicação efetiva com todas as partes interessadas envolvidas no projeto, incluindo a equipe do projeto, fornecedores e clientes, para garantir que todos tenham uma compreensão clara dos objetivos de redução de custos e do status atual do projeto. Além disso, enfatiza-se a importância de monitorar continuamente o desempenho do projeto em relação ao plano de gerenciamento de custos e tomar medidas corretivas para garantir que o projeto permaneça dentro do orçamento. Destaca-se nessa seção também, a importância de gerenciar adequadamente as mudanças no projeto e seus efeitos no orçamento.

A definição sugerida pelo guia para o processo de execução do projeto é “a realização do plano do projeto de acordo com as especificações, dentro do prazo e do orçamento definidos”. No contexto da redução de custos em projetos, a execução é a fase em que as mudanças planejadas são efetivamente implementadas. Para que a implementação ocorra de maneira eficaz, é necessário que sejam definidos os recursos necessários para executar as mudanças, sejam eles materiais, financeiros ou humanos. Além disso, é importante definir os indicadores de desempenho que serão utilizados para medir o sucesso das mudanças implementadas e monitorar constantemente esses indicadores ao longo da execução. O guia não descreve especificamente entradas e saídas para o processo de execução de projetos de redução de custos, mas é possível inferir algumas delas a partir das definições de processo. Entradas típicas incluem o plano do projeto, que deve estar detalhado o suficiente para orientar a execução das mudanças, e a lista de mudanças aprovadas, que deve estar atualizada e organizada de forma clara para que sejam implementadas. É importante que os membros da equipe do projeto estejam treinados e capacitados para executar as mudanças planejadas. Já as saídas do processo incluem a implementação efetiva das mudanças, bem como documentação atualizada do status das mudanças implementadas e dos indicadores de desempenho utilizados para monitorá-las.

Cavalcante et al. (2018) apresenta uma abordagem de gerenciamento de projetos para redução de custos em empresas de manufatura. O estudo de caso foi conduzido em uma empresa de transformação de plásticos localizada no Brasil e detalha como a empresa utilizou a metodologia contida no PMBOK (2017) para gerenciar um projeto de redução de custos. A equipe de gerenciamento de projetos identificou e priorizou os custos da empresa, estabeleceu metas de redução de custos e desenvolveu um plano de ação para alcançar essas metas. Destaca-se a importância da comunicação eficaz durante o projeto, incluindo a comunicação com a equipe, os fornecedores e os clientes. Além disso, discute-se a importância de monitorar o desempenho do projeto e realizar ajustes quando necessário e como resultado, houve cerca de 5% de redução de custo, principalmente devido à implementação de medidas de eficiência energética e redução de desperdício.

Em Silva et al. (2017) propõe-se uma metodologia de análise de custos para projetos de redução de custos em empresas de manufatura, que envolve a identificação de custos relevantes, a coleta de dados, a análise de variações de custo e a avaliação do impacto das ações de redução de custos. A metodologia visa fornecer uma estrutura sistemática para a implementação efetiva de projetos de redução de custos, a fim de melhorar a competitividade e a lucratividade das empresas de manufatura.

A seguir serão tratadas diferentes abordagens e ferramentas de apoio ao processo de redução de custos.

2.2 PENSAMENTO ENXUTO

O pensamento enxuto, também conhecido como Lean, tem sido amplamente utilizado na indústria para melhorar a eficiência e reduzir custos. Kolich et al. (2017) apresenta o Pensamento Enxuto como uma filosofia de gestão que busca a maximização do valor entregue ao cliente, ao mesmo tempo em que minimiza desperdícios e reduz custos e tem como objetivo melhorar a eficiência e a eficácia dos processos produtivos, ao mesmo tempo em que promove uma cultura de melhoria contínua e envolvimento dos funcionários em todos os níveis da organização. Na gestão de projetos, o pensamento enxuto também tem sido aplicado como uma abordagem eficaz para reduzir custos de projetos de produtos e segundo Womack e Jones (2004), o pensamento enxuto é baseado em cinco

princípios: especificar valor do ponto de vista do cliente, identificar o fluxo de valor, estabelecer o fluxo contínuo, permitir que o cliente puxe o valor e buscar a perfeição. A aplicação desses princípios na gestão de projetos permite identificar os processos que agregam valor e aqueles que não agregam, reduzindo o tempo e os custos necessários para completar o projeto.

Kim e Park (2019) destacam que o pensamento enxuto pode ser aplicado em projetos de produtos de redução de custo, onde a eliminação de desperdícios e a melhoria da eficiência são críticas para atingir os objetivos de redução de custos. Eles propuseram um modelo baseado na simulação de Monte Carlo para ajudar a identificar as áreas com maior potencial de redução de custos. Em colaboração ao tema, a pesquisa de Yang et al. (2019) explorou o uso de modelagem e simulação para a análise de custos em projetos de redução de custos baseados no pensamento enxuto. Os resultados mostraram que o uso de simulação pode ajudar a identificar os processos que mais afetam o custo do projeto, permitindo que a equipe do projeto desenvolva estratégias mais eficazes de redução de custos. Em colaboração ao tema e alinhados com a mentalidade enxuta, Ayoubi, Abdolshah e Fallah (2018) apontam que a implementação de estratégias de redução de custos em empresas manufatureiras geralmente envolve o uso de equipes multifuncionais, o envolvimento dos funcionários, a melhoria contínua e o uso de tecnologias avançadas. Sathish e Vijayan (2020) destacam a importância do planejamento cuidadoso, da definição clara de metas e objetivos, e da liderança eficaz como fatores críticos para o sucesso da implementação e Sarkar e Mohapatra (2020) também enfatizam a importância do planejamento cuidadoso e da liderança eficaz na implementação de projetos de redução de custos, além do uso de metodologias de gestão da qualidade e da melhoria contínua, princípio este, inserido na mentalidade enxuta.

De forma geral, o pensamento enxuto é uma abordagem eficaz para a execução de projetos de produtos de redução de custo, permitindo a identificação de processos que agregam valor e a redução de desperdícios. O uso de simulação e modelagem, juntamente com o envolvimento dos funcionários e liderança eficaz, pode ajudar a garantir o sucesso da implementação de estratégias de redução de custos.

Outra abordagem que pode ser utilizada na execução de projetos de redução de custos é o Design to Cost (DTC), que é uma abordagem de engenharia e gestão que busca projetar produtos que atendam aos requisitos de desempenho e qualidade, ao mesmo tempo em que sejam fabricados a um custo aceitável. Essa abordagem envolve o estabelecimento de metas de custo desde as primeiras fases do projeto e o uso de técnicas de análise de custo ao longo do processo de desenvolvimento do produto e é amplamente discutida na literatura, incluindo estudos que exploram as melhores práticas para a implementação dessa abordagem. Por exemplo, Zhu et al. (2019) realizaram um estudo sobre a aplicação do DTC na indústria automotiva, identificando fatores críticos de sucesso, como a colaboração entre equipes multidisciplinares, o uso de ferramentas de análise de custos, a coleta de dados precisos e o envolvimento do cliente.

Kim et al. (2018) estudaram a aplicação do DTC na indústria aeroespacial e propuseram um modelo para a implementação dessa abordagem em empresas do setor. Em Kim e Park (2018), propõe-se uma abordagem baseada em simulação de Monte Carlo para a análise de risco de custos em projetos de DTC. O modelo permite avaliar o valor de diferentes fontes de informação em termos de seu impacto na redução da incerteza e no aumento da precisão das estimativas de custos e prazos do projeto. Através da simulação, é possível gerar distribuições de probabilidade para as variáveis de interesse e avaliar o impacto da introdução de novas informações no desempenho do projeto. Os resultados da análise do VOI podem ser utilizados para tomar decisões sobre a aquisição de novas informações e a alocação de recursos no projeto, enquanto que em Yang et al. (2019) propõe-se uma abordagem para a análise de custos em projetos de DTC baseada em modelagem e simulação. A abordagem consiste em um modelo de simulação de custos de produção que leva em consideração a variação de parâmetros relacionados aos processos de produção, tais como tempo de ciclo, capacidade da máquina e taxa de defeitos. Esses parâmetros são modelados como distribuições de probabilidade e são amostrados usando a técnica de simulação de Monte Carlo.

Essa técnica é amplamente utilizada em finanças, engenharia, física e outras áreas que envolvem análise de risco e incerteza. Na simulação de Monte Carlo, o modelo de um processo é executado várias vezes, com diferentes valores gerados aleatoriamente para as variáveis de entrada. Com base nesses resultados simulados, é possível analisar o efeito de diferentes estratégias de DTC na redução

dos custos de produção e, assim, orientar a definição de metas de DTC mais precisas.

Além do pensamento enxuto e do Design to Cost, outras abordagens podem ser utilizadas na execução de projetos de redução de custos, como a análise de valor, a análise do fluxo de valor e a modelagem e simulação. A análise de valor é uma técnica que visa a identificar as funções do produto ou serviço que são mais valorizadas pelo cliente e, assim, concentrar esforços em melhorar essas funções. A análise do fluxo de valor, por sua vez, permite identificar gargalos e desperdícios nos processos produtivos e buscar soluções para eliminá-los.

2.2.1 Lean Office

O *Lean Office* é uma metodologia de gestão de processos que busca reduzir desperdícios e otimizar processos administrativos e operacionais, a fim de aumentar a eficiência e eficácia das atividades realizadas dentro de uma organização. Esta metodologia é uma adaptação dos conceitos do *Lean Manufacturing*, que foi desenvolvido pela Toyota no Japão nos anos 50 e tem como objetivo a melhoria contínua de processos e segundo Nakano et al. (2012), o *Lean Office* é baseado em três princípios fundamentais que englobam o foco no cliente, onde a empresa deve se concentrar nas necessidades do cliente e buscar aperfeiçoar seus processos para atender às suas expectativas, a eliminação de desperdícios, que detalha que a metodologia busca identificar e eliminar atividades que não agregam valor ao processo, como atividades que geram retrabalho, esperas, movimentação desnecessária, entre outras e por fim, a melhoria contínua, que salienta que o *Lean Office* busca promover uma cultura de melhoria contínua, através da análise constante dos processos, identificação de problemas e implementação de soluções.

A aplicação do *Lean Office* em projetos de produtos pode ser especialmente útil, uma vez que pode impactar significativamente no tempo e custo do projeto. Baldwin e Rasmussen (2007) apresentam um estudo de caso em que a metodologia foi aplicada em um projeto de desenvolvimento de software, resultando em uma redução de tempo e custo do projeto, além de uma maior satisfação do cliente e mostram que o *Lean Office* utiliza diversas ferramentas e técnicas para alcançar seus objetivos. O *Value Stream Mapping*, ou Mapeamento de Fluxo de Valor, que permite visualizar todo o fluxo de valor em um processo e identificar atividades que

não agregam valor; o Kanban, que é um sistema de controle de produção que permite limitar o estoque de matéria-prima e produtos em processo, evitando o acúmulo de estoques desnecessários; e o *Kaizen*, que é uma metodologia de melhoria contínua, que busca aperfeiçoar os processos de forma gradual e constante, são exemplos dessas técnicas listadas por Cohen e Aldrich (2009). Bitencourt e Bonfim (2013) apresentam um estudo sobre a aplicação do Lean Project Management, que é uma adaptação do Lean Manufacturing para a gestão de projetos. Os autores destacam a importância da adoção de uma cultura Lean, que deve ser baseada em práticas de gestão de projetos enxutas, como a simplificação de processos, o uso de tecnologia, a otimização do fluxo de trabalho, a redução de desperdícios e a eliminação de atividades que não agregam valor.

Em resumo, o *Lean Office* é uma metodologia de gestão de processos que busca aumentar a eficiência e eficácia das atividades administrativas e operacionais, reduzindo desperdícios e aumentando a qualidade dos processos. A aplicação desta metodologia pode trazer importantes benefícios na gestão de projetos de produtos, como uma redução no tempo de ciclo e uma maior flexibilidade na adaptação a mudanças e para aplicar o *Lean Office* é necessário identificar os principais tipos de desperdícios presentes nas atividades, conforme descrito por Liker e Meier (2006): superprodução, tempo de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimentação e defeitos. De acordo com Nakano, Tonocchi e Gomes (2012), é fundamental que esses desperdícios sejam identificados e eliminados para que a metodologia *Lean Office* alcance seus objetivos, uma vez que a superprodução ocorre quando a quantidade produzida é maior do que a necessária, gerando estoques desnecessários e custos adicionais. O tempo de espera se refere ao período em que uma atividade fica parada, sem ser processada, aguardando a etapa seguinte. Já o transporte é o deslocamento de materiais e produtos de um lugar para outro, gerando custos e atrasos. O excesso de processamento é o uso de mais recursos do que o necessário para realizar uma tarefa, gerando custos desnecessários. O inventário é o estoque de materiais e produtos que não estão em uso, ocupando espaço e gerando custos e a movimentação é o deslocamento desnecessário de pessoas ou materiais, enquanto que os defeitos são os produtos ou serviços que não atendem às especificações. Esses desperdícios serão exemplificados no item 2.2.3.

Além desses sete tipos de desperdícios, Cohen e Aldrich (2005) destacam um oitavo tipo, que se refere ao desperdício de conhecimento. Este ocorre quando a empresa não utiliza de forma eficiente o conhecimento e as habilidades de seus colaboradores, perdendo oportunidades de melhoria e inovação. Dessa forma, a identificação e eliminação dos desperdícios é uma etapa fundamental para a aplicação do Lean Office, permitindo que a empresa alcance uma gestão mais eficiente e eficaz de seus processos.

2.2.2 Mapeamento do Fluxo de Valor

O mapeamento do fluxo de valor (MFV) é uma ferramenta do *Lean Office* que permite visualizar todo o processo de produção ou prestação de serviços, desde a matéria-prima até a entrega do produto final ao cliente. Segundo Rother e Shook (2003), o MFV é uma das principais ferramentas do *Lean*, pois possibilita a identificação dos gargalos, dos desperdícios e das oportunidades de melhoria e é realizado por meio da elaboração de um mapa que representa o fluxo de informações e materiais, com o objetivo de identificar as atividades que agregam valor ao processo e aquelas que não agregam valor, ou seja, os desperdícios. Nakano, Tonocchi e Gomes (2012) afirmam que o MFV é uma das etapas fundamentais para a implementação do *Lean Office*, pois permite a identificação de oportunidades de melhoria e a redução dos desperdícios.

Segundo Rother e Shook (2003) o MFV consiste em três etapas principais: mapeamento do estado atual, identificação de oportunidades de melhoria e mapeamento do estado futuro. O primeiro passo visa identificar o fluxo de valor atual, ou seja, o processo atual de produção e entrega de produtos. Esse processo seria mapeado detalhadamente, identificando todos os passos envolvidos no processo, desde a entrada de matéria-prima até a entrega do produto final ao cliente. Essa etapa é fundamental para identificar todas as atividades que agregam valor e os desperdícios. Em seguida, após identificar o fluxo de valor atual, é necessário identificar os desperdícios presentes no processo. Para isso, deve-se analisar cada atividade realizada no processo e identificar se ela agrega ou não valor ao produto final. Os desperdícios podem incluir, por exemplo, o excesso de estoque, a espera, o transporte desnecessário e a produção excessiva. Na sequência, com base na identificação dos desperdícios, o próximo passo deve

desenvolver um fluxo de valor futuro, ou seja, um processo otimizado, com a redução dos desperdícios identificados. Nessa etapa, se desenvolvem ações para reduzir os desperdícios, como a melhoria no layout da fábrica, a redução do estoque de materiais, a implementação de um sistema de produção puxada e a eliminação de atividades que não agregam valor ao produto final. Por fim, após desenvolver o fluxo de valor futuro, deve-se implementá-lo. Para isso, define-se um plano de ação com as etapas necessárias para implementar as mudanças propostas. É importante que esse plano de ação inclua a definição de indicadores para avaliar o desempenho do processo após a implementação das mudanças.

A reengenharia de processos e o mapeamento de fluxo de valor são duas técnicas amplamente utilizadas pelas empresas para a melhoria da eficiência e eficácia dos processos organizacionais. A reengenharia de processos, desenvolvida por Hammer e Champy em 1993, é uma abordagem de gestão que tem como objetivo a reestruturação radical dos processos de negócios, buscando obter melhorias significativas em termos de desempenho e qualidade (HAMMER; CHAMPY, 1993). Já o mapeamento de fluxo de valor é uma técnica de análise visual que permite a identificação e eliminação de desperdícios e gargalos nos processos produtivos, com o objetivo de aumentar a eficiência e reduzir os custos (ROTHER; SHOOK, 1999). Embora a reengenharia de processos e o mapeamento de fluxo de valor tenham objetivos semelhantes, eles têm abordagens distintas para a melhoria dos processos organizacionais. Enquanto a reengenharia busca a reestruturação radical dos processos, muitas vezes com a introdução de novas tecnologias, o mapeamento de fluxo de valor procura identificar e eliminar os desperdícios e gargalos existentes nos processos, sem necessariamente promover grandes mudanças no layout ou na tecnologia utilizada.

Apesar das diferenças, a reengenharia de processos e o mapeamento de fluxo de valor têm em comum a abordagem sistemática e orientada a dados para a melhoria dos processos organizacionais. Ambas as técnicas exigem o envolvimento dos funcionários e a coleta de dados para identificação dos problemas e oportunidades de melhoria. No entanto, é importante destacar que a aplicação dessas técnicas pode enfrentar desafios, como a resistência dos funcionários à mudança, a falta de comprometimento da alta gestão e a falta de recursos e

capacitação para a implementação (DUNN et al., 2012). Portanto, é importante que se considerem esses desafios antes de adotar essas técnicas como estratégia de melhoria dos processos organizacionais.

Pessôa et al. (2017) descreve que o pensamento enxuto tem como principal objetivo gerar uma filosofia que se aproxime cada vez mais do cliente para fornecer exatamente o que os clientes desejam: o valor requerido por eles. Existe uma sequência de princípios nomeados originalmente por Womack e Jones (1998) que compreendem a especificação do valor, a identificação do fluxo de valor, a garantia do fluxo de valor, o valor sendo “puxado” pelo cliente e a busca da perfeição, já listados nesta revisão, onde o Valor, conforme definido pelo cliente final, é a base do pensamento enxuto e norteia todos os processos da empresa. Sem identificar o valor, não se pode discernir as atividades de valor agregado das atividades de desperdício. Ohno (1988) entende que Desperdício refere-se a todos os elementos de um processo que apenas aumentam o custo sem agregar valor, ou qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor e o Fluxo de Valor é uma sequência teórica e ideal de tarefas exclusivamente de valor agregado, onde uma atividade de valor agregado transforma as entregas do projeto de tal forma que o cliente reconheça a transformação e esteja disposto a pagar por isso. Ao alinhar as atividades de entrega de valor, as atividades de desperdício são reduzidas ou eliminadas, gerando mais tempo, dinheiro, recursos humanos etc. que podem ser redirecionados para o que realmente importa. Além disso, Womack e Jones (1998) apontam que todas as atividades de valor agregado devem ser realizadas sem interrupção e nenhuma atividade no fluxo de valor deve ser produzida sem ser solicitada pela próxima atividade no fluxo, contando sempre com a melhoria contínua que é o motor que sustenta e evolui a filosofia lean.

Na visão de Pessôa et al. (2017), valor para um *stakeholder* é a percepção total e equilibrada de todos os benefícios proporcionados pelos resultados dos processos do ciclo de vida. o autor considera “percepção total” não apenas resultados diretamente relacionados ao produto, mas também expectativas relacionadas a custo, pontualidade na entrega, nível de risco, etc.

2.2.3 Desperdícios

O Desenvolvimento de Produtos Lean, segundo Pessoa et al. (2017), propõe uma visão orgânica do processo de desenvolvimento onde o fluxo de valor é sustentado por dois pilares baseados na redução de desperdícios e na criação de valor.

Esta visão deve ser alcançada através da máxima simplificação do processo (eliminando as atividades que não agregam valor) e reforçando as atividades de prototipagem e testes. A ideia é maximizar a experimentação e a aprendizagem. Segundo o autor, o gerente de projetos de desenvolvimento deve assumir papéis além de coordenar e motivar, deve treinar os engenheiros e técnicos sob sua supervisão, na busca constante pela inovação. Neste ponto, deve-se preocupar com o aprimoramento da aprendizagem organizacional e da gestão do conhecimento.

Quando se observa Pessoa et al. (2009), Ohno (1988) e Liker (2004), percebe-se que os desperdícios de maneira macro podem se manifestar como excesso de estoque por meio da produção excessiva, espera de etapas de processamento, movimentação desnecessária, produtos defeituosos além de excessivas transferências de informação entre pessoas, porém, o Pensamento Enxuto não se limita à fabricação e pode ser aplicado a outros processos com alto potencial de redução de custos e melhoria da qualidade, como é o caso do desenvolvimento de produtos. Os autores enfatizam que o sucesso da Toyota depende da aplicação da filosofia enxuta no desenvolvimento do produto e não na fabricação.

Ohno (1988) e Liker (2004) listam originalmente 7 desperdícios. O desperdício da superprodução gera excesso de pessoal e custos de armazenamento e transporte. O tempo de espera acontece quando os trabalhadores servem apenas para aguardar uma máquina automatizada fazer sua função ou necessitam esperar a próxima etapa do processamento, ferramentas ou fornecimento de peças, ou simplesmente não tem trabalho por falta de estoque, atrasos, retrabalhos, etc. O transporte é o resultado do transporte em processo por longas distâncias criando transporte ineficiente ou movendo peças ou produtos acabados para dentro ou para fora do estoque ou entre processos. O processamento desnecessário é o processamento ineficiente devido à má concepção da ferramenta e do produto fazendo que se gere a necessidade de etapas que não seriam necessárias se a

concepção fosse eficiente. O estoque ocorre quando há excesso de matéria-prima, produtos em processo ou produtos acabados e normalmente gera obsolescência, produtos danificados e custos de armazenamento. O estoque também esconde problemas como desequilíbrios de produção, entregas atrasadas de fornecedores e defeitos. O desperdício de movimento inclui qualquer movimento desperdiçado que os funcionários tenham que realizar durante o curso de seu trabalho, como procurar, alcançar ou empilhar peças, ferramentas, etc. Além disso, caminhar é um desperdício. O reparo ou retrabalho, sucata, produção de reposição e inspeção significam desperdício de manuseio, tempo e esforço e são considerados o sétimo desperdício clássico pelos autores.

Pessôa et al. (2017) entende que, embora não haja uma definição Toyota de desperdício no desenvolvimento de produtos, a definição dos sete desperdícios básicos ajuda a entender seu emprego no processo de desenvolvimento de produtos e propõe um conjunto de 10 direcionadores de desperdícios que podem ser ligados ao processo de desenvolvimento de produtos. Cada um dos 10 tipos de desperdícios possui subtipos (Quadro 2) que podem definir melhor seu escopo.

Pessôa et al. (2017) reforça que as causas-raiz dos desperdícios não programados (causados por variações do planejado) diferem das causas-raiz dos desperdícios programados (normalmente resultado de um mau planejamento ou consequência de restrições de alocação de recursos).

Os 10 tipos de resíduos, segundo Pessôa et al. (2017) podem ser resumidos como superprodução, esperas, transporte, processamento desnecessário, estoque, movimentos, defeitos, correções, pensamento positivo excessivo e acontecimentos repentinos.

A superprodução é percebida apenas da perspectiva do próximo processo sempre que os processos anteriores entregam entradas supérfluas aos processos (processos desnecessários) ou liberam entradas em uma taxa mais alta ou antes que os próximos processos possam lidar (processos não sincronizados). Os processos desnecessários incluem qualquer saída forçada do processo que não é necessária (que são diferentes de entregáveis defeituosos, mas necessários) e devem ser separados do trabalho útil. Entregas desnecessárias podem ser resultado de trabalho duplicado ou simplesmente da criação de entregas desnecessárias que ocorre quando a estrutura da empresa ou da equipe de desenvolvimento tem funções redundantes, a divisão do trabalho não é clara, há comunicação e

coordenação insuficientes, ou mesmo pela incapacidade da empresa/equipe de ajustar prontamente a divisão do trabalho. Processos desnecessários também podem ser consequência de um processo padrão ruim ou por um plano de desenvolvimento ruim que define entregas que não são necessárias. Os próprios membros da equipe também podem executar processos desnecessários por conta própria em um oculto ou como proteção contra a incerteza.

Quadro 2 - Tipos e Subtipos de Desperdícios

Superprodução	Esperas	Transportes	Processamento Desnecessário	Estoque
Processos não Necessários	Esperas Programadas	Mudança de Responsável	Engenharia Desnecessária	Estoque no Processo
Processos Não Sincronizados	Esperas Não Programadas	Barreiras Estruturais	Conversão de Informações	Estoque no Produto
		Barreiras de Conhecimentos	Re invenção	Estoque na Empresa
		Barreiras de Continuidade do Trabalho		
Movimentos	Defeitos	Correções	Wishful Thinking	Acontecimentos
Sistema de Informações Ruim	Entrega Física Deficiente	Retrabalhos	Racionalidade Limitada	Previsão Ruim
Localização Remota	Informações de Atributos Deficiente	Descartes	Testes e Verificações Ruins	Acontecimentos Empresariais
Uso Indevido de Equipamentos, Ferramentas e Técnicas	Entregas Obsoletas	Inspeções	Informações Erroneamente Percebidas Como Completas	

Autores: Pessoa et al. (2017)

Processos não sincronizados significam que as saídas do processo entregues não serão utilizadas prontamente por falta de capacidade (excessiva) ou porque outros elementos necessários para prosseguir estão indisponíveis (inadequados) e são a consequência de um cronograma mal planejado ou o resultado de problemas durante a execução do desenvolvimento. Um cronograma pode ser originalmente dessincronizado devido a um processo padrão não otimizado, à falta de recursos necessários para definir um fluxo de trabalho suave ou simplesmente por um planejamento ruim. O processamento em lote de informações também pode

sobrecarregar o próximo processo, uma vez que os tempos ociosos são seguidos por ondas de trabalho a serem executadas. Além disso, a execução raramente ocorre como planejado. O desenvolvimento do produto é intrinsecamente incerto, riscos ou mudanças não identificados podem ocorrer e seu efeito em cadeia pode atrapalhar o plano originalmente sincronizado.

Quando percebem-se esperas no processo significa que o mesmo não está fluindo, isto é, o sistema está ocioso devido a falta de autorização para realizar o trabalho, de alguma entrada a ser processada ou de algum recurso a ser utilizado durante a execução.

Pessôa et al. (2017) entende que um fluxo pode contar com uma espera programada onde pessoas, informações ou recursos são planejados para ficarem ociosos durante algum tempo devido ao tempo de reserva excessivo adicionado pelo planejador, falta ou incerteza da disponibilidade de recursos já previstos, existência de dependência entre tarefas que impede o seguimento da etapa seguinte ou lead times internos/externos longos ou imprevisíveis.

Uma espera não programada é o tempo de espera inesperado que ocorre durante o desenvolvimento devido ao cronograma negligenciado ou irreal, mudanças, desempenho dos recursos abaixo do previsto ou outros resíduos como superprodução, transporte, processamento excessivo, movimento e acontecimentos que têm o poder de atrapalhar o fluxo, causando a espera.

O transporte inclui o carregamento, transporte e descarregamento de saídas/insumos (informações ou materiais) e recursos de um lugar para outro sem agregar valor durante o processo. O transporte acontece sempre que informações ou materiais mudam de propriedade ou precisam superar barreiras estruturais. Uma má distribuição física pode gerar transporte para permitir que o processo seja executado com os recursos necessários e questões relacionadas ao sistema de comunicação podem exigir o uso de formas alternativas, como manuseio manual, interações face a face, etc., ou a existência de fluxos de trabalho não ideais.

O transporte também ocorre quando a informação é o objeto transportado devido a barreiras de conhecimento (necessidade de aprender) ou de continuidade (interrupções, multitarefa, etc.) mostrando responsabilidade ou autoridade pouco clara e transferências. Ward et al. (2014) nomeia o termo hand-offs quando a propriedade da tarefa ou da informação está sendo alterada para seguir um processo ou plano que desvincule conhecimento, responsabilidade, feedback e

ação. As barreiras de continuidade do trabalho são causadas por interrupções que exigem que a linha de pensamento da pessoa mude de direção. Eles exigem descarregar as informações atuais, carregar os novos dados, processar, descarregar as informações que não são mais úteis e recarregar para o estado original. A necessidade de entrada não programada (solução de dúvidas e problemas dentro ou fora do projeto) pode desencadear uma interrupção e o consequente efeito stop and go, onde o engenheiro tem que se reorientar para uma determinada tarefa e é como um setup para uma máquina, diz Morgan et al. (2002).

A conclusão de trabalho desnecessário durante um processo gera a superprodução e está relacionada à saída do processo. Dentro desse tema, a super engenharia é o fato de projetar algo além do que as especificações exigem e a conversão de dados é a conversão para diferentes sistemas de medição e a tradução para outros idiomas, onde o primeiro pode introduzir erros devido ao arredondamento e o segundo pode alterar o significado da informação que está sendo transmitida.

O estoque aparece entre as saídas dos processos, no ambiente corporativo e até mesmo dentro das saídas. Os estoques podem ser encontrados na empresa como equipamentos ou armazenamento de dados, entre processos como trabalho em andamento, ou dentro das entregas como excesso de informações, componentes ou opções de projeto. Esse armazenamento excessivo de informações pode gerar riscos de obsolescência de informação e necessidades de administração constante de dados.

Bauch (2004) entende que existe uma distinção entre os termos “movimento” e “transporte” no sentido de que o primeiro considera apenas o movimento enquanto o segundo foca no transporte de materiais e informações. O movimento também se distingue do superprocessamento porque considera movimentos que não transformam insumos em entregáveis. O movimento pode ser tipificado como movimento humano desnecessário devido a sistemas de informação ruins, localizações remotas e uso não otimizado de equipamentos, ferramentas e técnicas por não entendê-los. Isso pode ser gerado por uma etapa ou processo muito complexo ou até mesmo por falta de treinamento.

Por defeitos, segundo Strong et al. (1997), entende-se a criação de saídas defeituosas do processo de desenvolvimento. Os defeitos são percebidos como entregas físicas deficientes, informações deficientes ou informações que se tornam

obsoletas durante o processo. As entregas físicas incluem não apenas o produto final, mas também as peças e o subsistema que são criados por meio do projeto de desenvolvimento e podem ser geradas através do legado de defeitos de versões anteriores e reutilizadas, onde alguns problemas permanecem latentes e só despertam quando novos recursos são adicionados ou recursos anteriores são enfatizados, projetos não robustos ou ferramentas fracas e ineficientes que são utilizadas por obrigatoriedade.

No âmbito das correções, pode-se observar os retrabalhos, os descartes e as inspeções na busca dos possíveis problemas. Os retrabalhos nada mais são do que a correção do já foi feito, isto é, na primeira vez que foi executado, não foi executado corretamente. Os descartes são resultado de peças defeituosas que não puderam ser consertadas, feitas em quantidade maior que o necessário ou simplesmente porque não foram utilizadas devido a decisões diversas. Dentro do descarte, além do desperdício de material em si, há também o desperdício da mão de obra no processo de descarte. A inspeção inclui recursos que são usados para encontrar defeitos em vez de agregar valor efetivamente. Processos não confiáveis são a principal razão para a inspeção. Quanto maior a incerteza e complexidade do desenvolvimento, maior a fiscalização necessária para acompanhar o progresso.

Pessoa et al. (2017) Classifica wishful thinking como a tomada de decisões, através da atividade mental, sem a entrada de dados necessária, ou operar de acordo com controles incorretos. Os subtipos de wishful thinking incluem: decisões tomadas usando informações erroneamente percebidas como completas, decisões tendenciosas por racionalidade limitada ou a execução de testes e verificações ruins que não garantem a entrega de valor. Há a crença de que as informações incompletas estão completas quando produtos, processos, organizações, mercados ou negócios complexos impedem uma visão completa da realidade. A complexidade também impõe um maior número de variáveis a serem consideradas, dificultando a tomada de inferências e a tomada de decisões. Um outro fator são objetivos pouco claros e mutáveis que dificultam a visualização da realidade, além de informações que não estão disponíveis no sistema em tempo hábil. Essa falta de tempo impõe a tomada de decisão com base nas informações disponíveis até o momento, independentemente da qualidade e completude. A pressão do tempo pode ser imposta internamente pelo cronograma, pode ser consequência de atrasos anteriores ou pode resultar de mudanças organizacionais, de mercado e de

negócios. Mesmo que a informação esteja disponível e não haja pressão de tempo, a racionalidade limitada impede a tomada de decisão clara. A racionalidade pode ser delimitada por motivos pessoais como falta de conhecimento, falta de disciplina, preconceito, orgulho ou cultura organizacional que impede fazer as coisas de forma diferente da forma como as coisas são feitas tradicionalmente; e imposições da alta administração.

Testes errados ou a má execução de testes bem projetados geram resultados equivocados. Testes e verificações ruins são feitos quando se testam apenas as especificações e não a falha, por não considerar todos os modos de falha; otimismo excessivo, pensamento positivo, estratégia de risco e racionalidade limitada. Defeitos de versões anteriores e módulos reutilizados que acabam não sendo cobertos pelo conjunto de testes também podem gerar wishful thinking.

O autor nomeia como “acontecimentos” todas as reações a acontecimentos inesperados no ambiente e que resultam de não prever as mudanças do mercado e do negócio, ou de mudanças do ambiente interno (estrutura, regras, etc.).

Reagir a acontecimentos inesperados pode desencadear uma onda de mudanças que afetam enormemente o desempenho do projeto de desenvolvimento.

Pessôa (2008) relaciona o baixo desempenho do Projeto de Desenvolvimento de Produtos aos desperdícios. A ocorrência do desperdício corrói o que o autor chama de pilares do desenvolvimento de produtos: “fazer o produto certo” e “fazer o produto pelo processo certo”. Todos os desperdícios, de uma forma ou de outra, impactam os indicadores de desenvolvimento que são tempo, custo, produtividade e capacidade mostrados no Quadro 3. Como absorvem recursos de forma que não agregam valor, o desenvolvimento é mais demorado e expansivo do que poderia ser. A produtividade do desenvolvimento e toda a capacidade da organização de desenvolvimento também sofrem com essa ineficiência. “Esta é a razão pela qual a redução e eliminação de desperdícios é fundamental para alcançar um sistema de desenvolvimento de produtos de alto desempenho”, diz o autor. Os próprios desperdícios afetam uns aos outros, criando uma rede intrincada, e entender essa rede requer saber como cada um dos desperdícios é influenciado por ou influencia os demais no conjunto.

Quadro 3 - Desperdícios versus Indicadores do Processo de Desenvolvimento de Produtos

	Qualidade de Produto	Custo de Produto	Business Case de Produto	Tempo de Desenvolvimento	Custo de Desenvolvimento	Produtividade de Desenvolvimento	Capacidade de Desenvolvimento
Superprodução				x	x	x	x
Esperas			x	x	x	x	x
Transportes				x	x	x	x
Process Desnecessário				x	x	x	x
Estoque				x	x	x	x
Movimento						x	x
Defeitos	x	x	x	x	x	x	x
Correções				x	x	x	x
Wishful Thinking	x	x	x	x	x	x	x
Acontecimentos		x	x	x	x	x	x

Autor: Pessoa (2008)

2.3 TARGET COSTING

Bragg et al. (2010) explica que a maioria das metodologias de custeio estão preocupadas primeiramente com os dados de custo depois deles já terem acontecido. O *Target Costing* diferencia-se nesse processo por se tratar de uma ferramenta que trata dos custos esperados e como eles vão afetar a rentabilidade do negócio e determinando os custos antes dos produtos entrarem no processo produtivo. Desta forma, as lideranças podem determinar como alterar o projeto de produto para garantir que a empresa tenha uma margem de rentabilidade aceitável em todos os novos produtos.

Para usar essa metodologia, o time de projetos compila continuamente todos os custos projetados do produto enquanto ele vai sofrendo as alterações inerentes ao processo de desenvolvimento. Esse monitoramento é utilizado tanto para fazer as alterações de produtos e processos necessárias como também para cancelar a execução de um projeto caso não atinja as necessidades de custo.

Segundo Cooper, R. & Slagmulder, R. (1999) esse processo tem quatro passos que começam com a condução de uma pesquisa de mercado. Essa pesquisa é importante para definir o preço objetivo do produto no mercado

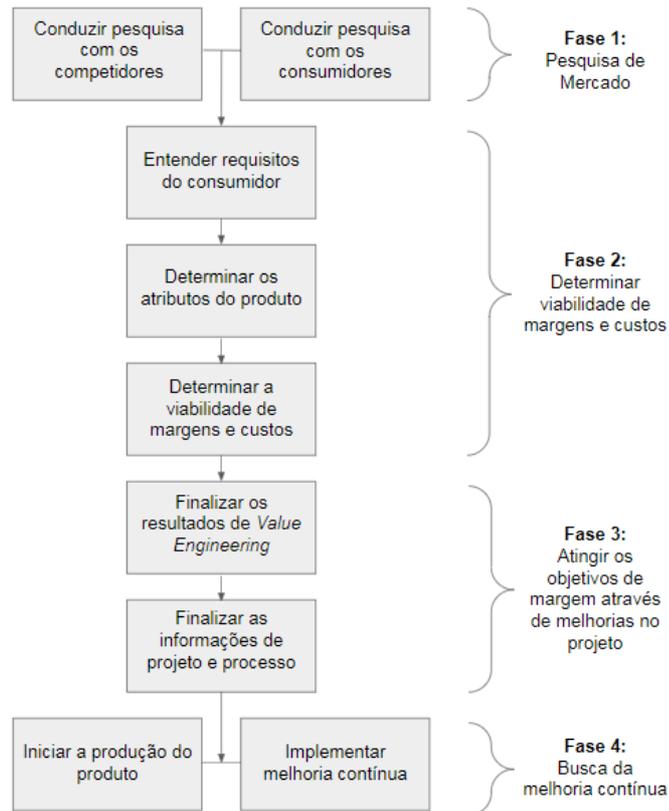
comparando com todos os concorrentes. Também pode ser aproveitada para entender o valor percebido de certos atributos dos produtos e ajuda a definir se o atributo é mantido, eliminado ou tem sua entrega alterada considerando o impacto no preço objetivo e nas entregas ao consumidor. Epstein, M. J., & Manzoni, J. F. (1997) dizem que dentro do segundo passo deve-se determinar a margem e viabilidade de custo, com base no preço objetivo do futuro produto, determinando-se a margem que é saudável ao negócio. Em alguns casos, essa margem-objetivo já é uma regra pré calculada da organização. Retirando-se a margem do preço-objetivo chega-se ao máximo valor de custo possível para esse projeto. Esse custo total norteia a próxima etapa.

Para o terceiro passo, que é atingir as metas de margem por meio de melhorias de projeto, Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2006) entendem que o time de projeto usa as informações e através da ferramenta *Value Engineering* (Engenharia de Valor) propõe eliminar ou reduzir funções, projetar um produto de manufaturabilidade mais barata, uma possível redução de durabilidade do produto e menos componentes caros. Esse processo exige também que o time confirme os custos estimados com os fornecedores de matéria prima e de peças compradas, além do custo de processo interno mais detalhado. Um processo padrão nessa fase do projeto pode ajudar a concretizar essas reduções através de *milestones* (marcos) como por exemplo, reduzir 12 por cento depois de três meses de projeto, mais 6 por cento no quarto mês e atingir o target em 5 meses. Caso o projeto não atinja esses objetivos, ou o projeto é cancelado, ou as margens de lucro previstas devem ser desafiadas.

No quarto passo, que propõe a implementação da melhoria contínua, Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1991), dizem que o esforço de *target costing* migra para atividades de acompanhamento e redução de custos de produtos existentes. Esse passo final é usado para um eventual aumento de margem bruta e para mitigar aumentos de custos de fornecedores ou mesmo para competir com possíveis reduções de preço dos competidores. As fontes dessas reduções de custo podem ser reduções já planejadas pelos fornecedores e redução de desperdícios na cadeia produtiva (conhecidas como *Kaizens*). Os conceitos de *Value Engineering* e

Kaizens de Custo podem ser repetidamente empregados. Esses passos do processo de *Target Costing* podem ser observados na Figura 2.

Figura 2: Processo de *Target Costing*



Fonte: Adaptado de Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2006)

2.4 ENGENHARIA DE VALOR

A Engenharia de Valor é um processo que usa análise de custo de uma função para gerar oportunidades de reduzir custos. Elaborada pioneiramente por Miles (1961), ela tem uma excelente história na redução de custos.

Whitney (1988) observa que "A Engenharia de Valor geralmente entra em ação depois que o projeto é concluído, mas a eficácia que se busca no projeto só pode ser alcançada quando as decisões são tomadas no início". Assim, para ser eficaz no processo de desenvolvimento integrado de produto e processo, a Engenharia de Valor deve avançar e se tornar um elemento integrante do processo de projeto. Monden (1992) mostra em sua obra como ela foi efetivamente integrada ao processo de gerenciamento de custos da Toyota.

Na prática da Engenharia de Valor, o valor é amplamente equiparado ao custo reduzido (SHILLITO et al., 1992). No projeto para vantagem competitiva, o valor é definido como a medida da escolha do cliente. O valor é função da qualidade e também do custo. Morup (1992) observa que a Engenharia de Valor deve ser “uma parte natural de qualquer projeto” e de acordo com Ho et al. (2020), a Engenharia de Valor pode ser aplicada em diferentes áreas, como engenharia de produção, gestão da qualidade e gestão de projetos. Essa metodologia pode contribuir significativamente para a redução de custos e aumento da eficiência produtiva. Alguns exemplos de aplicação da Engenharia de Valor incluem a redução de custos de produção de veículos (Futami et al., 2020), a melhoria da eficiência energética em edifícios (Chen et al., 2019) e a otimização de processos em empresas de serviços (Tseng e Liao, 2020).

A Engenharia de Valor ignora amplamente o fato de que a escolha do cliente geralmente se baseia em muito mais do que uma função mínima essencial do produto. O Desdobramento da Função de Qualidade (QFD) é frequentemente usado como uma ferramenta de suporte à Engenharia de Valor, pois não se restringe à função mínima essencial do produto (SHILLITO et al., 1992). Embora não seja praticada regularmente, Snodgrass (1989) observa que a *Value Engineering* quando focada no cliente é semelhante ao QFD e existe uma semelhança no fato de que as funções derivadas do produto são aquelas que a equipe considera relacionadas ao motivo pelo qual o cliente comprará o produto, em vez de serem as funções técnicas das peças. No entanto, isso não completa a matriz de desejo versus função do cliente do QFD abrangente para garantir que essas são realmente as funções que o cliente exige ou que irão além e encantam o cliente.

Bragg et al. (2010), dentro do processo de Engenharia de Valor, questiona se podemos eliminar funções do processo de produção e isso envolve uma revisão detalhada de todos os processos produtivos para entender se não há nada que possa ser eliminado. Em muitos casos, todos os processos são necessários, mas o time de projeto pode propor reduções ou processos alternativos. Outra questão é se podemos eliminar a durabilidade ou confiança, se é possível que o projeto tenha sido elaborado com um grau excessivo de robustez. Em muitos casos, diminuir os requisitos de robustez pode diminuir drasticamente os custos e manter as

características solicitadas pelo consumidor sem reduzir a percepção de qualidade ou durabilidade.

A análise de valor é uma metodologia que envolve a identificação das funções principais de um produto ou processo e a avaliação dessas funções para determinar se elas estão sendo realizadas de maneira eficiente e econômica Chan et al. (2018). A análise de valor é frequentemente usada para identificar oportunidades de redução de custos e melhoria de desempenho e Chan et al. (2018) sugere três etapas. A primeira é a identificação das funções principais, a segunda é a avaliação das funções principais e a terceira é a identificação de oportunidades de melhoria.

Feitas essas análises, entende-se se podemos eliminar atributos desnecessários, se a empresa tem um retorno ativo do consumidor (como por exemplo uma pesquisa virtual), ela pode entender que atributos o consumidor dispensa e pode usar essa informação para uma revisão do projeto na próxima interação com o produto. Essa decisão sempre deve ser baseada em dados e na sequência, verificar se as especificações são muito severas. Os componentes e módulos podem ter sido projetados com especificações muito justas. Especificações mais severas sempre têm um custo mais elevado. A avaliação aqui deve ser feita com base na percepção do consumidor e caso haja margem para diminuir o rigor das especificações, o grupo deve seguir com a mudança.

Uma boa prática no processo é verificar se podemos compartilhar peças com outros produtos. O aumento de volume de produção ou aquisição de um componente pode gerar ganhos de negociação e logística. A comunalização de peças é um fator positivo para redução de custos e a avaliação para entender se podemos minimizar o projeto segue premissa de que quanto menos peças, menor serão todos os custos envolvidos para manter cada peça no processo.

O ciclo de vida do produto pode ser questionado. Um produto deve ter um ciclo de vida adequado ao tempo de permanência dele no mercado e também do nível de evolução que o consumidor espera. Projetar um produto com o tempo de vida adequado ajuda a cortar custos em várias frentes, inclusive no custo e tempo dos testes de validação e aprovação envolvidos. Além disso, pode-se entender se tem-se a oportunidade de projetar melhor o produto para o processo produtivo. As

técnicas de *Design for Manufacturing and Assembly* (DFMA) podem ser empregadas para ajudar a eliminar os desperdícios e tornar o processo produtivo o mais eficiente possível. Com isso, pode-se entender se há espaço para reduzir a quantidade de sucata visto que alguns processos geram uma grande quantidade de sucata. Um projeto com uma visão de redução de sucata pode tornar o produto mais rentável.

As perguntas que indagam a possibilidade de substituir peças, onde encoraja-se o time de projetos a buscar peças mais baratas ou menos especificadas para cumprir a função no projeto estudado, se há oportunidade de desmontar (teardown) produtos dos concorrentes, que podem servir de fonte de inspiração em propor reduções e otimização de custo e se é possível combinar alguns passos quando alguns processos podem ser acumulados com outros ou até mesmo eliminados, também fazem parte do processo.

Uma ferramenta adequada para isso é o Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) descrito nos tópicos anteriores.

O trabalho do autor salienta que os fornecedores podem prestar uma grande assistência em muitos passos desse processo. Eles têm muito conhecimento nas especialidades que oferecem e o uso de seu conhecimento será bem vindo para o bem comum.

2.5 BUSINESS CASE

O *Business Case* é um documento utilizado para avaliar a viabilidade de um projeto, produto ou serviço em termos de negócios que geralmente inclui informações financeiras, análises de mercado e uma avaliação de riscos e benefícios. Além disso, o *Business Case* é um instrumento para comunicar e justificar a decisão de investimento em um projeto para a alta direção da empresa. Segundo Martins e Laugeni (2016), o *Business Case* é uma ferramenta importante para a tomada de decisão, pois permite que sejam analisados diversos cenários, cenários esses que podem ser simulados por meio de análises financeiras e de mercado. Já para Wieringa et al. (2014), o *Business Case* é uma forma de se obter o alinhamento estratégico entre a empresa e o projeto, e deve ser utilizado em conjunto com outras técnicas de gestão de projetos para garantir o sucesso do projeto. Por fim, Lima e Teixeira (2012) apontam que a elaboração de um *Business*

Case deve ser uma atividade colaborativa, envolvendo diversas áreas da empresa, como finanças, marketing e tecnologia, para que sejam considerados todos os aspectos relevantes para a tomada de decisão.

Em Fadavi et al. (2019) percebe-se uma metodologia para análise de viabilidade financeira de projetos de redução de custos em processos produtivos. A metodologia foi aplicada em uma empresa de produção de painéis de madeira e os resultados mostram que a empresa pode economizar cerca de 20% nos custos de produção com as alterações propostas, porém a equação financeira e as premissas abordadas são as mesmas na maioria dos *Business Cases* existentes.

Para que se tenha uma base para tomada de decisão baseada num *Business Case*, é necessário entender que os custos envolvidos em toda a cadeia de um processo produtivo desde a concepção do negócio até a venda e assistência ao consumidor final são alocados em várias etapas desde marketing e vendas e passam pela concepção do produto, pela produção, recursos humanos e benefícios aos empregados, cadeia de suprimentos e despesas como manutenção, reparos e estoques.

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observa-se nesta revisão bibliográfica vários conceitos e sugestões de melhores práticas para execução de projetos, porém, não se obteve um conceito focado em processo de execução de projetos de redução de custos com enfoque em produtos industriais existentes.

Os conceitos de mentalidade enxuta, de *Design to Cost* e as recomendações do PMBOK (2017) somados ao estudo de caso podem trazer uma proposta a ser exercitada na indústria de forma que se obtenha uma qualidade substancial de entregas e com um lead time adequado ao que o mercado exige, utilizando-se de menos recursos para tanto. Entretanto, para isso, é importante que haja a organização e a proposição deste processo de forma estruturada.

3 ESTUDO DE CASO

O objetivo do estudo de caso é entender o modelo de execução de projetos de redução de custo de produtos que estão em linha de produção em uma indústria de grande porte produtora de eletrodomésticos, isto é, não se trata de um estudo de criação de projetos, mas sim, de execução e implementação de projetos já com seu escopo definido em etapas anteriores. Um segundo objetivo é mapear os desperdícios encontrados no processo para que se tenha uma base para propor um modelo que reduza tais desperdícios através do emprego de alguns conceitos propostos na literatura para que se tenha um estado futuro otimizado e adequado ao mercado atual.

Como resultado desse estudo de caso e com base na bibliografia, o Capítulo 4 propõe um modelo de processo de execução de projetos de redução de custos com enfoque em produtos industriais existentes.

Para esse estudo de caso, foram empregados os conceitos e técnicas de Mentalidade Enxuta e eliminação de desperdícios, descritos no item 2.2, além da técnica do *Lean Office* baseada num mapeamento do Fluxo de Valor. O trabalho de levantamento do fluxo de execução de projetos de redução de custos no estado atual utilizou a ferramenta VSM (*Value Stream Map*) ou Mapeamento do Fluxo de Valor de forma adaptada a realidade de uma tarefa não produtiva, isto é, que não está inserida no processo de manufatura final, ou ainda classificada como ‘tarefa administrativa’, o *Lean Office*, conforme Bitencourt e Bonfim (2013).

Para se iniciar a análise do caso, um grupo de trabalho foi formado por profissionais que lideram os times de projeto de redução de custo de uma empresa multinacional que projeta e fabrica bens de consumo final. Esse grupo foi formado inicialmente por um interlocutor global com a formação de Engenharia Mecânica e especialização em Gestão de Projetos e o cargo de Engenheiro Sênior, que tem a função de liderar o trabalho de mapeamento. O grupo contou também com um representante de projetos alocado nos Estados Unidos, outro representante de projetos alocado no México e dois representantes alocados no Brasil. Nesse conjunto de membros do grupo, existem 2 Engenheiros Seniores e 2 Engenheiros Plenos com a função de coordenadores de projetos de redução de custo e tem envolvimento com todos os stakeholders relacionados a esse tema.

O levantamento do estado atual levou 8 semanas com reuniões on-line de troca de experiências que tiveram a duração de duas horas cada uma, totalizando 16 horas de análises.

Para possibilitar a realização das reuniões, foi necessário considerar as diferenças de fusos horários dos participantes e as diferenças culturais do que diz respeito à interpretação dos desperdícios, conforme Liker e Meier (2006) e Cohen e Aldrich (2005). A primeira fase das reuniões contou com uma discussão sobre o conceito de desperdício e sua classificação conforme observado na revisão bibliográfica. Da mesma forma, houve a análise de como se poderia mensurar o tempo de execução médio de cada atividade, chamado pelo grupo de Tempo de Realização da Atividade e quanto tempo a atividade se perpetuava em posse do executor, chamado de Tempo de Processo, além de quantas pessoas eram envolvidas em cada atividade, chamado de Pessoas. Essa última variável foi definida considerando-se observar a quantidade de transferência de informações entre pessoas em cada etapa do fluxo, evidenciando o desperdício intelectual conforme Cohen e Aldrich (2005).

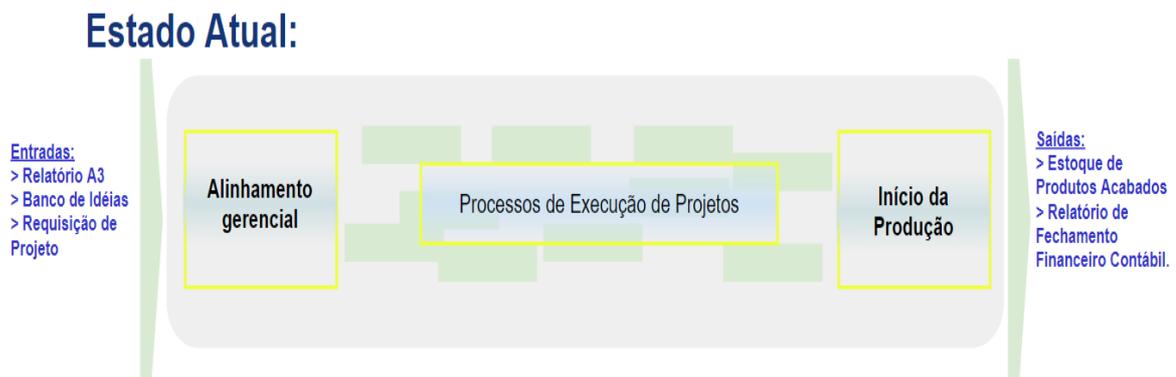
Depois de realizadas as discussões sobre os conceitos, foram identificados os desperdícios e suas possíveis causas, além da análise macro das etapas consideradas pelo grupo como críticas em tempo e número de pessoas envolvidas, como por exemplo, o processo de solicitação financeira de investimento em ativos (CAPEX) para compra e fabricação de máquinas, ferramentas e adequações de linha de montagem. Por fim, foi realizado o desenho do estado futuro através de brainstorming, consulta à literatura e entrevistas entre os envolvidos.

3.1 ESTADO ATUAL

O processo atual de execução de projetos representado na Figura 3 tem como entradas ideias de redução de custo detalhadas através de um relatório A3, ideias oriundas do banco de ideias da companhia e através de requisições de projetos no sistema de requisições já existente. O sistema de requisições consiste de um software utilizado para vários fins dentro da empresa e que conta com uma aplicação que possibilita solicitar alterações de produtos e que podem ser feitas por todos os usuários.

Como saídas, logo após o início da produção espera-se ter estoque de produtos suficiente, conforme política interna de estoques, já com a alteração planejada, para que se possa realizar a abertura de vendas e o consequente relatório de fechamento financeiro, consolidando o resultado do projeto oficialmente.

Figura 3: Entradas e Saídas do Fluxo de Execução de Projetos de Redução de Custo de Produtos.



Autor: Elaborado pelo autor.

O desenho do estado atual gerado pelo estudo trata das atividades realizadas desde o alinhamento gerencial de priorização de atividades, passa pelas tarefas de execução em si e termina com o início da produção do produto com as alterações propostas.

Um dos inputs mais relevantes é o escopo de projeto, que deve contar com todos os dados relativos ao que vai ser modificado e sua viabilidade técnica. Trata-se aqui apenas da execução e não da fase de levantamento de ideias e pré-validação técnica e para tanto, existe um processo anterior de geração de ideias para futuros projetos, denominados de pré-projetos, que detalha a proposta no sentido de escopo, da viabilidade técnica e um business case preliminar.

Foi levado em consideração que o grupo não usaria nenhum fluxo padrão pré existente para que se tivesse a avaliação do real fluxo de execução e se pudesse enxergar os desperdícios no processo.

Para realizar o mapeamento foi utilizada a notação do Quadro 4.

Quadro 4: Notação das siglas utilizadas no estudo

P = número de pessoas envolvidas na tarefa
TP = Tempo de Processo
TRA = Tempo de Realização da Atividade
Valor Agregado = $TRA/TP \times 100\%$

Autor: Elaborado pelo autor.

O número de pessoas envolvidas (P) é calculado considerando todas as pessoas que participam de alguma forma daquela etapa, mesmo que a mesma participe de mais de uma etapa, isto é, pode haver casos em que a mesma apareça na somatória em mais de uma tarefa. O Tempo de Processo (TP) é o lead time total da tarefa em questão considerando todas as transferências, esperas, retrabalhos, estoques, movimentações, etc. O Tempo de Realização da Atividade (TRA) compreende o tempo investido somente na execução da tarefa em si, desconsiderando-se as transferências, retrabalhos, estoques, movimentações, etc. A pergunta que é feita ao grupo no momento de estimar esse tempo é: “Para realizar essa tarefa, se não houvesse outra atividade concorrente, quanto tempo você gastaria?”

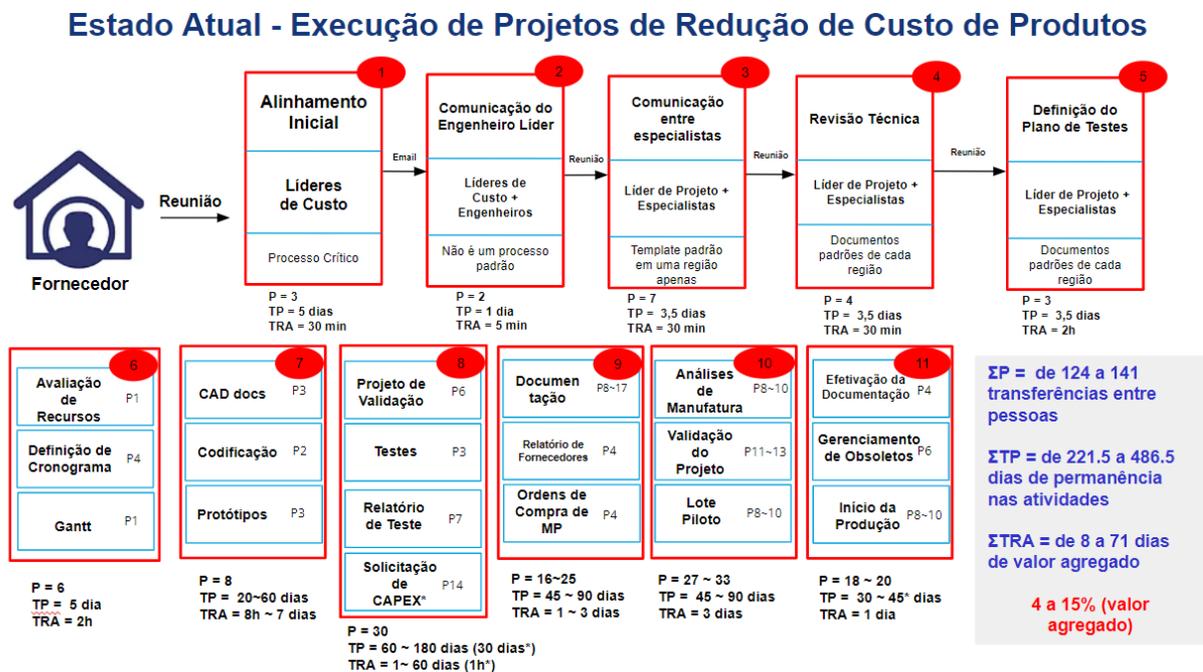
Todos os tempos e números de pessoas estimadas são números extraídos do brainstorming pelo grupo. Nesse estudo, o grupo optou por não gerar um levantamento preciso de dados e sim, por estimativas. Em casos onde há mais uma resposta para P, TP e TRA por questões de diferentes tipos e tamanhos de projeto, considerou-se o valor que é utilizado com mais frequência como dado a ser estudado. As exceções são tratadas a cada caso, uma vez que o grupo entenda que faz sentido.

O Levantamento do Estado Atual mostrado na Figura 4 constatou que a duração de um projeto é de aproximadamente 6 meses para projetos mais simples até 18 meses para projetos mais complexos. O processo é composto por 24 processos macro e tem a transferência de informação entre 124 pessoas para projetos mais simples e de 141 pessoas para projetos mais complexos. Esses dados são as estimativas feitas pelo time com base em sua experiência do dia a dia e algumas entrevistas específicas realizadas nos intervalos entre uma reunião e outra.

As unidades de medida neste estudo são dias trabalhados de 9 horas em média. Quando a tarefa leva menos de um dia para ser executada, apontou-se horas de execução.

A primeira etapa considerada é o alinhamento inicial entre os líderes de custo. Esses líderes são as pessoas responsáveis por definir se o pré projeto deve ou não ir para a execução e para tomar essa decisão esses líderes avaliam os dados de viabilidade técnica disponíveis e os números do pré business case. Nessa etapa são envolvidas 3 pessoas (P=3) que levam cerca de 5 dias para esse processo. Esse tempo é denominado aqui como Tempo de Processo (TP). O tempo real de realização da tarefa sem esperas foi estimado em 30 minutos, isto é, o Tempo de Realização da Atividade (TRA) sempre será menor ou igual ao TP visto que se estima sem esperas, transferências e outros desperdícios definidos anteriormente no item 2.2.3.

Figura 4 : Mapeamento do Fluxo de Valor do processo de execução de projetos de custo.



Autor: Elaborado pelo autor

Os próximos passos são etapas de comunicação tanto do engenheiro que será nomeado como líder do projeto na etapa 2, como do time de engenheiros especialistas que vão agregar com seus conhecimentos específicos na etapa 3. Essas duas etapas tem 9 pessoas envolvidas e tomam 4 dias e meio. Na estimativa do grupo, essas tarefas levariam 35 minutos para serem concluídas se não houvesse nenhum desperdício.

A revisão técnica do projeto acontece na etapa 4 e envolve 4 pessoas que gastariam 3 dias e meio na atividade, porém com um tempo de realização da atividade de 30 minutos.

A etapa 5 envolve a definição do plano de testes pelos especialistas e é responsável por dar a visibilidade de informações que vão compor tanto o cronograma do projeto como o quadro de alocação de recursos. Essa etapa consome 3 dias e meio e poderia ser executada em 2 horas sem os desperdícios do processo.

A avaliação dos recursos, a definição do cronograma e a geração do cronograma em formato Gantt são tarefas na etapa 6 e precisam de 6 pessoas para serem executadas, tomam 5 dias no fluxo, mas poderiam ser executadas em 2 horas.

As documentações de desenhos, administração de códigos de peças e a geração dos protótipos envolve 8 pessoas na etapa 7. Para os projetos mais simples essa tarefa toma 20 dias e para os mais complexos a estimativa é que essa etapa tome 60 dias, porém poderia ser executada entre 8 horas e 7 dias sem os desperdícios.

Existe na etapa 8, uma tarefa de projeto de validação que somada aos testes e seus relatórios e a solicitação de verba para investimentos em ativos da empresa, chamado de CAPEX, envolve 30 pessoas. É executada de 60 a 180 dias, mas sem os desperdícios poderia ser executada entre 1 e 60 dias. Essa etapa, pela sua importância no lead time do projeto, foi aprofundada através de uma pesquisa detalhada no item 3.1.2.

Para a etapa 9 incluem-se as tarefas de documentação, os relatórios de fornecedores e as ordens de compra de insumos para a futura produção. Nessa etapa se envolvem de 16 a 25 pessoas, levando de 45 a 90 dias. O tempo sem desperdícios foi estimado entre 1 e 3 dias.

As etapas 10 e 11 abrangem as análises de manufatura, lote de produção piloto, validação de projeto, finalização das documentações, gerenciamento de peças obsoletas e enfim o início da produção. Essas etapas utilizam de 45 a 53 pessoas e levam de 75 a 135 dias. O tempo de agregação de valor aqui foi estimado de 4 dias.

A primeira constatação do grupo é que num projeto menos complexo, o Tempo de Agregação de Valor é de 4% considerando-se que se utilizam 221,5 dias para executar o projeto que poderia ser executado em 8 dias se não houvessem os desperdícios mapeados e para um projeto mais complexo, o tempo de agregação de valor é de 15% onde se lançam mão de 486,5 dias para execução com 71 dias de agregação de valor. O termo agregação de valor foi definido pelo grupo como uma razão entre o TP e o TRA.

3.1.1 Identificação dos Desperdícios e Causas

Com base em Pessoa et al. (2017), foram mapeados os desperdícios observados no processo. Os desperdícios de esperas por reuniões de definição e de transferências de informação entre pessoas nas etapas de comunicação se mostraram bastante relevantes. Além disso, nos *brainstormings* realizados, o grupo entendeu que há uma oportunidade de melhorar o teor técnico do profissional envolvido em algumas atividades. A falta de experiência foi percebida pela quantidade de retrabalhos que algumas tarefas estavam expostas por erros e por falta de informação.

Alguns atrasos por falta de continuidade de tarefas foram encontrados e foi percebido um problema de visibilidade e entendimento dos cronogramas e das tarefas ali discriminadas.

O excesso de documentação e formulários solicitados pelas áreas foi apontado como desperdício recorrente e as cotações de fornecedores foram apontadas como uma fonte de desperdícios pela demora e pela quantidade de documentos requeridos neste processo.

Quando se tratam as definições de planos de testes, a equipe percebeu um processo de revisão contínua afetando o cronograma geral do projeto.

As ações que envolvem as áreas de manufatura foram mapeadas como ações críticas devido a retrabalhos de cronograma e de especificações.

Quando há a necessidade de investimento (CAPEX) no projeto, existem algumas fontes de desperdícios que tornam o *lead time* maior que o esperado, principalmente por esperas por relatórios e reuniões de aprovação.

De maneira geral a espera por relatórios, cotações e reuniões são os mais relevantes desperdícios encontrados, seguidos por alguns retrabalhos e redefinições durante a execução do projeto.

3.1.2 Estudo sobre Solicitação de Capital - CAPEX

Um dos processos percebidos como mais relevantes em termos de TP e P é o processo de solicitação de CAPEX considerado na etapa 8 da Figura 6. Esse processo pode levar até 180 dias segundo a estimativa do grupo, aumentando consideravelmente o lead time do projeto.

Para se entender melhor esse fluxo, fez-se uma pesquisa em forma de questionário entre as pessoas envolvidas nesse processo dentro da empresa.

A pesquisa envolveu 24 pessoas dentre as quais 20% eram da área de desenvolvimento de produtos, 20% da área financeira, 15% das áreas de manufatura e 30% da área de engenharia industrial responsável pelo projeto de moldes, ferramentas e equipamentos e 15% da área comercial responsável pela cotação e compra dos itens de investimento.

Nesse público, 10% eram diretores e gerentes, 60% engenheiros e 30% contadores e compradores.

Foram elaboradas cinco questões, das quais duas eram de múltipla escolha e três discursivas que seguem:

1 - Qual seu nível de participação no processo de tomada de decisão para seleção de projetos de redução de custos quando esse projeto envolve CAPEX?

2 - Selecione de que forma você participa do processo.

3 - Na sua opinião qual etapa do processo exige maior tempo?

4 - Cite dois principais problemas e fontes de retrabalho no processo de seleção de projetos que utilizam CAPEX.

5 - O que você consideraria como uma melhora consistente nesse processo? Em qual etapa?

A primeira questão era relacionada ao nível de participação do entrevistado no processo de tomada de decisão para seleção de projetos de redução de custo

quando o mesmo necessita de investimento em ativos (CAPEX). As opções eram: Responsável pela Execução; Aprovador; Da dicas, Opiniões e Sugestões; Apenas recebe as informações e Outros.

Como resultado a essa questão, 60% das pessoas era responsável pela execução, 30% participava do processo através de dicas e sugestões e 10% era aprovador do fluxo.

A segunda questão se compunha de alternativas como: Análise de dados; Preparação de Dados; Apenas é Informado; Apenas Participa da Decisão e Outros.

Para essa questão, os resultados mostraram que 40% participava do processo através da preparação de dados, 30% interagiu através da análise de dados e 30% apenas participava da decisão mesmo não sendo efetivamente um aprovador do fluxo.

A terceira questão questionava o respondente sobre sua opinião sobre qual etapa do processo consumia maior tempo no processo como um todo.

O fato de ser uma questão aberta gerou respostas variadas para o tema, mas fazendo-se uma análise na tentativa de gerar-se subgrupos de tema, chegou-se ao resultado mostrando que 50% das opiniões se direcionaram que a validação técnica do projeto consumia maior tempo. Um grupo de 30% entendeu que a preparação e análise de dados financeiros demandava maior tempo e um grupo de 20% acreditava que as cotações com fornecedores demandam maior tempo.

A quarta questão demanda opiniões sobre principais problemas e fontes de retrabalho no processo de seleção de projetos que utilizam CAPEX.

Nesse tema, 30% dos respondentes salientam que há assimetria de informação entre os engenheiros e o analista financeiro de CAPEX e há falta de fornecimento de dados de qualidade por parte dos engenheiros que solicitam o CAPEX. Um grupo de 25% entende que há orçamentos e premissas de projeto erradas. O fato do comitê aprovador se reunir apenas uma vez por mês foi evidenciado por 25% do grupo e o retrabalho de informações foi sugerido por 20% das pessoas como um forte fator de retrabalho dos projetos que demandam CAPEX.

A quinta e última questão provoca o respondente sobre o que se considera como uma melhoria consistente nesse processo e em qual etapa.

A melhoria no processo de cotação foi sugerida por 15% das pessoas e a definição de escopo mais assertivo, envolvendo pessoas experientes como

aprovadores, e o conseqüente congelamento das especificações levou 50% das pessoas a sugerir esse ponto.

A aprovação do comitê a cada 2 semanas apareceu em 15% das respostas e a composição de um time multifuncional, capacitado para avaliar e aprovar todas as áreas envolvidas na implementação do escopo do projeto, de forma que esse time pudesse trabalhar focado com projetos de alteração de produto foi o ponto de 20% das pessoas.

3.2 ESTADO FUTURO

A partir da revisão da literatura, da análise do estado atual e da coleta de informações com o grupo de trabalho, gerou-se uma proposta de estado futuro a ser proposto na sequência como modelo de processo de execução de projetos de redução de custos de produtos industriais.

Nakano, Tonocchi e Gomes (2012) sugerem que os desperdícios sejam identificados e eliminados e para tanto, montou-se a Tabela 1 para se ter uma visão clara dos desperdícios capturados na Figura 4 e suas soluções com base em Pessôa et al. (2017).

Entendendo que Bragg et al. (2010) defende um processo mais simplificado, com metas claras e alinhado com a estratégia do negócio e fazendo uso da proposição de Kerzner (2017) que recomenda a Gestão de Projetos em três fases, planejamento, execução e controle de projetos, definiu-se a divisão do fluxo de execução de projetos em três etapas: a Preparação de Projetos, a Execução de Projetos e a Entrega do Projeto. Essa divisão busca a otimização de recursos e a especialização nas atividades de cada parte do fluxo. O PMBOK® Guide (2021) endossa essa divisão quando evidencia que o processo de gestão dos custos adequado envolve planejamento dos recursos, a estimativa de custos e o orçamento e o controle do custo.

Buscando eliminar ou minimizar alguns desperdícios mapeados na Tabela 1 e de forma que se formalize a preparação do projeto, foi estabelecido pelo grupo como entradas o relatório A3, o banco de idéias ou uma requisição de projeto padrão e como saídas dessa primeira fase, o escopo do projeto definido, o CAPEX pré-aprovado e o alinhamento das áreas técnicas formalizado.

Tabela 1: Desperdícios capturados na fase de preparação de projeto

Desperdício	Etapa no Estado Atual	Solução Macro
Esperas	1 a 11	Diminuir quantidade de reuniões; Melhorar nível técnico dos profissionais; Formalizar processos de transferências de informações; Adequar capacidade técnica das pessoas ao papel desempenhado; Análise crítica da quantidade e teor das informações requeridas por cada fase; Estabelecer fluxo contínuo em tarefas consideradas críticas; Dar visibilidade e entendimento dos cronogramas e das tarefas; Reduzir a duplicidade e o excesso de documentação e formulários; Revisar o processo de cadeia de fornecedores; Planos de testes e de manufatura adequados e fechados na fase inicial; Pré-aprovação de CAPEX para projetos com lead time críticos.
Transportes	1 a 11	
Superprodução	3,4,8,11	
Processos Desnecessários	1 a 11	
Estoque	10,11	
Movimentação	1 a 11	
Defeitos	4,6,7,10,11	
Correções	1 a 11	
Wishful Thinking	5,6,8,10	
Acontecimentos	1 a 11	

Autor: Elaborado pelo autor.

A execução de projetos tem como saídas as cotações finais, o CAPEX Final e os desenhos fechados e a fase de entrega de projetos tem como saídas o estoque de produtos acabados e o relatório de fechamento financeiro contábil.

Todas essas fases, estimadas, tomam o tempo de 48 pessoas e podem levar o lead time do projeto de 68 a 312 dias dependendo da complexidade do projeto. O tempo de realização das atividades estimado fica entre 18 e 138 dias.

No estado futuro proposto observa-se de 26 a 44% de valor agregado contra 4 a 15% do estado atual conforme a Figura 5. Com essa proposição, estima-se melhorar de 3 a 5 vezes a eficiência de todo o processo.

Figura 5 : Fluxograma Geral do Estado Futuro.

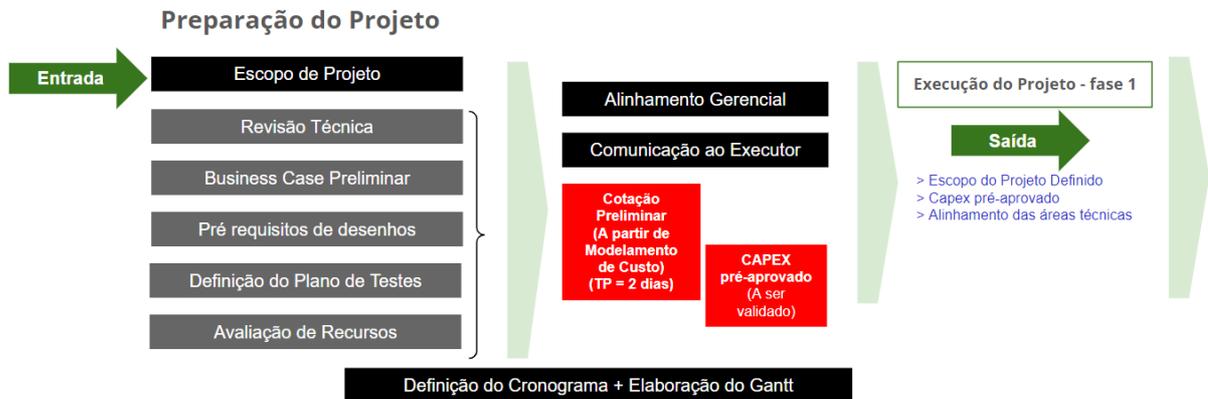


Autor: Elaborado pelo autor.

3.2.1 Fase de Preparação do Projeto

A fase de preparação de projeto mostrada na Figura 6 revela a intenção de organizar todos os dados e informações necessárias a uma execução cadenciada de forma que não se pare o processo por falta ou erro de informação e também que se diminua a transferência de informação entre pessoas, diminuindo-se assim as possibilidades de erro.

Figura 6: Fase de preparação do projeto



Autor: Elaborado pelo autor

Como dado de entrada, sugere-se um escopo de projeto bem definido e claro. Para Sathish e Vijayan (2020) essa etapa é crucial para o processo. Esse escopo deve conter a informação sobre o tipo de projeto sugerido que pode ser projeto de modificação de matéria prima, eliminação ou substituição de componente,

oportunidade de negociação de estratégia de preço, necessidades de mercado e fornecedores, melhoria de qualidade com redução de custo, entre outros.

Deve-se deixar claro as unidades fabris envolvidas e os módulos envolvidos. Da mesma forma sugere-se deixar claro quais subsistemas serão afetados pela proposta no produto. Também é importante detalhar de forma clara em forma de texto a descrição do escopo do projeto.

Ainda como dado de entrada, o time deve receber os códigos das peças envolvidas, a lista de testes necessários e outros documentos que se fazem necessários para a boa interpretação e elaboração do escopo do projeto.

Dentro dessa fase deve-se ocorrer a revisão técnica, evento no qual os especialistas colocam suas experiências a favor da validação da proposta. Devem ser envolvidos especialistas das diferentes áreas e em conjunto debater todos os pontos de riscos do projeto. A abordagem de Hahn e Hill (2013) sugere uma participação ativa dos funcionários e uma abordagem sistemática e baseada em dados. Com essa abordagem de forma proativa, estima-se reduzir as esperas por reuniões de definição e de transferências de informação entre pessoas nas etapas de comunicação.

Da mesma forma, o Business Case preliminar deve ser montado. Nessa etapa devem ser considerados os fatores que influenciam na avaliação do retorno financeiro que a proposta vai gerar. Se incluem nesse estudo a redução de custo por peça, o volume de produção previsto, as despesas de projeto, os investimentos necessários em máquinas, ferramentas e adequações de manufatura, os custos com a qualidade e outros dados que podem influenciar no retorno financeiro, evitando assim erros por falta de informação.

Um fator que, na ótica do grupo, influencia no lead time na alocação de recursos é a tratativa de alterações de desenhos, então, a proposta passa por gerar nessa fase preliminar a lista de pré-requisitos de desenhos para que se preveja esse impacto tanto em recursos de mão de obra, como de lead time.

Um aspecto que deve ser evitado no fluxo é a necessidade repentina de novos testes de laboratório não previstos, isso pode impactar grandemente no lead time e nas despesas de projeto, prejudicando diretamente o business case.

Com os dados da revisão técnica, business case preliminar, pré-requisitos de desenhos e definição de plano de testes e amostras pode-se levar adiante a

avaliação dos recursos necessários ao projeto cruzando a mesma com a disponibilidade desses recursos e assim estimar o cronograma macro do projeto.

Nessa etapa já existem dados suficientes para um alinhamento gerencial para se determinar o time de projeto e a consequente comunicação ao líder escolhido para conduzi-lo.

Como percebido na análise de estado atual, uma cotação estimada através de modelamento de custo é necessária para otimizar os dados e lead time. Essa cotação deverá ser modelada com base nos dados históricos e bibliotecas de custo existentes tanto de preço de componentes comprados, como de etapas internas e moldes e ferramentas.

Um fator de grande influência no lead time é a pronta disponibilidade do montante financeiro a ser investido no projeto. Essa pré-aprovação é fundamental e deve ser feita pelo comitê financeiro previamente ao escopo dos projetos. A aprovação formal e final deve ser feita após a validação dos testes de laboratório, evitando-se assim o excesso de documentação e formulários.

Em resumo, como saída dessa primeira fase, o grupo propõe o escopo do projeto definido, o CAPEX pré aprovado e o alinhamento formal entre todas as áreas técnicas.

Como ponto adicional, percebeu-se a necessidade de melhorar o detalhamento de informações vindas de workshops de geração de ideias no que refere ao teor das propostas em geral, aplicação e teor técnico das mesmas. Além disso, o modelamento de custo, que otimiza tempo da cotação final, deve demorar no máximo 2 dias e um grupo especial deve ser montado para entender essa demanda e implantá-la.

A estimativa de CAPEX deve ser gerada através de uma biblioteca que se utiliza de custos históricos também pré-montada.

A fase de preparação de projeto deve se apropriar de 4 pessoas envolvidas sendo elas o responsável pelo escopo, o membro do subsistema técnico, um desenhista e um representante da área de suprimentos. As demais funções serão absorvidas com os dados das bibliotecas pré montadas nos Kaizens propostos.

O lead time estimado para essa etapa é de 5 dias e o tempo de realização das atividades é estimado em 1 dias, desta forma, o índice de agregação de valor fica em 20% para a primeira fase.

3.2.2 Fase de Execução de Projetos

A fase de execução de projeto mostrada na Figura 7 cadencia as etapas que englobam o desenvolvimento em si do projeto. Entendendo-se que a fase de planejamento entregou todas as informações necessárias à execução, a proposta dessa fase é executar testes, alterar desenhos e fazer todas as documentações necessárias apenas uma vez e comunicar de forma eficaz seguindo o proposto por Cavalcante et al. (2018).

Essa fase é coberta por reuniões funcionais para que se exerça a comunicação multifuncional de forma rápida e acessível a todos. Essas reuniões podem ser presenciais, virtuais ou mistas dependendo da disponibilidade geográfica dos envolvidos. Também se propõe que as reuniões não ultrapassem 30 minutos de duração.

A primeira tarefa é a validação do plano de testes, isto é, tendo como base o plano de testes prévio montado na fase anterior, o time técnico valida em detalhes e parte para a execução dos protótipos e compra de amostras de fornecedores. Essa etapa usa 3 pessoas e tem a precisão de duração de 1 dia, com 30 minutos estimados para execução propriamente dita.

Mesmo antes de finalizar a fase anterior o processo de prototipagem e compra de amostras é iniciado. Esse processo envolve desde a preparação de desenhos, como cotações, compras e execução. Para essa fase são alocadas 2 pessoas e estima-se um lead time de 15 a 60 dias para conclusão dependendo da complexidade, porém o tempo estimado de realização da atividade é de 1 a 7 dias. Essa diferença se dá devido às esperas e transferências de informações e atividades intrínsecas ao processo.

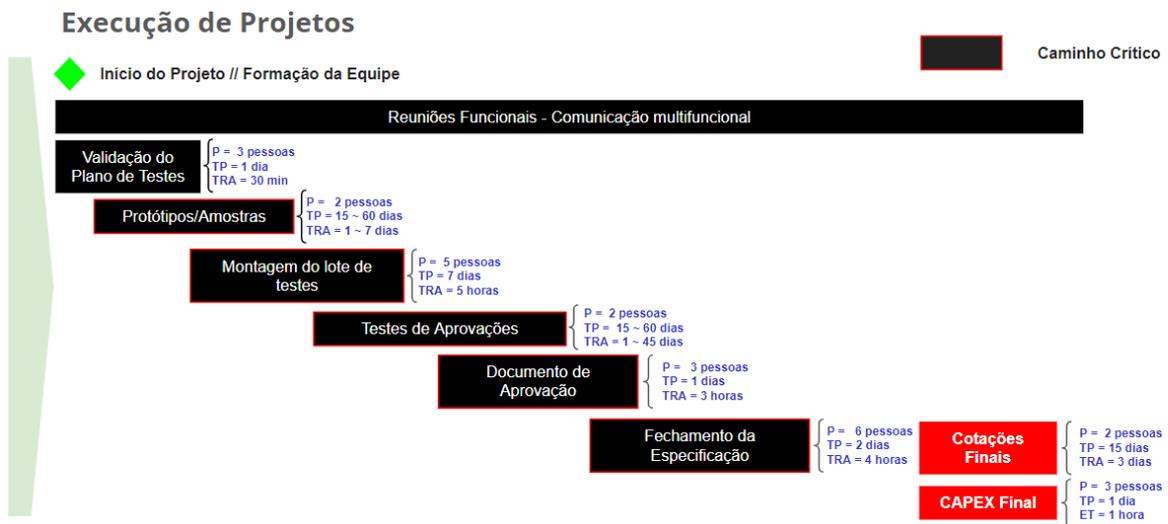
No paralelo se inicia a montagem do lote de produtos para testes contando com 5 pessoas envolvidas num lead time de 7 dias e com um tempo de realização de atividades de 5 horas.

Os testes de laboratório seguem na sequência da montagem das amostras tomando o tempo de 2 pessoas e com duração de 15 a 60 dias dependendo dos requisitos definidos anteriormente. Retirando-se as esperas e transferências, considera-se um tempo de 1 a 45 dias para se realizar esses testes.

Feitos os testes, o time pode fechar as especificações do projeto. Essa é a informação técnica consolidada e final e considera o envolvimento de 6 pessoas por 2 dias. Sem as esperas e transferências essa etapa poderia chegar em 4 horas.

Como já está definido o teor técnico final do projeto, segue-se com as cotações finais e a alocação de CAPEX final. Essa etapa demanda 5 pessoas em 15 dias. Sem os desperdícios intrínsecos ao processo, essa etapa poderia levar 3 dias.

Figura 7: Fase de execução de projeto.



Autor: Elaborado pelo autor.

As premissas apontam que na validação do plano de testes, deve-se apenas alinhar o plano e não se criar novas necessidades. Deve-se também considerar a ajuda da área de montagem com a eleição de uma pessoa dedicada para fabricação das amostras. É necessário também aproximar as especificações de qualidade com o plano de testes.

Outro ponto discutido é que é necessário revisar todo o fluxo de alterações e documentações de desenhos e que o CAPEX já é um item pré aprovado, somente sendo necessária a validação.

O total de pessoas envolvidas nessa fase foi estimado em 26 pessoas e o lead time de 56 a 147 dias dependendo da complexidade e tamanho do projeto. Sem as transferências, esperas e retrabalhos, esse tempo pode ser de 8 a 58 dias.

3.2.3 Fase de Entrega de Projeto

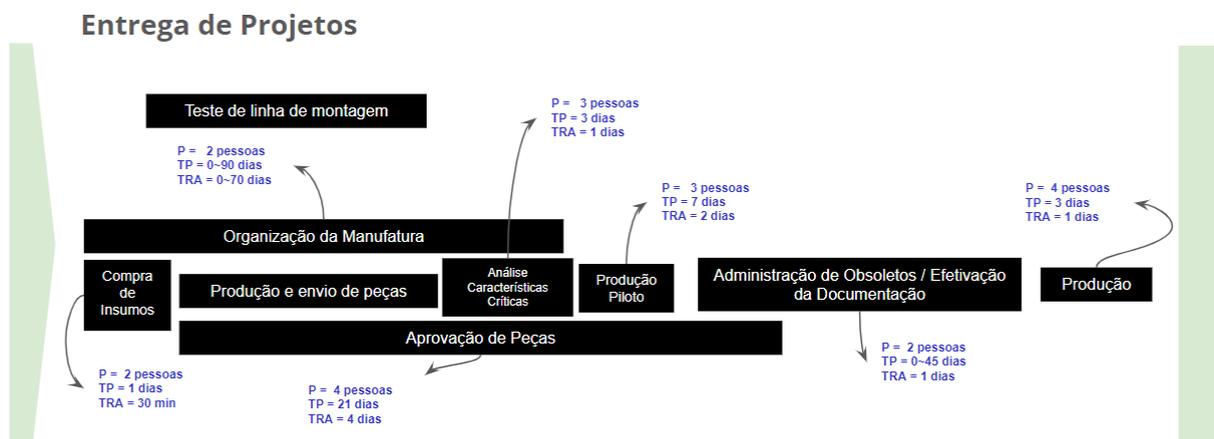
A fase de entrega de projeto mostrada na Figura 8 começa na compra de insumos e organização da manufatura para receber o novo projeto e termina no início da produção propriamente dita.

Essa fase tem a estimativa de envolver 18 pessoas e de tomar de 25 a 160 dias de tempo de projeto. Sem os desperdícios, essa etapa tomaria de 9 a 79 dias dependendo da complexidade e tamanho do projeto.

A organização da manufatura conta com duas pessoas e pode levar até 90 dias dependendo da complexidade. Essa organização pode ser desnecessária quando não há nenhuma alteração no processo de montagem ou mudança de peças e pode contar com 2 pessoas, uma pessoa do time de projeto e uma outra pessoa chamada de “pessoa-ponte”, que faz a comunicação com o restante do time de manufatura.

Juntamente com a organização da manufatura, é disparada a compra de insumos. Nessa fase, com o lead time e escopos claros, o volume de produção previsto é utilizado para entender o alcance das peças em processo atuais e estimar a chegada das peças novas ou alteradas. A compra de insumos conta com 2 pessoas envolvidas e leva 1 dia para ser feita, porém, a atividade em si leva 30 minutos na estimativa do grupo.

Figura 8: Fase de entrega do projeto.



Autor: Elaborado pelo autor.

Na sequência da compra de insumos, a produção isolada e envio de peças é autorizada a acontecer. Essa fase conta com a necessidade das preparações de manufatura e no paralelo acontecem as aprovações dessas peças. O processo de aprovação de peças busca garantir a qualidade e a entrega das peças planejadas, bem como suas montagens e embalagens. É um processo que conta com 4 pessoas e pode levar 21 dias. Dentro do processo de aprovação de peças existe a análise de características consideradas críticas que se estima em 7 dias com 3 das 4 pessoas envolvidas anteriormente. Como esse processo está dentro da aprovação das peças, não altera o lead time do projeto como um todo. Também dentro da aprovação se encontra um lote de produção preliminar chamado de “lote-piloto” cuja quantidade é calculada de acordo com o volume total de produção do produto em questão e da complexidade do projeto, podendo considerar até dois turnos completos de produção. Para se organizar essa fase, são alocadas 3 pessoas com 7 dias de lead time.

Um processo que não era considerado formalmente no estado atual é a administração de peças obsoletas, que são as peças que sobram da versão anterior ao projeto. Obviamente a meta para peças obsoletas é zero peças, mas nem sempre essa meta é atingida dadas as diferenças de lotes de compra e utilização. Juntamente com esse processo, que usa 2 pessoas, é feita a efetivação da documentação do projeto nos sistemas de gestão de projetos e de produção. Essas duas tarefas podem levar até 45 dias dependendo da quantidade de peças obsoletas que devem ser consumidas antes da nova produção começar.

Por fim, inicia-se a produção propriamente dita com o acompanhamento por 3 dias de 4 pessoas do time.

O grupo levantou a necessidade de rodar um próximo PDCA no processo de aprovação de peças e amostras dada a complexidade e lead time do mesmo. Também se estabeleceu como premissa a conscientização dos times das áreas de manufatura sobre a necessidade de acompanhamento frequente do projeto.

As propostas levantadas pelo grupo levam em conta Kolich et al. (2017) que enfatizam a maximização do valor entregue ao cliente, ao mesmo tempo em que minimiza desperdícios e reduz custos e tem como objetivo melhorar a eficiência e a eficácia dos processos produtivos, ao mesmo tempo em que promove uma cultura de melhoria envolvendo os funcionários em todos os níveis da organização.

Obviamente, a eliminação de todos os desperdícios num primeiro Kaizen não é atingida e ROTHER; SHOOK, 1999 entende que o objetivo deve ser constante em aumentar a eficiência, provendo assim, um fluxo de melhoria contínua.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como não se obteve um modelo completo para execução de projetos para redução de custos em produtos já em linha de produção, o estudo de caso realizado trouxe importantes contribuições para a discussão e para a proposta apresentada no Capítulo 4.

Algumas dessas contribuições foram a percepção do excesso de envolvimento de pessoas em todos os processos. Muitos processos poderiam ser otimizados em fluxos padronizados e conseqüentemente melhorados. A falta de padrões acaba não permitindo a melhoria contínua. Além disso, o excesso de transferências de informações pode trazer erros de entendimento das tarefas ocasionando retrabalhos, que por sua vez podem afetar a qualidade do produto em questão.

A garantia da qualidade do produto, apesar de não ser o foco do estudo, pode ser afetada pelos desperdícios observados e deve ser levada em consideração em estudos futuros.

A ausência de fluxos contínuos pode ser observada pelo excesso de reuniões que nada mais são, pontos de parada do fluxo, gerando esperas e retrabalhos.

A participação e envolvimento das pessoas é fundamental para o sucesso de qualquer projeto, mas esse envolvimento deve ser no sentido de aproveitar o potencial de cada um e a capacitação técnica adequada é notada como fator preponderante em todos os processos.

Outra contribuição relevante foi o entendimento da necessidade de uma análise crítica da quantidade e teor das informações requeridas por cada fase. Esse tipo de informação pode ser formatado em documentos formais, mas cada aplicação carregará suas particularidades gerando a necessidade de se estabelecer um fluxo contínuo em tarefas consideradas críticas, dando visibilidade e entendimento dos cronogramas e das tarefas;

A gestão da cadeia de fornecedores se mostrou crítica, assim como a definição correta e adequada do plano de testes.

4 PROPOSTA DE UM PROCESSO DE EXECUÇÃO DE PROJETOS DE REDUÇÃO DE CUSTOS COM ENFOQUE EM PRODUTOS INDUSTRIAIS EXISTENTES

O objetivo da proposta é fazer uso das melhores práticas observadas na bibliografia pesquisada no Capítulo 2 e dos aprendizados no estudo de caso relatado no Capítulo 3, conforme discriminado nos objetivos do item 1.1, de um modelo de processo de execução para projetos de redução de custos para produtos industriais já em linha de produção. O modelo discutido a seguir não abrange um método para desenvolvimentos de novos produtos e nem de geração de idéias de redução de custos e sim somente da execução das ideias já geradas anteriormente.

O raciocínio empregado passa pelos princípios entendidos por Khan e Qamar (2013) que defendem a necessidade de redesenhar produtos que já estão em produção para melhorar seu desempenho, reduzir custos e até atender a requisitos regulatórios que venham ser incluídos durante a vida útil dos produtos. Além disso, observa-se na indústria, através do estudo de caso, que variáveis de mercado com relação a suprimentos de matéria prima, qualidade e logística podem afetar os custos dos produtos e conseqüente margem de lucro, determinando assim maior foco em reduções garantindo assim a sobrevivência dos negócios frente às pressões de aumento de custos.

É fundamental que sejam entendidos, absorvidos e empregados os conceitos de mentalidade enxuta discutidos no item 2.2.

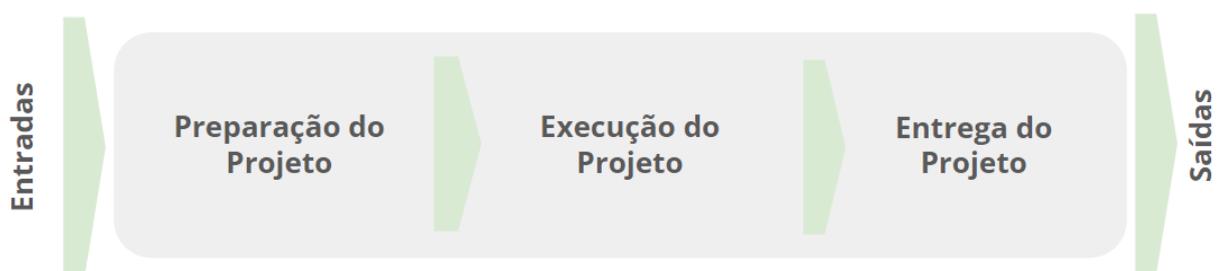
Como a maioria das empresas já conta com iniciativas de redução de custo, o caminho para uma proposta comum passa pelos princípios de mentalidade enxuta trazidos por Womack e Jones (2004). Os cinco princípios definidos como especificar valor do ponto de vista do cliente, identificar o fluxo de valor, estabelecer o fluxo contínuo, permitir que o cliente puxe o valor e buscar a perfeição, devem ser analisados e traduzidos num caminho de execução de projetos que esteja alinhado a esses princípios.

Começando com o princípio que estabelece a necessidade de deixar claro o valor para o cliente e entendendo que Porter (1985) sugere a identificação das atividades que adicionam valor ao produto e aquelas que não adicionam valor, entende-se que para o cliente final, um processo de redução de custo dentro da organização não agrega valor ao produto que se está adquirindo. Para o cliente, o

custo deve ser adequado e não há intenção de se pagar algo a mais por um produto somente pelo fato de que por trás disso há um processo, pessoas e investimentos que visam reduzir o custo dele. O produto já deveria ser lançado com o preço (e custo) adequado ao mercado. O cliente costumeiramente não leva em conta todas as intempéries do mercado que forçam um aumento de custo de qualquer produto na hora de pagar por ele, porém esse processo é necessário e deve ser feito. Os princípios de Kolich et al. (2017) considerados na análise, buscam a maximização do valor entregue ao cliente, ao mesmo tempo em que se minimize desperdícios e se reduz custos e têm como objetivo melhorar a eficiência e a eficácia dos processos produtivos, ao mesmo tempo em que promove uma cultura de melhoria contínua e envolvimento dos funcionários em todos os níveis da organização.

Sugerindo-se que no ambiente de redução de custos, o valor no ponto de vista de um cliente hipotético seria a resultado de redução de custo, o fluxo desse valor começaria no recebimento do portfólio de projetos existente, passaria pela execução e terminaria com a entrega do projeto gerando a redução esperada. Esse fluxo, já adotado no estudo de caso, pode ser observado de forma genérica na Figura 9.

Figura 9: Fluxo de Projetos de Redução de Custos de Produtos



Autor: Elaborado pelo autor.

Cohen e Aldrich (2009) e Bitencourt e Bonfim (2013) quando se referem a gerenciamento de projetos enxutos, defendem a simplificação de processos, o uso de tecnologia, a otimização do fluxo de trabalho, a redução de desperdícios em conjunto com a eliminação de atividades que não agregam valor.

Em conjunto com a análise de especialistas no estudo de caso e visando a eliminação do desperdício de barreiras de continuidade de trabalho na visão de Pessoa et al. (2017), buscou-se propor um modelo que se gerasse especialistas em

cada etapa do fluxo, diminuindo barreiras de conhecimento, barreiras estruturais e mudanças de responsáveis.

No estudo de caso percebeu-se a transferência de informação entre 124 pessoas nos casos de projetos mais simples e de 141 pessoas nos casos de projetos mais complexos. Essa quantidade de transferências pode gerar muitos dos desperdícios listados por Pessôa et al. (2017) no Quadro 3. Com a redução dessas transferências, a redução desses desperdícios será consequente.

A primeira fase desse fluxo contínuo é a Preparação do Projeto e como entrada dessa fase, a proposta é que todos os projetos sejam escolhidos por processos internos de criação de portfólio de projetos. Para se gerar esses projetos a equipe de engenharia pode seguir os passos da Engenharia de Valor descrita no item 2.4 e desdobrada por Chan et al. (2018) e a atualização do QFD sugerida por SHILLITO et al.(1992). O processo comparativo com concorrentes, as avaliações de laboratório e o envolvimento de equipes multifuncionais de Ayoubi, Abdolshah e Fallah (2018) ajudam nesse processo. É importante considerar também o Target Costing, descrito no item 2.3 e salientado por Bragg et al. (2010) e a pesquisa de mercado e estudos de margem trazidos por Cooper, R. & Slagmulder, R. (1999).

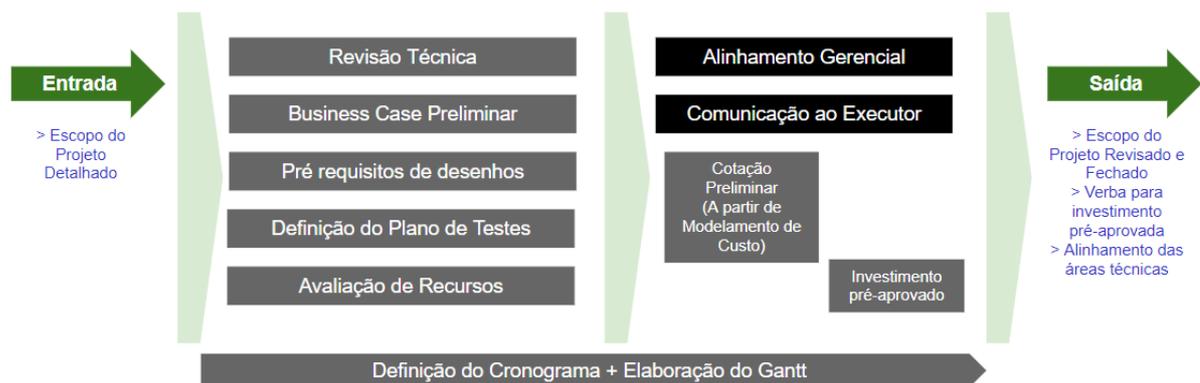
A premissa mais importante é que esse repositório de projetos seja composto por projetos cujo escopo seja claro e com informações suficientes ao tipo de negócio e ciclo de execução de projetos (Sathish e Vijayan,2020). Como sugerido no estudo de caso, esse escopo deve conter a informação sobre o tipo de projeto sugerido que pode ser projeto de modificação de matéria prima, eliminação ou substituição de componente, oportunidade de negociação de estratégia de preço, necessidades de mercado e fornecedores, melhoria de qualidade com redução de custo, entre outros. Deve-se deixar claro as unidades fabris envolvidas e os módulos envolvidos. Da mesma forma sugere-se deixar claro quais subsistemas serão afetados pela proposta no produto. Também é importante detalhar de forma clara em forma de texto a descrição do escopo do projeto. Ainda como dado de entrada, o time deve receber os códigos das peças envolvidas, a lista de testes necessários e outros documentos que se fazem necessários para a boa interpretação e elaboração do escopo do projeto.

Com os dados de entrada estabelecidos, inicia-se então a primeira fase que é a Preparação do Projeto ilustrada na Figura 10.

O objetivo dessa fase é gerar todo o material informativo, técnico e todas as negociações com os demais times referentes ao projeto em questão.

Sugere-se que se crie uma cultura de especialização em cada fase, isto é, formação de um especialista em preparação de projetos. Somente depois de todos os passos para preparação, esse projeto poderia ser repassado à fase seguinte que é a execução de projetos.

Figura 10 - Fase de Preparação do Projeto



Autor: Elaborado pelo autor.

Dentro dessa fase sugere-se contemplar a revisão técnica do projeto recebido. Essa revisão precisa ser resultado do envolvimento das pessoas especialistas em cada área de aplicação, como engenharia, logística, suprimentos, marketing e manufatura. Pode-se criar um fluxo interno para essa revisão gerando padrões que podem ser melhorados a cada novo ciclo de revisões. Nessa tarefa também podem-se incluir os primeiros indicadores de desempenho pré-definidos pela organização sempre observando que deve-se monitorar o suficiente e não excessivamente, as análises de cenários e os possíveis impactos de risco recomendados por Tan, Kannan e Handfield (2019).

É imprescindível nessa fase a elaboração de um primeiro business case, descrito no item 2.5, mostrando para a empresa que o projeto é viável financeiramente. Nesse primeiro levantamento, as informações ainda são estimadas, mas já se pode entender os impactos do projeto. Como princípio de mentalidade enxuta, é necessário o consenso sobre um padrão interno de documento de business case com foco em informações necessárias e que venham prontamente da equipe que está conduzindo a análise evitando esperas e envolvimento desnecessários. Como aprendizado do estudo de caso, é recomendado gerar bibliotecas de estimativas de custos para confecção e modificação de ferramentas e equipamentos, pessoas e lead time. Desta forma a equipe apenas usa essas informações no business case preliminar e pode haver uma revisão periódica da biblioteca através de um grupo de melhoria contínua.

Para um completo entendimento da alocação de recursos necessários na fase de preparação, uma lista de pré-requisitos de alterações de desenhos e projetos, a definição do plano de testes e a avaliação de todos os outros recursos se faz necessária. Nessa fase é importante somar ao escopo todos os desenvolvimentos possíveis utilizando-se do Lean Six Sigma, conforme Panizzolo (2017), que visam empregar conhecimento dos fatores que afetam a mudança proposta bem como todas as iterações entre eles. O emprego de testes acelerados de engenharia e de prototipagem rápida também deve ser considerado nessa etapa.

O alinhamento das frentes de gestão de todas as áreas envolvidas nessa fase é recomendado por Hahn e Hill (2013), a participação ativa dos funcionários é essencial, visto que a resistência à mudança, falta de recursos, dificuldades na obtenção de dados confiáveis para análise e problemas de comunicação podem afetar todo o planejamento feito nessa fase caso não haja uma abordagem sistemática baseada em dados, o envolvimento dos funcionários e o treinamento e suporte adequados das equipes. Nesse processo de alinhamento, assim como em todos os outros, o aprendizado do estudo de caso e a observação dos desperdícios de Pessoa et al. (2017) mostram que fontes de desperdícios estão ligadas a problemas de comunicação em alto grau, o que gera a necessidade de se criar um processo de comunicação eficaz, rápido, padronizado e sem barreiras.

Quando todos os inputs necessários a essa fase estão alinhados, é momento de se comunicar ao executor do projeto seu novo escopo, isto é, a pessoa e a equipe responsável pela próxima fase, que é a execução do projeto, deve receber todas as informações em padrões previamente estabelecidos. Esses padrões devem ser elaborados pelas equipes envolvidas e pode-se utilizar-se do Lean Office como ferramenta para se gerar esses padrões conforme Cohen e Aldrich (2009) e Bitencourt e Bonfim (2013).

Vahdati e Tavakkoli-Moghaddam (2019) entendem que a gestão da cadeia de suprimentos é necessária e nessa fase recomenda-se a cotação preliminar das novas peças envolvidas, das máquinas compradas e alteradas e das modificações fabris, além de todos os custos envolvendo o desenvolvimento. Novamente, deve-se criar padrões e bibliotecas prévias para essas ações com o objetivo de padronizar e agilizar o processo. Além disso, os padrões podem ser constantemente revistos, atualizados e melhorados conforme Ayoubi, Abdolshah e Fallah (2018). Esses padrões sempre estarão internos à organização contanto com as particularidades de cada empresa, não fazendo sentido propô-los nesse estudo. Uma boa prática é a modelagem prévia de custos, conforme Yang et al. (2019), onde cada peça, processo ou insumo pode ser estimado baseando-se nos custos e processos similares já inseridos em uma biblioteca. Para a alocação de investimentos (CAPEX), é fundamental, conforme o estudo de caso, que haja um repositório de verba alocada para as reduções de custo já pré-aprovadas. Isso vai dar agilidade ao processo bastando apenas, a avaliação no final do projeto.

A fase de preparação do projeto também é a fase em que os cronogramas são criados. Percebeu-se no estudo de caso, alguns desperdícios em relação a essa tarefa quando as equipes de projeto não tem padrões de templates de cronograma e tempos padrões de cada tarefa. Percebeu-se também alguns desperdícios com atividades pequenas constantes do cronograma que são de difícil atualização. Essa falta de atualização pode corromper a veracidade do cronograma e tem-se aqui duas opções: alocar um recurso específico para cuidar dos cronogramas ou deixá-los de forma macro suficiente que não prejudique a organização e entrega do projeto e que possibilite sua atualização rápida pelo próprio líder do projeto. Essa segunda opção se mostra mais viável conforme o estudo de caso.

As saídas da primeira fase devem ser o escopo do projeto definido, o CAPEX pré-aprovado e todos os alimentos das áreas envolvidas realizados. Com isso a equipe de execução de projetos, que é a fase seguinte, pode começar sua jornada.

A Figura 11 ilustra a segunda fase. Esse estudo sugere que haja uma equipe distinta para cada fase gerando mais e mais especializações nas tarefas. Em casos de empresas menores, pode-se utilizar a mesma equipe para mais de uma fase, desde que sejam claras as interfaces de cada fase.

Figura 11 - Fase de Execução do Projeto



Autor: Elaborado pelo autor.

A segunda fase é coberta por reuniões funcionais e por um processo de comunicação multifuncional. As reuniões funcionais podem ou não ser evidenciadas por momentos específicos de reuniões de forma que não se construa aqui uma obrigatoriedade dos encontros. O foco sempre deve ser no fluxo contínuo das tarefas e no valor agregado que cada evento traz ao projeto como um todo.

A validação do plano de testes deve ser rápida e eficaz. Não se pretende gastar muito tempo aqui, visto que já foi um escopo da primeira fase. Usa-se esse momento para algumas revisões somente nas partes do projeto que sofreram modificações desde a última fase, seja por questões técnicas, de fornecimento de insumos ou de mudanças de escopos. Deve-se ter um alinhamento consistente de que mudanças de escopos devem ser conduzidas na primeira fase. A segunda fase realmente deve ser dedicada à execução do projeto para que haja velocidade e assertividade.

Sempre que há necessidade de construção de amostras e protótipos para testes, os mesmos devem ser fabricados de forma que representem a realidade a ser testada tanto em termos de materiais como de processos. Recomenda-se o uso de prototipagem rápida para construções de peças e no caso de amostras fornecidas por fornecedores externos, sugere-se que essa requisição seja feita ainda na primeira fase para que não interfira no lead time da segunda fase. A montagem do lote de testes deve respeitar as variáveis oriundas do processo de montagem padrão ou essa diferença deve ser considerada na avaliação dos resultados de testes.

Para a execução dos testes em si, recomenda-se utilização das opções de testes aceleradas que cada tecnologia dispõe. Algumas empresas desenvolvem os próprios testes e essa opção de acelerar os testes colabora em alto grau para redução de lead time do projeto como um todo.

Uma grande fonte de desperdícios verificada no estudo de caso é a falta de padrão que gera morosidade em gerar relatórios, documentos de aprovação e especificações técnicas. A saída aqui passa pelo mesmo princípio elencado anteriormente: criar padrões e melhorá-los com um fluxo de melhoria contínua.

Com as especificações concluídas e os documentos de aprovação assinados, deve-se gerar as cotações finais com os fornecedores e consegue-se comunicar aos stakeholders o montante real de CAPEX a ser utilizado, entregando o projeto para a terceira fase, ou para o terceiro grupo de condução do projeto conforme o tamanho da empresa.

A terceira fase, que tem como saídas os produtos fabricados aprovados para venda em estoque e o consequente reporte dos resultados de custos nos fechamentos financeiros da empresa, conta com etapas que envolvem temas de inclusão das modificações na planta fabril. Caso haja necessidades de testes na linha de montagem, devem ser planejados ainda na primeira etapa e considerados no cronograma geral do projeto. Nesta fase o envolvimento de pessoas ligadas aos processos fabris é crucial. É nessa fase que a manufatura é organizada para receber as modificações. Aqui o processo de comunicação novamente deve ser cuidadoso e claro. Também nessa fase têm-se as especificações finais e oficiais para que se comprem os insumos para produção. Deve-se tomar cuidado com o lead time desses insumos que podem impactar tanto na entrega final, como na análise das características críticas das peças. Um fato que se observa no estudo de caso é que

há muitas aprovações de peças em situação condicional, isto é, assume-se que as peças chegarão conforme a especificação e é aprovada a compra dos insumos por conta de que o lead time final do projeto não seja afetado. Após a chegada das peças, o processo de verificação das características críticas é feito e as aprovações são retroalimentadas e finalmente aprovadas.

Resta aqui o processo de início de produção propriamente dito e a administração das peças antigas que são comumente chamadas de estoque obsoleto. Quanto menor for esse estoque obsoleto, melhor foi a gestão de cronograma do projeto e menor o prejuízo com o descarte dessas peças.

Com essas três fases cobertas, entende-se que a proposta de um fluxo contínuo, usando melhoria contínua, focado no valor agregado ao cliente final e com o envolvimento constante das pessoas, tem-se um modelo de processo de execução de projetos de redução de custos com enfoque em produtos industriais existentes.

4.1 AVALIAÇÃO DO MODELO

A avaliação do modelo tem como objetivo identificar seu potencial de uso em projetos de redução de custos bem como identificar oportunidades de melhoria. A proposta dará em duas etapas:

Etapa 1: Workshop para apresentação para pessoas que trabalham com desenvolvimento de projetos em uma empresa multinacional do ramo eletromecânico.

Etapa 2: Aplicação de um questionário de avaliação para os profissionais que participaram do estudo de caso relatado no Capítulo 3 e do workshop, gerando feedback e principais impressões.

4.1.1 Critérios e Questionário de Avaliação

A avaliação da proposta busca verificar o atendimento das necessidades dos profissionais das áreas de projeto que trabalham em projetos de redução de custo de produtos em linha de produção. Além disso, a proposta foi avaliada considerando aspectos de forma, clareza, completude e outros. O primeiro conjunto de critérios

para esta avaliação corresponde às diretrizes do modelo de sistemática proposto, o que inclui também o estudo de caso do capítulo 3. A partir destas diretrizes, descritas na Tabela 2, foram geradas questões para serem respondidas pelos avaliadores.

Tabela 2: Critérios e questões da proposta do modelo de redução de custos de produtos existentes.

Diretriz	Descrição	Questões de Avaliação
1	Fazer uso das melhores práticas observadas tanto na literatura como no estudo de caso.	O modelo proposto faz uso das melhores práticas observadas na bibliografia pesquisada no Capítulo 2 e dos aprendizados no estudo de caso relatado no Capítulo 3?
2	Reduzir os desperdícios mais relevantes na execução de projetos de redução de custo de produtos	O modelo proposto ajuda a evitar os desperdícios mais comuns encontrados nos projetos de redução de custo de produtos?
3	Garantir a execução dos projetos de redução de custo com <i>lead time</i> adequado aos requisitos de negócio da empresa	O modelo proposto garante a execução dos projetos de redução de custo num <i>lead time</i> adequado para esse tipo de projeto?

Autor: Elaborado pelo autor.

Para se entender se a proposta pode ser enquadrada como um modelo de referência, a mesma foi avaliada com por um conjunto de critérios provenientes da literatura. A Tabela 3 mostra esses critérios e as respectivas questões de avaliação, resultantes do estudo dos trabalhos de Inthamoussu (2015).

Tabela 3: Critérios de avaliação da proposta de redução de custos de produtos existentes.

Critérios de Aplicação	
Aplicabilidade	A proposta se aplica às necessidades da realidade empresarial que você conhece com relação a execução de projetos de redução de custo de produtos?
Critérios de Representação	
Clareza gráfica	A representação gráfica dessa proposta apresenta de forma clara e amigável as fases e atividades?
Rigor da representação	A representação gráfica dessa proposta apresenta de forma objetiva fases e atividades de forma a não haver redundância?
Critérios de Conteúdo	
Completeza	A proposta contém toda a informação necessária para realizar a integração das áreas afetadas no projeto?
Robustez	A proposta pode ser usada para variados tipos de produtos?
Reusabilidade	A estrutura da proposta pode ser adaptada para uso em outros tipos de negócio ?
Eficiência Econômica	A execução da proposta, mantendo a qualidade de execução adequada, é enxuta em termos de recursos e tempo, de modo a manter uma relação custo versus benefício viável?

Autor: Adaptado de Inthamoussu (2015).

Baseado nos dois conjuntos de critérios, foi elaborado um questionário de avaliação, composto pelas seções:

- Caracterização do entrevistado
- Avaliação do atendimento às diretrizes do modelo proposto por meio de um questionário

- Avaliação do modelo por intermédio de um questionário
- Comentários e sugestões.

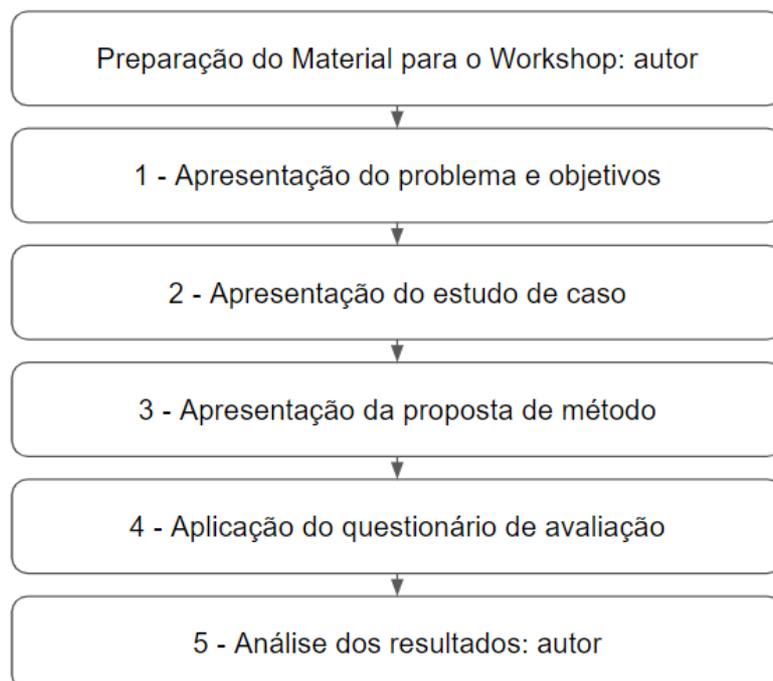
4.1.2 Workshop

A seguir será descrita a primeira avaliação realizada, em formato de workshop, além dos resultados decorrentes da mesma.

4.1.2.1 Procedimentos de Avaliação

Para a avaliação da proposta, realizou-se um workshop com um time multifuncional que trabalha com projetos de desenvolvimento de produtos e de redução de custos composto por 12 participantes. A duração foi de três horas e a sequência foi organizada conforme a Figura 12.

Figura 12: Procedimento de avaliação



Fonte: Elaborado pelo autor

A primeira etapa do workshop consistiu em apresentar aos convidados o tema do estudo, os problemas e os objetivos. Na sequência, apresentou-se o estudo de caso realizado e a proposta de método gerada. Com isso, se aplicou o questionário para avaliação como exercício final.

4.1.2.2 Caracterização dos Entrevistados

O conjunto consistiu em 12 profissionais que trabalham na área de desenvolvimento de produtos de uma multinacional do setor eletromecânico com mais de 80.000 funcionários ao redor do mundo. Suas experiências multifuncionais contribuem para melhorar a eficiência na avaliação. A Tabela 4 faz uma apresentação destes perfis para uma melhor caracterização.

Tabela 4: Caracterização dos participantes.

(continua)

Participante	Experiência (anos)	Função na Empresa	Área Funcional	Áreas de Conhecimento
1	3	Engenheiro Sênior	Organização Global de Desenv de Produtos	Liderança de Projetos de Redução de Custos
2	2	Engenheiro	Manufatura	Processos de fabricação linhas de montagem
3	7	Gerente de Projetos	Organização Global de Desenv de Produtos	Gerenciamento de projetos
4	1	Engenheiro	Organização Global de Desenv de Produtos	Liderança de Projetos de Redução de Custos
5	9	Engenheiro Sênior	Manufatura	Liderança de Projetos de Redução de Custos

6	14	Gerente de Projetos	Organização Global de Desenv de Produtos	Gerenciamento de investimentos em projetos
7	5	Especialista de Subistema	Organização Global de Desenv de Produtos	Especialista em subsistemas de produtos
8	7	Engenheiro Sênior	Qualidade	Gestão da Qualidade de Produtos em Projetos
9	12	Especialista de Subistema	Organização Global de Desenv de Produtos	Especialista em subsistemas de produtos
10	9	Engenheiro Sênior	Qualidade	Gestão da Qualidade de Produtos em Projetos
11	21	Especialista de Subistema	Organização Global de Desenv de Produtos	Especialista em subsistemas de produtos
12	17	Gerente de Projetos	Manufatura	Processos de fabricação linhas de montagem

Autor: Elaborado pelo autor (2023).

4.1.2.3 Análise dos Resultados

Os resultados foram analisados segundo os fatores abaixo:

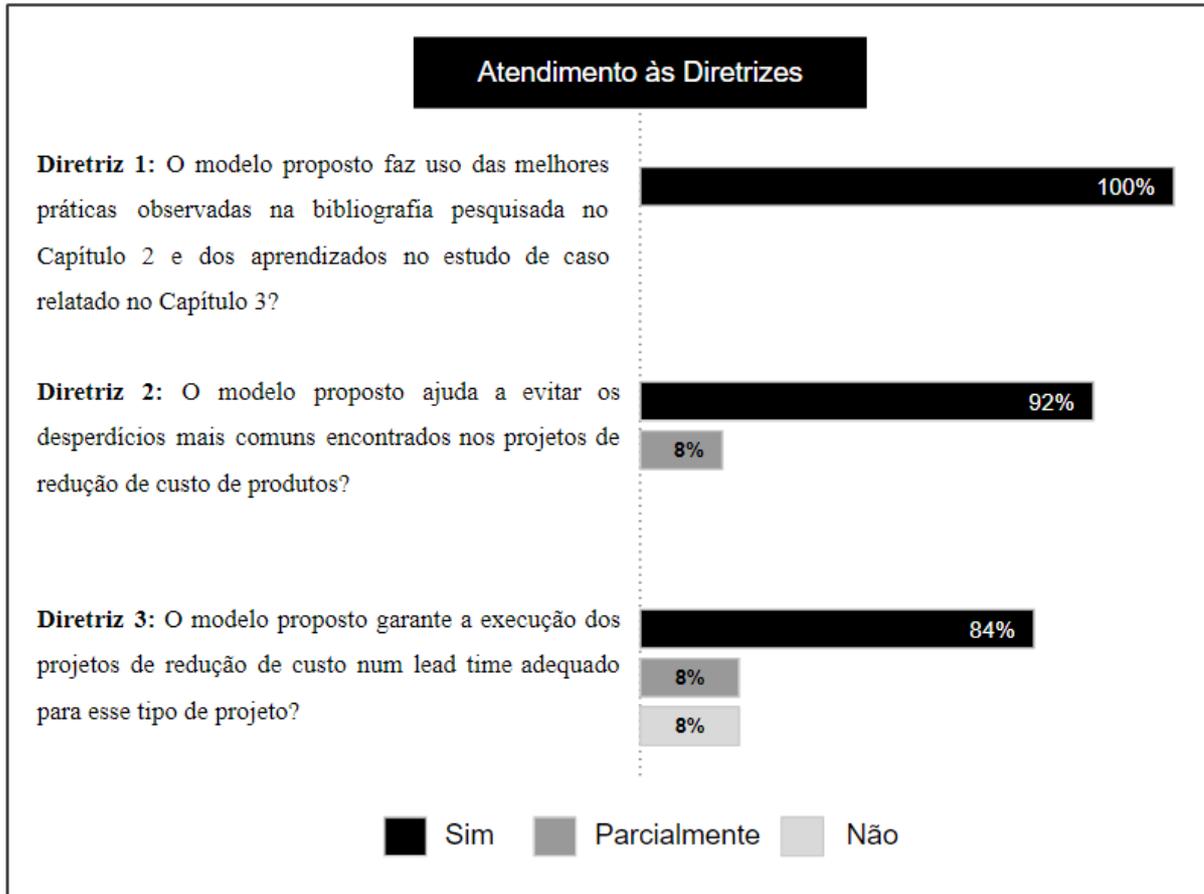
- Avaliação do atendimento às diretrizes do modelo proposto;
- Avaliação do modelo por intermédio de um questionário.

4.1.2.4 Avaliação do atendimento às diretrizes do modelo proposto

Para avaliar se a proposta atende as diretrizes listadas na Tabela 2, os participantes do workshop responderam a questões referentes a essa avaliação. As

opções de respostas foram “Sim” (atende à diretriz), “Parcialmente” (atende parcialmente) ou “Não” (não atende). A Figura 13 mostra os resultados obtidos

Figura 13: Avaliação do atendimento das diretrizes.



Autor: Elaborado pelo autor (2023).

Todos os participantes concordam com a Diretriz 1 que alinha que o modelo proposto faz uso das melhores práticas observadas tanto na literatura como no estudo de caso. Para a Diretriz 2, 92% das respostas mostram que os participantes concordam que o modelo proposto ajuda a evitar os desperdícios mais comuns em projetos de redução de custos e 8% salientam que essa diretriz é atendida parcialmente. O comentário que suporta essa escolha diz respeito à necessidade de envolvimento e detalhamento mais preciso das áreas responsáveis pela qualidade dos produtos.

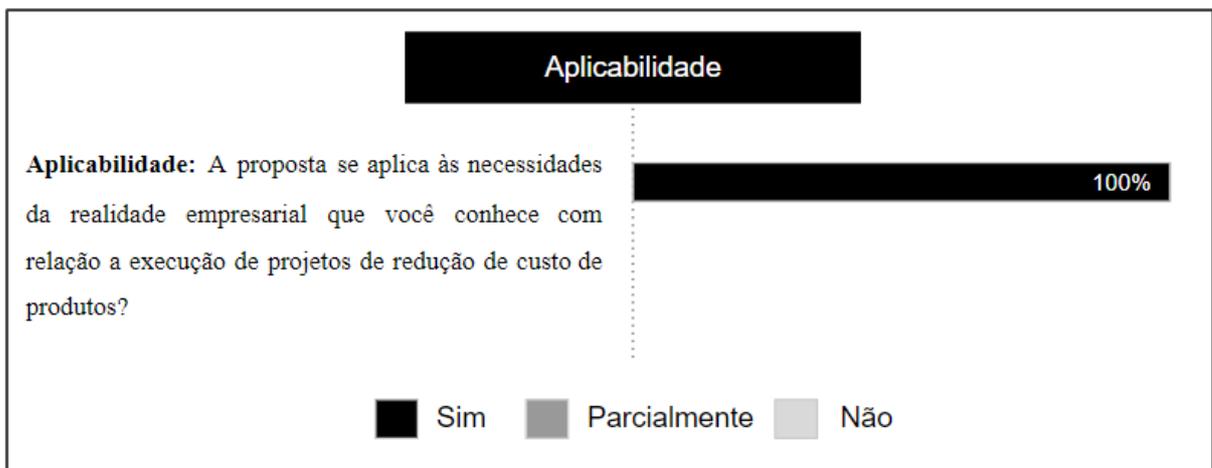
Para a Diretriz 3, 84% das pessoas concordam que o modelo proposto garante a execução dos projetos de redução de custos num lead time adequado,

8% acham que atende parcialmente e 8% acham que não atende. Em ambos os casos, os comentários orientam a um estudo mais abrangente, diversificando o tipo de produto e os tamanhos de empresas diferentes para se entender plenamente o nível de colaboração da proposta.

4.1.2.5 Avaliação da aplicabilidade do modelo proposto

Para avaliar se a proposta se aplica às necessidades da realidade empresarial de conhecimento do entrevistado, os participantes do workshop responderam a questões referentes a essa avaliação. As opções de respostas foram “Sim” (se aplica), “Parcialmente” (se aplica parcialmente) ou “Não” (não se aplica). A Figura 14 mostra os resultados obtidos.

Figura 14: Avaliação da aplicabilidade do modelo proposto.



Autor: Elaborado pelo autor (2023).

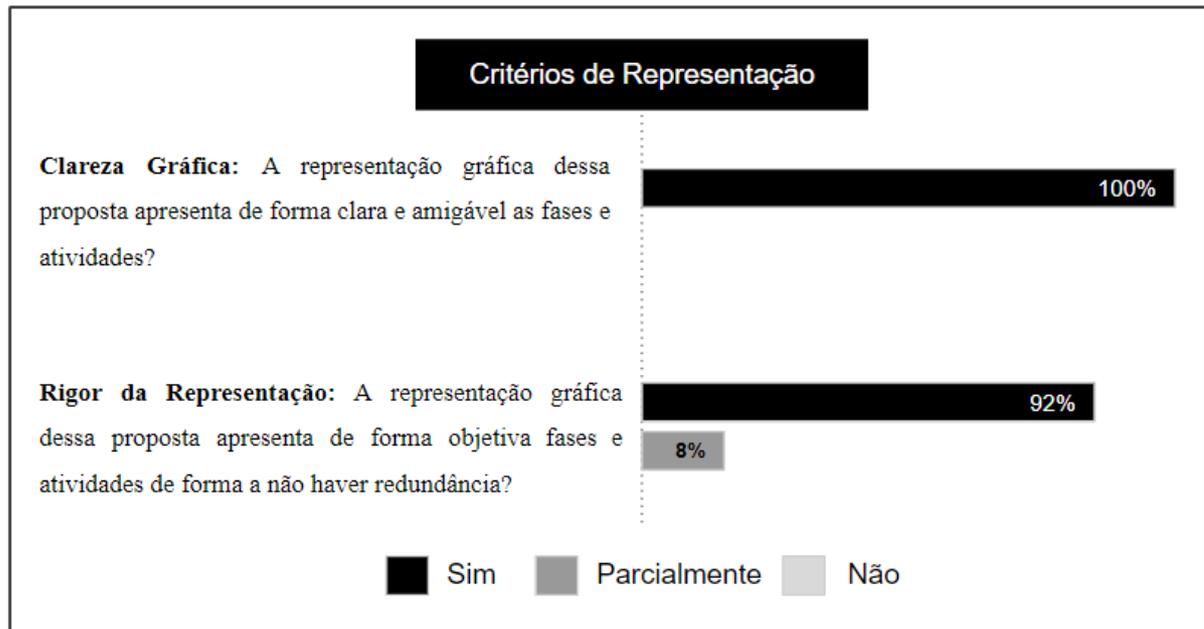
Com base nesse resultado, observa-se que todos os entrevistados acreditam que o modelo proposto se aplica às necessidades da realidade empresarial que estão envolvidos ou que têm conhecimento.

4.1.2.6 Avaliação dos critérios de representação

Para avaliar se a proposta atende aos critérios de representação listados na Tabela 3, os participantes do workshop responderam a questões referentes a essa

avaliação. As opções de respostas foram “Sim” (se aplica), “Parcialmente” (se aplica parcialmente) ou “Não” (não se aplica). A Figura 15 mostra os resultados obtidos.

Figura 15: Avaliação dos critérios de representação



Autor: Elaborado pelo autor (2023).

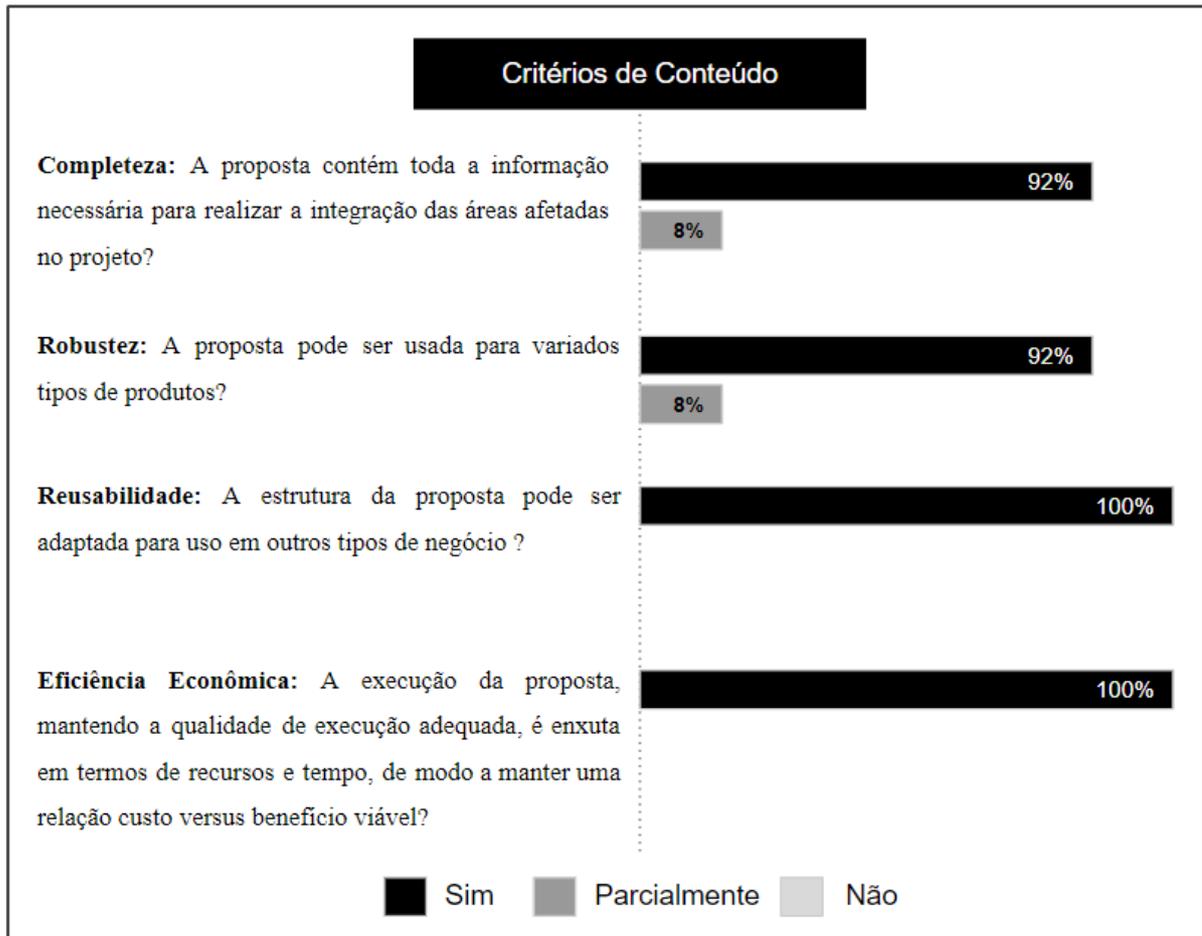
Como resultado dessa avaliação, observou-se que 100% dos entrevistados entenderam que a representação gráfica dessa proposta apresenta de forma clara e amigável as fases e atividades. Com relação ao rigor da representação, 92% concordam que sim, a representação gráfica dessa proposta apresenta de forma objetiva fases e atividades de forma a não haver redundância. Nesse item, 8% entendem que o rigor da representação é parcialmente atingido e essa resposta segue com o comentário que sugere um melhor detalhamento da terceira fase do proposta, a Entrega do Projeto.

4.1.2.7 Avaliação dos critérios de conteúdo

Para avaliar se a proposta atende aos critérios de conteúdo listados na Tabela 3, os participantes do workshop responderam a questões referentes a essa

avaliação. As opções de respostas foram “Sim” (se aplica), “Parcialmente” (se aplica parcialmente) ou “Não” (não se aplica). A Figura 16 mostra os resultados obtidos.

Figura 16: Avaliação dos critérios de conteúdo



Autor: Elaborado pelo autor (2023).

Como resultado dessa avaliação, observou-se que 100% dos entrevistados entenderam que a estrutura proposta pode ser adaptada para uso em outros tipos de negócio e da mesma forma, concordam que a execução da proposta, mantendo a qualidade de execução adequada, é enxuta em termos de recursos e tempo, de modo a manter uma relação custo versus benefício viável.

Com relação à completeza, 92% acreditam que a proposta contém toda a informação necessária para realizar a integração das áreas afetadas no projeto e 8% sugerem que se atende parcialmente esse critério deixando claro nos comentários que existiria uma lacuna para se entender nos próximos trabalhos com relação a tratativa da qualidade de produtos.

No quesito robustez, 8% acreditam que a proposta pode ser usada parcialmente para variados tipos de produtos. Nos comentários, observa-se uma sugestão de expandir os estudos de casos para se entender essa robustez. Os outros 92% concordam que sim, a proposta do modelo pode ser usada para variados tipos de produtos.

4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado geral mostra que a proposta de modelo atendeu de maneira satisfatória a todas as 3 diretrizes listadas na Tabela 2 e a todos os 7 critérios listados na Tabela 3.

De maneira geral, percebeu-se uma preocupação com relação à tratativa de qualidade de produtos sempre se propõe reduzir custos e, por se tratar de um grupo específico de um ramo de negócios, sugeriu-se ampliar o estudo para outros ramos de negócios.

5 CONCLUSÃO

Com o foco em produtos industriais existentes, o estudo analisa e propõe um método para execução desses projetos, porém não trata do desenvolvimentos de novos produtos, da geração de idéias de redução de custos e das tratativas da qualidade durante a execução das ideias já geradas por processos prévios dentro de cada organização.

Um dos primeiros objetivos específicos gerou a busca do estado da arte de processos de redução de custos em produtos industriais que já estejam em linha de produção e nesta revisão bibliográfica foram localizados vários conceitos e sugestões de melhores práticas para execução de projetos, porém, não se obteve um conceito focado em processo de execução de projetos de redução de custos com enfoque em produtos industriais existentes.

Como em várias outras aplicações, os conceitos de mentalidade enxuta foram fortemente indicados para execução de projetos além do uso de *Design to Cost* para que se tenha uma diretriz adequada de onde se deve chegar em termos de projetos de redução de custo. Não se pode desconsiderar as recomendações do PMBOK (2017) como guia de projetos, mas o que se observou foram formas e métodos próprios alinhados a cada ramo de negócios.

Um outro objetivo foi a identificação de quais são os principais desperdícios de um processo de redução de custos de produtos em linha de produção em ambiente industrial e notou-se que os desperdícios de esperas por reuniões de definição e de transferências de informação entre pessoas nas etapas de comunicação se mostraram bastante relevantes. A falta de experiência dos profissionais também pode ser listada como uma grande fonte de desperdícios gerando falta de continuidade de tarefas e problemas de visibilidade e entendimento dos cronogramas e das tarefas ali discriminadas, além do excesso de documentação e formulários solicitados pelas áreas. O desenvolvimento de pessoas chaves nesse processo, como por exemplo, o líder de custo pode ser um tema relevante para estudos futuros, visto que esse profissional é fundamental para integrar todas as atividades, pessoas e sistemas envolvidos.

O envolvimento da cadeia de fornecedores de forma completa é um ponto de atenção dadas as demoras dos processos de cotações e respostas, além dos tempos de preparação de amostras e da preparação dos planos de testes.

Quando há a necessidade de investimento (CAPEX) no projeto, existem algumas fontes de desperdícios que tornam o lead time maior que o esperado, principalmente por esperas por relatórios e reuniões de aprovação.

De forma macro, todos esses desperdícios impactam na execução e lead time dos projetos, impactando o fluxo de caixa proposto e alterando o business case.

Com o objetivo de propor um modelo genérico que sirva de base para execução de projetos ágeis para redução de custo de produtos que já estão em produção de forma robusta foi elaborada a proposta do Capítulo 4 que abrange três etapas: a fase de preparação de projetos, a fase de execução e a fase de entregas. Com essas três fases cobertas, entende-se que a proposta de um fluxo contínuo, usando melhoria contínua, focado no valor agregado ao cliente final e com o envolvimento constante das pessoas, tem-se um modelo de processo de execução de projetos de redução de custos com enfoque em produtos industriais existentes.

Uma primeira avaliação do processo sugerido foi realizada no estudo de caso que, com as ações de reestruturação e melhoria, obteve-se a melhora de 3 vezes no tempo de execução de um projeto, isto é, para projetos menos complexos, a eliminação de desperdícios trouxe um tempo de execução 3 vezes menor que o processo anterior. Para projetos mais complexos, a estimativa do time de especialistas envolvidos no estudo foi de uma melhora substancial de 5 vezes. Essa estimativa não foi validada neste estudo por se tratar de um lead time superior a 1 ano. Cabe aqui a proposta para estudos futuros de utilizar esse método em projetos de maior lead time, em outros ramos e tamanhos de negócios e se possível colaborar com outros aprendizados não capturados no estudo aqui apresentado.

Como os tipos de necessidades variam de negócio para negócio, houveram as limitações citadas no item 1.4 do trabalho e como propostas para próximos estudos, além da diversificação do tipo de negócio para o emprego da proposta, diversificar o tamanho da empresa e abranger diferentes etapas da execução de projetos, como o processo de criação das idéias, de benchmarking de produtos e de estratégia de posicionamento de custos, visto que uma premissa da proposta é a entrada de projetos já com escopo definido e claro. Além disso, como resultado da avaliação feita por especialistas, percebeu-se a necessidade de expandir os estudos para outros tipos de negócios e se entender o impacto na qualidade dos produtos gerada por projetos de redução de custos.

REFERÊNCIAS

ANDRONICEANU, A.; SEITAN, V. **Cost Reduction in Manufacturing Companies.** *Procedia Economics and Finance*, v. 39, p. 247-252, 2016. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(16\)30327-7](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)30327-7). Acesso em: 21 fev. 2023

AYOUBI, R., ABDOLSHAH, M., & FALLAH, M. **A comprehensive review of cost reduction strategies in manufacturing companies.** *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(4), 656-683, 2018.

AYOUBI, Rouhollah; ABDOLSHAH, Mohsen; FALLAH, Mohammad Ali. **A comprehensive review on cost reduction strategies in manufacturing companies.** *Journal of Cleaner Production*, v. 172, p. 4504-4522, 2018.

SATHISH, K., & VIJAYAN, S. **A systematic literature review of cost reduction projects implementation in manufacturing organizations.** *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(6), 1299-1331, 2020.

BALDWIN, A. N., & RASMUSSEN, K. **The role of Lean in project management.** *International Journal of Project Management*, 25(3), 289-296, 2017.

BAUCH, Christoph. **Lean Product Development: making waste transparent.** 140 f. Tese (Doutorado) - Curso de Product Development, Massachusetts Institute Of Technology, Cambridge, 2004.

BITENCOURT, D. D. S., & BONFIM, R. A. **Lean Project Management: the application of lean principles in project management.** *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2(12), 2696-2702, 2013.

BRAGG, Seven M *et al.* Steven M., **Cost Reduction Analysis: tools and strategies.** New Jersey: John Wiley & Sons Inc, 2010. 416 p.

BUTT, J., & JEDI, S. **Redesign of an In-Market Conveyor System for Manufacturing Cost Reduction and Design Efficiency Using DFMA Methodology.** *Designs*, 4(1), 6, 2020.

CAVALCANTE, C. A., LIMA, R. S., & SANTIAGO JÚNIOR, W. **Project management approach for cost reduction in manufacturing companies**. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, 5(10), 9-14, 2018.

CHAN, K.Y. ; KUTHAT, S. ; WONG, W.P. **Value analysis for cost reduction in an automotive company: a case study**. Journal of engineering design, Vol.29 (7-8), p.416-435, 2018.

CHEN, W., GAO, X., YANG, L., & XU, L. **Application of value engineering in improving energy efficiency of buildings: A review**. Energy and Buildings, 191, 112-123, 2019. doi: 10.1016/j.enbuild.2019.03.042

CHEN, G., Schott, D. L., & Lodewijks, G. **Bionic design methodology for wear reduction of bulk solids handling equipment**. Particulate Science and Technology, 35(5), 525-532, 2017.

COHEN, L. J., & ALDRICH, C. **Applying Lean to Knowledge Work**. Harvard Business Review, 83(10), 100-110, 2005.

COHEN, L.; ALDRICH, R. **Performance Improvement: Making it Happen**. 2. ed. Taylor & Francis, 2009.

COOPER, R. & SLAGMULDER, R. **Target Costing and Value Engineering**. Springer, 1999.

DUNN, D. et al. **Overcoming barriers to process reengineering and lean implementation in healthcare**. Journal of Healthcare Management, v. 57, n. 5, p. 321-336, 2012.

EGUREN, J. A., ESNAOLA, A., & UNZUETA, G. **Modelling of an Additive 3D-Printing Process Based on Design of Experiments Methodology**. Kvalita inovácia prosperita, 24(1), 128, 2020.

EPSTEIN, M. J., & MANZONI, J. F. **Implementing corporate strategy: From tableaux de bord to balanced scorecards.** John Wiley & Sons, 1997

ESHRAGHIAN, M. **Developing a Methodology for Cost Reduction in Manufacturing Industries.** Journal of Applied Environmental and Biological Sciences, v. 4, n. 2, p. 97-102, 2014.

FADAVI, A. ; ALIMOHAMMADISAGVAND, B. ; ZAREI, H. ; FARAHANI, M. ; JABBARZADEH, A. ; HOSSEINZADEH, F. **Financial feasibility analysis of cost reduction projects in manufacturing processes: a case study in a wood-based panel production plant.** Journal of cleaner production, Vol.232, p.1153-1165, 2019.

FATHY, M. R., & MOHAMED, H. A. **Lean and green manufac practices in supply chain management: A review of the current knowledge.**Journal of Cleaner Production, 230, 1406-1427, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.052>

FUTAMI, R., SAKAGUCHI, T., & YAMAMOTO, T. **Vehicle production cost reduction using value engineering.** Procedia CIRP, 93, 1465-147, 2020. doi: 10.1016/j.procir.2020.01.055

GIBSON, I. et al. **Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing.** 2. ed. New York: Springer, 2015.

GONÇALVES, L.H. ; SILVA, R.S. ; FIGUEIREDO, G.M. ; LOPES, F.P. **Cost reduction through product quality improvement: a case study in an automotive parts manufacturer** *Quality engineering*, Vol.29 (1), p.77-86, 2017

HAHN, W. A., & HILL, R. C. **How to manage a successful business in China.** Springer Science & Business Media, 2013.

JHA, S.K. & SHANKAR, R. **Avaliação de fornecedores com base em indicadores de sustentabilidade: uma revisão sistemática da literatura.** International Journal of Production Research, 58(9), 2782-2807, 2020.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution.** New York: Harper Business, 1993.

HANSEN, D. R., & MOWEN, M. M. **Gestão de custos: contabilidade e controle.** Pioneira Thomson Learning, 2006.

HANSEN, D. R., & MOWEN, M. M. **Gestão de custos: contabilidade e controle.** Pioneira Thomson Learning, 2006.

HENRIQUES, A. C.; WINKLER, I. **The advancement of virtual reality in automotive market research: challenges and opportunities.** Applied Sciences, v. 11, n. 24, p. 11610, 2021.

H'MIDA, Fehmi *et al.* Cost estimation in mechanical production: The Cost Entity approach applied to integrated product engineering. **International Journal Of Production Economics.** Elsevier, p. 17-35. set. 2006.

HO, J. K. L., KEH, H. T., & TEO, C. P. **Value engineering: practices, challenges and way forward.** Journal of Industrial Engineering and Management, 13(3), 530-547., 2020. doi: 10.3926/jiem.3075

JEFFERSON, T. G., BENARDOS, P., & RATCHEV, S. **Reconfigurable Assembly System Design Methodology: A Wing Assembly Case Study.** SAE International journal of materials and manufacturing, 9(1), 31-48, 2016.

INTHAMOUSSU, E.M.R. **Sistemática para a integração do planejamento do produto com o planejamento do projeto: Enfoque no desenvolvimento de tecnologias para eletrodomésticos.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015

JESTON, J., & NELIS, J. **Business process management: Practical guidelines to successful implementations.** Routledge, 2014

LIKER, Jeffrey K. et al. **The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer.** New York: McGraw-Hill, 2004.

LIMA, Márcio S.; TEIXEIRA, Marcelo. **Business case: uma revisão da literatura. Revista de Gestão e Projetos**, v. 3, n. 2, p. 154-173, 2012.

KHAN, Irfan A.; QAMAR, Usman. **A review of product redesign process for redesigning products in mass production.** Journal of Engineering Design, v. 24, n. 5, p. 357-382, 2013.

KIM, S.; JANG, H. **Design for Manufacturing and Assembly of the 787 Dreamliner.** Journal of the Korean Society for Precision Engineering, v. 29, n. 10, p. 903-908, 2012.

KIM, K. et al. **The effects of TRIZ-based training on creativity and problem-solving skills.** Thinking Skills and Creativity, v. 30, p. 74-83, 2018.

KIM, T., KIM, J., & PARK, K. **A simulation-based approach to design to cost.** International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 5(2), 203-209, 2018.

KIM, Y., & PARK, J. **A cost analysis method for design to cost of automotive parts considering cost uncertainty.** Journal of Mechanical Science and Technology, 33(3), 1243-1251, 2019. doi: 10.1007/s12206-019-0228-y

KIM, H. J.; LEE, J. W. **Cost reduction methods for sustainable manufacturing: a review.** Sustainability, v. 11, n. 22, p. 6283, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11226283>. Acesso em: 21 fev. 2023.

KOLICH, M. et al. **Lean methodology to transform shipbuilding panel assembly.** Journal of Ship Production and Design, v. 33, n. 4, p. 317-326, 2017.

KUMAR, A.; SHUKLA, R. K. **Cost Reduction Techniques in Manufacturing Industries.** International Journal of Advanced Research in Management and Social Sciences, v. 2, n. 7, p. 71-83, 2013.

KUMAR, M., & SIVAKUMAR, D. **A case study on cost reduction and productivity improvement for electric motors production.** *Materials Today: Proceedings*, 4(2), 2894-2899, 2017.

LIKER, J. K., & MEIER, D. **The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps.** New York: McGraw-Hill, 2006.

MARTINS, Eliseu; LAUGENI, **Fernando P. Administração de recursos humanos: fundamentos básicos.** 9. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

MASCARAQUE-RAMÍREZ, C., PARA-GONZÁLEZ, L., & MARCO-JORNET, P. **Management of a Ferry Construction Project Using a Production-Oriented Design Methodology.** *Journal of Ship Production and Design*, 35(4), 309-316, 2019.

MELLO, C. H. P. et al. **Redesign of an In-Market Conveyor System for Manufacturing Cost Reduction and Design Efficiency Using DFMA Methodology.** *Journal of Manufacturing Systems*, v. 51, p. 111-119, 2019.

MESA, Jaime et al. **A novel approach to include sustainability concepts in classical DFMA methodology for sheet metal enclosure devices.** *Journal of Cleaner Production*, v. 213, p. 772-784, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.236.

MILES, Lawrence D. **Techniques of value analysis and engineering.** New York: McGraw-Hill Book Company, 1961.

MONDEN, Yasuhiro. **Cost Management in the New Manufacturing Age: innovations in the japanese automotive industry.** Cambridge, Ma, Usa: Productivity, 1992.

MORGAN, James M. et al. **High performance product development: a systems approach to a lean product development process.** 385 f. Tese (Doutorado) - Curso de Industrial Engineering, University Of Michigan, Michigan, 2002.

MORUP, Mikkel. **A New Design for Quality Paradigm**. Journal Of Engineering Design. , p. 63-80., 1992.

NAKANO, D. N., TONOCCHI, R., & GOMES, C. F. S. **Lean Office: Entendendo a cadeia de valor do escritório**. São Paulo: Atlas, 2012.

OHNO, Taiichi. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. Productivity Press, 176 p., 1988.

PAGE, M. J. et al. **The prisma 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews**. BioMed Central, v. 10, n. 1, p. 1–11, 2021.

PANIZZOLO, R. **Lean Six Sigma: método DMAIC**. Editora Brasport, 2017.

PASCAL, Dennis *et al.* **Produção Lean Simplificada**: tradução: Rosalita Angelita Neumann. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 191 p., 2008

PESSÔA, Marcus Vinicius. **Weaving the waste net: a model to the product development system low performance drivers and its causes**. LAI White Paper, Cambridge. 2008.

PESSÔA, Marcus V. P. et al. **Understanding the Waste Net: a method for waste elimination prioritization in product development. Global Perspective For Competitive Enterprise**, Economy And Ecology, [S.L.], p. 233-242, Springer London, 2009. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84882-762-2_22.

PESSÔA, Marcus Vinicius Pereira et al. **The Lean Product Design and Development Journey: A Practical View**. : Springer, 2017.

PORTER, Michael E. **Competitive advantage: creating and sustaining superior performance**. New York: Free Press, 1985.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **GUIA PMBOK®: Um guia para o conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos** (6a ed.). Project Management Institute, 2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge, **Project Management Institute**, Newton Square, PA, , 2021

RAMÍREZ-RIOS, Lidia Yolanda; CAMARGO-WILSON, Claudia; OLGUÍN-TIZNADO, Jesús Everardo; LÓPEZ-BARRERAS, Juan Andrés; INZUNZA-GONZÁLEZ, Everardo; GARCÍA-ALCARAZ, Jorge Luis. **Design of a Modular Plantar Orthosis System through the Application of TRIZ Methodology Tools**. Applied sciences, v. 11, n. 5, p. 2051, 2021.

RANA, Mohammad Masud; AKHTAR, Pervez. **Cost-benefit analysis of energy-saving measures in the manufacturing industry**. Energy Policy, v. 39, n. 6, p. 3425-3434, 2011.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda**. Brookline, MA: Lean Enterprise Institute, 1999.

ROTHER, M., & SHOOK, J. **Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda**. Brookline: Lean Enterprise Institute, 2003.

SANTIS, S. H. S. de, DEDINI, F. G., MARCICANO, J. P. P., SANCHES, R. A., DE HELD, M. S. B., FORNAZZARI, L. B., & DE SANTIS, V. C. **Strategy of textile design: Use of design methodology tools in the creative process**. Strategic Design Research Journal, 10(1), 57,2017.

SARKAR, S., & MOHAPATRA, P. K. J. **A systematic literature review of cost reduction projects in manufacturing organizations**. Journal of Manufacturing Technology Management, 31(7), 1518-1546, 2020.

SILVA, A. M., PEREIRA, L. F., & FERREIRA, F. A. **Cost analysis methodology for cost reduction projects in manufacturing companies.** International Journal of Engineering and Technology, 9(1), 8-12, 2017.

SHILLITO, M. Larry et al. **Value: Its Measurement, Design, and Management.** New York, NY, USA: John Wiley & Sons Inc, 368 p.,1992.

SNODGRASS, Joseph T.. **Quality Function Deployment Versus Value Information Techniques Using Analytical Language.** Proceedings Of The Society Of American Value Engineers, ., v. 24, n. 1, p. 99-100, 1989.

STRONG, Diane M. et al. **10 Potholes in the Road to Information Quality.** Computer: Cybersquare. ., p. 38-46. jan. 1997.

TAN, K.C., KANNAN, V.R. & HANDFIELD, R.B. **Gestão de riscos na cadeia de suprimentos: uma revisão e perspectivas futuras.** Revista de Administração de Empresas, 59(1), 86-980, 2019.

TIWARI, R.; ANAND, A. **A review on cost reduction methods in the manufacturing industry.** International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, v. 8, n. 10S2, p. 406-408, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.35940/ijitee.L1087.1082s219>. Acesso em: 21 fev. 2023.

TSENG, M. L., & LIAO, J. Y. **Application of value engineering in a service organization: A case study.** Journal of Industrial Engineering and Management, 13(3), 694-711, 2020. doi: 10.3926/jiem.3078

TORRES-JIMÉNEZ, E., ARMAS, O., LEŠNIK, L., & CRUZ-PERAGÓN, F. **Methodology to simulate normalized testing cycles for engines and vehicles via design of experiments with low number of runs.** Energy Conversion and Management, 177, 817-832, 2018.

RASHID, A. ; MURRUGARRA, D. ; SPIEGLER, V.L. **A methodology for cost reduction projects in manufacturing companies: a case study in a beverage**

industry Journal of industrial engineering and management, Vol.12 (2), p.259-276, 2019.

TUCCI, M., DE CARLO, F., BORGIA, O., & FANCIULLACCI, N. **Accelerated life tests as an integrated methodology for product design, qualification and production control: a case study in household appliances.** Production & Manufacturing Research, 2(1), 112-127, 2014

TYAGI, Satish *et al.* Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. **International Journal Of Production Economics.** Loughborough, p. 202-212. fev. 2015.

VAHDATI, M. M., & TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R. **A systematic literature review of cost red. in supply chain management.** Journal of Manufacturing Technology Management, 30(1), 25-61, 2019 . <https://doi.org/10.1108/JMTM-02-2018-0042>

WHITNEY, Daniel e. **Manufacturing by design.** Harward: Business Review, 432 p., 1988.

WIERINGA, Roel *et al.* **Information systems development: reflections, challenges and new directions.** Springer, 2014.

WOMACK, J. P., JONES, D. T., & ROOS, D. **The machine that changed the world: The story of lean production.** Rawson Associates., 1991.

WOMACK, James; JONES, Daniel. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas.** 6. ed. Rio de Janeiro: Campus Elsevier, 432 p., 1998.

WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza em sua empresa.** 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 322 p., 2004.

YANG, J., QIAN, F., & ZHANG, Y. **A simulation approach for cost analysis in design to cost.** *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104(5-8), 2117-2126, 2019 doi: 10.1007/s00170-019-03923-1

YUAN, Jun et al. **Reducing Costs in Manufacturing Industry: A Systematic Review.** *Journal of Manufacturing and Materials Processing*, v. 3, n. 1, p. 1-16, 2019.

ZHU, Z., YANG, X., ZHAO, Z., & GUAN, Z. **Design to cost practice in the automotive industry: a multiple-case study.** *Journal of Engineering Design*, 30(1), 1-26, 2019.