

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

HELOÍSA PINTO PETERS

**ENGENHARIA DE CUSTO: INTRODUÇÃO DO CONCEITO E
DEMONSTRAÇÃO DE UMA ANÁLISE DE CUSTOS POR MEIO
DA ABORDAGEM *BOTTOM-UP* DE UMA PEÇA PLÁSTICA
APLICADA NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2018

HELOÍSA PINTO PETERS

**ENGENHARIA DE CUSTO: INTRODUÇÃO DO CONCEITO E
DEMONSTRAÇÃO DE UMA ANÁLISE DE CUSTOS POR MEIO
DA ABORDAGEM *BOTTOM-UP* DE UMA PEÇA PLÁSTICA
APLICADA NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**

Monografia do Projeto de Pesquisa apresentada à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Mestre Adriano Araújo de Lima

CURITIBA
2018

TERMO DE APROVAÇÃO

Por meio deste termo, aprovamos a monografia do Projeto de Pesquisa "ENGENHARIA DE CUSTO: INTRODUÇÃO DO CONCEITO E DEMONSTRAÇÃO DE UMA ANÁLISE DE CUSTOS POR MEIO DA ABORDAGEM *BOTTOM-UP* DE UMA PEÇA PLÁSTICA APLICADA NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA", realizado pela aluna Heloísa Pinto Peters, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Prof. Me. Adriano Araújo de Lima

Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR

Orientador

Prof. Dra. Cleina Yayoe Okoshi

Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR

Avaliador

Prof. Dr. Jorge Luiz de Sá Riechi

Departamento Acadêmico de Mecânica, UTFPR

Avaliador

Curitiba, 03 de dezembro de 2018.

“Il futuro è sempre nelle mani di chi lo sa anticipare.”

(“O futuro está sempre nas mãos daqueles que sabem antecipá-lo¹.”)

Enzo Ferrari

¹ Tradução da Autora.

RESUMO

PETERS, Heloísa Pinto. **ENGENHARIA DE CUSTO: INTRODUÇÃO DO CONCEITO E DEMONSTRAÇÃO DE UMA ANÁLISE DE CUSTOS POR MEIO DA ABORDAGEM BOTTOM-UP DE UMA PEÇA PLÁSTICA APLICADA NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA**. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC 2, Bacharelado em Engenharia Mecânica. Departamento Acadêmico de Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

O Engenheiro de Custo analisa de forma holística processos industriais e fornece informações fundamentais para tomadas de decisões ao longo do ciclo de vida de um projeto, além de identificar custos de oportunidade na escala de milhões. O presente estudo visa estabelecer as definições de Engenharia de Custo, além de apresentar uma demonstração de uma análise de custos por meio da abordagem *bottom-up* para uma peça plástica aplicada na indústria automotiva. Como trabalho de conclusão de curso, tem-se também por objetivo elucidar e atrelar o tema principal desse trabalho com áreas específicas da grade do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, tais como as áreas de produção, fabricação, gestão e materiais.

Palavras-chave: Engenharia de Custo. Gestão de Projetos. Análise de Fornecedor. Processo de Injeção de Plásticos. Indústria Automotiva.

ABSTRACT

PETERS, Heloísa Pinto. **COST ENGINEERING: CONCEPT INTRODUCTION AND A COST ANALYSIS DEVELOPMENT BY THE BOTTOM-UP APPROACH OF A PLASTIC PART APPLIED IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY.** 101 p. Undergraduate thesis. Mechanical Engineering. Academic Mechanical Engineering Department. Federal Technological University of Paraná. Curitiba, 2018.

The Cost Engineer holistically analyzes industrial processes and provides key information for decision-making throughout the life cycle of a project, as well as identifying opportunity costs on the scale of millions. The present study aims to establish the definitions of Cost Engineering, in addition to presenting a cost analysis demonstration by the bottom-up approach to a plastic part applied in the automotive industry. As an undergraduate thesis, it is also intended to elucidate and link the main theme of this work with specific areas from the Mechanical Engineering Graduation course provided by the Federal Technological University of Paraná, such as production, manufacturing, management and materials.

Keywords: Cost Engineering. Project Management. Supplier Analysis. Plastic Injection Process. Auto Industry.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	O CUSTO COMO PROTAGONISTA NA GESTÃO DA PRODUÇÃO	10
2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
2.1	A DIFERENÇA DE PAPÉIS DO ENGENHEIRO DE CUSTO E DO ENGENHEIRO DE PROJETOS	13
2.2	CONCEPÇÃO DA OPORTUNIDADE E JUSTIFICATIVA DO PROJETO DE PESQUISA	14
3	OBJETIVO GERAL	18
3.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
4	METODOLOGIA DA PESQUISA	19
4.1	MÉTODO CIENTÍFICO.....	19
5	REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
5.1	TERMINOLOGIA GERAL DOS CUSTOS INDUSTRIAIS.....	23
5.2	CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS.....	28
5.3	DEMONSTRAÇÃO DE RESULTADOS DA INDÚSTRIA	32
5.4	ESQUEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE CUSTOS E MÉTODOS DE RATEIO ..	34
5.5	CLASSIFICAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE CUSTOS.....	38
5.6	METODOLOGIAS DE ESTIMATIVAS DE CUSTO.....	42
5.6.1	Métodos Conceituais.....	42
5.6.1.1	A Abordagem <i>Top-Down</i>	43
5.6.2	Métodos Determinísticos.....	44
5.6.2.1	A Abordagem <i>Bottom-Up</i>	46
5.6.2.1.1	Estrutura Analítica do Projeto (EAP)	48
5.6.2.1.2	Informações macroeconômicas	50
5.7	PEÇAS INJETADAS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA	53
5.7.1	Matérias-primas plásticas utilizadas na indústria automotiva.....	54
5.7.2	Processos de fabricação de peças injetadas.....	57
5.7.2.1	Processo de Injeção de Plásticos	57
5.7.2.2	Tempo de ciclo.....	61
5.7.2.3	Molde de injeção.....	62
5.7.2.4	A Importância Do Engenheiro De Produto Para A Estimativa De Custo.....	65

6	DEMONSTRAÇÃO DE UMA ANÁLISE DE CUSTOS POR MEIO DA ABORDAGEM <i>BOTTOM UP</i>	67
6.1	PREMISSAS DO PROJETO	67
6.2	DEFINIÇÃO TÉCNICA DA PEÇA	69
6.3	ABERTURA DO ORÇAMENTO DO FORNECEDOR	70
6.4	ANÁLISE E ESTIMATIVA DE CUSTOS	78
6.4.1	Visita na planta do fornecedor	79
6.4.2	Análise Do Preço De Matéria-Prima.....	79
6.4.3	Análise Da Máquina Utilizada.....	80
6.4.4	Análise Do Custo De MOD	83
7	RESULTADOS	85
8	PRÁTICAS RECOMENDADAS E TRABALHOS FUTUROS	90
8.1	DESIGN TO COST	90
8.2	GERENCIAMENTO DE RISCO	91
8.3	<i>BENCHMARKING</i> COM OS LÍDERES DE MERCADO	92
8.4	BIG-DATA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	93
9	CONCLUSÃO	94
	REFERÊNCIAS	96

1 INTRODUÇÃO

Com a descoberta de novas tecnologias e a integração de mercados mundiais, o mundo começou a sentir os efeitos de uma globalização contemporânea no início século XIX, especialmente com a chegada das revoluções industriais. Muitos autores acreditam que a primeira revolução industrial aconteceu por causa do estresse econômico que a Inglaterra e o Oeste Europeu sofriam na época, momento que foi necessário buscar uma solução para escapar dos problemas previstos pelo modelo de crescimento populacional proposto por Malthus, modelo em qual a população cresce mais rápido que a produção (FERREIRA e PÊSSOA, 2011). A partir de então houve uma ascensão do desenvolvimento de importantes tecnologias, como, por exemplo, a máquina a vapor, que impulsionou a revolução industrial e também o transporte intercontinental.

Com a transição do modelo de produção agrícola para o modelo de produção em larga escala de bens manufaturados, junto com a comercialização de commodities agrícolas, houve uma forte baixa dos custos de transportes da época, tendo-se como resultado uma convergência de preço das commodities (SANTOS, 2015). Isso foi um marco importante para a globalização, pois possibilitou a entrada da economia Asiática e do Leste Mediterrâneo dentro da rede integrada de mercados mundiais (O'ROURKE e WILLIAMSON, 2000). Pode-se concluir que neste momento as economias locais já começaram a se preocupar com a possível concorrência internacional dada por esse marco da globalização.

Pode-se mencionar também que, após a segunda guerra mundial, as tecnologias de comunicação também começaram a impactar a indústria e mesmo a vida das pessoas, pois permitiram a comunicação instantânea conhecida atualmente. Além disso, houve a criação de mecanismos diplomáticos e comerciais, com o intuito principal de preservar a paz mundial, mas que inevitavelmente favoreceram fortemente a criação de uma rede de fornecedores, capazes de se articularem numa rede sem fronteiras e, como resultado, permitindo a economia crescer num ritmo acelerado e dinâmico (O'ROURKE e WILLIAMSON, 2000).

Com essa expansão do comércio internacional, combinada com os avanços tecnológicos, a indústria tomou a configuração atual, complexa e com alto nível de competitividade. A indústria contemporânea precisa lidar com um grande desafio: sobreviver em meio a tanta concorrência. Este desafio faz com que os

setores produtivos busquem ferramentas de gestão para medir e controlar as variáveis pertinentes aos processos industriais, assim como a devida adaptação dessas ferramentas na medida em que se eleva a competitividade e a complexidade dos sistemas industriais (VIEIRA et al, 2001). Dentro de tantas variáveis desses processos produtivos, o custo é provavelmente o fator de maior influência e um dos mais relevantes para o resultado de um produto. No intuito de se tornarem competitivas e se qualificarem, as companhias são cada vez mais cobradas para aumentar qualidade, flexibilidade, variedade e inovação, enquanto mantêm ou preferencialmente reduzem seus custos (RUSH e RAJKUMAR, 2014).

1.1 O CUSTO COMO PROTAGONISTA NA GESTÃO DA PRODUÇÃO

Como solução para detalhar e estimar custos em projetos de engenharia, foi desenvolvido um sistema avançado de estimativa e análise de custos, através de uma nova ciência exata conhecida como *Cost Engineering*, ou ainda, Engenharia de Custos. Sabe-se que estimar custos auxilia as empresas com tomadas de decisão, gerenciamento de custo e na elaboração orçamentária. Como o próprio nome sugere, a Engenharia de Custos é uma metodologia que leva em consideração características do processo de fabricação de um produto, como número de operadores, tempo por operação, custo da hora trabalhada, custo de materiais e outros custos gerais envolvidos, além de características pertinentes do produto resultante desse processo produtivo. Para tanto, é necessário possuir um compilado de conhecimentos técnicos da engenharia, tais como entendimentos do produto, dos métodos de manufatura/processo e a relação entre os processos (RUSH e RAJKUMAR, 2014).

Além de variáveis do processo e do produto, podem-se levar em conta outros aspectos, tais quais riscos e rentabilidade. Por conta disso, uma estimativa de custo pode contar com o parecer de diversos departamentos de uma empresa e ainda ser um processo iterativo, no qual com o passar do tempo vai sendo revisado e otimizado. A Associação para os Avanços da Engenharia de Custos (AAEC), fundada em 1956 nos Estados Unidos, é desde então a maior autoridade no assunto e define Total Cost Management (TCM) como:

“a aplicação efetiva da expertise profissional e técnica para planejar e controlar recursos, custos, rentabilidade e riscos. Simplificando, é uma abordagem sistemática para gerenciar custos ao longo do ciclo de vida de qualquer empresa, programa, fábrica, projeto, produto ou serviço. Isto é realizado através da aplicação de engenharia de custo e princípios de gerenciamento de custos, metodologias comprovadas e a mais recente tecnologia em suporte ao processo de gerenciamento” (AACCE, 2002).

A partir dessa definição e levando em conta o fato da indústria precisar sobreviver aos efeitos da globalização e forte competitividade, o gerenciamento de custos é uma ferramenta essencial para uma empresa se sobressair. Nota-se ainda que apesar do custo ser uma fonte constante de preocupação, é particularmente importante ao se considerar diferentes opções técnicas, na realização de *trade-offs* de custo/técnico, na realização de orçamentos, na submissão e avaliação de propostas de preços, na preparação de negociações de contratos, e na avaliação do impacto dos custos ao introduzir mudanças nos projetos ou peças já existentes. As principais questões são como abordar esses aspectos para melhor prever ou avaliar o custo, como minimizar o risco e o impacto de gastos excessivos em relação aos orçamentos e como garantir que haja um equilíbrio adequado entre os aspectos técnicos e os custos relacionados (GREVES E JOUMIER, 2003).

Antes de avançar no tema, é importante esclarecer a definição de custo. De acordo com as Normas e Procedimentos de Contabilidade, NPC II, definição de número oito do IBRACON - Instituto dos Auditores Independentes do Brasil, custo é:

“a soma dos gastos incorridos e necessários para a aquisição, conversão e outros procedimentos necessários para trazer os estoques à sua condição e localização atuais, e compreende todos os gastos incorridos na sua aquisição ou produção, de modo a colocá-los em condições de serem vendidos, transformados, utilizados na elaboração de produtos ou na prestação de serviços que façam parte do objeto social da entidade, ou realizados de qualquer outra forma”.

Observa-se que custo está atrelado aos gastos diretos necessários para a produção do produto ou serviço final. Essa remarca é importante, visto que é necessário diferenciar custos de despesas. Enquanto custo é considerado como gastos diretamente vinculados para a produção, como por exemplo: matéria prima, energia aplicada na produção de bens, manutenção, salários e encargos do pessoal da produção (PERES, 2006); as despesas são consideradas os gastos com vendas e meios indiretos para a produção, como exemplo salários do pessoal da administração da empresa ou até mesmo marketing. Também existem outras formas de enquadrar gastos, que são de forma geral transações financeiras nas quais a empresa utiliza recursos próprios ou assume dívidas, em troca de bens ou serviços.

Conforme citado anteriormente, um gasto pode ser um custo, pode ser uma despesa, mas ainda pode ser investimento, como muitas vezes no caso de aquisição de bens e manutenção (GOTARDO, 2008).

A partir dos conceitos trazidos acima, é possível perceber que o custo seja provavelmente o fator de maior influência no desenlace de um produto ou serviço de tantas indústrias. Dessa forma, cada vez mais o fator de redução de custos se torna essencial para a sobrevivência de uma entidade frente ao ambiente competitivo contemporâneo e aos efeitos da globalização. Porém, ao mesmo tempo, sabe-se que não só é necessário reduzir os custos para uma companhia se manter competitiva, mas também aumentar qualidade, flexibilidade, variedade de produtos e inovação. Isso é resultado da demanda do cliente, que submerso em meios tecnológicos, espera cada vez mais qualidade, agilidade e menor preço na aquisição de produtos e serviços (RUSH, 2000).

No meio desse quebra-cabeça onde o custo é a principal peça para o sucesso de uma empresa, a etapa de desenvolvimento de projetos de engenharia deve ser extremamente bem planejada e considerada. Pesquisas recentes demonstram que empresas que não são capazes de fornecer estimativas de custos detalhadas e significativas na fase inicial de desenvolvimento de projeto, apresentam um aumento percentual significativo de atrasos em cronogramas, acompanhado de um aumento significativo de custos, comparadas aquelas empresas capazes de providenciar estimativas de custos na íntegra (RUSH, 2000).

2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Dentro de várias possibilidades de abordagem ao tema de engenharia de custo, optou-se em delimitá-lo para peças plásticas utilizadas na indústria automotiva. Visto que resinas poliméricas são transformadas em um dos materiais mais versáteis, os quais representam mais de 50% da composição de peças de um veículo e apenas 10% do peso total do veículo (Braskem, 2012), as peças plásticas são as grandes responsáveis por tornarem os carros mais leves e mais eficientes energeticamente. Comprovando isso, estudos da *American Chemistry Council (ACC)* demonstraram que pelo menos 4,7 toneladas de CO₂ deixam de ser emitidas por carro, ao longo de uma vida útil de aproximadamente 150 mil km, em função do uso do plástico em grande parte dos seus componentes (Braskem, 2012). Dada a relevância dos temas, o tema do presente trabalho está delimitado e direcionado ao estudo e explicação da Engenharia de Custo, evidenciando suas aplicações e temas que essa linha da engenharia envolve quando utilizada para analisar uma peça plástica da indústria automotiva, como conceituação de custos industriais, processos de fabricação de peças plásticas e ferramentas de manufatura enxuta.

2.1 A DIFERENÇA DE PAPÉIS DO ENGENHEIRO DE CUSTO E DO ENGENHEIRO DE PROJETOS

Apesar do Engenheiro de Custos ter seu escopo de trabalho diretamente ligado a projetos de engenharia, é importante diferenciar o seu papel do papel do Engenheiro de Projetos. Segundo o guia de profissões da Catho, empresa pioneira de classificados online de currículos e vagas (CATHO, 2017), o Engenheiro de Custos é quem faz “análise, composição e controle de custos de projetos. Assim como elabora e controla orçamentos e planeja a tomada de custos diretos e indiretos”; enquanto um Engenheiro de Projetos “elabora e executa projetos de engenharia, preparando especificações, desenhos, técnicas de execução e recursos necessários para possibilitar a construção, montagem, funcionamento, manutenção e reparo de instalações e equipamentos”.

Caracterizar essas duas profissões, assim como perceber os elos e diferenciações entre elas, é importante visto que a Engenharia de Custos pode ser essencial para o sucesso de um projeto de engenharia. Um bom gerenciamento de

projetos deve estar alinhado à engenharia de custos, de forma a garantir que o projeto alcançara os objetivos e prazos definidos no início (SIENGE, 2016). A Engenharia de Custos participa e acompanha todo o processo de elaboração de um projeto, de forma a estimar os valores envolvidos em cada etapa. Cabe aos profissionais desse ramo prever custos como gastos com pessoal, materiais, equipamentos, seguro e transporte (SIENGE, 2016).

Diante de complicações que podem surgir ao longo de um projeto, o engenheiro de custos tem expertise para lidar com variáveis econômicas envolvidas no ciclo de vida de um projeto, desde o estudo de viabilidade econômica até gestão econômica do ativo. O Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (Ibec) defende a Engenharia de Custos como uma ciência multidisciplinar que requer conhecimento e experiência. Portanto, cabe aqui deixar claro que o tema tratado ao longo deste trabalho está limitado ao processo de análise e estimativa de custos, um trabalho minucioso e de responsabilidade de um Engenheiro de Custos, diferenciando-se do trabalho de controle de custos por um Engenheiro de Projetos.

2.2 CONCEPÇÃO DA OPORTUNIDADE E JUSTIFICATIVA DO PROJETO DE PESQUISA

É comum se desenvolver um trabalho de conclusão de curso a partir de um problema observado e com potencial de resolução. Porém, no presente trabalho não foi concebido um problema propriamente dito, e sim uma oportunidade. A oportunidade foi concebida após atuação através de estágio no departamento de análise de custos de uma grande montadora de veículos. Para as indústrias, a análise de custos é uma importante ferramenta para a melhoria de eficiência dos processos, bem como a redução de custos da planta. Para os acadêmicos, este estudo mostrará uma aplicação prática de vários conceitos estudados durante a graduação. Por ser uma área relativamente nova, poucos estudantes e profissionais conhecem e se interessam pela área de Engenharia de Custos. Acredita-se que essa monografia seja uma forma de difundir conhecimento sobre a área e mostrar a relevância da mesma para a indústria contemporânea e para os graduandos de Engenharia Mecânica.

O ex-deputado Ronaldo Lessa, o qual fundou e presidiu a Frente Parlamentar de Engenharia, Infraestrutura e Desenvolvimento Nacional da Câmara

Federal, destaca a importância da disciplina de Engenharia de Custos na grade curricular dos cursos de Engenharia, como consta no trecho retirado de sua entrevista concebida ao Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos (2017):

“É importante o aperfeiçoamento profissional do engenheiro, contudo, o ideal é a inclusão da engenharia de custos na grade curricular. O profissional sente a necessidade de se adaptar e aprender a trabalhar em uma área tão específica. Aliás, em vários setores da engenharia, seja qual for, é importante que o profissional seja especializado para tratar dos custos, da viabilidade, da probabilidade e de todos esses aspectos que se complementam. A engenharia de custos não é um ramo que se encerra em si, ela será útil às várias áreas da engenharia. Portanto, é fundamental seu reconhecimento como ciência e sua presença na grade curricular da graduação de todo o país.”

Pelo fato da formação em nível superior ser considerada o elo entre o aluno e o mercado de trabalho, visto que ao concluir a etapa de graduação, possibilita-se a entrada do egresso à vida profissional, nota-se que o sentido do ensino superior passou a ser confundido. Antes era esperada uma formação universitária, já agora a expectativa é que o ensino superior sirva também como formação profissional. Diante disso, as instituições de ensino vêm tentando se adaptar às novas demandas dos alunos e do mercado de trabalho, de forma a aproximar o conhecimento teórico ofertado e o conhecimento prático requerido pelas organizações (DEGENHART, 2015). Visto que um dos pré-requisitos para trabalhar na área de Engenharia de Custos é possuir bacharelado em engenharia, nota-se que o presente trabalho é então uma oportunidade de aumentar a sinergia entre as disciplinas de gestão e as técnicas de engenharia, de forma a auxiliar na modernização do ensino superior.

Pesquisando vagas de Engenheiro de Custos no LinkedIn – a maior rede social de negócios fundada em 2002 (LinkedIn, 2018) - é possível ver que grandes empresas estão em busca de profissionais qualificados da área. O principal ramo que contrata Engenheiros de Custos é o ramo automobilístico, no qual se podem citar como exemplo as montadoras Renault, Fiat Chrysler, General Motors, a luxuosa Ferrari e até a destacada do momento Tesla. Em outra pesquisa realizada no site alemão especializado em vagas de trabalho da indústria de Fórmula 1, o <https://www.motorsportjobs.com/en>, foi encontrada uma vaga publicada pela Ferrari para Engenheiro de Custos – Guarnições Interior & Exterior, a qual possui a seguinte descrição:

“A fim de fortalecer nossa equipe, estamos procurando um Engenheiro de Custos para garantir uma análise precisa dos custos de desenvolvimento e realização de projetos de peças de acabamento internas e externas do veículo.

Trabalhar com a Ferrari significa trabalhar com excelência em engenharia e inovação no mais alto nível. Nesta posição, você irá interagir em diferentes níveis com os departamentos de P&D (pesquisa e desenvolvimento), aquisições e produção, a fim de definir as metas de custos dos novos componentes. Você terá um papel desafiador no fornecimento de soluções de redução de custos com base em benchmarking sobre custos variáveis, investimentos, ferramentas e custos de P&D. E, claro, você será responsável por apoiar os compradores na identificação de produtos que correspondam aos requisitos funcionais e de qualidade disponíveis no preço correto” (MOTORSPORT JOBS, 2018, tradução minha).²

O ramo também é forte na indústria Aeroespacial, no qual tanto a ESA – Agência Espacial Europeia, quanto a NASA – Agência Espacial dos Estados Unidos, contam com um grande time de Engenheiros de Custos. Segundo a NASA, projetos bem sucedidos requerem uma abordagem integrada para gerir custos, cronogramas e riscos. Isso é essencialmente verdade para projetos complexos, longos e que envolvem múltiplas organizações. Para tanto, além de contar com uma equipe sólida de engenheiros de custos, a NASA desenvolveu um software no Centro de Vôos Espaciais Marshall o qual incorpora muitos algoritmos necessários para estimar o custo de novas naves aeroespaciais, como as que estão sendo projetadas para o Sistema de Lançamento Espacial, que visa trazer os primeiros humanos para Marte (LOCKNEY, 2018).

Não é à toa que grandes empresas como as citadas acima vêm desenvolvendo ferramentas e profissionais da área. As análises e estimativas de custo desenvolvidas pela área são trabalhos minuciosos, e, assim, quanto mais adaptada uma ferramenta para o projeto em questão, melhor. A Engenharia de

² “In order to strengthen our team, we are looking for a Cost Engineer to guarantee accurate cost analysis on interior & exterior trims development and realization.

Working with Ferrari means working with engineering excellence and innovation on the highest level. In this position, you will interact at different levels with R&D, procurement and production departments in order to define the target costs of new components. You will play a challenging role in providing cost reduction solutions based on benchmarking on variable costs, investments, tooling and R&D costs. And of course you will be in charge of supporting buyers in identifying products that match functional and quality requirements available at the correct price.”

Custos contempla uma ampla gama de aspectos de custos relacionados mutuamente à engenharia e à gestão de programas. No entanto, a utilização de técnicas apropriadas, modelos de custo, ferramentas e banco de dados de forma rigorosa, atrelada à expertise no julgamento, dependem das circunstâncias específicas da atividade e da informação disponível. Na maioria dos casos, o desfecho das atividades de engenharia de custos, não é um fim em si, mas sim um fator categórico para futuras decisões que precisam ser feitas para o sucesso de um projeto. Dentro das atividades de um engenheiro de custos, pode-se dizer que as principais são: estimação de custos; análise e avaliação de custos; design-to-cost; planejamento e análise de cronogramas; e avaliação de risco (GREVES E JOUMIER, 2003).

Portanto, pode-se afirmar que é reconhecida a importância da presença de um Engenheiro de Custos em projetos de engenharia, pois este profissional pode, através dos seus estudos, minimizar o risco do projeto ultrapassar orçamentos ou mesmo atrasar cronogramas. Apesar de existir uma forte tendência para investimentos ultrapassarem valores inicialmente estimados, uma análise de custos crítica e independente sobre a vida de um projeto pode não só prognosticar eventos desfavoráveis, como também pode conceber maior precisão nos cálculos do projeto e avistar oportunidades (SCHULZ-NÖTHLING, 2017).

3 OBJETIVO GERAL

Demonstrar uma análise de custos, a qual deverá otimizar processos de fabricação e ajustar parâmetros econômicos para especificar custos de oportunidade em projetos de engenharia da indústria automotiva.

3.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estabelecer as principais definições do ramo de Engenharia de Custos, assim como mostrar sua aplicabilidade na indústria automotiva.
- Explicar a importância do uso de peças plásticas na indústria automotiva e o processo de injeção plástica.
- Aplicar a abordagem *Bottom-Up* de Engenharia de Custos para análise e estimativa de custo aplicada a uma peça plástica de um automóvel.
- Validar o estudo por intermédio de memoriais de cálculos de processos e abordagens de análises de custos.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia de pesquisa é importante, pois permite alcançar os objetivos previstos através de ações sistemáticas e racionais, que auxiliam nas decisões e nas detecções de erro ao longo da elaboração do presente trabalho de pesquisa. A teoria da investigação alcança seus propósitos de forma científica quando segue as etapas de identificação do problema, limitação do problema, busca de conhecimentos ou instrumentos relevantes ao problema, tentativa de solução do problema com auxílio dos meios reconhecidos, inovação ideias, obtenção de uma solução, investigação dos resultados da solução obtida, validação da solução e, por fim, correção das hipóteses empregadas na obtenção da solução anterior (LAKATOS E MARCONI, 2003).

4.1 MÉTODO CIENTÍFICO

O método de abordagem é o método hipotético-dedutivo segundo Bunge, sintetizado na figura 1, afinal, já existia um conhecimento anterior à concepção da oportunidade e a partir da observação de uma amostra onde a Engenharia de Custos estava sendo empregada, foi pressuposto que todo o conjunto de indústrias pode usufruir das vantagens competitivas que a aplicação das ações desse ramo da engenharia concerne. Nota-se que este método depende, sobretudo, do grau de conhecimento de uma hipótese, que neste caso é embasado por um conhecimento prévio e empírico em engenharia de custo.

A figura 1 a seguir mostra claramente como é o fluxo do método hipotético-dedutivo segundo Bunge.

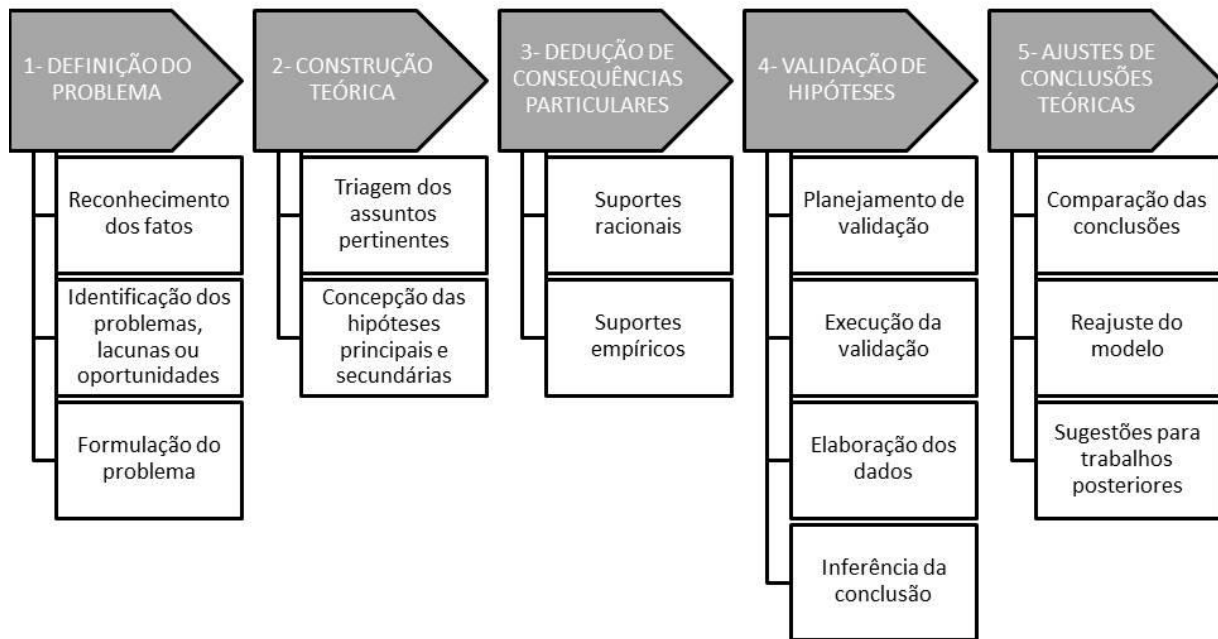


Figura 1 - Fluxograma do método Hipotético-Dedutivo de Bunge. Fonte: Adaptação do texto de Lakatos e Marconi sobre o método Hipotético-Dedutivo de Bunge.

Para assumir que o presente estudo se enquadra nesse método, houve a percepção que a estruturação da figura 1 compatibiliza-se com a estratégia da pesquisa. Além da definição do problema e a formulação das hipóteses discorridas anteriormente, o estudo demanda deduções e consequências particulares, assim como grande fundamentação teórica e empírica para a validação e fechamento das hipóteses. Como problema, reconhece-se o fato que somente um analista de custo poderá fazer uma análise específica para avaliar custos para peças providas da engenharia em fase de projeto. Vale ressaltar que a peça já foi definida nessa etapa do projeto, porém como peças novas ou modificadas, o custo delas não está definido. Tem-se então o problema: definir o custo de peças de projetos de engenharia de forma a compará-los numa estrutura em forma de planilha com o custo ofertado por um ou mais fornecedores.

Como comentado anteriormente, a abordagem de análise que será utilizada será um estudo conhecido como *Bottom-Up*, um estudo que como o nome traduzido significa, acontece de baixo para cima, construindo uma base de dados sem o parâmetro do custo total previamente definido, de forma que é possível abrir possibilidades dentro de cada tópico e se adaptar a diferentes opções que possivelmente serão ofertadas por fornecedores. Nota-se também que, ao levar em consideração os fornecedores, muitas vezes é necessário adaptar-se ao que o fornecedor tem disponível, desde maquinários, matérias-primas, até mesmo logística

e layouts de fábrica, que podem limitar os processos de fabricação e infelizmente acabar por empurrar os custos para cima.

A abertura de custos será montada através do Excel®, software do pacote Microsoft Office®, de fácil acesso e utilização, que se acredita tornar mais acessível a utilização da ferramenta. A intenção é construir a planilha de forma mais semelhante possível para futura comparação com a planilha de abertura de custos do fornecedor elegido para cotar o custo da peça plástica envolvida na demonstração de uma análise futuramente no presente trabalho. A dedução de consequências particulares terá tanto suportes racionais como empíricos. O suporte racional se dará através de leituras e assimilações da pesquisa bibliográfica, enquanto o suporte empírico se dará através de experiências profissionais obtidas em estágio em uma grande montadora de veículos. Por fim, a validação das hipóteses será feita por meio do conteúdo do referencial teórico, o qual proverá dados para a calibração das mesmas e, conseqüentemente, a conclusão sobre o estudo.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

Para se entender o encaminhamento dos objetivos, é necessário ter uma noção básica da atividade industrial no Brasil. A atividade industrial se traduz no processo de transformação de matérias-primas em bens de consumo ou produção, pela combinação de trabalho humano e máquinas. Dessa forma, pode-se dividi-la basicamente em duas grandes ramificações: indústrias de base e indústrias de bens de consumo (FREITAS, 2017).

As indústrias de base são aquelas que atuam na transformação de matéria-prima bruta em matérias-primas para outras indústrias, como siderúrgicas, mineradoras, químicas e petroquímicas. As indústrias de bens de consumo geralmente transformam um produto ou matéria-prima já no produto final visado ao consumidor final. Pode-se dividir em três tipos, de acordo com o tempo de vida-útil do produto: mercadorias de longa durabilidade são produzidas por indústrias de bens duráveis; mercadorias de vida-útil média são fornecidas pelas indústrias de bens semiduráveis e, finalmente, produtos perecíveis são fabricados por indústrias de bens não duráveis (FREITAS, 2017).

A indústria automotiva é uma indústria de bens duráveis, visto que um automóvel é um produto visado ao consumidor final, além de possuir uma grande vida-útil, podendo durar muitos anos, até décadas. Dessa forma, é importante notar que a indústria automobilística está no topo da cadeia industrial, ligada a diversas indústrias de bens intermediários e às indústrias de base. Como método de análise do presente trabalho, será levada em consideração a complexidade da cadeia de suprimentos nesse caso e como isso afeta a construção do custo de uma peça que fará parte do produto final, o veículo.

Existem várias abordagens e métodos para estimar e avaliar custos, todos eles têm vantagens e desvantagens em determinadas circunstâncias. A natureza da atividade, o grau de familiaridade da organização com o item ou a atividade, a extensão da aplicabilidade dos métodos já utilizados, a confiabilidade das informações disponíveis do projeto e o tempo disponível para preparar a estimativa determinam o método mais apropriado para ser utilizado. Dessa forma, será contemplado o maior número possível de métodos de acordo com a Associação Americana de Engenharia de Custos, o Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos e especialistas no assunto.

Apesar de serem abordados métodos diferenciados, será utilizado um método analítico para exemplificar um estudo conhecido como “*Bottom-Up*”. Trata-se de uma forma de conceber a estimativa de custo da peça a partir do desdobramento e análise dos custos envolvidos no processo de fabricação e produção da peça. Como resultado, espera-se uma diminuição de custos substancial, aberta em tópicos específicos que compõe o custo otimizado, de forma a demonstrar onde exatamente se encontram os maiores ganhos em comparação com o custo ofertado por um fornecedor (GREVES E JOUMIER, 2003).

Para que se possa iniciar a demonstração de uma aplicação de uma estimativa de custo feita para uma peça plástica injetada na indústria automotiva, é necessário passar por temas básicos intrínsecos ao estudo. Como essa análise de custos combina conceitos de contabilidade de custos, processos industriais e abordagens de estimativa de custo na ótica da engenharia, serão contemplados a seguir temas importantes que constituem a base do presente trabalho, como classificação dos custos industriais e suas devidas terminologias, representação de processos industriais com foco no processo de injeção plástica e respectivos materiais plásticos utilizados na indústria automotiva e, por fim, tipos de abordagens utilizadas no ramo de Engenharia de Custos.

5.1 TERMINOLOGIA GERAL DOS CUSTOS INDUSTRIAIS

Como visto anteriormente na introdução, existem diferentes terminologias de custos, assim como cada uma delas geralmente possui um diferente significado, como gastos, custos, despesas e investimentos. Como é necessário ter noção dos custos industriais para realizar as atividades de Engenheiro de Custo, será visto as terminologias e os respectivos conceitos dos principais custos industriais envolvidos numa análise de custos. Grande parte dos conceitos que serão trazidos abaixo foi baseada na obra de “Contabilidade de Custos”, escrita pelo professor e contabilista Eliseu Martins, da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – 9ª Edição, 2003. Este livro é uma grande referência nacional de ensino (CAMARGO, 2018) e já chegou à sua 11ª edição, no ano de 2015. Tem como foco o uso da Contabilidade de Custos como Instrumento Gerencial de Planejamento e Controle e aborda de forma didática todos os conceitos básicos necessários para o referencial teórico de custos industriais para o

desenvolvimento do projeto de estimativa de custo baseada na disciplina de Engenharia de Custo.

Tratando de definições de conceitos e nomenclaturas referentes à Contabilidade de Custos, em um primeiro momento é importante diferenciar gasto de desembolso, pois, quando se trata da aquisição de um bem, os primeiros termos envolvidos são esses. Contabilmente, o gasto se concretiza quando bens ou serviços, adquiridos ou prestados, passam a ser de propriedade da empresa, ou seja, há um comprometimento que haverá um sacrifício contábil em troca desse bem ou serviço. Apesar de geralmente implicar num desembolso, nem sempre essas duas ações acontecem no mesmo momento, pois o desembolso significa o pagamento resultante da aquisição, o qual pode ser à prazo ou à vista (VICECONTI, 2017). Abaixo, segue a definição de gasto e desembolso no detalhe:

- **Gasto** – gasto significa um sacrifício financeiro para adquirir um produto ou serviço qualquer. Esse sacrifício pode ser a entrega no momento da aquisição ou a promessa da entrega de algum ativo para a aquisição, sendo que geralmente o ativo é dinheiro. Nota-se que o conceito de gasto é amplamente utilizado quando a empresa assume uma dívida ou desconta um ativo para adquirir um bem ou serviço e essa operação financeira consta na demonstração contábil da empresa. Exemplo: gasto com matéria-prima, gasto com mão-de-obra, gasto com ferramental, maquinário, entre outros (MARTINS, 2003).
- **Desembolso** – desembolso significa o pagamento equivalente à aquisição do bem ou do serviço, antes, durante, ou após o momento da entrada da utilidade (MARTINS, 2003).

Como gasto engloba todas as aquisições feitas pela empresa, ele é classificado em Investimento, Custo ou Despesas (VICECONTI, 2017). A seguir, segue a definição desses três termos:

- **Investimento** – é todo sacrifício financeiro para a aquisição de bens ou serviços que ficarão contabilizados nos ativos da empresa em função de benefícios atribuíveis a futuros períodos ou em função da vida útil do bem ou

do serviço. Exemplo: o gasto com matéria-prima pode ser contabilizado temporariamente como investimento circulante, a compra de uma máquina pode ser considerada um investimento permanente.

- **Custo** – gasto com um bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços. Exemplo: no momento em que a matéria-prima passa a ser utilizada para um determinado processo de fabricação de um produto, o gasto com ela passa a ser chamado de custo da matéria-prima. Outro exemplo: a partir do momento que a energia elétrica passa a ser utilizado no processo de fabricação de um produto ou realização de um serviço, o gasto com ela também passa a ser contabilizado como custo de energia elétrica.

Dessa forma, custo corresponde ao valor que é gasto com recursos para completar uma atividade ou produzir um produto. Pode-se prever como recursos de uma linha de produção equipamentos, mão-de-obra, materiais (HASTAK, 2015). Porém, pode-se pensar que tempo e dinheiro também são recursos, mas, de acordo com o manual de Engenharia de Custo da Associação Americana de Engenharia de Custo (2015), tempo e dinheiro são apenas implementadores dos recursos físicos listados acima. A figura 2 abaixo mostra o esquema de conversão de recursos para alcançar resultados de projetos. A figura traduz o conceito que a produção de um produto ou serviço depende diretamente do que se pode ser adquirido, que por sua vez depende do tempo e do dinheiro alocados no projeto.

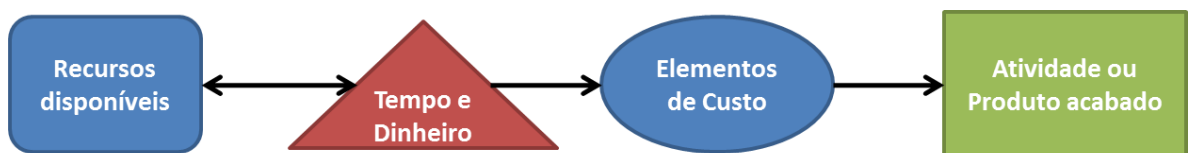


Figura 2 - Esquema de conversão de recursos para resultados de projetos. Fonte: Adaptado do manual de Engenharia de Custo da Associação Americana de Engenharia de Custo, 2015.

Ainda de acordo com a AACE, deve-se notar que materiais não se referem apenas aos materiais que compõe o produto final, mas podem compreender o custo de elementos como sucata gerada durante o processo de fabricação, moldes de injeção plástica, itens descartáveis de segurança para os operadores das máquinas e até mesmo o custo de transporte dos materiais até a planta produtiva.

Já em consideração a trabalho, a AACE enfatiza na 6ª edição do manual de habilidade e conhecimentos de Engenharia de Custo (2015) que trabalho não se refere apenas ao trabalho do operador que está inserido diretamente no processo produtivo, mas também ao trabalho do Engenheiro que desenvolveu uma peça, ao supervisor de linha de produção e até mesmo ao técnico de manutenção, por exemplo.

Os outros custos são recursos necessários para dar suporte à produção, como ferramental, equipamentos no geral, eletricidade, tributos e manutenção, ou seja, recursos que também são essenciais para garantir que a planta produtiva esteja disponível para uso. Outros exemplos são os custos administrativos que incluem custos com material de escritório, custos com comunicação, custos com viagens, e segurança para o pessoal que trabalha no setor administrativo e que de alguma forma mais discreta também estão relacionados ao processo produtivo para se alcançar o resultado esperado de um projeto. Na próxima sessão será explicado como se classificam esses custos e como o agrupamento dos custos é importante na tomada de decisão.

- **Despesa** – é considerado o gasto com bem ou serviços utilizados direta ou indiretamente para a obtenção de receitas. Ou seja, são sacrifícios financeiros para garantir que a empresa obtenha receitas. Importante notar que, dessa forma, todos os custos que são ou foram gastos para se obter um produto ou serviço acabado se transformam em despesas no momento em que há a entrega dos bens ou serviços envolvidos no processo da empresa (MARTINS, 2003). Exemplos: Salários e encargos do pessoal de vendas e administração, energia elétrica consumida no escritório, aluguéis e seguros do prédio administrativo, gastos com refeições do pessoal de vendas (VICECONTI, 2017).

Dito e explicado os conceitos acima, por fim, há que se entender também sobre perdas e desperdícios, ou ainda, perdas normais e anormais, pois esses dois tipos de perdas são classificados de forma diferente contabilmente (GOULART & ROSA, 2004) e ambos são foco de atenção na metodologia Kaizen para melhoria de processos (GARCIA, 2016), como será visto adiante.

- **Perdas** – existem diversas definições para perdas. Elas podem ser consideradas como desperdícios com material; gastos não intencionais decorrentes de fatores externos ou atividades produtivas normais; unidades de produção recusadas; custo de material que se perde ao longo do processo de fabricação; produtos danificados; entre outras. Além disso, também há variações na literatura sobre a definição de “estrago”, “unidades defeituosas”, “sobras” e “refugos”, levando a uma abertura ainda maior sobre o tema. Dessa forma, falta uma definição completa e clara sobre perdas, mas se uma orientação for tomada, ou seja, se for adotada uma definição dentre as várias existentes, o tema pode ser tratado com certa facilidade (GOULART & ROSA, 2004).

Qualquer processo produtivo está susceptível a perdas e essas perdas podem representar custos relativos a materiais, energia elétrica, mão-de-obra, entre outros. As causas podem ser as mais diversas, como por exemplo: máquinas defeituosas, falta de treinamento de pessoal, materiais de baixa qualidade ou não apropriados para o produto/serviço e falta de energia. De acordo com as suas causas, as perdas poderão ser classificadas como normais ou anormais, e, dependendo dessa classificação, receberão um tratamento contábil diferente.

- **Perdas normais** – São inerentes ao próprio processo, ou seja, pode-se afirmar que são perdas previsíveis e a empresa já conta com um sacrifício contábil decorrente das perdas normais. Enquadram-se como perdas normais, por exemplo, as perdas normais de matéria-prima na produção e integram, dessa forma, o Custo de Produção do período. Sendo considerado um Custo, só afetará o Resultado a parcela desse gasto que corresponder aos produtos vendidos, a outra parcela ficará ativada (produtos em estoque). As perdas podem ocorrer devido a problemas de processamento dos materiais e produtos, como processos de corte, tratamento térmico, reações químicas, entre outros (VICECONTI, 2017) e (MARTINS, 2003).
- **Perdas anormais** - bens ou serviços consumidos de forma anormal e involuntária, ou ainda um gasto não intencional decorrente de fatores externos. Nesse caso, as perdas são consideradas da mesma natureza das

despesas (não fazer parte do Custo de Produção) e são lançadas diretamente no resultado do período, sem se incorporarem aos produtos (VICECONTI, 2017) e (MARTINS, 2003). Exemplos: o gasto com mão-de-obra durante uma greve de trabalhadores, materiais danificados por obsolescência, degeneração, incêndio, desabamento, entre outros.

Alguns autores podem classificar gastos, desembolsos, investimentos, custos, despesas e perdas de formas sutilmente diferentes, mas para o presente trabalho será levado em consideração o livro de Contabilidade de Custos do professor Eliseu Martins da Universidade de São Paulo, de forma que será considerado custo apenas o gasto referente a consumo na produção, ou seja, os “custos de produção”. Em síntese dessa sessão, devem-se levar em consideração as diferenças entre custos e despesas, e compreender o devido enquadramento de investimentos, gasto e perda.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CUSTOS

Com o objetivo de compreender como os custos influenciam o Custo Total de uma atividade ou produto e como eles podem ser controlados, é importante saber classificá-los para montar uma estrutura de custos robusta contemplando materiais, equipamentos, mão-de-obra e todos os outros recursos necessários para se produzir um produto ou serviço (HASTAK, 2015). Dentro dessa estrutura, os custos são classificados em custos diretos e indiretos, custos fixos e variáveis, ou ainda entre custos de transformação e custos primários. A seguir, segue o detalhe dessas categorias.

- **Custos diretos** – Custos que podem ser diretamente apropriados aos produtos, de forma que geralmente há uma medida de consumo para cada produto, como quilogramas de materiais consumidos, embalagens utilizadas, depreciação de equipamento que é utilizado para fazer apenas um produto, energia elétrica das máquinas (quando é possível distinguir a energia gasta por produto), horas de mão-de-obra utilizadas ou até mesmo a quantidade de força utilizada para fabricar um produto (MARTINS, 2003) e (VICECONTI, 2017).

- **Custos indiretos** – o contrário de custos diretos, ou seja, aqueles custos que não são facilmente alocáveis na produção de um produto ou serviço ou que não é mensurável na produção. Exemplos de custos indiretos: aluguel da planta produtiva, salários dos chefes de supervisão de equipes de produção, como cargos de supervisão e cargos administrativos, gastos com energia e fluídos que não são facilmente mensuráveis para a produção de cada produto. Também são considerados custos indiretos a depreciação das máquinas quando estas são utilizadas para fabricar mais de um produto e os gastos com limpeza da fábrica. Nota-se, porém, que haverão alguns custos diretos que serão classificados como custos indiretos a sua irrelevância ou dificuldade de sua medição (MARTINS, 2003) e (VICECONTI, 2017).
- **Custos fixos** – custos que independem do volume de produção em um determinado período. Exemplo: o valor do aluguel de um espaço independe de quantas peças serão fabricadas dentro desse espaço, por isso é considerado como um custo fixo (MARTINS, 2003) e (VICECONTI, 2017).
- **Custos variáveis** – custos que variam conforme varia o volume de produção. Geralmente, quando maior o volume, maior o custo. Exemplo: se o volume de peças plásticas injetadas aumenta em um determinado período, será necessário aumentar o custo com matéria-prima a fim de garantir que se terá quantidade suficiente para produzir a quantidade de produtos desejada. Outros exemplos: gastos com horas-extras na produção, depreciação dos equipamentos quando está for feita em função de horas/máquinas trabalhadas, materiais indiretos consumidos na produção (MARTINS, 2003) e (VICECONTI, 2017).

Na figura 3, retirada do livro de “Contabilidade de Custos”, de Paulo Viceconti, tem-se um exemplo da aplicação e do impacto dos custos fixos e variáveis, totais e unitários, para certa produção, com a quantidade Q de produtos fabricados variando de 0 a 100.

Q	C. FIXO (CF) R\$	C. VARIÁVEL (CV) R\$	CUSTO TOTAL (CT) R\$	C. FIXO UNIT. (CFu) R\$	C. VAR. UNIT. (CVu) R\$	C. MÉDIO (CMe) R\$
0	100,00	0,00	100,00	-	-	-
1	100,00	10,00	110,00	100,00	10,00	110,00
2	100,00	20,00	120,00	50,00	10,00	60,00
3	100,00	30,00	130,00	33,33	10,00	43,33
4	100,00	40,00	140,00	25,00	10,00	35,00
.
.
99	100,00	990,00	1.090,00	1,01	10,00	11,01
100	100,00	1.000,00	1.100,00	1,00	10,00	11,00

Figura 3 - exemplo da aplicação e do impacto dos custos fixos e variáveis, totais e unitários, para uma certa produção, com a quantidade Q de produtos fabricados variando de 0 a 100. Fonte: Vicenconti, 2017.

Fica claro na figura 3 acima que:

- O Custo Fixo total (CF) é sempre o mesmo, independente do volume de fabricação;
- O Custo Fixo Unitário (CFu) varia de acordo com a quantidade produzida Q, de acordo com a fórmula $CFu = CF/Q$, portanto, quanto mais itens forem produzidos, menor será o Custo Fixo Unitário;
- O Custo Variável Unitário (CVu) é sempre o mesmo, independente do volume de fabricação;
- O Custo Variável Total (CV) varia de acordo com a quantidade produzida, de acordo com a seguinte fórmula $CV = CVu \cdot Q$.

Em termos de Custos Totais (CT, onde $CT = CV + CF$), Custos Fixos Totais (CF) e Custos Variáveis Totais (CV), teríamos o seguinte gráfico retirado do mesmo exemplo de Paulo Viceconti (2017):

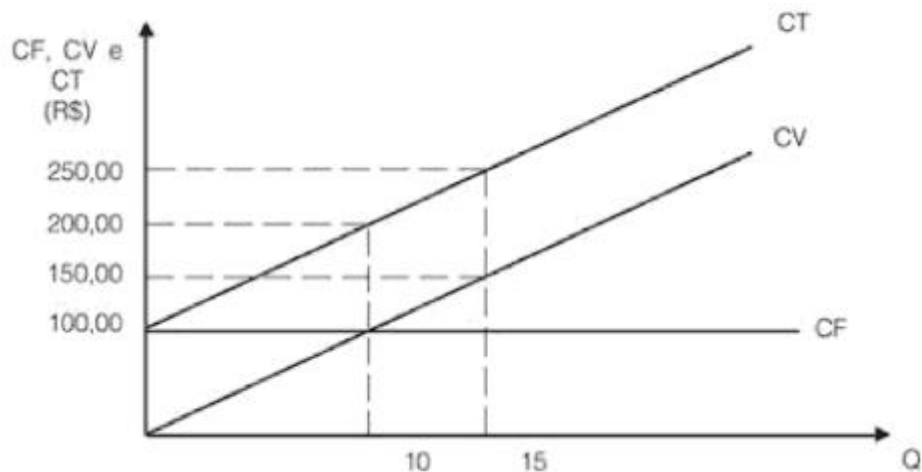


Figura 4 - Gráfico dos Custos Totais (CT), Custos Totais Fixos (CF) e Custos Totais Variáveis (CV), variando com a quantidade produzida Q. Fonte: Paulo Viceconti, 2017.

Nota-se na figura 4 que os Custos Fixos Totais não variam de acordo com a quantidade produzida, enquanto os Custos Variáveis e os Custos Totais variam linearmente de forma ascendente com a quantidade produzida. Ainda, mesmo que zero produto seja fabricado, ter-se-á o Custo Total equivalente ao Custo Fixo Total, nesse exemplo de R\$100,00 (cem reais).

Fazendo uma análise similar aos custos unitários e colocando também em evidência o Custo Médio Unitário (CMe), que corresponde à soma de CFu e CVu, tem-se o seguinte gráfico da figura 5:

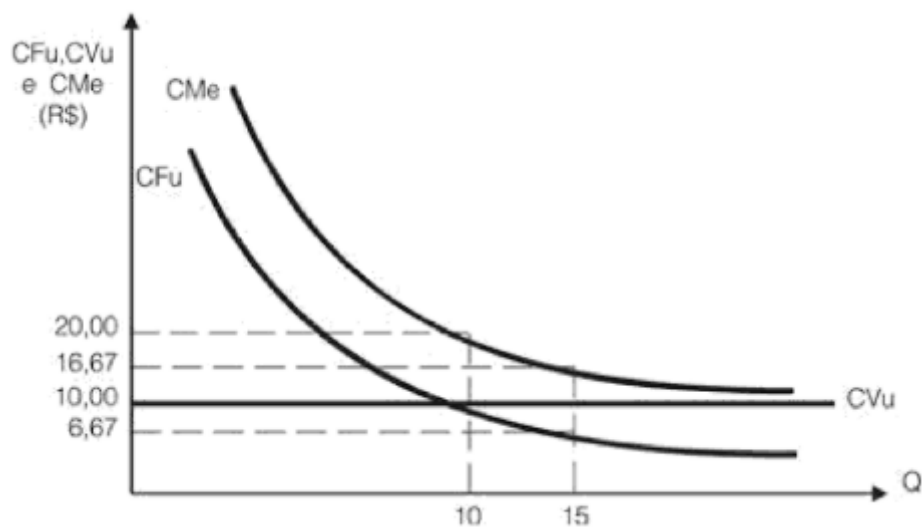


Figura 5 - Gráfico dos Custos Fixos Unitários (CFu), Custos Variáveis Unitários (CVu) e Custos Médios de acordo com a quantidade Q produzida. Fonte: Paulo Viceconti, 2017.

Nota-se que desta vez o Custo Variável Unitário (CVu) que é paralelo ao eixo das abscissas Q. Também que quanto menor for a quantidade produzida, maior serão os Custos Unitários Médios (CMe) e os Custos Fixos Unitários (CFu). Conforme a quantidade Q vai aumentando, o Custo Fixo Unitário (CFu) se aproxima de zero e o valor limite do Custo Médio CMe é correspondente ao Custo Variável Unitário CVu (VICECONTI, 2017).

- **Custos primários** – apenas a soma dos custos de matéria-prima e mão-de-obra direta. Apesar de ser possível enquadrar custos primários como custos diretos, importante salientar que são conceitos diferentes (MARTINS, 2003).

Custos primários

$$= \text{Custos de Matéria – Prima (MD)} + \text{Mão – de – Obra Direta (MOD)}$$

- **Custos de Transformação** – são todos os custos envolvidos no processo de transformação de um produto, não incluindo o custo de aquisições como matéria-prima e embalagens. Pode-se citar como exemplo: mão-de-obra direta e indireta, energia, materiais de consumo, entre outros (MARTINS, 2003).

Custos de Transformação

$$= \text{Custos de Mão – de – Obra direta (MOD)} \\ + \text{Custos Indiretos de Fabricação (CIF)}$$

5.3 DEMONSTRAÇÃO DE RESULTADOS DA INDÚSTRIA

Ainda seguindo como referencia o material do professor da USP, Eliseu Martins, será abordado brevemente a estrutura de um Demonstrativo de Resultado de Custos na Indústria. Como a Contabilidade de Custos apresenta um foco gerencial, a demonstração de resultados é mais simples que uma demonstração de resultados da Contabilidade Financeira. Para compor um demonstrativo de custos, levam-se em consideração três itens principais: Receitas, Custos de Produtos Vendidos e a diferença entre estes dois termos, que se traduz em lucro bruto.

Como todo Demonstrativo de Resultados, essa conta é realizada para um período estabelecido e o mais difícil é saber onde começa e onde termina os custos de produção desse período, os quais também envolvem os custos de estoque. Para facilitar a compreensão do assunto, definiu-se como:

- **Custo de produção do período** - equivale a soma de todos os custos de produção dentro do período estabelecido para a demonstração de resultados. Dentro do custo de produção, encontra-se o valor dos estoques de produtos acabados e produtos em fabricação (MARTINS, 2003). É normalmente decomposto da seguinte forma (VICECONTI, 2017):

CUSTO DE PRODUÇÃO DO PERÍODO

= *CUSTOS DE MATÉRIA – PRIMA (MP)*

+ *CUSTOS DE MÃO – DE – OBRA DIRETA (MOD)*

+ *CUSTOS INDIRETOS DE FABRICAÇÃO (CIF)*

Onde todos os custos podem ser apropriados diretamente a cada produto.

- **Custo de produção acabada** – consideram-se apenas os custos dos produtos já finalizados e que estão prontos para a venda, mas que ainda não foram vendidos. Equivale ao custo de produção do período somado à diferença entre o estoque inicial e o estoque final de produtos ainda em fabricação.
- **Custo dos produtos vendidos** – quando um produto é finalmente vendido, o custo que antes era de produto acabado, agora passa a ser considerado custo de produto vendido. Dessa forma, também considera todos os custos de produção que foram gastos para fabricar os produtos vendidos. Nota-se que caso os produtos vendidos tenham sido produzidos em épocas diferentes, será somado os custos de produção dos períodos pertinentes.

5.4 ESQUEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE CUSTOS E MÉTODOS DE RATEIO

Como a análise de Engenharia de Custos leva em consideração uma forte base de Contabilidade de Custos, e de forma a deixar mais claro os últimos conceitos trazidos, será seguido o exemplo da análise de custos de um Departamento de Serviços, ainda citando o livro do professor Eliseu Martins da Universidade de São Paulo.

Para iniciar, observa-se a Figura 6 com o esquema básico de distribuição de custos, considerando a separação de Custos e Despesas como primeiro passo, a seguida apropriação dos Custos Diretos para cada produto e o rateio dos Custos Indiretos. Por fim, o Resultado que é a soma das Vendas (Receitas), menos as despesas, menos o Custo dos Produtos Vendidos.

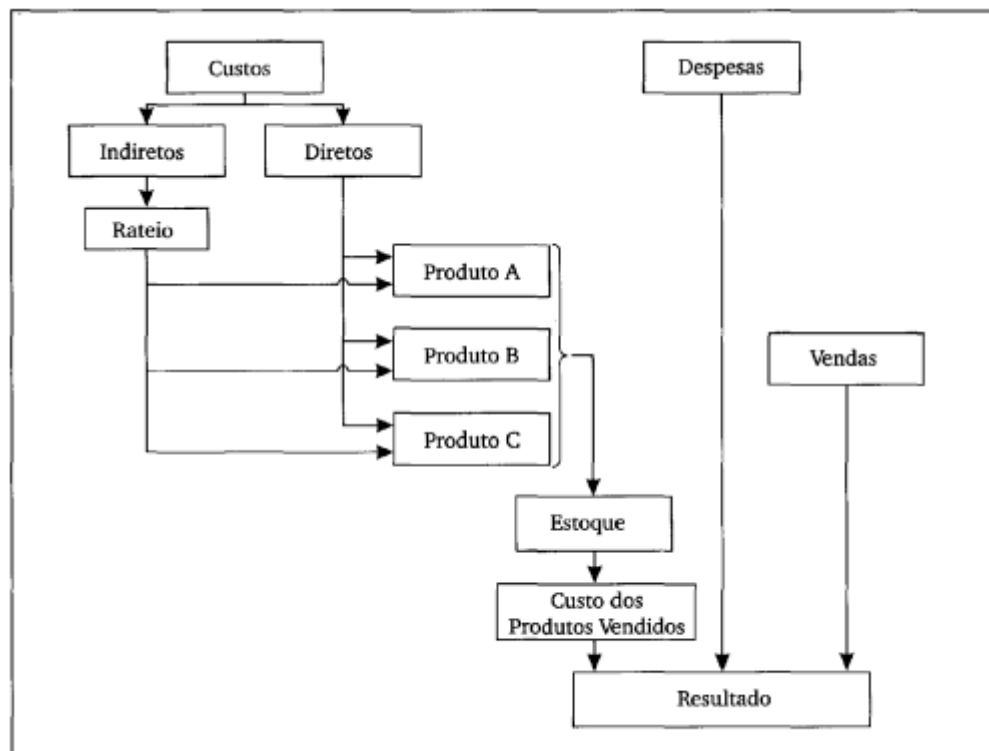


Figura 6- Esquema de distribuição de custos. Fonte: MARTINS, Eliseu. Contabilidade de Custos, 2003.

Como visto na Figura 6, é necessário realizar o rateio dos Custos Indiretos. Esse rateio pode seguir o critério especificado pela empresa, podendo ser, por exemplo, o número de horas gasto no processo de fabricação de um produto ou ainda o número de pessoas que trabalham num determinado setor da empresa ou mesmo o número de pessoas que trabalham para fabricar o produto A ou B ou C.

Apesar do método de rateio ser decidido por cada empresa, é aconselhável que seja utilizado um método de rateio baseado na departamentalização dos custos, considerando que departamento é a unidade mínima administrativa de uma empresa, na qual as atividades desenvolvidas pelas pessoas e/ou máquinas são homogêneas. Fica clara a discrepância entre os métodos de custeio com departamentalização e sem departamentalização com o exemplo que será dado a seguir.

Considere que numa determinada empresa o gestor pede o custo total dos produtos A, B e C fabricados num determinado período. São conhecidos os Custos Indiretos e os Custos Diretos, dados a seguir na figura 7 e 8:

Custos Indiretos	
Depreciação de Equipamentos	R\$ 20.000,00
Manutenção de Equipamentos	R\$ 35.000,00
Energia Elétrica	R\$ 30.000,00
Supervisão da Fábrica	R\$ 10.000,00
Outros Custos Indiretos	R\$ 20.000,00
Total	R\$ 115.000,00

Figura 7 - Custos Indiretos de Fabricação para os produtos A, B e C. Fonte: Adaptado do livro de Contabilidade de Custos de Eliseu Martins, 2003.

	Custos Diretos
PRODUTO A	R\$ 50.000,00
PRODUTO B	R\$ 30.000,00
PRODUTO C	R\$ 45.000,00
Total	R\$ 125.000,00

Figura 8 - Custos Diretos de Fabricação para os produtos A, B e C. Fonte: Fonte: Adaptado do livro de Contabilidade de Custos de Eliseu Martins, 2003.

Caso A) Custeio dos produtos A, B e C sem departamentalização:

Tem-se também a informação do número de horas máquina gasto na fabricação de cada produto. Dessa forma, o método de rateio escolhido dos Custos Indiretos é baseado no percentual de hora máquina gasto com cada produto,

totalizando o Custo Total de R\$ 96.000,00 para o produto A, R\$ 53.000,00 para o produto B e R\$ 91.000,00 para o produto C.

	Custos Diretos	Total Horas máquina	%Hora máquina	Custos Indiretos (sem departamentalização)	Custo Total
PRODUTO A	R\$ 50.000,00	400	40%	R\$ 46.000,00	R\$ 96.000,00
PRODUTO B	R\$ 30.000,00	200	20%	R\$ 23.000,00	R\$ 53.000,00
PRODUTO C	R\$ 45.000,00	400	40%	R\$ 46.000,00	R\$ 91.000,00
Total	R\$ 125.000,00	1000	100%	R\$ 115.000,00	R\$ 240.000,00

Figura 9 - Custeio sem departamentalização. Fonte: Adaptado do livro de Contabilidade de Custos de Eliseu Martins, 2003.

Caso B) Custeio dos produtos A, B e C com departamentalização:

Considerando agora a abertura das horas máquina em cada processo produtivo para finalizar cada produto, além da abertura dos Custos Indiretos para cada processo produtivo, é possível determinar a taxa máquina de cada processo produtivo, mostrado na figura 10 a seguir:

	Custos Diretos	Abertura dos custos indiretos e horas máquinas por processo			Total Horas Máquina
		Corte	Montagem	Acabamento	
PRODUTO A	R\$ 50.000,00	100	50	250	400
PRODUTO B	R\$ 30.000,00	200			200
PRODUTO C	R\$ 45.000,00	0	250	150	400
Total	R\$ 125.000,00	300	300	400	1000
	Custos Indiretos	Corte	Montagem	Acabamento	
Depreciação de Equipamentos	R\$ 20.000,00	R\$ 10.000,00	R\$ 3.000,00	R\$ 7.000,00	
Manutenção de Equipamentos	R\$ 35.000,00	R\$ 20.000,00	R\$ 3.000,00	R\$ 12.000,00	
Energia Elétrica	R\$ 30.000,00	R\$ 6.000,00	R\$ 4.000,00	R\$ 20.000,00	
Supervisão da Fábrica	R\$ 10.000,00	R\$ 5.000,00	R\$ 2.000,00	R\$ 3.000,00	
Outros Custos Indiretos	R\$ 20.000,00	R\$ 4.000,00	R\$ 3.000,00	R\$ 13.000,00	
Total	R\$ 115.000,00	R\$ 45.000,00	R\$ 15.000,00	R\$ 55.000,00	
Taxa hora máquina:		R\$ 150,00	R\$ 50,00	R\$ 137,50	

Figura 10 - Abertura dos Custos Indiretos e das horas máquina por processo de fabricação. Fonte: Adaptado do livro de Contabilidade de Custos de Eliseu Martins, 2003.

Na figura 10, é possível ver em azul a taxa hora máquina por processo de fabricação. Com esse dado, agora é possível chegar a um novo valor de custeio dos Custos Indiretos, realizando a soma produto das horas gastas em cada

processo de cada produto com a matriz de taxa hora máquina. Ou seja, para o produto A, realizamos a seguinte soma produto:

$$\text{Custo Indireto Produto A} = (\text{Hora Máquina Corte} \times \text{Taxa Hora Máquina Corte}) + (\text{Hora Máquina Montagem} \times \text{Taxa Hora Máquina Montagem}) + (\text{Hora Máquina Acabamento} \times \text{Taxa Hora Máquina Acabamento})$$

Chega-se então aos seguintes Custos Indiretos por Produto e respectivos Custos Totais somados os Custos Indiretos e Diretos:

Custos Indiretos (com departamentalização)		Custos Totais
R\$	51.875,00	R\$ 101.875,00
R\$	30.000,00	R\$ 60.000,00
R\$	33.125,00	R\$ 78.125,00
R\$	115.000,00	R\$ 240.000,00

Figura 11 - Custeio dos produtos A, B e C considerando departamentalização. Fonte: Adaptado do livro de Contabilidade de Custos de Eliseu Martins, 2003.

Nota-se uma grande diferença entre os custeios com departamentalização e sem departamentalização. Para ficar mais claro, na figura 12 há a comparação entre os Custos Indiretos rateados sem e com departamentalização.

	Custos Indiretos (sem departamentalização)	Custos Indiretos (com departamentalização)	Diferença entre o caso A e B
PRODUTO A	R\$ 46.000,00	R\$ 51.875,00	R\$ 5.875,00
PRODUTO B	R\$ 23.000,00	R\$ 30.000,00	R\$ 7.000,00
PRODUTO C	R\$ 46.000,00	R\$ 33.125,00	-R\$ 12.875,00
Total	R\$ 115.000,00	R\$ 115.000,00	R\$ -

Figura 12 - Diferença do resultado do custeio com e sem departamentalização. Fonte: Adaptado do livro de Contabilidade de Custos de Eliseu Martins, 2003.

Fazendo uma análise dos valores encontrados na figura 12, pode-se perceber facilmente que os produtos A e B deveriam custar no total R\$ 5.875,00 e R\$ 7.000,00 a mais, respectivamente. De contrapartida, o produto C deveria ter descontado o valor de R\$ 12.000,00 no custo de produção final, que serve de base para a formação do preço de venda. Essa diferença é significativa, pois como enfatizado na introdução e na justificativa do trabalho, a concorrência é forte no

mundo atual e a metodologia de custeio pode muito bem definir o sucesso de vendas de um produto ou causar o efeito contrário.

Além disso, nota-se que o valor total somado dos produtos A, B e C é absolutamente o mesmo, apesar das metodologias de custeio terem sido diferentes. Também, dada a escala dos valores, enfatiza-se que esse exemplo está considerando o custo em massa dos produtos, ou seja, o custo unitário multiplicado pelo volume de produção de cada produto. Seguindo a lógica reversa, para se chegar no valor do custo unitário, bastaria dividir o valor total pelo volume de produção.

5.5 CLASSIFICAÇÃO DAS ESTIMATIVAS DE CUSTOS

Estimativas de custo são fundamentais para garantir qualidade dos custos de um projeto assim como atender seus prazos. Seguindo esse conceito, nota-se também que a integridade das estimativas de custo consideradas ao longo do ciclo de vida de um produto é diretamente relacionada com o sucesso do projeto e isso é assegurado pela escolha apropriada da metodologia de estimativa de custo. O custo total de um projeto estimado com qualidade é o melhor referencial para definir um orçamento, assim como garantir que todos os recursos necessários estarão assegurados e que o calendário do projeto se mantenha estável ao longo da evolução da execução de um projeto (AACE, 2016).

Estimar custos é um processo que pode ser utilizado para quantificar, custear e precificar recursos necessários previstos dentro do escopo de um projeto, atividade ou mesmo opção de investimento. O resultado desse processo, que nada mais é do que o custo estimado em si, pode ser utilizado para diversos fins, como (AACE, 2016):

- Determinar a viabilidade econômica de um projeto
- Avaliar duas ou mais alternativas de projetos
- Definir a base orçamentária do projeto
- Definir uma base de custo e monitorar o cronograma de um projeto

A estimativa de custo pode ser o fator de maior relevância a se considerar numa tomada de decisão. Para tanto, é importante associar um fator de risco a cada estimativa, além de, conforme o projeto for evoluindo, revisar e validar cada

estimativa novamente. Para cada fase de um projeto, é esperado um tipo de estimativa, com certo grau de precisão. Importante lembrar que o foco do presente trabalho não é estimar um projeto como um todo, apenas uma única peça. Para que isso seja necessário e possível, o projeto deve estar bem avançado, muitas vezes o produto final já foi inclusive lançado e a estimativa é feita para fins de renegociação (AAACE, 2016). Para tornar mais claro esse assunto referente a fase de projeto, a AAACE (2016) possui uma matriz de classificação de estimativas de custos para os processos industriais, a qual classifica o tipo de estimativa de custo a ser feita de acordo com a maturidade do projeto. Na figura 13 segue a matriz de estimativas de custos para processos industriais.

	<i>Característica Principal</i>	<i>Característica Secundária</i>		
CLASSE DE ESTIMATIVA	NÍVEL DE MATURIDADE DAS ENTREGAS DE DEFINIÇÃO DO PROJETO Expresso como % da definição completa	USO FINAL Finalidade típica da estimativa	METODOLOGIA Método geralmente utilizado para estimativas	FAIXA DE PRECISÃO ESPERADA Intervalos típicos nas faixas mínimas e máximas
Classe 5	0% a 2%	Análise da adequação do conceito	Índices de capacidade, modelos paramétricos, julgamento ou analogia	Mín: -20% a -50% Máx: +30% a +100%
Classe 4	1% a 15%	Estudo de viabilidade	Fatores relativos a equipamentos ou modelos paramétricos	Mín: -15% a -30% Máx: +20% a +50%
Classe 3	10% a 40%	Autorização ou controle de orçamento	Custos unitários semi-detalhados com itens de linha lançados em nível de detalhe de conjunto	Mín: -10% a -20% Máx: +10% a +30%
Classe 2	30% a 75%	Controle ou licitação/proposta	Custos unitários detalhados com levantamento detalhado obrigatório	Mín: -5% a -15% Máx: +5% a +20%
Classe 1	65% a 100%	Verificação da estimativa ou licitação/proposta	Custos unitários detalhados com levantamento detalhado	Mín: -3% a -10% Máx: +3% a +15%

Figura 13 - Matriz de Classificação de Estimativa de Custos para Processos Industriais. Fonte: AAACE, 2014.

Na figura 13, é possível perceber que conforme o projeto for evoluindo, a expectativa é que haja cada vez mais precisão nas respectivas estimativas de custo.

Além disso, a matriz mostra as principais finalidades das estimativas em cada fase de projeto e atrela cada uma das cinco classes com uma metodologia recomendada. De acordo com a Prática Recomendada 18R-97: Sistema de Classificação para Estimativa de Custos – Conforme Aplicado à Engenharia, Contratação e Construção para Processos Industriais, da AACE, além do grau de definição do projeto, a precisão de estimativa também é motivada por outros riscos envolvidos sistematicamente em um projeto, tais como:

- Nível de tecnologia desconhecida no projeto
- Complexidade do projeto
- Qualidade dos dados usados na estimativa de custos de referência
- Qualidade das premissas utilizadas na elaboração da estimativa
- Experiência e nível de habilidade do profissional que está calculando a estimativa
- Técnicas de estimativa empregadas
- Tempo e nível de esforço orçados para elaborar a estimativa
- Projeto em locais distantes ou ainda não explorados e a falta de dados de referência sobre tais locais
- A exatidão da composição dos fluxos de processos de entradas e saídas

Na prática recomendada da AACE, nº 17R-97, é dada a informação adicional de esforço para elaboração da estimativa, a qual indica o que já se poderia ter deduzido: quanto maior a precisão requerida, maior será o esforço para a elaboração da estimativa, ou seja, mais complexa se torna a estimativa de custo.

As classes, listadas na primeira coluna da figura 13, classificam o nível de maturidade de projeto, onde a classe 1 aponta para a maturidade plena do projeto e a classe 5 aponta um projeto de baixo nível de definição. As outras três classes são intermediárias e é importante elaborar estimativas de custo desde a primeira fase do projeto, até a última, de forma a alcançar um número cada vez mais confiável (AACE, 2011).

Além das informações da figura 13, a AACE disponibilizou na sexta edição seu livro de Habilidades e Conhecimentos de Engenharia de Custo um *check-list* para auxiliar a mapear o nível de maturidade do projeto. São nove as informações principais para garantir a maturidade do projeto: escopo, capacidade

produtiva da fábrica, localização, solo e hidrologia, plano integrado do projeto, cronograma, estratégia de escalação, estrutura analítica do projeto, código de contas e estratégia de contratação. No início do projeto (classe 5), muitas dessas informações ainda são desconhecidas e para se tornar um projeto de primeira classe, todas elas precisam estar pelo menos definidas. Segue o *check-list* na tabela 1.

CLASSIFICAÇÃO DA ESTIMATIVA					
Informações gerais do projeto:	CLASSE 5	CLASSE 4	CLASSE 3	CLASSE 2	CLASSE 1
Descrição do escopo do projeto	Geral	Preliminar	Definida	Definida	Definida
Capacidade produtiva da fábrica	Assumida	Preliminar	Definida	Definida	Definida
Localização da planta	Geral	Aproximada	Específica	Específica	Específica
Solo e hidrologia	Nenhuma	Preliminar	Definida	Definida	Definida
Plano integrado do projeto	Nenhuma	Preliminar	Definida	Definida	Definida
Cronograma completo do projeto	Nenhuma	Preliminar	Definida	Definida	Definida
Estratégia de escalação	Nenhuma	Preliminar	Definida	Definida	Definida
Estrutura analítica do projeto (WBS)	Nenhuma	Preliminar	Definida	Definida	Definida
Código de contas do projeto	Nenhuma	Preliminar	Definida	Definida	Definida
Estratégia de contratação	Assumida	Assumida	Preliminar	Definida	Definida

Tabela 1 - Check-list para verificar maturidade do projeto. Fonte: Adaptado da AACE, 2014.

É possível perceber que não há diferença entre a segunda e a primeira classe no projeto, isso é porque a Associação Americana de Engenharia de Custo disponibiliza ainda um guia suplementar relacionando todas as entregas técnicas da Engenharia para a evolução do projeto. Pode-se afirmar que a diferença entre a segunda e primeira classe está principalmente relacionado com a qualidade dos desenhos técnicos da engenharia, os quais contêm informações valiosas para uma análise de custos. Não cabe aqui citar todos os detalhes dos guias desenvolvidos para projetos pela AACE, mas é importante deixar claro a diferença entre as fases de projeto, pois o estudo *bottom-up*, o qual será futuramente abordado, é um estudo para projetos apenas de primeira classe, ou seja, com alto grau de maturidade e desenhos técnicos completos.

5.6 METODOLOGIAS DE ESTIMATIVAS DE CUSTO

A AACE enquadra as metodologias de custo em duas grandes categorias: metodologias conceituais e metodologias determinísticas. Conforme a classe do projeto for se aproximando de 1, as metodologias utilizadas geralmente partem de metodologias conceituais e vão em direção dos métodos determinísticos.

Nos métodos conceituais, as variáveis independentes utilizadas para fazer uma estimativa geralmente são baseadas em valores inferidos ou estatisticamente relacionados com modelos ou parâmetros próximos do projeto. Nesses casos, as estimativas costumam possuir pelo menos um grau mínimo de subjetividade dada a incerteza de alguns aspectos do projeto. Metodologias conceituais podem gerar bastante esforço para desenvolver um algoritmo capaz de aproximar custos mesmo antes das definições do projeto. Geralmente esses algoritmos contam com um bom histórico de base de dados para garantir bons fatores de aproximação, porém, a estimativa em si pode ser feita rapidamente com o algoritmo pronto, já que não é necessário dar muitas entradas (AACE, 2011).

Já falando de métodos determinísticos, as variáveis independentes tendem a ser medidas específicas de um item sendo avaliado, e essas medidas por sua vez são multiplicadas por uma unidade de custo já atribuída às suas características. Dessa forma, métodos determinísticos requerem alto grau de precisão para determinar quantidades e custos envolvidos e também alto grau de esforço, podendo tomar horas para que o estudo seja feito, ou até meses para estimar projetos maiores (AACE, 2011). Para projetos de classes intermediárias, as estimativas podem considerar tanto metodologias conceituais quanto determinísticas.

5.6.1 Métodos Conceituais

Métodos conceituais geralmente são utilizados para fases iniciais de projeto e também são conhecidos como estimativas de “ordem-de-magnitude” (OOM). De acordo com a Associação Americana de Engenharia de Custo, essas metodologias geralmente são usadas para:

- Estabelecer uma estimativa de triagem antecipada para um projeto ou programa proposto.

- Avaliar a viabilidade geral de um projeto.
- Triagem de alternativas de projeto (como diferentes locais, tecnologias, capacidades, entre outros).
- Avaliar os impactos de custo de alternativas de projeto.
- Estabelecimento de um orçamento preliminar para fins de controle durante a fase de projeto de um projeto.

Elas são muito úteis em inícios de projetos que possuem um escopo que já é familiar para a empresa. Não possuem alta acuracidade, mas sim uma aproximação razoável da realidade, seja essa realidade o orçamento do projeto ou o tamanho do investimento, para prover uma justificativa significativa para tomadas de decisão. Existem várias metodologias conceituais, entre elas, é possível citar: método de capacidade de produção, método das dimensões físicas, método de capacidade fatorada, método de razão (ou método fatorado) e métodos paramétricos.

5.6.1.1 A Abordagem *Top-Down*

Trendowics e Jeffery (2014) explicam que a estimativa realizada por meio da abordagem *Top-Down* prevê o esforço total do projeto diretamente, ou seja, é estimado o esforço de resumo para todas as atividades do desenvolvimento do projeto e para todas as entregas do projeto. Pode-se então decompor a estimativa total do projeto em parcelas de esforço necessárias para concluir atividades de trabalho individuais e entregar os produtos desses trabalhos individuais. Por exemplo, na estimativa baseada em analogia, um novo projeto como um todo é comparado com projetos similares já concluídos, os chamados análogos de projeto. Adapta-se o esforço necessário para completar um projeto análogo do passado como a previsão de esforço necessária para completar o novo projeto.

Os mesmos autores (2014) afirmam que, após essa etapa, é então possível distribuir o esforço total estimado sobre as atividades individuais do projeto, com base, por exemplo, na distribuição de esforço percentual observado em projetos históricos. A estimativa efetiva do projeto exigiria, portanto, a coleta de dados históricos não só em relação ao esforço global de desenvolvimento, mas também em relação ao esforço necessário para concluir as principais fases do projeto ou até mesmo atividades de trabalho individuais. Outra maneira de determinar a

distribuição do esforço entre as atividades do projeto é adaptar distribuições de esforço de projeto publicadas na literatura por profissionais de software, as quais foram baseadas em suas observações em diversos projetos de software, como, por exemplo, o livro de Adam Trendowicz e Ross Jeffery “Princípios de Estimativa de Esforço e Custo”³, e incluem distribuições de probabilidade de Rayleigh, Gamma, Parr, entre outras.

Portanto, pode-se afirmar que a abordagem *Top-Down* de estimativa de custos está diretamente relacionada com a distribuição de esforço, seja para o projeto como um todo, seja para cada atividade do projeto. Uma das melhores práticas para padronizar as distribuições de esforço é investir bastante esforço nas fases iniciais do desenvolvimento, como a especificação de requisitos e design. Esse investimento inicial evita erros nos estágios iniciais do software projeto que mede esforço e, assim, evita grandes retrabalhos nas fases posteriores, onde se corrigir erros de projeto inicial pode ser muito caro. O monitoramento da distribuição do esforço ao longo dos processos de desenvolvimento pode servir como um rápido indicador para definir prioridades do projeto, os quais por sua vez servem como direcionadores para a melhoria do projeto e auxiliam no processo de análise de risco do projeto (TRENDOWICS & JEFFERY, 2014).

5.6.2 Métodos Determinísticos

Os métodos determinísticos são chamados assim porque devem prover uma estimativa detalhada, na qual cada componente de um projeto é precificado usando os preços unitários mais realistas possíveis. Essas estimativas com alto grau de precisão podem servir para autorizar do orçamento final, licitar empreiteiras ou empresas terceirizadas, controlar custos durante a execução de um projeto e controlar pedidos de alterações do projeto. Como dito anteriormente, as estimativas de custo realizadas por meio de metodologias determinísticas exigem uma quantidade substancial de tempo e custos para serem preparadas. Para projetos muito grandes, essas estimativas detalhadas podem demorar semanas, ou até meses, além de exigir muitas horas de engenharia para preparar as entregas técnicas necessárias, como desenhos e definições de processo de fabricação.

³ TRENDOWICZ, Adam. JEFFERY, Ross. **PRINCIPLES OF EFFORT AND COST ESTIMATION**. Publicado em 12 de dezembro de 2013. Disponível em <https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-03629-8_2#Fig2>.

Devido ao grande número de recursos, tempo, abrangência e profundidade das informações necessárias sobre custos na preparação de estimativas detalhadas, pode ser que, nesses casos, sejam exigidos documentos contratuais ou alguma outra forma de garantir que todos os requisitos para se elaborar as estimativa sejam atendidos. Para se ter ideia, os dados de engenharia e projeto necessários para preparar uma estimativa detalhada incluem desenhos de fluxo de processo e utilitário, diagramas de tubulação e instrumento, folhas de dados de equipamentos, listas de motores, diagramas elétricos de uma linha, isométricos de tubulações (para tubos de liga e de grande diâmetro), desenhos de layout de equipamentos e tubulações, planos de plotagem, entre outras especificações de engenharia.

Os dados de preços devem incluir cotações de fornecedores, informações atuais de preços de pedidos de compras recentes, taxas de trabalho atuais, cotações de subcontratos, informações de cronograma do projeto (para determinar os requisitos de escalonamento) e o plano de construção/fabricação (para determinar a produtividade do trabalho e outros ajustes).

Para se obter uma estimativa completamente detalhada, todos os custos devem ser especificados, incluindo os custos diretos e indiretos da planta, custos de mão de obra, incluindo custos de taxa de hora extra e os custos de dias trabalhados em casa (home-office para funções administrativas). Quando há informações incompletas, uma solução é forçar algumas variáveis independentes da análise do produto e do processo, por meio de desenhos de engenharia e informações do projeto preliminares. A sugestão do passo-a-passo para preparar todas as informações necessárias, para posteriormente se realizar a estimativa detalhada, é a seguinte:

1. Preparar a base e o cronograma da estimativa do projeto
2. Preparar estimativa do Custo Direto da planta produtiva
3. Preparar estimativa do custo indireto da planta produtiva
4. Prepare a estimativa do custo do Home-Office
5. Preparar estimativas de taxas/impostos sobre vendas
6. Prepare estimativas de escalonamento
7. Preparar a estimativa da taxa do projeto (para contratados)
8. Preparar análise de risco de custo/determinação de contingência
9. Visualizar/validar a estimativa

5.6.2.1 A Abordagem *Bottom-Up*

De acordo com Trendowics e Jeffery (2014), a estimativa *bottom-up* normalmente divide o desenvolvimento do projeto em atividades (abordagem de nível de processo) ou produtos (abordagem de nível de produto). A partir de então é possível estimar o custo para concluir cada atividade de projeto ou para produzir cada componente do produto.

No nível do processo, são determinadas as atividades elementares que se deseja estimar, as quais devem ser dimensionadas para em seguida estimar o custo para cada uma delas individualmente. O custo total do projeto é o agregado dessas estimativas ascendentes. A maneira mais simples de compilar estimativas realizadas por meio da abordagem *Bottom-Up* é somá-las. Na prática, entretanto, é necessário considerar a forma de estimativas e suas interdependências ao agregá-las em estimativas totais. O acréscimo sem críticas de estimativas ascendentes pode levar à invalidez da predição total do projeto (TRENDOWICS E JEFFERY, 2014).

De acordo com a quinta edição do Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos⁴, conhecido também como *PMBOK*, a estimativa "*bottom-up*" é um método de estimativa da duração ou custo do projeto pela agregação das estimativas dos componentes de nível mais baixo da estrutura analítica do projeto (EAP). Conforme for requerido um nível maior de confiabilidade, o nível de detalhamento dos trabalhos ou dos elementos das atividades é aumentado também. Tudo aquilo que depende de recurso é estimado e essas estimativas são somadas para cada um dos recursos de uma atividade. Essas atividades podem ou não ter interdependência entre si, a qual pode afetar o padrão de utilização dos recursos (PMBOK, 2013).

De forma resumida, pode-se afirmar que o objetivo da estimativa "*bottom-up*" é estimar um componente do trabalho por vez, considerando todas as variáveis conhecidas desse componente. Em outras palavras, o custo de pacotes de trabalho individuais ou atividades é estimado com o maior nível de detalhes especificados, para então ser resumido ou repassado para níveis mais altos, podendo ser utilizado em subsequentes relatórios e rastreamento do projeto. O custo e a precisão da estimativa de custos "*bottom-up*" geralmente são influenciados pelo tamanho ou complexidade da atividade individual ou pacote de trabalho (PMBOK, 2013).

⁴ ©2013 Project Management Institute. *Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK®)* — Quinta Edição

De forma parecida, mas com um pouco mais de detalhamento, a Agência Espacial Européia (ESA) explica em seu boletim sobre Engenharia de Custo para Programas Espaciais (2003) que o método *bottom-up* possibilita estimativas detalhadas que são feitas em níveis relativamente baixos na estrutura analítica do projeto, os quais atingem pacotes de trabalho ou nível de tarefa. Essa abordagem está diretamente relacionada com o agendamento, planejamento e alocação de recursos e é consumido bastante tempo e dinheiro para se fazer uma estimativa por esse método. O *bottom-up* requer também um bom conhecimento da atividade e um nível razoável de definição para que o exercício seja significativo.

Muito frequentemente, e certamente no caso de abertura de concorrência da ESA, tal abordagem tem de ser seguida pelos proponentes, a fim de poder apresentar as informações pormenorizadas relativas aos custos exigidas pela Agência. Um problema em potencial, além da questão de tempo e esforço envolvidos para alcançar uma alta precisão implícita pelo processo, é que a inclusão de estimativas para cada elemento pode levar a uma quantidade excessiva de estimativas agregadas, resultando em uma estimativa total alta e fora da realidade (ESA, 2003).

Sobre esse nível de precisão de uma estimativa, a ESA (2003) descreve que para qualquer exercício de estimativa ou avaliação de custos, o nível alcançável de exatidão dependerá do nível de compreensão do problema, do nível de integridade e correção das informações relativas aos parâmetros de direcionamento de custos e da qualidade do modelo de custo em si. O nível desejável de precisão é o suficiente quando permite um processo de tomada de decisão correto. Em muitas situações, será sensato dar uma série de custos projetados, incluindo a opção de custo “mais baixo”, de custo “mais provável” e do custo “mais alto”. Isso é conhecido como uma estimativa de três pontos - com a largura do intervalo sendo indicativa do grau de incerteza percebido, conforme determinado por um exercício de avaliação de risco, o qual depende do nível de maturação do projeto como visto anteriormente.

O *PMBOK* (2013) explica que a estimativa de três pontos pode ser utilizada para aperfeiçoar a precisão da estimativa de custo de uma atividade pontual, pois leva em consideração a incerteza e o risco envolvido nas estimativas e, assim, deve utilizar três estimativas para definir uma faixa aproximada do custo da atividade:

- **O Custo Mais Provável (cM):** Os custos da atividade, ou de um produto, são baseados em um cenário avaliado como realista para o trabalho necessário e quaisquer outros gastos previstos.

- **O Custo Otimista (cO):** os custos da atividade, ou de um produto, são baseados na análise do melhor cenário para a atividade.

- **O Custo Pessimista (cP):** Os custos da atividade, ou de um produto, são baseados na análise do pior cenário para a atividade.

Por fim, cabe explicar que o custo esperado pode ser então calculado utilizando os três pontos, por meio de uma distribuição triangular, ou seja, a média dos três pontos, ou por meio da distribuição beta, como nas fórmulas a seguir.

→ **Distribuição triangular:**

$$cE = \frac{cO + cM + cP}{3}$$

→ **Distribuição Beta** (da análise PERT tradicional):

$$cE = \frac{(cO + 4cM + cP)}{6}$$

5.6.2.1.1 Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Como foi visto na seção anterior, foi bastante comentado sobre estrutura analítica de projeto e seus níveis. Para esclarecer esse assunto, será explicado ao longo dessa seção o que é a estrutura analítica de projeto e como ela está relacionada com os tipos de abordagens de estimativas de custo. Trendowics e Jeffery (2014), introduzem de forma detalhada os principais conceitos de uma estrutura analítica do projeto, pois é a partir dela que se pode chegar a um subelemento, como uma peça plástica, por exemplo, ou ainda nos subelementos dessa peça plástica, para que se possa estimar seus custos com precisão. De acordo com os autores, a estrutura analítica do projeto (EAP) é uma metodologia

aplicada para identificar num nível mais alto de detalhamento os componentes de trabalho para se realizar um projeto. É amplamente utilizada no contexto da estimativa de custo e depende da decomposição hierárquica dos elementos do projeto. Três principais perspectivas da abordagem da EAP são aplicadas na prática:

- Orientado para entregas: é uma abordagem clássica, definida pelo PMI (2013), em que a decomposição é estruturada pelos componentes físicos ou funcionais do projeto. Essa abordagem usa as principais entregas do projeto como o primeiro nível da estrutura analítica do projeto.

- Orientado para atividades: esta abordagem dá um enfoque nos processos e nas atividades no projeto. São utilizadas as principais fases do ciclo de vida como o primeiro nível da estrutura analítica do projeto.

- Orientado para a organização: Esta abordagem se concentra, de forma semelhante à orientada para a atividade, nas atividades do projeto, mas agrupa-as de acordo com a estrutura organizacional do projeto. Essa abordagem usa subprojetos ou componentes do projeto como o primeiro nível da estrutura analítica do projeto. Os subprojetos podem ser identificados de acordo com aspectos da organização do projeto como subsistemas criados, localizações geográficas, departamentos ou unidades de negócios envolvidas.

A criação da estrutura analítica de processo (EAP) pode ser feita tanto pela abordagem *top-down*, como pela abordagem *bottom-up*. A EAP criada por meio da abordagem *top-down* decompõe o trabalho geral ou o produto final do projeto em seus subelementos. Essa decomposição continua até que os itens de trabalho ou do produto atinjam um nível em que possam ser estimados com facilidade e precisão. Já a criação de uma EAP por meio da abordagem *bottom-up* assume a forma de *brainstorming*, em que os membros da equipe identificam todas as tarefas ou peças que compõem projeto/produto de baixo nível necessárias para concluir o projeto (TRENDOWICS E JEFFERY, 2014). Note que a abordagem *top-down* é mais interessante para decompor um projeto, ou uma peça, em seus menores subelementos, porém, a partir de então é feito o caminho inverso, ou seja, utiliza-se o *bottom-up* para se estimar os custos.

5.6.2.1.2 Informações macroeconômicas

Caso seja necessário utilizar moedas estrangeiras no estudo, é muito importante utilizar uma base macroeconômica de referência e deixar sempre claro quais foram as taxas de conversão utilizadas. Informações macroeconômicas devem se referir principalmente à moeda na qual o estudo deve ser feito e o período que o projeto deve estar enquadrado. Também, importante informar o período de referência, pois as previsões das taxas cambiais se alteram toda vez que são refeitas. Por exemplo: em julho de 2018 a previsão da taxa de conversão USD/BRL para o primeiro trimestre de 2019 estava em 3.50 BRL/USD, como pode ser visto na tabela 2. Enquanto a mesma previsão feita em outubro de 2018, apenas três meses depois, estava a 3,80 BRL/USD, 30 centavos a mais. Por isso é importante ter um documento que estabeleça o período de referência para o lançamento do projeto (data futura) e o período de referência no qual a previsão monetária deve ter sido realizada (data passada ou atual). Geralmente, cada empresa tem sua própria base macroeconômica, mas nesse exemplo, será usada a base do *CIBC Capital Markets - Canadian Imperial Bank of Canada*.

A seguir, na tabela 2, tem-se a previsão das taxas do dólar realizada em julho de 2018. Na primeira coluna, são dispostas as moedas referentes a cada taxa de conversão, geralmente considerando como base o dólar (USD). Nas colunas seguintes, tem-se respectivamente as taxas de conversão para o período de junho de 2018 (taxa real de referência do período), terceiro trimestre de 2018, quarto trimestre de 2018, primeiro trimestre 2019, segundo trimestre 2019, terceiro trimestre 2019 e quarto trimestre 2019.

CURRENCY OUTLOOK

End of period:	19-Jun	2018 III	2018 IV	2019 I	2019 II	2019 III	2019 IV
US\$ Rates:							
USDCAD	1.33	1.33	1.34	1.31	1.28	1.31	1.30
EURUSD	1.16	1.17	1.19	1.21	1.23	1.25	1.28
USDJPY	110	112	110	108	106	104	104
GBPUSD	1.32	1.31	1.33	1.36	1.39	1.42	1.47
USDCHF	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.94
AUDUSD	0.74	0.76	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85
NZDUSD	0.69	0.70	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78
USDBRL	3.76	3.70	3.55	3.50	3.45	3.50	3.55
USDMXN	20.59	19.40	18.90	18.50	18.10	18.40	18.00
USDKRW	1109	1055	1045	1035	1030	1025	1020
USDCNY	6.48	6.20	6.10	6.05	5.95	5.85	5.80
USDSGD	1.36	1.33	1.32	1.32	1.31	1.31	1.30
USDTWD	30.2	29.7	29.6	29.5	29.4	29.3	29.2
USDMYR	4.00	3.80	3.75	3.70	3.65	3.55	3.50
USDINR	68.4	67.3	67.1	66.9	66.6	66.3	66.0
USDIDR	13932	13900	13800	13700	13600	13500	13400
Other Crosses:							
CADJPY	83	84	82	82	83	79	80
AUDCAD	0.98	1.01	1.06	1.06	1.05	1.10	1.11
GBPCAD	1.75	1.74	1.78	1.78	1.78	1.86	1.91
EURCAD	1.53	1.56	1.59	1.59	1.57	1.64	1.66
EURJPY	127	131	131	131	130	130	133
EURGBP	0.88	0.89	0.90	0.89	0.89	0.88	0.87
EURCHF	1.15	1.15	1.15	1.16	1.17	1.18	1.20
EURSEK	10.31	10.00	9.90	9.80	9.70	9.60	9.50
EURNOK	9.48	9.30	9.25	9.10	8.95	8.85	8.80

Tabela 2- Taxas de câmbio para Moedas Estrangeiras previstas pelo Banco do Canadá em Junho de 2018, para o período de junho de 2018 até o fim de 2019. Fonte: CIBC - Capital Markets - Canadian Imperial Bank of Canada, junho, 2018.

Na tabela 2, é possível visualizar que em negrito estão destacadas as devidas taxas de conversão de Real (BRL) para Dólar (USD), ou seja, quantos reais são necessários para se adquirir um dólar apenas. Já na tabela 3, tem-se a previsão das taxas do dólar realizada em outubro de 2018. A estrutura da tabela é a mesma da anterior, o que muda são os períodos considerados a partir da segunda coluna. Respectivamente pode-se observar: as taxas de conversão para o período de outubro de 2018 (taxa real de referência do período), quarto trimestre de 2018, primeiro trimestre 2019, segundo trimestre 2019, terceiro trimestre 2019 e quarto trimestre 2019, segundo trimestre 2020 e, por fim, quarto trimestre 2020.

Currency Outlook

End of Period:	Oct. 17/18	Q4 18	Q1 19	Q2 19	Q3 19	Q4 19	Q2 20	Q4 20
USD/CAD	1.30	1.28	1.29	1.31	1.32	1.34	1.32	1.30
EUR/USD	1.15	1.18	1.20	1.23	1.25	1.28	1.30	1.30
USD/JPY	112	110	108	106	105	104	102	100
GBP/USD	1.31	1.33	1.35	1.39	1.42	1.46	1.50	1.51
USD/CHF	0.99	0.97	0.96	0.94	0.94	0.92	0.91	0.89
USD/SEK	8.94	8.77	8.46	8.13	7.92	7.66	7.38	7.42
AUD/USD	0.71	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80
NZD/USD	0.66	0.64	0.64	0.64	0.65	0.67	0.69	0.70
USD/NOK	8.18	8.01	7.79	7.48	7.28	7.07	6.77	6.69
USD/ZAR	14.25	15.40	15.30	15.20	15.15	15.10	14.70	14.40
USD/BRL	3.71	3.65	3.80	3.85	3.95	4.05	4.15	4.05
USD/MXN	18.83	19.40	19.10	18.90	18.80	19.50	19.40	20.30
USD/COP	3053	3230	3200	3100	3150	3000	2950	3250
USD/CLP	670	670	650	650	660	690	670	700
USD/CNY	6.93	6.98	6.88	6.83	6.80	6.75	6.65	6.55
USD/KRW	1127	1140	1130	1120	1110	1105	1085	1065
USD/INR	73.6	75	74.5	74	73.5	73	72	71
USD/SGD	1.38	1.39	1.38	1.38	1.37	1.36	1.35	1.34
USD/TWD	31	31.15	30.98	30.75	30.5	30.25	29.75	29.25
USD/MYR	4.15	4.20	4.10	3.95	3.90	3.85	3.75	3.65
USD/IDR	15150	15500	15250	15000	14800	14600	14200	14000

Tabela 3 - Taxas de câmbio para Moedas Estrangeiras previstas pelo Banco do Canadá em Outubro de 2018, para o período de outubro de 2018 até o fim de 2020. Fonte: CIBC - Capital Markets - Canadian Imperial Bank of Canada, outubro, 2018.

Na tabela 3, é possível visualizar que em negrito estão destacadas as taxas de conversão de Real (BRL) para Dólar (USD), previstas para os futuros períodos, ou seja, quantos reais são necessários para se adquirir um dólar apenas em cada trimestre que ainda está por vir. Para ficar mais claro a importância de uma base econômica de referência, será dado um exemplo. Supondo que em um determinado conjunto mecânico, são utilizados cinco parafusos importados da Europa, os quais possuem um custo unitário de € 0,80 (oitenta centavos de euro). Também são utilizadas duas peças de fixação importadas dos Estados Unidos, as quais custam \$ 3,60 (três dólares e sessenta centavos). Pela abordagem *bottom-up*, os cálculos do custo desses elementos em reais podem ser feitos das seguintes formas:

Opção A: Utilizando as taxas da referência de outubro de 2018, da tabela 3.

$$\text{Custo Parafusos} = 5 \times 0,80 \times 1,15 \left[\frac{\text{EUR}}{\text{USD}} \right] \times 3,71 \left[\frac{\text{USD}}{\text{BRL}} \right] = \text{R\$ } 17,066$$

$$\text{Custo Peças de Fixação} = 2 \times 3,60 \times 3,71 \left[\frac{\text{USD}}{\text{BRL}} \right] = \text{R\$ } 26,712$$

$$\text{Custo Total} = \text{Custo Parafusos} + \text{Custo Peças de Fixação}$$

$$\text{Custo Total} = 43,778$$

Opção B: Utilizando as taxas da referência de junho de 2018, da tabela 2.

$$\text{Custo Parafusos} = 5 \times 0,80 \times 1,33 \left[\frac{\text{EUR}}{\text{USD}} \right] \times 3,76 \left[\frac{\text{USD}}{\text{BRL}} \right] = \text{R\$ } 20,003$$

$$\text{Custo Peças de Fixação} = 2 \times 3,60 \times 3,76 \left[\frac{\text{USD}}{\text{BRL}} \right] = \text{R\$ } 27,072$$

$$\text{Custo Total} = \text{Custo Parafusos} + \text{Custo Peças de Fixação}$$

$$\text{Custo Total} = 47,075$$

Note que foram utilizadas as taxas atuais de cada período e que a diferença de tempo entre os dois é de apenas três meses. Mesmo assim, para um exemplo simples como o dado acima, com poucos componentes, foi obtida uma diferença de R\$ 3,297 entre as duas opções. Se for imaginar uma lista mais longa de componentes, como, por exemplo, a lista completa com todos os componentes que compõe um veículo, essa diferença pode ser catastrófica. Por isso, é sempre importante utilizar as taxas de conversão dadas em um único período e deixar em evidência, caso seja necessário fazer alterações.

5.7 PEÇAS INJETADAS NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

Como o objetivo final do presente trabalho é demonstrar a aplicação de uma estimativa e análise de custo por meio da abordagem *bottom-up* para uma peça plástica utilizada na indústria automotiva, será explicado de forma generalista

conceitos inerentes a utilização de plásticos na indústria automotiva, assim como o processo de injeção. O entendimento do processo de injeção é essencial para se realizar uma estimativa de qualidade, e por isso, é possível afirmar que um Engenheiro Mecânico que possui bons conhecimentos sobre esse processo, pode perfeitamente desenvolver habilidades para se tornar um Engenheiro de Custo.

Ao utilizar peças plásticas injetadas na indústria automotiva, é importante notar que há dois tipos de peças: peças com funções estéticas e peças com funções estruturais. Para peças de aparência, ou seja, aquelas que o cliente pode notar no interior do veículo, como o painel de bordo, ou no exterior em partes como para-choque, por exemplo, o que se espera é que essas peças tenham bom acabamento. Já para o outro grupo, o grupo de peças estruturais, que geralmente não ficam aparente no veículo, o que se espera é que a peça atenda aos requisitos de propriedades mecânicas, como resiliência e flexibilidade.

O processo de injeção de plásticos é um processo relativamente simples, mas que pode ser totalmente monitorado e deve garantir as características atribuídas às peças, além de evitar peças mal trabalhadas. Deve-se levar em conta a complexidade do design da peça, o tamanho, a função (estética ou estrutural), entre outros fatores para adequar as variáveis do processo. Algumas dificuldades podem aparecer quando se considera linhas de emenda na peça, capacidade da máquina, problemas de durabilidade de molde, entre outros. Esses aspectos podem fazer com que a estimativa de custo inicial da peça se distancie do valor real ao final do projeto.

5.7.1 Matérias-primas plásticas utilizadas na indústria automotiva

De acordo com a Ford Motor Company Brasil, matérias-primas plásticas estão presentes hoje em cerca de 60% do número de peças usadas nos carros (FORD, 2016). Esse número expressivo se deve ao fato que o plástico é um material de fácil moldagem, além de extremamente econômico e que pode ser usado em variadas aplicações, devido à sua versatilidade e à possibilidade de criação de peças e materiais a partir de sua matéria-prima (ZURICH, 2016).

De acordo com o Movimento Plástico Transforma – uma iniciativa criada a partir da parceria entre a Braskem e a ABIPLAST (Associação Brasileira da Indústria do Plástico) por meio do Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico

(PICPlast), são inúmeros os polímeros empregados na fabricação de peças de carros, pois oferecem soluções para tornar os carros mais seguros, leves, confortáveis, ao mesmo tempo em que os torna mais resistentes e menos suscetíveis à corrosão e aos danos por colisão. De acordo com a Braskem, empresa química e petroquímica brasileira que compõe o grupo Odebrecht, com participação expressiva da Petrobras, o uso do plástico na indústria automotiva teve impactos significativos na economia. Isso se justifica em parte devido às crises do petróleo que aconteceram entre 1973 e 1979, momento em que indústria automobilística constatou a necessidade de investir em novas tecnologias que pudessem substituir materiais pesados como o aço por materiais mais leves com plásticos.

Esse impasse da década de 70 levou ao desenvolvimento de polímeros de alto desempenho, os quais possuem alta resistência química, térmica e mecânica. Dessa forma, o carro se tornou em média 30% mais leve, o que impactou na redução de 30 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera (Braskem, 2017). Além da redução do peso, materiais plásticos exigem menos energia para sua transformação e são mais duráveis, colaborando de forma global para reduzir impactos no meio ambiente. Automóveis mais leves são mais eficientes energeticamente e, por isso, têm menor consumo de combustível, gerando menos resíduos e emissões (Braskem, 2017).

De acordo com Sant Anna (2015), a Braskem fornece polipropileno, polietileno e PVC para aplicações automotivas, além de insumos químicos básicos para a produção de borrachas e de derivados de petróleo para lubrificantes, por exemplo. Entre as aplicações mais usuais na indústria automotiva, Sant Anna cita para-choques, painel, caixas de bateria, tanques de combustível, tapetes, tecidos, sistemas de ar-condicionado, airbags, reservatórios, assim como diversas partes internas dos veículos (SANT ANNA, 2015). De acordo com o Movimento Plástico Transforma, da Braskem em Parceria com a ABIPLAST, as principais resinas plásticas utilizadas na fabricação de veículos automotivos são [2017]:

- **Polietileno de Alta densidade (PEAD)**

Apresenta boa resistência ao calor e a solventes, baixa permeabilidade, boa processabilidade e baixo custo.

Aplicação: bombona de reserva, caixa de triângulo de emergência, proteção anti-cascalho, reservatório de água do para-brisa, sistema de distribuição de combustível e tanque de combustível (PICPLAST, [2017]).

- **Policarbonato (PC)**

Apresenta excelente transparência, alta resistência ao impacto, boa estabilidade dimensional, boas propriedades elétricas, boa resistências às intempéries, resistência à chama, capacidade de refletir a luz e estabilidade a radiações ultravioletas.

Aplicação: faróis, lanternas, painel de instrumentos (PICPLAST, [2017]).

- **Poliamidas (PA)**

Apresenta boa resistência à tração, alta temperatura e excelente estabilidade dimensional.

Aplicação: dutos de captação de ar, engrenagens, conectores do sistema de injeção e sistema de freio de estacionamento (PICPLAST, [2017]).

- **Poli(metacrilato de metila) (PMMA)**

Apresenta boa transparência e resistência ao impacto e às intempéries.

Aplicação: fibra ótica e lanternas (PICPLAST, [2017]).

- **Poli(tereftalato de etileno) (PET)**

Caracterizada por alta resistência mecânica, térmica e química, boa transparência e impermeabilidade.

Aplicação: carcaça de bombas, do limpador de para-brisas e de componentes elétricos (PICPLAST, [2017]).

- **Polipropileno (PP)**

Apresenta alta resistência mecânica e química, aos solventes e às intempéries, excelente flexibilidade e durabilidade, baixo custo.

Aplicação: cobertura de volantes e amortecedores, painel de portas e de instrumentos, para-choques, porta-luvas, revestimento de bancos, porta-malas e tetos (PICPLAST, [2017]).

5.7.2 Processos de fabricação de peças injetadas

A injeção de plásticos é um processo que pode ser considerado simples, pois em síntese o objetivo é derreter a matéria-prima e injetar no molde apropriado para alcançar a forma e a finalidade da peça desejada. Nesse processo, pode-se considerar que a máquina injetora, idealmente especializada para cada peça em questão, é a protagonista, e que, por sua vez, pode acabar exigindo um profissional que entenda da máquina e do processo. Considerando que injetoras de plásticos trabalham em alta velocidade, o manuseio é essencial para reduzir perdas de tempo de setup e manutenção. Como na indústria automotiva se trabalha com altos volumes, cada segundo a menos no processo impacta diretamente a rentabilidade da empresa.

5.7.2.1 Processo de Injeção de Plásticos

O processo de injeção é o processo mais relevante quando se trata da moldagem de termoplásticos. O princípio desse processo é fazer com que o material amoleça quando aquecido e endureça quando resfriado. O aquecimento ocorre dentro de um cilindro, que em sua extremidade injeta o material sob pressão para dentro da cavidade do molde, onde o material deve resfriar via arrefecimento (SHUTT, 2014).

A matéria-prima vem em formato granular e, por isso, é conhecida como “grânulos de plástico”. Durante o processo de plastificação, esses grânulos são derretidos aproximadamente a uma temperatura entre 200 a 250°C, com o auxílio do cilindro de uma máquina injetora, de modo que o plástico adquirido é mesclado com corantes em uma área da máquina conhecida como canhão (ZURICH, 2016). No momento da injeção o parafuso interrompe o movimento de rotação e passa a atuar como pistão pressionando o material no sentido do molde (MAZZA & CAIRES, 2014).

Na figura 14, retirada da primeira edição do livro *Moldflow Design Guide - A Resource for Plastics Engineers* (2006), são mostrados as fases intrínsecas ao processo de injeção – preenchimento (*filling phase*), pressurização (*pressurization phase*) e compensação (*compensation phase*).

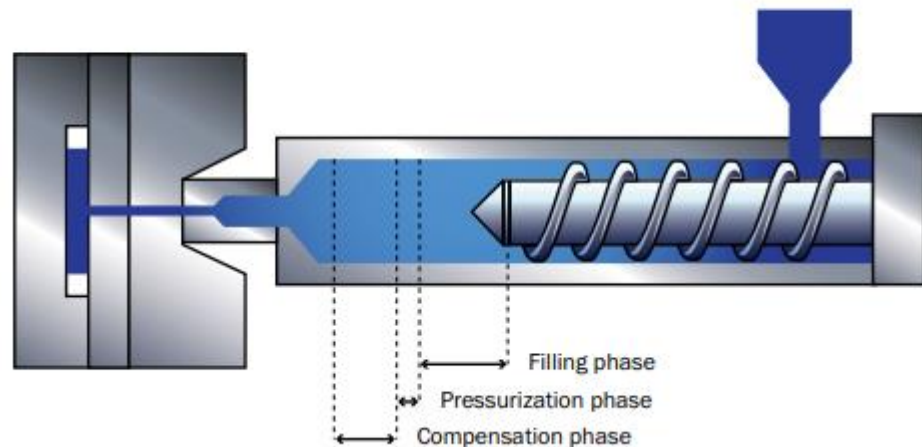


Figura 14 - Perfil de uma injetora com as respectivas fases de injeção. Fonte: Shoemaker, 2006.

De acordo com Shoemaker (2006), a primeira fase, a fase de preenchimento, dura até que o molde esteja completamente preenchido. A fase seguinte de pressurização faz com que o parafuso avance um pouco mais, mesmo com o molde já completo, para que seja aplicada certa pressão no material injetado. De acordo ainda com Shoemaker (2006), até 15% a mais de material pode ser forçado para dentro da cavidade durante a fase de pressurização. Por fim, inicia-se a fase de compensação, chamada dessa forma para compensar a redução de até 25% de volume do material devido ao seu resfriamento. Como há essa diminuição de 25% e um aumento de somente 15% na fase de pressurização, deverá existir essa fase de compensação para equilibrar essa diferença (SHOEMAKER, 2006).

Apesar do detalhamento dado por Shoemaker (2006) para as fases de preenchimento e recalque, que traduzem as fases de preenchimento, pressurização e compensação, Mazza & Caires (2014) definem as fases do processo completo de injeção da seguinte forma:

- **Preenchimento** - Início do enchimento do molde, o qual é controlado pela velocidade com que o parafuso avança dentro do cilindro da injetora;
- **Recalque** - Pressurização para compensar a contração do material no molde. Nessa etapa, é controlada a pressão aplicada pelo parafuso;
- **Resfriamento** - O parafuso volta ao movimento de rotação para acumular material no bico da injetora para o próximo ciclo, enquanto a peça permanece no molde até ficar abaixo da temperatura de extração;

- **Abertura e extração** - Ao final da refrigeração, o molde se abre e o sistema de extração (do molde) avança e retira a peça de dentro da cavidade;
- **Fechamento do molde** - Após a remoção da peça de dentro do molde, o mesmo se fecha e reinicia um novo ciclo.

Como visto acima, cada ciclo é caracterizado pelo fechamento do molde, seguido da injeção (preenchimento), recalque e resfriamento da peça já finalizada. Logo em seguida há a abertura do molde e a extração da peça. Depois, o molde se fecha para o processo ser reiniciado. Na figura a seguir é possível visualizar a seção típica de uma máquina de injeção, com todos os seus componentes (SHUTT, 2014).

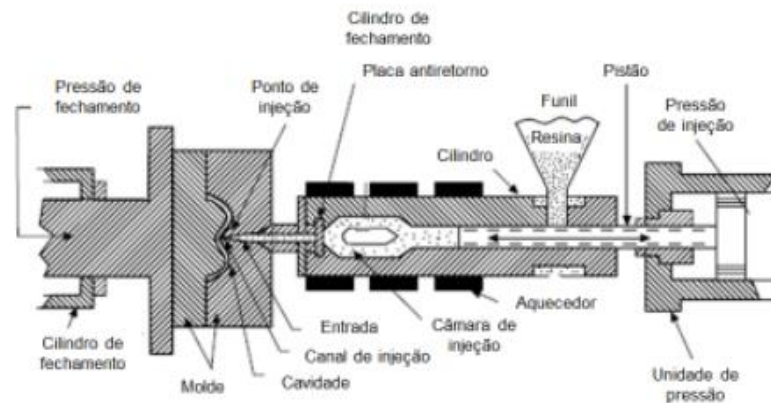


Figura 15 - Seção típica de uma máquina de injeção. Fonte: SHUTT (2014)

O processo de injeção, diferente do processo de sopro, é um processo designado para plásticos termorrígidos ou termofixos, como explica a fabricante de máquinas Mingplast em seu catálogo de Máquinas e Equipamentos para Termoplásticos (2009). Por exemplo, a série de máquinas ELF-G, uma linha de máquinas de injeção dessa fabricante, é utilizada para a fabricação de peças em polímeros termofixos ou termorrígidos, os quais são amplamente utilizados para a fabricação de instrumentos, peças eletrônicas, linhas automotivas, e outras peças que precisem de isolamento térmico e/ou elétrico. Esses polímeros são caracterizados pela sua rigidez, que não se altera com a temperatura (MINGPLAST, 2009). Na figura abaixo é possível observar exemplos de termorrígidos processados por máquinas de injeção.

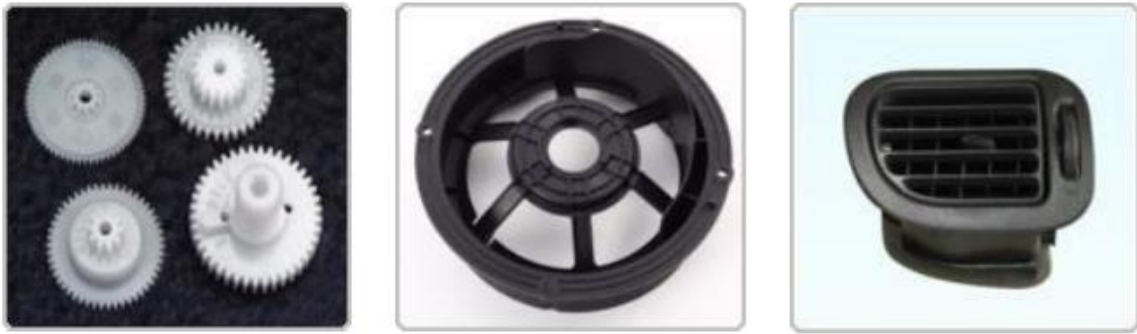


Figura 16 - Exemplos termorrígidos processados por máquinas de injeção. Fonte: Mingplast, 2009.

Olhando as peças dos exemplos apresentados na figura 16, é possível notar que pelo menos uma é aplicada em automóveis. Pode-se também perceber que a maior parte das peças plásticas utilizadas nos veículos é composta por termorrígidos, como peças do painel de bordo, peças dos painéis de porta, peças que compõe até mesmo a motorização, como a caixa de armazenamento da bateria e o ventilador do motor.

As máquinas de injeção utilizadas para fabricar todas essas peças são classificadas de acordo com a tonelagem da prensa, que expressa a quantidade de força de fixação que a máquina pode exercer. Esta força mantém o molde fechado durante o processo de injeção. A tonelagem pode variar de menos de 5 toneladas para mais de 9000 toneladas, sendo que esses números mais altos são usados em poucas operações de manufatura, se comparados com a utilização das máquinas de menor tonelagem (LAU, 2018).

A força de fixação total necessária é determinada pela área projetada da peça a ser moldada. Esta área projetada é multiplicada por uma força de fixação de 1,8 a 7,2 toneladas para cada centímetro quadrado da área projetada. Como regra geral, 4 ou 5 toneladas por polegada quadrada podem ser usadas para a maioria dos produtos. Se o material plástico for muito rígido, será necessária mais pressão de injeção para preencher o molde e, portanto, mais tonelagem de grampo para manter o molde fechado. A força necessária também pode ser determinada pelo material usado e tamanho da peça; peças maiores requerem maior força de fixação (LAU, 2018).

5.7.2.2 Tempo de ciclo

O tempo de ciclo influencia muito o custo de uma peça, por estar relacionado diretamente a taxa de peças por hora de fabricação, e, por sua vez, o fator que mais influencia o tempo de ciclo de peças injetadas sem dúvidas é o tempo de resfriamento, pois geralmente ele representa pelo menos 50% do tempo de ciclo (MAZZA & CAIRO, 2014). Peças plásticas injetadas devem ser resfriadas suficientemente antes de serem retiradas do molde, para evitar deformações no momento em que forem ejetadas (SHOEMAKER, 2006). Outra informação relevante é que quanto maior a espessura de uma peça injetada, maior deverá ser o tempo de resfriamento, além de já ser maior também o tempo de injeção. Dessa forma, a taxa de peças injetadas por unidade de tempo é reduzida substancialmente, aumentando o custo por parte (SHOEMAKER, 2006).

Na figura 17, retirada do livro de Shoemaker (2006), é representado graficamente o percentual típico do tempo de ciclo durante o processo de moldagem. Fica claro que o tempo de resfriamento (*cooling*) é muito representativo e inclusive supera os tempos de extração e injeção somados.

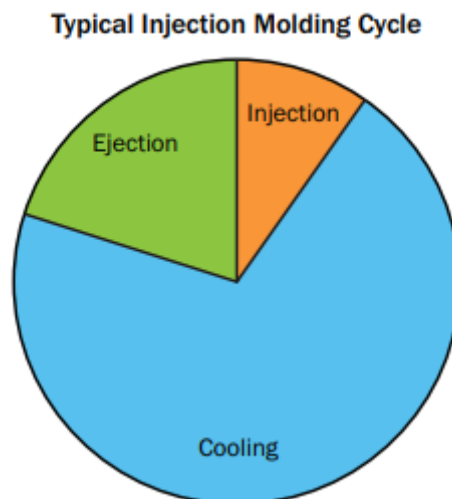


Figura 17 - Tempo de ciclo durante o processo de moldagem (injeção + resfriamento + extração do molde). Fonte: Shoemaker, 2006.

Um ciclo completo leva em torno de 20 segundos. O tempo de injeção é muito rápido, variando entre 3 a 5 milésimos de segundo, sendo essa sem dúvida a operação mais curta que compõem todo o ciclo de moldagem de injeção de plásticos (ZURICK, 2016). De acordo com Mazza & Caires (2014), quando é

avaliado o impacto do tempo de ciclo no custo final da peça, também é importante levar em consideração o valor da hora de utilização da máquina injetora, que varia de acordo com o tamanho (tonelagem).

Portanto, é possível concluir que um design eficiente do circuito de resfriamento reduz o tempo de resfriamento, o que, por sua vez, aumenta a produtividade geral do processo, diminuindo os custos. Além disso, o resfriamento uniforme melhora a qualidade da peça reduzindo as tensões residuais e mantendo a precisão e a estabilidade dimensional da peça (SHOEMAKER, 2006).

5.7.2.3 Molde de injeção

O molde é o principal responsável por transformar a matéria-prima na peça final desejada, pois é o seu projeto que deve garantir forma, estrutura e qualidade ao material, levando em conta diversas características como sistemas de alimentação, sistemas de refrigeração, sistemas de extração, entre outros elementos como porta molde, pinos, articuladores e gavetas. Muitas vezes o molde pode ser mais caro que a injetora utilizada, pois seu projeto é de alta complexidade para combinar todos os sistemas citados acima (MAZZA & CAIRES, 2014).

O molde é um importante fator no custeio de peças plásticas e um simples detalhe, como um encaixe acrescentado na peça, pode já aumentar consideravelmente o tamanho e a complexidade do molde, impactando também outros sistemas, como refrigeração e alimentação. Esses sistemas, por sua vez, são imprevisíveis para otimizar o tempo de refrigeração do ciclo da peça, impactando diretamente na qualidade e estabilidade do processo (MAZZA & CAIRES, 2014).

Também, é difícil equilibrar tantos fatores da ótica de custos, pois ao melhorar o projeto de um molde, melhorando materiais empregados e design do mesmo, pode ser que o custo de investimento do molde aumente substancialmente, mas que em contrapartida o tempo de ciclo baixe, assim como a taxa de sucata (peças e materiais rejeitados). Deve-se avaliar com cuidado, pois o ganho também irá depender dos custos de hora máquina e da matéria-prima aplicada (MAZZA & CAIRES, 2014). Na figura a seguir, é possível observar um exemplo de molde para injeção de termorrígidos para fabricação de peça automotiva, retirado do catálogo da Mingplast (2009).



Figura 18 - exemplo de molde para injeção de termorrígidos para fabricação de peça automotiva, retirado do catálogo da Mingplast (2009).

O número de cavidades de um molde, considerando que para cada cavidade se terá uma única peça, é fator crucial para o design do molde e que afeta drasticamente o custo de uma peça, devido à redução de tempo de ciclo. O número de cavidades depende do tempo de produção disponível, da quantidade de produto necessária, do tamanho da máquina, da capacidade de plastificação, da capacidade de tonelagem do grampo, do formato e tamanho do molde e, por fim, dos limites de custos do molde (SHOEMAKER, 2006).

A seguir estão as fórmulas simples para determinar o número de cavidades de acordo com Shoemaker (2006). É aconselhado utilizar o valor mínimo derivado das seguintes fórmulas.

➤ **Quantidade de produtos:**

Se a tolerância dimensional da peça não é muito crítica e um grande número de moldes é necessário, moldes com múltiplas cavidades são preferidos. O número de cavidades depende de:

- O tempo disponível para fornecer um lote específico de peças, (tm)
- O número de peças no lote, L
- O tempo de ciclo para produzir um único conjunto de partes, (tc).
- O fator de rejeição K, expresso como $K = 1 / (1 - \text{taxa de rejeição})$

$$\text{Número de cavidades} = L \times K \times (tc) / (tm)$$

➤ **Capacidade de injeção:**

A capacidade de injeção da máquina injetora também é um fator determinante para o número de cavidades pelo seguinte:

- 80% da capacidade da máquina como o peso da injeção (S)
- O peso da peça (W)

$$\text{Número de cavidades} = S/W$$

➤ **Capacidade de plastificação:**

A capacidade de plastificação da máquina de injeção também é um fator determinado pelo seguinte:

- A capacidade de plastificação da máquina (P)
- O número estimado de tiros por minuto (X)
- O peso da peça (W)

$$\text{Number of cavities} = P/(X \times W)$$

➤ **Capacidade de Tonelagem de Grampo:**

A exigência de tonelagem de grampo para um molde é baseada em:

- Pressão, (P)
- Área projetada. (A)

$$\text{Força de Fixação} = P \times A$$

Ainda de acordo com Shoemaker (2006), sistemas bem projetados de canais e moldes de injeção incluem:

- Um número ideal de cavidades
- Preenchimento equilibrado em sistemas com múltiplas cavidades
- Preenchimento equilibrado em sistemas com múltiplas entradas (*gates*)
- Mínima taxa de sucata
- Fácil expulsão
- Não limitação do tempo de ciclo

Importante pensar que todos esses fatores afetam diretamente o custo da peça, principalmente no que diz respeito ao número de cavidades, pois se para o mesmo tempo de ciclo são feitas duas peças em vez de uma, automaticamente o custo da peça cai quase pela metade, considerando que é aproximadamente o mesmo custo com energia, consumíveis, número de operadores, entre outras variáveis do processo.

5.7.2.4 A Importância Do Engenheiro De Produto Para A Estimativa De Custo

Ao se avaliar o custo de peças plásticas, é necessário levantar as principais áreas que compõe o mesmo (MAZZA & CAIRES, 2014):

- Matéria Prima;
- Transformação;
- Ferramental;
- Engenharia de produto;
- Logística;
- Administrativo;
- Processos secundários.

As definições técnicas são exclusivas para cada produto e as estimativas de custos são realizadas baseadas nessas especificações e no conhecimento prévio de produtos e processos semelhantes. O material geralmente é definido levando em consideração requisitos de aplicação, e da mesma forma o

processo também deve ser avaliado levando em conta investimentos e energia necessária para o processamento, por exemplo. Outros fatores a serem considerados é a estocagem do material, impacto na janela de processo, custos para recolher o descarte do material, entre outros. De acordo com Mazza & Caires (2014), são considerados quatro pilares que definem o sucesso do projeto e a necessidade de processos secundários: Produto, Material, Transformação e Ferramental.

Um projeto deficiente de geometria pode requerer altas pressões para seu processamento, resultando geralmente em rebarbas, o que logo indica um custo adicional na peça para mais um operador, o qual irá retirar as rebarbas, além do aumento no tempo total de produção do componente. Essas ineficiências de projeto impactam diretamente na Engenharia de Produto, a qual é responsável por atualizar, documentar, prototipar, entre outras atividades inerentes ao desenvolvimento da peça, implicando no aumento de custos de Pesquisa e Desenvolvimento. Com a peça projetada e todos seus parâmetros de produto e processo definidos, o desafio final é aumentar a precisão na estimativa de custos frente essas inúmeras incógnitas, avaliando potenciais ganhos e ou reduções de custo para garantir a realização do projeto (MAZZA & CAIRES, 2014).

6 DEMONSTRAÇÃO DE UMA ANÁLISE DE CUSTOS POR MEIO DA ABORDAGEM *BOTTOM UP*

Para demonstrar uma análise de custos por meio da abordagem *Bottom-Up*, é suposto que uma determinada peça, que nesse caso seria uma peça plástica de proteção de banco, seria aplicada em todos os modelos do veículo X da montadora de veículos WHT.

O objetivo da demonstração é realizar uma análise de custos para confrontar com a oferta do fornecedor. Para esse exemplo, a produção do veículo e consequentemente da peça seria iniciada em julho de 2018 e já era então pago um determinado valor pela peça, pois havia três meses que o veículo está em produção. Com o novo valor, seria possível que o comprador da peça negociasse a redução de custos com o fornecedor, de forma que garantiria um ganho em massa.

Como dito ao longo do presente trabalho, o primeiro passo para se elaborar uma estimativa de custo é levantar informações imprescindíveis, tais como premissas do projeto, definição técnica do produto, cotação da peça do fornecedor com o detalhamento completo dos custos e, finalmente, informações referentes ao processo de fabricação.

6.1 PREMISSAS DO PROJETO

As premissas do projeto é o ponto de partida do estudo, pois contem informações importantes sobre o veículo no qual a peça é ou será aplicada. É suposto que toda vez que é decidido pela diretoria da montadora WHT lançar um novo produto, que nesse caso se resume a um novo automóvel, seriam dadas pelo menos três informações principais:

- Local de industrialização (qual subsidiária da montadora irá produzir o veículo);
- Data, com mês e ano, do contrato de manufatura (comumente conhecido como *Manufacturing Agreement*, o qual estabelece as principais obrigações do fabricante e do cliente, e inclui cláusulas para o fornecimento de tecnologia e equipamento, propriedade dos

direitos de propriedade intelectual e cláusulas de garantia e indenização (REUTERS, 2018));

- Volume anual de produção.

Nesse exemplo, é suposto que o volume de produção do veículo X é o que consta na tabela 4:

Volume de produção da montadora de veículos (considerando apenas os veículos nos quais a peça é aplicada)					
Detalhes da produção do veículo	2018	2019	2020	2021	2022
dias/ano	132	264	264	264	264
horas/dia	24	24	24	24	24
veículos/hora	12	8	5	4	2
veículos/mês	3168	4224	2640	2112	1056
veículos/ano	38016	50688	31680	25344	12672
Total veículos produzidos no período	158400				

Tabela 4 - Volume de produção do veículo X. Fonte: da Autora.

Como se pode observar na tabela 4, seria informado também o número de dias trabalhados por ano, o número de horas trabalhadas por dia, o número de veículos X fabricados por hora, por mês e por ano, desde o início da vida do produto (julho de 2018) até o último veículo previsto a ser produzido (em dezembro de 2022).

Em adição a essas informações, seriam trazidas na nota de premissas do projeto outras informações muito úteis para o início do planejamento e estudo de todas as áreas inerentes ao projeto, tais quais:

- Volume de vendas por país
- Versão do veículo por país de venda
- Modificações em relação ao veículo de referência para o novo projeto
- Cores dos veículos e rateio em relação aos países de vendas
- Detalhes dos regimentos técnicos e ambientais que os perímetros de motorização e transmissão devem atender;
- Cronograma previsto desde a data do lançamento das premissas até a data de lançamento do veículo
- Meta de nível de peças locais x peças importadas

- Meta de nível de peças modificadas x peças novas
- Peças no radar para estudos de Make or Buy
- Informações macroeconômicas
- Nomeação dos responsáveis pelo desenvolvimento do projeto

Todas as informações citadas acima influenciam o planejamento do trabalho do Engenheiro de Custos, mas para o exemplo dado nesse trabalho, não será visto no detalhe nenhuma dessas informações, para facilitar a compreensão do conteúdo.

6.2 DEFINIÇÃO TÉCNICA DA PEÇA

A definição técnica da peça, ou seja, o desenho acompanhado das devidas dimensões da peça, incluindo largura, altura, profundidade, espessura, seguido das devidas áreas superficial e projetada, volume, peso e densidade, seriam informações disponibilizadas pelos engenheiros de desenvolvimento de produto da montadora de veículos WHT, tanto para as outras áreas da montadora envolvidas no projeto, tanto para o fornecedor, para que seja possível fabricá-la exatamente como o especificado. A peça escolhida para a demonstração da análise de custos seria a peça plástica de proteção e acabamento de banco, como a mostrada na figura a seguir.



Figura 19 - Banco de Carro com o detalhe de peça plástica utilizada na lateral. Fonte: X Autohaux, 2016.

A figura 20 é meramente ilustrativa, com o intuito de mostrar qual peça plástica foi escolhida para desenvolver o estudo para a demonstração, assim como a imagem 3D mostrada na tabela 5 na sequência, na qual são apresentadas todas as informações necessárias para que seja possível demonstrar a análise de custo proposta. Note que a tabela contém todas as informações técnicas da peça, principalmente as que envolvem dimensões e material utilizado.

Material	PE 10%	
Largura	22	cm
Altura	18	cm
Profundidade	3	cm
Espessura	2,5	mm
Área Superficial	688,91	cm ²
Área Projetada	278,46	cm ²
Volume	115,5	cm ³
Peso	106	gr
Densidade	0,918	gr/cm ³




Tabela 5 - Definição Técnica da Peça. Fonte: Da Autora.

Essas informações geralmente são geradas por softwares de desenho de peças 3D e são muito precisas, mas nesse caso são informações aproximadas apenas para fins de demonstração da análise de custo. Dentre todas as informações presentes na figura, a mais importante, sem dúvidas, é a área projetada, pois é o principal parâmetro na escolha da força de fechamento (em tonelagem) da máquina de injeção.

6.3 ABERTURA DO ORÇAMENTO DO FORNECEDOR

Como explicado no tópico das premissas do projeto, todo projeto envolve um contrato de manufatura entre montadora e fornecedor, e uma das especificações que a montadora WHT impôs seria a abertura completa dos custos do fornecedor da peça plástica de proteção de banco, seguindo o modelo padrão de planilha da montadora. A planilha da montadora possui uma sequência lógica, onde alguns campos, os marcados em roxo (ou os mais escuros), o fornecedor deveria preencher e os outros campos seriam preenchidos automaticamente por meio de fórmulas que consideram os valores de entrada ou valores padrões, como por exemplo: um minuto será sempre igual a 60 segundos, assim como uma hora terá sempre 3600 segundos.

O primeiro bloco, como será visto na figura 22, possuiria os valores referentes à matéria-prima, como o tipo de matéria-prima, o preço pago no quilo da matéria-prima, a taxa de compra de matéria-prima, ou seja, o gasto com salários de compradores, visitas em fornecedores, entre outros que estão ligados ao ato de aquisição, e por fim, o valor percentual de perdas de matéria-prima, que nesse caso, por ser resina e estar na forma granular, é muito comum se perder alguma parte ao longo do caminho.

O segundo bloco é bem maior, pois envolveria todas as variáveis do processo de transformação. Porém, é possível dividir esse bloco em três outros blocos que seguem aproximadamente o mesmo conteúdo: o primeiro bloco foi nomeado de Variantes do Processo e precisa de dados de entrada como tempo de ciclo, número de peças por ciclo, que nesse caso coincide com o número de peças por cavidade do molde, percentual de perdas no processo de injeção, tempo de *set-up*, número de peças por lote e intervalo de tempo entre lotes de fabricação. Importante notar que o percentual de perdas do processo interfere em todos os outros blocos daqui para frente.

Em seguida, tem-se o bloco com as variantes de mão-de-obra direta (MOD), onde seria necessário somente dizer quantos operadores atuam no processo e quanto custa a hora do operador, além de quantos dias são trabalhados por ano, número de turnos trabalhados por dia e quantas horas são trabalhadas por turno. O resto dos parâmetros é calculado automaticamente.

Por fim, o terceiro bloco diz respeito às Variantes do Posto de Trabalho, pois leva em consideração o maquinário utilizado, depreciação, custos com energia e consumíveis utilizados, custos de manutenção, custos de set-up e outros custos indiretos de fabricação. Apesar de tantos parâmetros, o fornecedor precisaria preencher apenas sete campos: tipo da máquina de injeção que ele utiliza, investimento na máquina, ano de aquisição, potência da máquina, gasto com consumíveis, gasto com manutenção, e custos indiretos de fabricação (CIF).

Com todos os custos em mãos, agora seria possível calcular o custo total através da fórmula de custo total já vista no referencial:

$$\text{Custo Total} = \text{Custo de Matéria – Prima} + \text{Custo de Transformação}$$

Por fim, seria então aplicado o percentual de Margem e Sobrecustos, o qual inclui a margem de contribuição, ou lucro, e todas as despesas administrativas. Nas figuras a seguir, será possível observar todos os blocos descritos acima, que seriam a abertura orçamentária do fornecedor. A figura 21 contém o detalhamento do custo de matéria-prima, a figura 22 contém o detalhamento dos custos de transformação e a figura 23 contém já o custo total e é somente aplicado o percentual de Margem de Contribuição e Sobrecustos.

CUSTOS MATÉRIA-PRIMA		Valor do fornecedor
Referência Do Material	Nome	PE
Preço Unitário Por Quilo De Resina	R\$/kg	8,50
Quantidade Utilizada Da Resina Por Peça	kg	0,106
Custo Bruto De Matéria-Prima	R\$	0,90
Taxa De Aquisição Do Material	%	0,10
Custo De Aquisição Do Material	R\$/p	0,09
Valor De Compras Total	R\$/p	0,99
Perdas De Matéria-Prima	%	2,00
Custo Das Perdas De Matéria-Prima	R\$/p	0,02
Custo Total De Compras De Materiais	R\$/p	1,01

Figura 20 – Parte do orçamento do Fornecedor, com detalhamento dos Custos de Matéria-Prima. Fonte: Da Autora.

Para que fique mais claro os valores adjacentes aos valores de entrada, todos os cálculos de matéria prima serão explicitados na sequência.

Cálculo para Custo Bruto de Matéria-Prima:

$$\text{Custo Bruto de Matéria – Prima} = Q \times P$$

Na qual:

Q = Quantidade utilizada da resina por peça

P = Preço unitário por quilo de resina

Cálculo para Custo de aquisição do material:

Custo de aquisição do material

$$= (\text{Custo Bruto de Matéria – Prima}) \times \text{Taxa de Aquisição do Material}$$

Cálculo para Valor de Compras Total:

$$\begin{aligned}
 \text{Valor Total de Compras} \\
 &= (\text{Custo Bruto de Matéria – Prima}) \\
 &+ \text{Custo De Aquisição Do Material}
 \end{aligned}$$

Cálculo para Custo das Perdas:

$$\begin{aligned}
 \text{Custo das Perdas de Matéria – Prima} \\
 &= \text{Valor Totald de Compras} \times \% \text{ Perdas de Matéria – Prima}
 \end{aligned}$$

Cálculo para Custo Total De Compras De Materiais:

$$\begin{aligned}
 \text{Custo Total De Compras De Materiais} \\
 &= (\text{Valor Total de Compras}) + \text{Custo das Perdas de Matéria – Prima}
 \end{aligned}$$

Com o custo de matéria-prima já completo, seria dada então, na figura 22, a abertura dos Custos de Transformação. Essa parte da planilha possui três blocos: Variantes do Processo, Custo de Mão-de-Obra e Variantes do Posto de Trabalho, como explicado anteriormente.

CUSTOS TRANSFORMAÇÃO		
Variantes do Processo	Unidade	Valor do fornecedor
Tempo De Ciclo	segundos	60
Número De Ciclos Por Hora	Ciclos/hora	60
Número De Peças Por Ciclo	P/ciclo	2
Cadência Instantânea	P/h	120,0
Perdas No Processo De Injeção	%	2,5
Cadência Prática	P/h	117
Tempo De Set-Up	Horas	2,0
Nº De Peças Por Lote	Peças/lote	3209
Intervalo De Tempo Entre Lotes	Dias	16,0
Custo Mão-de-Obra Direta	Unidade	Valor do fornecedor
Número De Operadores No Processo	Qtde	2,0
Taxa Base De Mão De Obra	R\$/h	36,92
Dias Trabalhados Por Ano	Dias/ano	264
Número De Turnos Por Dia	Turnos/dia	2
Horas Trabalhadas Por Turno	Horas/dia	8
Horas Trabalhadas Por Ano	Horas/Ano	4224
Custo MOD Bruto	R\$/h	73,84
Custo De Desperdício De Mão De Obra Por Hora	R\$/h	1,85
Custo Total MOD Por Hora	R\$/h	75,69
Custo Total MOD Por Peça	R\$/p	0,63
Variantes do Posto de Trabalho	Unidade	Valor do fornecedor
Tonelagem Da Máquina Utilizada	Ton	360
Valor De Aquisição Da Máquina	R\$	100000
Ano De Aquisição	Data	2011
Ano Atual	Data	2018
Tempo De Depreciação Da Máquina	Anos	20
Tempo Restante De Depreciação	Anos	13
Custo De Depreciação Por Ano	R\$/ano	5000
Custo De Depreciação Por Hora	R\$/hora	1,18
Custo De Depreciação Por Peça	R\$/p	0,010
Potência Da Máquina	kW	75
Preço kW/h	R\$/h	0,39
Gasto Energia Por Peça	R\$/p	0,24
Gasto Consumíveis Por Peça	R\$/p	0,12
Gasto Com Manutenção Por Ano	R\$/ano	7798
Gasto Com Manutenção Por Peça	R\$/p	0,02
Custos Indiretos De Fabricação (CIF) por Ano	R\$/ano	180000
Custos Indiretos De Fabricação (CIF) por Peça	R\$/p	0,36
Total Taxa Máquina Por Peça	R\$/p	0,75
Custo De Perdas no Processo	R\$/p	0,02
Taxa Total Máquina Considerando Perdas	R\$/p	0,76
Taxa Máquina Por Hora	R\$/h	91,76
Custo Do Set-Up	R\$/p	0,08
Custo Total De Transformação	R\$/p	1,48

Figura 21 - Orçamento do Fornecedor - Detalhamento dos Custos de Transformação. Fonte: Da Autora.

Na figura 22, seria possível visualizar a parte da planilha com todos os parâmetros de transformação. Como já explicado anteriormente, os valores das linhas em roxo (ou mais escuro) são as entradas do fornecedor, já as linhas em

branco são valores resultantes dos valores de entrada. A seguir, serão esclarecidos todos os cálculos adjacentes às entradas utilizados na planilha.

Fórmulas do primeiro bloco da planilha de Variantes do Processo:

→ **Cálculo do Número De Ciclos Por Hora [ciclos/hora]**

$$N^{\circ} \text{ Ciclos por Hora} = \frac{3600}{\text{Tempo de Ciclo [s]}}$$

→ **Cálculo da Cadência Instantânea [peças/hora]**

$$\text{Cadência Instantânea} = N^{\circ} \text{ de Peças por Ciclo} \times N^{\circ} \text{ de Ciclos por Hora}$$

→ **Cálculo da Cadência Prática [peças/hora]**

$$\text{Cadência Prática} = \text{Cadência Instantânea} \times (1 - \% \text{ Perdas no Processo de Injeção})$$

Fórmulas do segundo bloco da planilha de Custo de Mão-de-Obra Direta:

→ **Horas Trabalhadas Por Ano [dias/ano]**

$$\text{Horas Trabalhadas Por Ano} = \text{DTA} \times \text{TD} \times \text{HT}$$

Na qual:

DTA = Dias Trabalhados Por Ano

TD = Número De Turnos Por Dia

HT = Horas Trabalhadas Por Turno

→ **Cálculo do Custo MOD Bruto**

$$\text{Custo MOD Bruto} = N^{\circ} \text{ de Operadores} \times \text{Taxa Base de Mão-de-Obra}^{[5]}$$

⁵ Taxa Base de Mão-de-Obra equivale a um valor médio da hora do operador

→ **Cálculo do Custo De Desperdício De Mão De Obra Por Hora**

Custo de Desperdício MOD

$$= \text{Custo MOD Bruto} \times (\% \text{ Perdas no Processo de Injeção})$$

→ **Cálculo do Custo Total MOD Por Hora**

Custo Total MOD por Hora = Custo MOD Bruto + Custo Desperdício MOD

→ **Cálculo do Custo Total MOD Por Peça**

$$\text{Custo Total MOD por Peça} = \frac{\text{Custo Total MOD por Hora}}{\text{Cadência Instantânea}}$$

Fórmulas do segundo bloco da planilha de Custo de Mão-de-Obra Direta:

→ **Cálculo do Custo De Depreciação Por Ano**

$$\text{Custo De Depreciação Por Ano} = \frac{\text{Valor de Investimento da Máquina}}{\text{Tempo em anos de depreciação (20 anos)}}$$

→ **Cálculo do Custo De Depreciação Por Hora**

$$\text{Custo De Depreciação Por Hora} = \frac{\text{Custo de Depreciação por Ano}}{\text{Horas Trabalhadas por Ano}}$$

→ **Custo De Depreciação Por Peça**

$$\text{Custo De Depreciação Por Peça} = \frac{\text{Custo de Depreciação por Hora}}{\text{Cadência Prática}}$$

→ **Gasto Energia Por Peça**

$$\text{Gasto Energia por Peça} = \frac{\text{Potência da Máquina} \times \text{Preço kW/h}}{\text{Cadência Prática}}$$

→ **Gasto Com Manutenção Por Peça**

$$\text{Gasto Manutenção por Peça} = \frac{\text{Gasto Anual Manutenção}}{\text{Horas Trabalhadas por Ano} \times \text{Cadência Prática}}$$

→ **Custos Indiretos De Fabricação (CIF) por Peça**

$$\text{CIF por peça} = \frac{\text{CIF por Ano}}{\text{Horas Trabalhadas por Ano} \times \text{Cadência Prática}}$$

→ **Total Taxa Máquina Por Peça**

Taxa Máquina por Peça

$$\begin{aligned} &= \text{Custo de Depreciação por Peça} + \text{Gasto de Energia por Peça} \\ &+ \text{Gasto de Consumíveis por Peça} + \text{Gasto de Manutenção por Peça} \\ &+ \text{CIF por peça} \end{aligned}$$

→ **Custo De Perdas no Processo [por peça]**

$$\text{Custo das Perdas no Processo} = \text{Taxa Máquina por Peça} \times (\% \text{Perdas no Processo})$$

→ **Total Taxa Máquina Considerando Perdas [por peça]**

Total Taxa Máquina Considerando Perdas

$$= \text{Total Taxa Máquina por Peça} + \text{Custo de Perdas no Processo}$$

→ **Taxa Máquina por Hora**

Total Taxa Máquina por Hora

$$= \text{Total Taxa Máquina Considerando Perdas} \times \text{Cadência Instantânea}$$

→ **Custo Do Set-Up**

$$\text{Custo de Set - Up} = \left(\frac{\text{Tempo de Set - Up [Horas]}}{\text{Nº de Peças por Lote}} \right) \times (\text{Taxa Máquina por Hora} + \text{Taxa Base MOD})$$

→ **Total Custo De Transformação**

Custo Total de Transformação

$$= \text{Total Taxa Máquina Considerando Perdas} + \text{Custo do Set - Up} \\ + \text{Custo Total MOD por peça}$$

Após o resultado do Custo Total de Transformação, resta apenas calcular o Custo Total da Peça pela seguinte fórmula:

$$\text{Custo Total} = \text{Custo Total de Compras de Materiais} + \text{Custo Total de Transformação}$$

Na figura 23 seria possível visualizar o Custo Total da Peça, antes e após a aplicação do percentual de Margem e Sobrecustos, que nada mais são do que o lucro que o fornecedor pretendia garantir sob o preço de venda da peça somado com as despesas administrativas.

	Unidade	Valor do fornecedor
CUSTO TOTAL MP+CT	R\$/p	2,49
Percentual de Margem de Contribuição e Sobrecustos	%	20
Custo Margem de Contribuição e Sobrecustos	R\$/p	0,50
CUSTO TOTAL MP+CT COM M&S	R\$/p	2,98

Figura 22 - Orçamento do Fornecedor - Detalhamento do Custos Totais, na primeira linha sem considerar Margem de Contribuição e Sobrecustos e, na última linha, Custo Total com Margem e Sobrecustos.

6.4 ANÁLISE E ESTIMATIVA DE CUSTOS

A partir da abertura de custos do fornecedor, é papel do Engenheiro de Custos agora entender, analisar e confrontar com os seus valores. Importante lembrar que nessa demonstração foi construída uma planilha relativamente simples, mas completa, para facilitar o entendimento e análise. E da mesma forma será feita uma demonstração de análise simples, mas completa, para mostrar todo o detalhamento e expertise do trabalho de um Engenheiro de Custos. Nós tópicos a seguir será descrito quais parâmetros foram alterados e como foi possível chegar aos novos valores.

6.4.1 Visita na planta do fornecedor

Para começar a avaliação dos parâmetros indicados pelo fornecedor, os Engenheiros de Custo da montadora WHT sempre realizariam uma visita na planta do fornecedor. Durante a visita, seria requisitado que a peça de proteção de banco estivesse em linha de produção, para se avaliar variáveis como: número de operadores no processo, tempo de ciclo, layout da fábrica, entre outros.

Para se chegar no tempo de ciclo, seria considerado que o ciclo era iniciado a partir do momento que o robô extrator deixa as peças sobre a mesa do operador. Independente do momento escolhido para cronometrar o tempo de ciclo, ele deveria ser sempre o mesmo no processo de injeção. Na cotação do fornecedor foi indicado que um ciclo total dura 60 segundos, mas ao cronometrar algumas vezes o ciclo de injeção, o Engenheiro de Custo não tem dúvidas que o ciclo dura na verdade 45 segundos.

Outro ponto que o Engenheiro de Custo observa é que um operador principal trabalhava *full-time* no processo, tirando rebarbas e inspecionando as peças logo após terem sido injetadas, mas o seu colega que daria auxílio para movimentar as peças trabalha ao mesmo tempo em dois processos, ou seja, ele dividiria o seu tempo de trabalho por dois. O fornecedor indicaria na sua cotação que dois operadores trabalham no processo, mas nesse caso deveria se considerar que apenas um operador e meio trabalhariam no processo.

Outra informação importante para essa fase de análise do processo é que todos os conceitos de *Lean Manufacturing* poderiam ser considerados durante a visita, especialmente as perdas e os sete desperdícios. Mesmo que não seja possível aplicar melhorias desde o momento da visita, a montadora WHT não consideraria pagar pelas perdas e desperdícios observados, conforme deveria constar no contrato de manufatura (MA).

6.4.2 Análise Do Preço De Matéria-Prima

Na cotação do fornecedor, ele apontaria gastar R\$8,50 por quilo de matéria prima. Porém, considerando a última notícia da alta de matéria-prima plástica da revista *Money Times*, publicada dia 04/10/2018, a informação é que houve uma alta entre 5 a 10% para o polietileno (PE), representando uma média de R\$ 300,00 a mais por tonelada da resina. Fazendo uma simples regra de três e

considerando um percentual médio de 7,5%, sabe-se que o preço da tonelada de PE está em torno de R\$ 4000,00. Como ainda é necessário considerar valor de frete, embalagem e outros compósitos que são misturados na resina, a montadora WHT considera um sobre custo de 70%, negociado diretamente com Basell, companhia que vende o composto de plástico pronto para uso. Dessa forma, o valor da matéria prima é na verdade R\$6,80 o quilo, e não R\$8,50 como teria apontado o fornecedor.

6.4.3 Análise Da Máquina Utilizada

O fornecedor teria apontado utilizar uma máquina de 360 toneladas para produzir a peça plástica, a qual representou um investimento de R\$ 100.000,00. Porém, utilizando o referencial de 400 a 1.400 kg/cm² (INNOVA, 2017), ou ainda o de 4 a 5 ton/in² (LAU, 2018), é verificada que a máquina de 250 toneladas é a ideal para o processamento da peça. Para se entender melhor como foi calculado a tonelagem da máquina, eles são demonstrados na sequência.

Como já apresentado no referencial teórico, a fórmula para se chegar na pressão de fechamento da máquina é a seguinte:

$$\text{Força de Fixação} = P \times A$$

Na qual:

A = Área projetada

P = pressão de injeção

Cálculo para pressão mínima de 400 kg/cm²:

$$\text{Força de Fixação Mínima} = 400 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \times 278 [cm^2] / 1000 \left[\frac{ton}{kg} \right]$$

$$\text{Força de Fixação Mínima} = 111 \text{ tonf}$$

Cálculo para pressão máxima de 1400 kg/cm²:

$$\text{Força de Fixação Máxima} = 1400 \left[\frac{kg}{cm^2} \right] \times 278 [cm^2] / 1000 \left[\frac{ton}{kg} \right]$$

$$\text{Força de Fixação Mínima} = 390 \text{ tonf}$$

Cálculo de força média seguindo o referencial do catálogo do fornecedor da máquina:

$$\text{Força de Fixação Média} = \frac{111 + 390}{2} = 251 \text{ tonf}$$

Na sequência serão realizados os mesmos cálculos utilizando o referencial de 4 a 5 ton/in², o qual foi apontado tanto pela especialista em injeção Sunny Lau (2018), quanto pelo professor S. Kim do MIT - *Massachusetts Institute of Technology* (2004).

Cálculo para pressão mínima de 4 ton/in²:

$$\text{Força de Fixação Mínima} = 4 \left[\frac{\text{ton}}{\text{in}^2} \right] \times 61 [\text{in}^2]$$

$$\text{Força de Fixação Mínima} = 246 \text{ tonf}$$

Cálculo para pressão máxima de 5 ton/in²:

$$\text{Força de Fixação Máxima} = 5 \left[\frac{\text{ton}}{\text{in}^2} \right] \times 61 [\text{in}^2]$$

$$\text{Força de Fixação Mínima} = 307 \text{ tonf}$$

Cálculo de força média seguindo o referencial do catálogo do fornecedor da máquina:

$$\text{Força de Fixação Média} = \frac{246 + 307}{2} = 276 \text{ tonf}$$

Na tabela 6, é possível visualizar os valores tanto provindos das informações técnicas da peça, como Largura, Altura e Área projetada, assim como os valores resultantes dos cálculos realizados para ambos referenciais (400-1400 kg/cm² e 4-5 ton/in²).

TABELA DE CONVERSÃO E CÁLCULO DE FORÇA DE FECHAMENTO

Conversão	1	cm	0,394	in
Largura	22	cm	8,7	in
Altura	18	cm	7,1	in
Área Projetada	278	cm ²	61	in ²
Força mínima	111	Ton	246	Ton
Força máxima	390	Ton	307	Ton
Força média	251	Ton	276	Ton

Tabela 6 - Valores de força de fechamento seguindo dois referenciais. Fonte: Da Autora.

Na última linha da tabela 6, é possível visualizar os valores encontrados para as médias das forças, tendo um resultado para cada referencial. Nota-se que para o primeiro referencial, o valor de força média é de 251 ton, enquanto para o segundo referencial esse valor é de 276 ton. Cruzando as informações com o catálogo da fabricante *Starmach* a seguir, seria constatado que a máquina de 250 ton já atenderia perfeitamente os requisitos de fabricação da peça.

MODELO		UNID	AN-250			AN-300			AN-450			AN-550		
Unidade de Injeção	Modelo do parafuso		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	Diâmetro do parafuso	mm	40	44	48	50	55	60	60	66	72	66	72	76
	Pressão máxima de injeção	kgf/cm ²	2789	2305	1937	2866	2368	1990	2376	1964	1650	2278	1914	1718
	Volume máximo de injeção	cm ³	251	304	362	491	594	707	848	1026	1221	1128	1343	1496
	Peso máximo de injeção (PS)	gram	229	278	330	448	542	645	774	937	1115	1031	1227	1367
	Razão de injeção (ACC)	cm ³ /sec	628	760	904	785	950	1130	1130	1368	1628	1197	1424	1587
Unidade de Fechamento	Velocidade de injeção	mm/sec	500			400			400			350		
	Força de fechamento do molde	tonf	250			300			450			550		
	Curso máximo de abertura	mm	500			550			800			900		
	Espessura do molde	mm	200-580			200-730			350-900			300-1100		
	Tamanho de placas (HxV)	mm	364x364			400x400			525x525			560x560		
	Espaço entre colunas (HxV)	mm	560x560			610x610			810x810			860x860		
	Placa de molde (HxV)	mm	840x840			920x920			1200x1200			1290x1290		
Dados Elétricos	Extrator hidráulico	mm	140			140			220			220		
	Motor principal	HP(kw)	50(37,3)			50(37,3)			75(55,95)			90(67,14)		
	Zonas de aquecimento	(range) set	(0-400°C)x5			(0-400°C)x5			(0-400°C)x5			(0-400°C)x7		
Outros	Potência de aquecimento	kw	13,85			20			33,2			41,2		
	Dimensões da máquina (CxLxA)	mm	6460x1650x2150			7000x2100x2200			8650x2060x2130			9530x2350x2150		
	Capacidade de tanque de óleo	lter	730			780			1000			1100		
	Peso da máquina	metric tons	9			16			25			31		
	Sistema máximo de pressão	Kg/cm ²	160			160			160			160		

Figura 23 – Imagem do catálogo de máquinas de injetoras da *Starmach*. Fonte: *Starmach*, 2018.

É possível observar na figura 24 que a máquina de 250 toneladas cobriria até mais que o necessário para atender as definições técnicas da peça, pois suporta uma pressão máxima de injeção de até 2789 kgf/cm², sendo o recomendado é uma pressão de até 1400 kgf/cm²; permite um peso máximo de injeção de até 229

gramas e a peça em questão possuiria apenas 106 gramas; e por fim, um volume máximo de injeção de até 251 cm³, e a peça em questão possuiria aproximadamente 115 cm³ de volume. O catálogo ainda traz uma informação muito útil que é a de potência da máquina, que impacta diretamente no custo com energia do processo. Nota-se que o fornecedor teria indicado que a máquina que ele utiliza atualmente, de 360 toneladas, utiliza 75 kW, enquanto a máquina apropriada utilizaria 15 kW a menos.

Para saber exatamente a pressão de injeção no processo, é necessário levar em conta outras informações como: tipo e capacidade da máquina, temperatura de massa, diâmetro de abertura do bico de injeção, desenho do molde, tipo de plástico, lubrificação, entre outros, mas de qualquer forma a pressão com certeza estará entre 400 e 1400 kgf/cm² para o caso de uma peça injetada pequena de polietileno (INNOVA, 2017).

6.4.4 Análise Do Custo De MOD

Outra variável observada seria o custo da hora do operador, que leva em consideração salário, benefícios e encargos. Nesse exemplo, o fornecedor consideraria a hora do operador como R\$36,92. Porém, ao consultar a média de salários nacionais para a função de Operador de Injetora de Plástico, é visto que o salário líquido varia de R\$ 1165,07, para Trainees de empresas de pequeno porte, até R\$ 2456,33, para Masters em empresas de grande porte (TRABALHA BRASIL, 2018). Considerando que o fornecedor da peça é uma empresa de grande porte, foi realizada a média entre o salário de *Trainee* e de um *Master* para empresa grande. A média encontrada foi de um salário de R\$ 2066,00 e sobre esse valor foi aplicado um percentual de 190% para compensar benefícios e encargos (FERNANDES, 2018), resultando em uma taxa hora de operador de R\$ 22,30, valor que impacta diretamente na parcela de custo de Mão-de-Obra direta da peça.

Função: Operador de Injetora de Plástico		13.4.002.005.002			
<p>Objetivos do Cargo: Operar uma máquina injetora de plástico. Controlar e registrar os parâmetros de máquina, fazendo observação. Verificar padrão com produto injetado. Preparar e operar máquinas injetora. Operar máquinas de laminação corte, estampagem e prensagem de placas e tarjetas automotivas. Controlar e acompanhar o grupo de máquinas injetoras, dando suporte aos operadores, verificando e intervindo na qualidade final do produto.</p>					
Pesquisa Salarial					
Porte da Empresa	Nível Profissional				
	Trainee	Júnior	Pleno	Sênior	Master
Pequena	R\$ 1165.070000	R\$ 1281.580000	R\$ 1409.740000	R\$ 1550.710000	R\$ 1705.780000
Média	R\$ 1398.090000	R\$ 1537.900000	R\$ 1691.690000	R\$ 1860.860000	R\$ 2046.950000
Grande	R\$ 1677.710000	R\$ 1845.480000	R\$ 2030.030000	R\$ 2233.030000	R\$ 2456.330000
<p>População: 2154 salários Amostragem: 2111 salário(s) 1 contribuições. Metodologia utilizada: salários pretendidos e contribuições salariais</p>					

Figura 24 - Faixa salarial para a função de Operador de Injetora de Plástico. Fonte: TRABALHA BRASIL (2018).

A figura 25 foi retirada do site “TRABALHA BRASIL”, a fonte mais confiável encontrada para este tipo de informação. Para se chegar nesses números, o site aponta que foram considerados 2154 salários empregadores e trabalhadores de todo o Brasil, utilizando informações tanto de salários pretendidos, assim como pretensão salarial.

7 RESULTADOS

O primeiro bloco de resultados, mostrado na figura 26, é o de custos de matéria-prima. Simplesmente ajustando o valor de compra da resina, nesse caso o polietileno, há uma baixa em todas as linhas subsequentes, somando-se 20 centavos de baixa por peça. Na figura a seguir é possível observar o valor ofertado pelo fornecedor, o novo valor estimado e a diferença entre os valores.

CUSTOS MATÉRIA-PRIMA		Valor do fornecedor	Valor estimado	Δ
Referência Do Material	Nome	PE	PE	
Preço Unitário Por Quilo De Resina	R\$/kg	8,50	6,80	-1,70
Quantidade Utilizada Da Resina Por Peça	kg	0,106	0,106	
Custo Bruto De Matéria-Prima	R\$	0,90	0,72	-0,180
Taxa De Aquisição Do Material	%	0,10	0,10	
Custo De Aquisição Do Material	R\$/p	0,09	0,07	-0,018
Valor De Compras Total	R\$/p	0,99	0,79	-0,198
Perdas De Matéria-Prima	%	2,00	2,00	
Custo Das Perdas De Matéria-Prima	R\$/p	0,02	0,02	-0,004
Custo Total De Compras De Materiais	R\$/p	1,01	0,81	-0,20

Figura 25 - Resultado da análise de custo para Matéria-Prima. Fonte: Da Autora.

Como é possível observar na figura acima, houve uma baixa de R\$ 1,70 no Preço Unitário Por Quilo de Resina de Matéria-Prima, que resultou na baixa de 20 centavos por peça. Todos os outros parâmetros de entrada permaneceram os mesmos, sendo alterados somente os valores calculados adjacentes. A seguir, da mesma forma que foram comparados os valores de Matéria-Prima dados pelo fornecedor com os valores estimados pelo Engenheiro de Custo, o mesmo trabalho foi realizado para os Custos de Transformação e tanto a comparação com o resultado podem ser vistos na próxima figura.

CUSTOS TRANSFORMAÇÃO				
Variantes do Processo	Unidade	Valor do fornecedor	Valor estimado	Δ
Tempo De Ciclo	segundos	60	45	-15,00
Número De Ciclos Por Hora	Ciclos/hora	60	80	20,00
Número De Peças Por Ciclo	P/ciclo	2	2	
Cadência Instantânea	P/h	120,0	160,0	40
Perdas No Processo De Injeção	%	2,5	2,5	
Cadência Prática	P/h	117	156	39
Tempo De Set-Up	Horas	2,0	1,5	-0,50
Nº De Peças Por Lote	Peças/ lote	3209	3209	
Intervalo De Tempo Entre Lotes	Dias	16,0	16,0	
Custo Mão-de-Obra Direta	Unidade	Valor do fornecedor	Valor estimado	Δ
Número De Operadores No Processo	Qtde	2,0	1,5	-0,50
Taxa Base De Mão De Obra	R\$/h	36,92	22,30	-14,62
Dias Trabalhados Por Ano	Dias/ano	264	264	
Número De Turnos Por Dia	Turnos/dia	2	2	
Horas Trabalhadas Por Turno	Horas/dia	8	8	
Horas Trabalhadas Por Ano	Horas/Ano	4224	4224	
Custo MOD Bruto	R\$/h	73,84	33,46	-40,38
Custo De Desperdício De Mão De Obra Por Hora	R\$/h	1,85	0,84	-1,01
Custo Total MOD Por Hora	R\$/h	75,69	34,29	-41,39
Custo Total MOD Por Peça	R\$/p	0,63	0,21	-0,42
Variantes do Posto de Trabalho	Unidade	Valor do fornecedor	Valor estimado	Δ
Tonelagem Da Máquina Utilizada	Ton	360	250	-110,00
Valor De Aquisição Da Máquina	R\$	100000	69444	-30555,56
Ano De Aquisição	Data	2011	2011	
Ano Atual	Data	2018	2018	
Tempo De Depreciação Da Máquina	Anos	20	20	
Tempo Restante De Depreciação	Anos	13	13	
Custo De Depreciação Por Ano	R\$/ano	5000	3472	-1528
Custo De Depreciação Por Hora	R\$/hora	1,18	0,82	-0,36
Custo De Depreciação Por Peça	R\$/p	0,010	0,005	0,00
Potência Da Máquina	kW	75	50	-25,00
Preço kW/h	R\$/h	0,39	0,39	
Gasto Energia Por Peça	R\$/p	0,24	0,12	-0,12
Gasto Consumíveis Por Peça	R\$/p	0,12	0,06	-0,06
Gasto Com Manutenção Por Ano	R\$/ano	7798	4710	-3087,02
Gasto Com Manutenção Por Peça	R\$/p	0,02	0,01	
Custos Indiretos De Fabricação (CIF) por Ano	R\$/ano	180000	180000	
Custos Indiretos De Fabricação (CIF) por Peça	R\$/p	0,36	0,27	
Total Taxa Máquina Por Peça	R\$/p	0,75	0,46	-0,28
Custo De Perdas no Processo	R\$/p	0,02	0,01	-0,01
Total Taxa Máquina Considerando Perdas	R\$/p	0,76	0,47	-0,29
Taxa Máquina Por Hora	R\$/h	91,76	75,65	-16,11
Custo Do Set-Up	R\$/p	0,08	0,04	-0,04
Custo Total De Transformação	R\$/p	1,48	0,72	-0,75

Figura 26 - Análise dos Parâmetros de Transformação. Fonte: Da Autora.

Como é possível ver na planilha da figura anterior, a diferença do Custo Total de MOD é de 42 centavos, a diferença da Taxa Total Máquina Considerando Perdas é 29 centavos e, por fim, a diferença de Custo de Set-Up é de 4 centavos, totalizando 75 centavos de redução para o Custo Total de Transformação. Somada essa diferença com os 20 centavos de redução de matéria-prima, tem-se então como resultado 96 centavos (note que há uma pequena diferença de valores por conta dos números da terceira casa decimal). Na figura a seguir é possível ver a síntese dos resultados, com os custos totais, antes e depois da aplicação do percentual de Margem e Sobrecustos, além da diferença total encontrada de R\$ 1,15.

	Unidade	Valor do fornecedor	Valor estimado	Δ
CUSTO TOTAL MP+CT	R\$/p	2,49	1,53	-0,96
Percentual de Margem de Contribuição e Sobrecustos	%	20	20	
Custo Margem de Contribuição e Sobrecustos	R\$/p	0,50	0,31	-0,19
CUSTO TOTAL MP+CT COM M&S	R\$/p	2,98	1,84	-1,15

Figura 27 - Resultado dos Custos Totais, com e sem Margem e Sobrecustos. Fonte: Da Autora.

Essa diferença de R\$ 1,15 por peça, ou seja, é uma diferença de custo unitário, deve por fim ser aplicada no volume total de peças. Nesse caso foi considerado que vão duas peças de proteção de banco por veículo, então o volume total de peças é equivalente ao dobro do volume total de veículos produzidos dentro do período estipulado nas premissas do projeto, nesse caso esse volume é de 316.800 peças (trezentos e dezesseis mil e oitocentas peças). Esse valor multiplicado pelo ganho unitário de R\$ 1,15 gera a oportunidade de ganho total de R\$ 363.174,40 (trezentos e sessenta e três mil, cento e setenta e quatro reais e quarenta centavos). Na figura 29, é possível ver o detalhamento de volumes de produção do veículo no qual a peça estudada é aplicada, assim como o detalhe da demanda da peça em volume e, por fim, em verde, o ganho unitário por peça e o ganho total para o período de produção.

Volume de produção da montadora de veículos (considerando apenas os veículos nos quais a peça é aplicada)					
Detalhes da produção do veículo	2018	2019	2020	2021	2022
dias/ano	132	264	264	264	264
horas/dia	24	24	24	24	24
veículos/hora	12	8	5	4	2
veículos/mês	3168	4224	2640	2112	1056
veículos/ano	38016	50688	31680	25344	12672
Total veículos produzidos no período	158400				

Demanda de produção da montadora de veículos (da peça em análise)					
Detalhes da demanda de peças do veículo	2018	2019	2020	2021	2022
Nº peças por veículo	2				
Demanda diária	48	48	48	48	48
Demanda mensal	6336	8448	5280	4224	2112
Demanda anual	76032	101376	63360	50688	25344
Demanda total	316800				

Ganho unitário (por peça)	R\$	(1,15)
Ganho total para o período de produção	R\$	(363.174,40)

Figura 28 - Detalhe do volume de produção de veículos, volume de demanda de peças, oportunidade de ganho unitário e ganho em massa. Fonte: Da Autora.

Esse ganho não seria um ganho real, afinal seria uma estimativa construída pelo Engenheiro de Custos e não um valor negociado entre o comprador da peça, da Montadora de Veículos WHT, e o fornecedor. Porém, é considerado como o custo esperado, como explicado no referencial teórico, ou um ganho de oportunidade, pois para uma peça tão simples como a trazida ao longo dessa demonstração, existiria a possibilidade da Montadora de Veículos WHT economizar mais de trezentos mil reais. Outra informação que poderia ser extraída dessa análise, é que o custo estimado de ganho por peça (R\$1,15) representaria um percentual de 38,59% do custo total ofertado pelo fornecedor, ou seja, se todas as peças alcançassem esse nível de custo de oportunidade, a montadora WHT poderia economizar quase 40% dependendo das negociações.

Outro ponto para se destacar é o potencial de ganho que um Engenheiro de Custo poderia oferecer a Montadora WHT. Se para uma peça simples como essa o Engenheiro de Custo tivesse passado duas semanas trabalhando para atingir o

custo estimado e considerando que os funcionários da Montadora WHT trabalham 264 dias por ano, como observado na figura 29, os quais divididos por cinco, significam aproximadamente 52 semanas de trabalho por ano, fazendo uma simples regra de três, se em duas semanas o Engenheiro tivesse sinalizado um ganho de oportunidade de R\$ 363.174,40, ao longo de um ano o mesmo engenheiro, sozinho, poderia sinalizar R\$ 9.587.804,16, ou seja, quase dez milhões de reais, analisando menos de 30 peças plásticas simples, como a do estudo conduzido no capítulo 6.

A partir desse resultado, portanto, é comprovado que o trabalho de um Engenheiro de Custos é imprescindível para uma grande indústria, pois a expertise em processos, em desenvolvimento de projetos e em custos garante o desenvolvimento de uma rede sustentável de fornecedores, assim como a ascensão da indústria na qual ele trabalha. Espera-se que a demonstração apresentada no presente trabalho tenha esclarecido de forma geral como os assuntos pertinentes para o caso de processos de injeção de plásticos para peças aplicadas na indústria automotiva, servem de alicerce para a realização de uma estimativa e análise de custos por meio da abordagem *Bottom-Up*, a qual visa que os custos de uma peça estejam em um alto nível de detalhamento.

8 PRÁTICAS RECOMENDADAS E TRABALHOS FUTUROS

Existem algumas práticas recomendadas na área de Engenharia de Custo, como *Design To Cost*, Gerenciamento de Risco, Benchmarking com os líderes de mercado, Big Data e Inteligência Artificial, e com o intuito de enriquecer o presente trabalho, elas serão explicadas nos próximos tópicos. Apesar da técnica de *Design To Cost* ser uma técnica aplicada em paralelo a uma estimativa de custo, as outras três técnicas podem estar relacionadas com qualquer estudo de custo ou desenvolvimento de uma ferramenta para estimar custos e é altamente recomendável adotá-las. Para trabalhos futuros, seria interessante demonstrar a prática de *Design To Cost* voltada para a indústria automotiva, pois o desenvolvimento dessa ideia pode ser realizado por um Engenheiro Mecânico com conhecimentos de Design de Produto e Engenharia de Custos.

8.1 DESIGN TO COST

Uma das boas práticas da Engenharia de Custo é construir uma ferramenta computacional para direcionar o design da peça de acordo com um custo desejado, que, claro, deve ser aceitável, e não o contrário. Essa prática e/ou ferramenta é conhecida como *Design To Cost* (DTS) e permite gerar mais de uma solução para a mesma peça durante os estágios conceituais e iniciais do projeto, facilitando *trade-offs* que podem ser traduzidos como trocas ou substituições entre possíveis soluções, levando sempre em consideração custo e desempenho para cada uma das alternativas conceituais. Dessa forma, o DTC pode produzir economias massivas no custo do produto antes do início da produção (ROY, 2000).

A abordagem geral é definir uma meta de custo e alocar a meta aos elementos do produto. Os designers ou engenheiros de desenvolvimento de produto devem então limitar suas abordagens a esse conjunto de alternativas que satisfazem a restrição de custos. No entanto, isso só é possível depois que os engenheiros de custos desenvolverem um conjunto de ferramentas que os projetistas podem usar para determinar o impacto de suas decisões à medida que as fazem. A Figura 30 ilustra um exemplo dos tipos de entrada necessários para produzir uma ferramenta DTC (ROY, 2000).

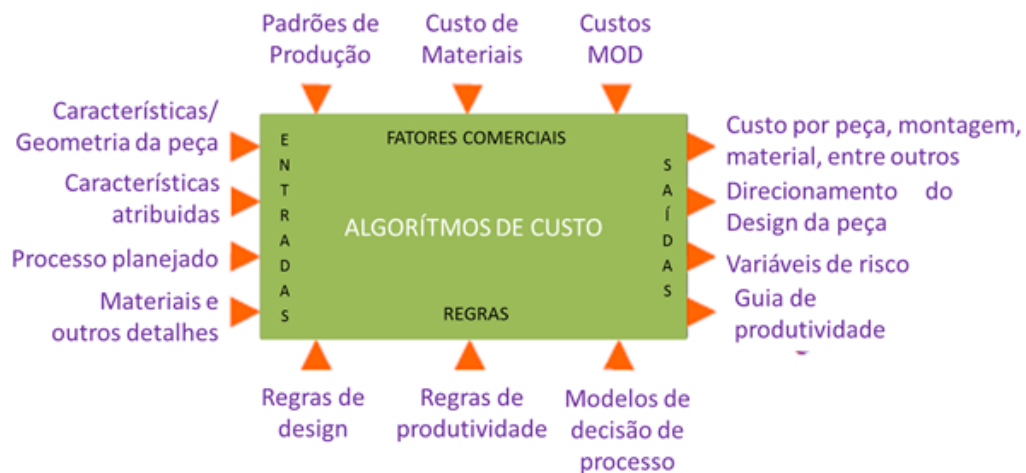


Figura 29 - Modelo de Algoritmo para um software de *Design To Cost*. Adaptado de Rajkumar Roy, 2000.

São os Engenheiros de Custos os responsáveis por fazer o levantamento de informações satisfatórias de custo logo nos estágios iniciais do desenvolvimento do produto, para que assim o projetista possa usá-las para suas tomadas de decisões. Os engenheiros de custo podem ainda desenvolver algoritmos que os projetistas podem usar para monitorar o impacto de suas decisões à medida que prosseguem com seus projetos. Além disso, eles são responsáveis por sempre atualizarem e manterem a validade de qualquer algoritmo disponibilizado (ROY, 2000).

8.2 GERENCIAMENTO DE RISCO

Como visto no referencial teórico do presente trabalho, estimativas de custo podem ser realizadas ao longo de todas as fases da vida de um projeto e dessa forma, sempre envolvem um risco, especialmente para as fases iniciais. Por isso, outra excelente prática para o Engenheiro de Custo é sempre evidenciar e introduzir um fator de risco em seus estudos, garantindo que as consequências dos riscos sejam compreendidas e levadas em consideração ao longo do ciclo de vida do projeto (ROY, 2000).

Além disso, a gestão de riscos garante que os objetivos do produtor e do consumidor se materializem e que ambos se beneficiem. Fornece confiança em relação aos custos finais e identifica as ações necessárias para manter o custo e o

cronograma no alvo. De acordo com Roy (2000), há cinco etapas principais a serem seguidas no processo de gerenciamento de riscos, listados a seguir:

- Primeira etapa: Identificar os riscos
- Segunda etapa: Avaliar os riscos
- Terceira etapa: Analisar os riscos
- Quarta etapa: Reduzir os riscos
- Quinta etapa: Controlar os riscos

Um dos benefícios mais importantes do uso da avaliação de risco é gerar uma distribuição ou faixa de custos, ou seja, afastar-se da estimativa de ponto único, já que uma faixa de custos é muito mais fácil de estimar do que um único custo. Além disso, uma vez que uma análise de risco tenha sido conduzida, o analista pode considerar maneiras de reduzir o risco (ROY, 2000).

8.3 *BENCHMARKING* COM OS LÍDERES DE MERCADO

O *Benchmarking* implica em comparar qualquer produto ou processo, ou até mesmo uma organização como um todo, com referências de mercado. Dessa forma, é possível identificar as melhores práticas, motivar ideias para melhorias e criar uma base de indicadores para medir desempenho. Os pontos de referência geralmente são organizações, podendo estas ser internas ou externas à empresa em que se realiza a atividade ou se fabrica o produto (PMBOK, 2013).

Para o caso da atividade de promover estimativas de custos e na Engenharia de Custos, os Estados Unidos da América lideram o caminho tanto na prática quanto no desenvolvimento de softwares do seguimento. Na Europa, a Agência Espacial Europeia (ESA) promove ativamente a partilha de estimativas das melhores práticas. Dessa forma, toda a empresa que possui ou deseja possuir um departamento com Engenheiros de Custo, deve aproveitar as oportunidades lançadas pelos líderes de mercado para adotar e integrar novos processos de estimativas de custo.

8.4 BIG-DATA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Para a análise geral de custos, há uma tendência de as empresas usarem ferramentas computadorizadas para chegar a níveis mais detalhados de estimativas de custo de produção. Os resultados produzidos dessas análises podem ser bastante preciso. A maioria das empresas pode validar isso por meio de *feedback* da produção, ou mesmo fazendo testes em campo. No entanto, como esses softwares incluem uma grande base de dados, que, como já dito, precisa ser constantemente alimentada pelos Engenheiros de Custo, as empresas precisam revisar seus processos de custeio regularmente (ROY, 2000).

Há uma grande variedade de técnicas emergentes disponíveis que a indústria pode utilizar para melhorar seus processos de estimativa e gerenciamento de custos, sendo que a maior parte dessas técnicas envolve a utilização de softwares de custeio, para que os cálculos sejam feitos considerando um alto nível de detalhamento e que possa existir combinações e integrações das bases de dados com outros sistemas de negócios. Dentro desse cenário, a inteligência artificial desempenhará um papel cada vez mais importante nas indústrias e empresas que estimam seus custos. Como o custo se tornou um fator tão influente, os Engenheiros de Custo devem estar cientes dessas tecnologias para que possam utilizá-las, de forma a sempre buscar melhorarias para seus processos de gerenciamento de custos (ROY, 2000).

9 CONCLUSÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso apresentou os principais conceitos de Engenharia de Custo, assim como deixou claro a importância do profissional da área para as empresas. Aliados a esses conceitos, foram abordados, ao longo do referencial teórico, temas como custos industriais, apresentando suas terminologias e metodologias; fabricação de peças plásticas, apresentando os principais plásticos utilizados na indústria automotiva e como funciona o processo de injeção; gestão de projetos, manifestando intrinsecamente informações sobre fases de projetos, estrutura analítica de projeto e riscos envolvidos ao estimar custos do projeto; e a filosofia da Manufatura Enxuta, essencial para reduzir desperdícios de processos, aumentando sua eficiência e reduzindo fortemente os custos.

Sustentado por esse referencial, foi possível realizar uma demonstração de estimativa de custo para uma peça plástica utilizada na indústria automotiva por meio da abordagem *bottom-up*, revelando como é na prática a atividade de um Engenheiro de Custos inserido nesse importante segmento da indústria, atividade que pode ser completamente assegurada pelos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de graduação de Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, o qual disponibiliza atualmente disciplinas da área de Gestão, Custos, Processos de Fabricação, Materiais, Manutenção e até mesmo a disciplina de Manufatura Enxuta, as quais alinhadas com as políticas e boas práticas de uma empresa, especialmente do ramo automotivo, garante que o aluno egresso esteja apto a atuar com excelência como Engenheiro de Custos.

Como apresentado na introdução, a indústria automotiva, assim como a indústria aeronáutica, considera amplamente o trabalho do Engenheiro de Custos para garantir a convergência de custos, ao mesmo tempo em que especificações técnicas de produtos e processos são atendidas. Já a utilização de peças plásticas em automóveis vem aumentando cada vez mais, por conta de seus benefícios de redução de peso, que resulta em automóveis mais eficientes e menos poluentes, além de suas características físico-químicas, fazendo com que os plásticos superem cada vez mais a utilização de metais (BRASKEM, 2017).

Em um mundo de rápidas mudanças, com uma forte competição tanto local, quanto global, os vencedores serão aqueles que podem prever com confiança e gerenciar com sucesso o custo de seus desenvolvimentos (ROY, 2000). Acredita-

se que a relevância dos conteúdos abordados, combinados com o forte potencial do tema de Engenharia de Custo para egressos do curso de Engenharia Mecânica, assim como para indústrias do ramo, torna válido o presente trabalho para a obtenção do título de Engenheira Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

REFERÊNCIAS

AACE® International Recommended Practice No. 10S-90. **COST ENGINEERING TERMINOLOGY**. TCM Framework: General Reference (All Sections). Rev. June 6, 2017. Disponível em <<http://library.aacei.org/terminology/>>. Último acesso em 04 de novembro de 2017.

AACE® International Recommended Practice No. 17R-97. **SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS**. Estrutura de TCM: 7.3 – Estimativa de Custos e Orçamentação. Revisada em 29 de novembro de 2011. Disponível em <<http://library.aacei.org>>. Último acesso em 19 de novembro de 2018.

AACE® International Recommended Practice No. 18R-97. **SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO PARA ESTIMATIVA DE CUSTOS – CONFORME APLICADO À ENGENHARIA, CONTRATAÇÃO E CONSTRUÇÃO PARA PROCESSOS INDUSTRIAIS**. Estrutura de TCM: 7.3 – Estimativa de Custos e Orçamentação. Revisada em 01º de março de 2016. Disponível em <<http://library.aacei.org>>. Último acesso em 19 de novembro de 2018.

AACE® International Recommended Practice No. 43R-08. **ANÁLISE DE RISCO E DETERMINAÇÃO DE CONTINGÊNCIA UTILIZANDO ESTIMATIVA PARAMÉTRICA – EXEMPLOS DE MODELOS CONFORME APLICADOS A PROCESSOS INDUSTRIAIS**. Estrutura de TCM: 7.3 – Estimativa de Custos e Orçamentação. Revisada em 06 de julho de 2012. Disponível em <<http://library.aacei.org>>. Último acesso em 19 de novembro de 2018.

AACE® International Recommended Practice No. 47R-11. **SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE ESTIMATIVA DE CUSTOS – COMO APLICADO ÀS INDÚSTRIAS DE MINERAÇÃO E PROCESSAMENTO MINERAL**. Estrutura de TCM: 7.3 – Estimativa de Custos e Orçamentação. Revisada em 06 de julho de 2012. Disponível em <<http://library.aacei.org>>. Último acesso em 19 de novembro de 2018.

AACE® International Recommended Practice No. 57R-09. **ANÁLISE INTEGRADA DE CUSTOS E RISCOS UTILIZANDO A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO DE UM MODELO COM CPM**. Estrutura de TCM: 7.3 – Estimativa de Custos e Orçamentação. Revisada em 06 de julho de 2012. Disponível em <<http://library.aacei.org>>. Último acesso em 19 de novembro de 2018.

AACE® International **TOTAL COST MANAGEMENT FRAMEWORK**. An Integrated Approach to Portfolio, Program, and Project Management. Second Edition. H. Lance Stephenson, CCP FAACE, Editor. 2015. Disponível em <<http://library.aacei.org>>. Último acesso em 19 de novembro de 2018.

ABIPLAST. **PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÃO PARA MATERIAIS PLÁSTICOS**. Associação Brasileira da Indústria de Plástico. 2014. Disponível em <http://file.abiplast.org.br/download/links/links%202014/apresentacao_sobre_transformacao_vf.pdf>. Último acesso em 04 de novembro de 2017.

BASELL, Lyondell. **LDPE**. © LyondellBasell Industries Holdings B.V. 2018. Disponível em <<https://www.lyondellbasell.com/en/products-technology/polymers/resin-type/ldpe/>>. Último acesso em 06/11/2018.

BASELL, Lyondell. **LUPOLEN 1800P**. © LyondellBasell Industries Holdings B.V. 2018. Disponível em <<https://www.lyondellbasell.com/en/polymers/p/Lupolen-1800P/28be098e-bb34-4bb8-a683-894ea1c1751e>>. Último acesso em 06/11/2018.

BASELL, Lyondell. **WHO WE ARE.** © LyondellBasell Industries Holdings B.V. 2018. Disponível em <<https://www.lyondellbasell.com/en/about-us/who-we-are/>>. Último acesso em 06/11/2018.

BRASKEM. **PERFIL.** Copyright © 2018 – Braskem. Disponível em <<https://www.braskem.com.br/perfil>>. Último acesso em 04/11/2018.

BRAZ, Deberty Antunes Zanelato. **SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA, CONTRIBUINDO PARA O CRESCIMENTO DAS INDÚSTRIAS.** Anhanguera, Campo Grande, 2017.

CAMARGO, Renada Freitas de. **TUDO SOBRE O CONTABILISTA ELISEU MARTINS, AUTOR DE LIVROS DE CONTABILIDADE DE CUSTOS.** Treasy. Publicado dia 18 de junho de 2018. Disponível em <<https://www.treasy.com.br/blog/eliseu-martins/>>. Último acesso em 03/11/2018.

CATHO. **ENGENHEIRO DE CUSTOS.** Guia de Profissões. Disponível em <<https://www.catho.com.br/profissoes/engenheiro-de-custos>>. Último acesso em 04 de dezembro de 2017.

CATHO. **ENGENHEIRO DE PROJETOS.** Guia de Profissões. Disponível em <<https://www.catho.com.br/profissoes/engenheiro-de-projetos>>. Último acesso em 04 de dezembro de 2017.

CIBC. **FX THEMES AND TRADES. MONTHLY OUTLOOK.** Change of Year, Change of Course. 17 de outubro de 2018. Macro Strategy. Economics. FX Desk Strategy. Disponível em <https://economics.cibccm.com/economicweb/cds?TYPE=EC_PDF&REPORT_TYPE=FC_SNPST&ID=26>. Último acesso em 19/11/2018.

CIBC. **MONTHLY FX OUTLOOK.** 19 de Junho de 2018. *Bank of Canada.* Disponível em <https://www.cibcwg.com/c/document_library/get_file?uuid=c403327a-893f-476d-aea0-b8b1a0792b9f&groupId=1535694>. Último acesso em 19/11/2018.

COST ENGINEERING CONSULTANCY. **COST ESTIMATION: CREATING PROPER COST MODELS.** 29 de Agosto de 2017. Disponível em <<http://www.costengineering.eu/blog-article/cost-estimation-creating-proper-cost-models>>. Último acesso em 04 de novembro de 2017.

COST ENGINEERING CONSULTANCY. **WHAT IS COST ENGINEERING?** 29 de Agosto de 2017. Disponível em <<http://www.costengineering.eu/blog-article/what-is-cost-engineering>>. Último acesso em 04 de novembro de 2017.

DANIELA PEREIRA FERNANDES **VEJA QUANTO CUSTA UM FUNCIONÁRIO E TODOS OS ENCARGOS TRABALHISTAS ENVOLVIDOS.** Publicado dia 28 de fevereiro de 2018. Disponível em <<https://www.treasy.com.br/blog/encargos-trabalhistas/>>. Último acesso em 18/11/2018.

DATHEIN, RICARDO. **INOVAÇÃO E REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS: UMA APRESENTAÇÃO DAS MUDANÇAS TECNOLÓGICAS DETERMINANTES NOS SÉCULOS XVIII E XIX.** Publicações DECON Textos Didáticos 02/2003. DECON/UFRGS, Porto Alegre, Fevereiro 2003. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/decon/>>. Último acesso em 10/11/2017.

DEGENHART, Larissa. TURRA, Salete. BIAVATTI, Vania Tanira. Fundação Universidade Regional de Blumenau (FURB). **MERCADO DE TRABALHO NA PERCEPÇÃO DOS**

ACADÊMICOS CONCLUINTES DO CURSO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS. Congresso de Contabilidade. 2015. Universitat de Valencia. Universidade Federal de Santa Catarina.

ESA. **COST ENGINEERING.** Agência espacial europeia. Última atualização feita em 1º de outubro de 2009. Disponível em <[http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Cost_Engineering/\(print\)](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Cost_Engineering/(print))>. Último acesso em 04 de novembro de 2018.

ESA. **WHAT INNOVATIONS DOES COST ENGINEERING INVOLVE?** Agência espacial europeia. Última atualização feita em 1º de outubro de 2009. Disponível em <[http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/What_innovations_does_Cost_Engineering_involve/\(print\)](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/What_innovations_does_Cost_Engineering_involve/(print))>. Último acesso em 04 de novembro de 2017.

FORD MOTOR COMPANY BRASIL. **FORD INVESTE EM LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE MATÉRIAS-PRIMAS PLÁSTICAS NA FÁBRICA DE CAMAÇARI.** Mídia Ford. 02/08/2016. Disponível em <<https://media.ford.com/content/fordmedia/fsa/br/pt/news/2016/08/02/ford-investe-em-laboratorio-de-analise-de-materias-primas-plasti.html>>. Último acesso em 03/11/2018.

FRANÇA, Jéssica. **PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO PLÁSTICO.** COMPLAST. Publicado em 4 de novembro de 2015. Disponível em <<http://complast.com.br/blog/processo-fabricacao-plastico/>>. Último acesso em 04 de novembro de 2017.

FREITAS, E. de. **TIPOS DE INDÚSTRIA.** Mundo Educação. Geografia. Geografia humana. Disponível em <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/tipos-industria.htm>>. Último acesso em 04 de novembro de 2017.

GARCIA, Paulo Henrique. **UMA REFLEXÃO SOBRE PERDAS E DESPÉRDÍCIOS.** Kaizen Institute Consulting Group. Publicado dia 01º de Agosto de 2016. Disponível em <<https://br.kaizen.com/blog/post/2016/08/01/uma-reflexao-sobre-perdas-e-desperdicios.html>>. Último acesso em 03/11/2018.

GOULART, Marselle. ROSA, Luciano. **O TRATAMENTO CONTÁBIL DAS PERDAS OCORRIDAS NO PROCESSO PRODUTIVO COMO ELEMENTO DE QUALIDADE.** XI Congresso Brasileiro de Custos – Porto Seguro, BA, Brasil, 27 a 30 de outubro de 2004. Disponível em <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/2411/2411>>. Último acesso em 03/11/2018.

GREVES, David e JOUMIER Herve. **COST ENGINEERING FOR COST-EFFECTIVE SPACE PROGRAMMES.** Cost Analysis Division, ESA Directorate for Industrial Matters and Technology Programmes, ESTEC, Noordwijk, The Netherlands. ESA Bulletin 115. Agosto de 2003. Disponível em <http://www.esa.int/esapub/bulletin/bullet115/chapter11_bul115.pdf>. Último acesso em 04 de novembro de 2017.

HASTAK, Makarand. **SKILLS AND KNOWLEDGE OF COST ENGINEERING.** AACE Internacional. 6th ed. 87 páginas., PE CCP, Editor. 2015.

IBEC. **REVISTA ENGENHARIA DE CUSTOS.** Ano 5 – Setembro de 2017. Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. Lei que cria o Dia Nacional do Engenheiro de Custos é sancionada. Disponível em <<https://ibec.org.br/publicacoes/#>>. Último acesso em 19/11/2018.

IBEC. **REVISTA ENGENHARIA DE CUSTOS.** Ano 5 – Setembro de 2017. Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. Lei que cria o Dia Nacional do Engenheiro de Custos é

sancionada. Disponível em <<https://ibec.org.br/publicacoes/#>>. Último acesso em 19/11/2018.

INNOVA. **MANUAL DE INJEÇÃO**. Copyright© 2017 Innova. Disponível em <<http://www.innova.com.br/arquivos/documentos/relatorio/artigo/56785d1a2586a.pdf>>. Último acesso em 06/11/2018.

JUNIOR, Umberto Ollitta, BIASOLI, Rodrigo Carella, SACOMANO, José Benedito, ROCHA, Wany, FERIGATTO, Enio. **A IMPORTANCIA DA MANUFATURA ENXUTA EM UM MERCADO COMPETITIVO. ESTUDO DE CASO EM UMA INDUSTRIA DE AUTO-PEÇAS**. XIV International Conference on Engineering and Technology Education. February 28 – March 02, 2016, Salvador, BRAZIL. Disponível em <<http://copec.eu/intertech2016/proc/works/33.pdf>>. Último acesso em 04/11/2018.

KIM, S. **INJECTION MOLDING**. 2.008 Spring 2004. MIT. Massachusetts Institute of Technology. Disponível em <http://web.mit.edu/2.008/www/lectures/2.008_03IM_05S.pdf>. Último acesso em 17/11/2018.

LAKATOS, Eva Maria. MARCONI, Marina de Andrade. **FUNDAMENTOS DE METODOLOGIA CIENTÍFICA 1**. 5. ed. São Paulo. Atlas 2003. Bibliografia ISBN 85-224-3397-6.

LAU, Sunny. **INJECTION MOULDING--HANKING MOULD**. Expert in injection mold and molding industry/OEM/ODM/EMS/ONE STOP solution resource. Publicado em Junho de 2018. Disponível em <<https://www.linkedin.com/pulse/injection-moulding-hanking-mould-sunny-lau-plastic-mold-mfr>>. Último acesso em 19/11/2018.

LOCKNEY, Daniel. **SPINOFF**. National Aeronautics and Space Administration – NASA. Information Technology - Software Takes Cost Estimating to the Stars. 2018. Disponível em <https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2018/pdf/Spinoff508_2018.pdf>. Último acesso em 06/11/2018.

MINGPLAST. **CATÁLOGO GERAL**. Máquinas e Equipamentos para termoplásticos. MPG Tecnologia Imp. e Exp. Ltda. 2009. Disponível em <http://www.mingplast.com/downloads/linha_pet/Cat%C3%A1logo_Injetoras_e_Sopradoras-Mingplast.pdf>.

MONEY TIMES. **BRASKEM ELEVA PREÇOS DE RESINAS EM ATÉ 10% COM VALORIZAÇÃO DO DÓLAR E DO PETRÓLEO**. Publicado em 04/10/2018. Disponível em <<https://moneytimes.com.br/braskem-eleva-precos-de-resinas-em-ate-10-com-valorizacao-do-dolar-e-do-petroleo/>>. Último acesso em 06/11/2018.

O'ROURKE, Kevin H. WILLIAMSON, Jeffrey G. **WHEN DID GLOBALIZATION BEGIN?** NBER Working Paper Series. National Bureau Of Economic Research. Working Paper 7632. <http://www.nber.org/papers/w7632>. Abril de 2000. JEL No. F14, N7.

OLIVEIRA NETTO, A. A. de. **METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA: guia prático para a apresentação de trabalhos acadêmicos**. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.

OLIVEIRA, Hugo Miguel Ribeiro. **APLICABILIDADE DA FILOSOFIA ENXUTA EM INDÚSTRIAS DE PROCESSO CONTÍNUO: UM ESTUDO DE CASO**. 2015. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5947/1/Pg_CEEP_2014_1_11.pdf>. Último acesso em 04/11/2018.

PERES, Carlos Roberto Coelho. **PROPOSTA DE MODELO PARA CONTROLE DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO COM ENFOQUE NA APLICAÇÃO DE INDICADORES BALANCEADOS**. Niterói, 2006.

PICPLAST. **MOVIMENTO PLÁSTICO TRANSFORMA**. [2017?]. Disponível em <<http://www.plasticotransforma.com.br/movimento-plastico-transforma>>. Último acesso em 04/11/2018.

PMI, Inc. **UM GUIA DO CONHECIMENTO EM GERENCIAMENTOS DE PROJETOS (GUIA PMBOK®)**. Quinta Edição. 1. Gerenciamento de Projetos. I. Project Management Institute II. Título: Guia PMBOK. 2013. ISBN: 978-1-62825-007-7.

REUTERS, Thomson. **MANUFACTURING AGREEMENT**. Practical Law Commercial. RESOURCE ID 1-627-4045. © 2018 THOMSON REUTERS. ALL RIGHTS RESERVED. Disponível em <[https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/1-627-4045?transitionType=Default&contextData=\(sc.Default\)&firstPage=true&comp=pluk&bhcp=1](https://uk.practicallaw.thomsonreuters.com/1-627-4045?transitionType=Default&contextData=(sc.Default)&firstPage=true&comp=pluk&bhcp=1)>. Último acesso em 16/11/2018.

SANT ANNA, João Paulo. **PLÁSTICO NO AUTOMÓVEL: DESENVOLVIMENTO DE RESINAS LEVA A NOVAS REDUÇÕES DE PESO**. 10 de setembro de 2015. Disponível em <<https://www.plastico.com.br/plastico-no-automovel-desenvolvimento-de-resinas-leva-a-novas-reducoes-de-peso/>>. Último acesso em 04/11/2018.

SANTOS, Marcelo Rodrigues dos. FERREIRA, Pedro Cavalcanti. PESSÔA, Samuel. **GLOBALIZATION AND THE INDUSTRIAL REVOLUTION**. INSPER – Instituto de Ensino e Pesquisa. Copyright Insper. Todos os direitos reservados. 02 de dezembro de 2015. Disponível em <<https://www.insper.edu.br/conhecimento/conjuntura-economica/globalizacao-e-revolucao-industrial/>>. Último acesso em 30/11/2017.

SCHULZ-NÖTHLING, Günter Banda. **CONTINGENCIES FOR AN ENTERPRISE**. IBEC – Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos. Artigos Técnicos, página 7. Revista Engenharia de Custos. Ano 5 – Setembro de 2017.

SHOEMAKER, Jay. **MOLDFLOW DESIGN GUIDE**. A Resource for Plastics Engineers. Copyright © 2006 Moldflow Corporation. Parte um disponível em <https://marciaswan.weebly.com/uploads/1/3/5/8/13585698/mfdg_low-res_proof_part1.pdf>. Parte dois disponível em <https://marciaswan.weebly.com/uploads/1/3/5/8/13585698/mfdg_low-res_proof_part2.pdf>. Último acesso em 04/11/2018.

SIENGE. **QUAL A IMPORTÂNCIA DA ENGENHARIA DE CUSTOS NA OBRA?** Publicado em 26 de setembro de 2016. Disponível em <<https://www.sienge.com.br/blog/engenharia-de-custos-qual-a-importancia/>>. Último acesso em 04 de dezembro de 2017.

STARMACH. **[CATÁLOGO DE MÁQUINAS INJETORAS]: Séries NA, HN, FCS, LM**. FCS Taiwan. [2018]. Disponível em <<http://www.starmach.com.br/fcs-starmach.pdf>>. Último acesso em 06/11/2018.

TRABALHA BRASIL. **MÉDIA SALARIAL**. Função: Operador de Injetora de Plástico. 13.4.002.005.002. Disponível em <<https://www.trabalhabrasil.com.br/media-salarial-para-operador-de-maquinas>>.

TRENDOWICS, A. JEFFERY, R. **BASIC ESTIMATION STRATEGIES**. Software Project Effort Estimation. Foundation and Best Practices Guidelines for Success. 2014, XXII, 469 p. 86 illus., Hardcover. ISBN: 978-3-319-03628-1.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. Curitiba: UTFPR, 2009.

VICECONTI, Paulo. **CONTABILIDADE DE CUSTOS: um enfoque direto e objetivo**. 11ª Edição. Editora Saraiva, 2013. Prévia disponível em <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=VYVnDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=contabilidade+de+custos&ots=GkGXQY2Gvg&sig=hlxy2nzpmJFXDK7IKGH64JQf_Js#v=onepage&q=contabilidade%20de%20custos&f=false>. Último acesso em 03/11/2018.

VIEIRA, Rita de Cássia Milagres T. et al. **CADEIAS PRODUTIVAS NO BRASIL - ANÁLISE DA COMPETITIVIDADE**. Artigos de Política Agrícola. Seção II. Ano X – Nº 04 – Out – Nov – Dez – 2001.

ZURICH. **COMO FUNCIONA A TÉCNICA DE INJEÇÃO DE PLÁSTICOS?** 27 de Maio de 2016. ZURICH TERMOPLÁSTICOS. Indústria do Plástico, Injeção de Termoplásticos. Disponível em < <http://injecaodeplasticos.com.br/blog/injecao-de-plasticos/>>. Último acesso em 04/11/2018.