



GABRIEL PINTO GUIMARÃES

***BUSINESS CASE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM NOVO
PROCESSADOR DE ALIMENTOS EM UMA
MULTINACIONAL DO SETOR DE ELETRODOMÉSTICOS***

LAVRAS - MG

2022

GABRIEL PINTO GUIMARÃES

***BUSINESS CASE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM NOVO
PROCESSADOR DE ALIMENTOS EM UMA MULTINACIONAL DO
SETOR DE ELETRODOMÉTISCOS***

Concepção básica apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Curso
de Engenharia Mecânica, para a
obtenção do título de Bacharel.

Professor Dr. Fábio Lúcio Santos
Orientador

LAVRAS – MG

2022

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter dado saúde e força de vontade para seguir em frente e superar as adversidades.

Aos familiares, em especial meus pais e meu irmão, por apoiarem toda essa trajetória acadêmica dando incentivo, amor e sustentabilidade financeira durante a graduação.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de aprender tanto profissionalmente, quanto pessoalmente.

Aos Professores, em especial ao Dr. Fábio Lúcio Santos e Dra. Bruna Siqueira, que guiaram e orientaram as etapas de desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos, pelos anos de apoio, incentivo e amizade.

E por fim, à República Bendito Grau, minha segunda família durante todos esses anos acadêmicos, me ensinando e sendo meu lar neste tempo em Lavras.

RESUMO

Este trabalho teve como pretensão o desenvolvimento de um *Business Case* para determinação da viabilidade econômica do processo de industrialização de um Processador de Alimentos para produção em larga escala em uma multinacional do setor, com objetivo de determinar algumas variáveis fundamentais para a análise acertiva do Projeto, como o *takt time* e o *cycle time* do processo. Além disso, o levantamento do investimento necessário e da capacidade produtiva também foram assuntos abordados. Para o desenvolvimento do trabalho, foi realizado uma revisão bibliográfica, onde foi possível entender mais a fundo os principais temas relacionados diretamente ao desenvolvimento de um *Business Case*. Em seguida, foi definida uma metodologia para atingir todos os objetivos iniciais do projeto, que foi desenhada em um fluxograma apresentado no trabalho. Também foram elaborados gráficos e tabelas para apresentar todos os resultados encontrados, facilitando o entendimento e análise das informações disponibilizadas. Por fim, foi possível encontrar o tempo de *payback* do investimento realizado para industrialização do processo, e chegar a conclusões da viabilidade do *Business*. Em seguida, foi realizado um PFMEA da montagem do Processador, que permitiu enxergar com clareza alguns pontos críticos do processo de montagem, e que por fim acabou impactando diretamente no método de montagem inicialmente estabelecido. Em seguida, com um novo método de montagem, foram aplicados conceitos do balanceamento de operações entre postos para divisão das operações nas células de montagem. Por fim, ao determinar a capacidade produtiva real em função do esquema de montagem desenvolvido, se tornou possível avaliar claramente os efeitos das ações recomendadas no PFMEA e do balanceamento das estações de trabalho.

Palavras-chave: *Takt time*. *Cycle Time*. Investimento. *Payback*. Capacidade Produtiva. PFMEA. Balanceamento.

ABSTRACT

The present academic work aimed to develop a Business Case to determine the economic viability of the industrialization of a Food Processor to be produced in large scale, in a multinational company from Domestic Appliances Sector, aiming to determine the main variables to a trustful analysis of the Project, as the takt and the cycle time of the process. Besides that, the necessary investment and the productive capacity were also addressed. For the development of the work, a bibliography revision was done, where it was possible to understand more about subjects directly related to the development of a Business Case. Then, a methodology was defined to achieve all the initial goals of the project, that was also drawn to make the flux clear. Graphics and tables were also done to present the results, making easier the analysis of the informations. Finally, it was possible to find the payback time of the necessary investment to industrialize the process and get conclusions about the Business viability. After that, a PFMEA of the assembly of the Processor was done, making the critical points of the assembly process clear. By end, the inputs of the PFMEA had a direct impact on the initial method that was established. Then, with a new assembly method, some concepts of the operations balancing were applied to divide the activities between the workstations. Finally, by discovering the real productive capacity following the final method, it became possible to evaluate the effects of the recommended actions from PFMEA and of the balancing of the workstations.

Keywords: Takt Time. Cycle Time. Investment. Payback. Productive Capacity. PFMEA. Balancing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de Gráfico de Balanceamento de Postos	19
Figura 2 – Fluxograma de metodologia	24
Figura 3 – Apresentação dos Componentes em um Processador da marca Arno	26
Figura 4 – Apresentação dos Componentes em um Processador da marca Philips Walita	26
Figura 5 – Apresentação dos Componentes em um Processador da marca Philco	27
Figura 6 – Exemplo de PFMEA	34
Figura 7 – Proposta de Layout de Célula de Montagem	41
Figura 8 - Gráfico do Tempo de Ciclo (s) em função do N° de Operadores	43
Figura 9 - Gráfico da Capacidade Produtiva Anual de 1 Linha em função do número de Operadores	44
Figura 10 - Gráfico da Capacidade Produtiva Anual de 1 Linha em função do número de Operadores	44
Figura 11 - Gráfico Posto a Posto antes do balanceamento de Atividades	54
Figura 12 – Gráfico Posto a Posto após balanceamento de Atividades	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Critérios para avaliação de Severidade.....	33
Tabela 2 – Componentes do Processador do Business	37
Tabela 3 - Método de Montagem do Processador Estudado	38
Tabela 4 – Variação do tempo de ciclo em função do número de Operadores.....	42
Tabela 5 – Capacidade Produtiva em função da Variação do Número de Operadores.....	43
Tabela 6 – Salário Médio da Equipe de Desenvolvimento no Brasil.....	45
Tabela 7- Resumo de Custos da Equipe de Desenvolvimento do Projeto	46
Tabela 8 - Estimativas cP, cM e cO para Investimento de Moldes.....	47
Tabela 9 - Estimativas cP, cM, cO e cE para Investimento de Montagem	48
Tabela 10 – Investimento Total para Industrialização	48
Tabela 11 – Resumo dos Custos Operacionais do Projeto.....	49
Tabela 12 – Custo Operacional por Unidade Produzida	49
Tabela 13 - Estimativas cP, cM, cO e cE para Custo por Unidade Produzida.....	50
Tabela 14 – Pesquisa de Valores de Venda.....	50
Tabela 15 – Lucro por unidade vendida.....	50
Tabela 16 – Método Final de Montagem	53
Tabela 17- Tempos e Desbalanceamento posto a posto.....	54
Tabela 18 – Tempos e Desbalanceamento	55
Tabela 19 – Capacidade Produtiva Real	58

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	11
2.1	Objetivo Geral	11
2.2	Objetivos Específicos	11
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
3.1	Tempo de Recuperação do Capital (<i>Payback</i>)	13
3.2	<i>Takt Time</i>	14
3.3	<i>Cycle Time</i>	14
3.4	<i>Lead Time</i>	15
3.5	PFMEA	16
3.6	Injeção Plástica	16
3.6.1	Moldes de Injeção Plástica	17
3.7	Células de Montagem	17
3.8	Balanceamento de Operações	18
3.9	Fator de Fadiga	19
3.10	Flexibilidade Produtiva	20
3.11	Ferramentas de Estimativas de Custos	20
3.12	O Mercado de eletroportáteis nos últimos anos	21
4	METODOLOGIA	23
4.1	Fluxograma de Metodologia	23
4.2	Demanda Anual de Produtos	24
4.3	Definição do <i>Takt Time</i>	25
4.4	Método de Montagem e <i>Cycle Time</i>	25
4.5	Proposta de <i>Layout</i>	28
4.6	Variações de Método e Capacidade Produtiva	28

4.7	Definição dos custos da equipe de desenvolvimento do projeto	28
4.8	Definição dos custos da equipe operacional	29
4.9	Estimativas de Investimentos	29
4.10	Estimativa do Investimento em Moldes.....	30
4.11	Estimativa do Investimento de Células de Montagem.....	30
4.12	Definição do Valor Total do Investimento.....	31
4.13	Estimativa do Custo por unidade produzida.....	31
4.14	Estimativa do Valor de Venda e Lucro por unidade produzida	31
4.15	Definição do Tempo de Payback	32
4.16	PFMEA	32
4.17	Revisão do Método de Montagem	34
4.17.1	Considerações do PFMEA	34
4.17.2	Considerações do Balanceamento de Postos	35
4.18	Tempo Final de Processo e Capacidade Produtiva Real	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1	<i>Takt Time</i>	36
5.2	Tempo de Ciclo de Montagem.....	37
5.3	<i>Layout</i>	41
5.4	Flexibilidade da Produção.....	42
5.4.1	Variações de Método	42
5.4.2	Capacidade Produtiva.....	43
5.5	Levantamento de Custos.....	45
5.5.1	Equipe de Desenvolvimento de Projeto	45
5.5.2	Investimento de Moldes.....	46
5.5.3	Investimento das Células de Montagem	47
5.5.4	Valor Total do Investimento	48

5.6	Custos Operacionais.....	48
5.7	Custo por Unidade Produzida.....	49
5.8	Valor de Venda e Lucro por produto	50
5.9	<i>Payback</i>	51
5.10	PFMEA.....	51
5.11	Método Final de Montagem	52
5.11.1	Inputs do PFMEA.....	52
5.11.2	Balanceamento de Postos	54
5.12	Tempo Real de Processo x Ciclo Final de Montagem	57
5.13	Capacidade Produtiva Real	57
6	CONCLUSÕES	59
7	TRABALHOS FUTUROS.....	60
	REFERÊNCIAS	61
	ANEXO 1 – PFMEA.....	69

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a otimização de processos e custos é fundamental para que um projeto seja economicamente viável dentro do mercado altamente competitivo do mundo atual. Esta otimização pode estar ligada a inúmeros fatores, sejam eles redução de custos de matéria-prima ou mão de obra, ou a redução de desperdícios, como o tempo de espera, ou desperdícios de superprodução.

Estas otimizações se aplicam a qualquer área industrial, inclusive a do ramo dos eletroeletrônicos. Essa indústria se divide em quatro grandes subgrupos: Linhas de ar-condicionado, Linha Branca, Linha Marrom e a Linha Portátil. O Processador de Alimentos cujo presente trabalho pretende desenvolver um *Business Case* de Industrialização do mesmo se encontra dentro da Linha Portátil, que conta os aparelhos de fácil movimentação de um local para o outro, como os liquidificadores e as batedeiras.

Levando em conta todas as exigências que os consumidores possuem hoje em dia, é de fundamental importância que o produto que chegue as lojas atenda inúmeros requisitos, como: funcionabilidades, *design*, facilidade de limpeza, preço, dentre outros. No entanto, sabe-se também que quanto maior a qualidade e tecnologia de um produto, maior também o custo de produção do mesmo. Dito isso, as empresas entenderam que para conseguirem se manterem competitivas no mercado, com produtos de alta qualidade que de fato chamem a atenção do consumidor final, e com preços competitivos em relação aos concorrentes, era preciso otimizar ao máximo os processos e as reduções de custos. Desta forma, ferramentas do Sistema Toyota de Produção, famoso no mundo inteiro pela alta efetividade e qualidade no meio industrial, começaram a ganhar espaços em todos os ambientes industriais.

As empresas passaram a buscar a eliminação total de desperdícios, com um processo sem perdas, além de aumentarem a agilidade nas entregas, outro fator fundamental para os clientes da atualidade. Além disso, um dos principais conceitos que mais se popularizou com este aumento da concorrência foi a o conceito do sistema de produção *Just in Time*, que é um sistema com objetivo de produzir a quantidade exata de um produto, de acordo com a demanda, para reduzir estoques e custos referentes aos mesmos. Deste sistema, surgiram inúmeros conceitos altamente difundidos da Produção Enxuta, como o *Takt Time* e o Tempo de Ciclo, que serão amplamente discutidos no decorrer deste trabalho.

As grandes companhias também entenderam a sazonalidade do mercado, e com isso passaram a buscar e valorizar um sistema produtivo flexível, que conseguisse atender as demandas exatas em função da época do ano ou do ritmo da economia.

Dito isso, a implementação de um novo produto precisa levar em consideração todos os pontos levantados para que a mesma seja de fato viável. É necessário uma avaliação de mercado precisa sobre quais as reais necessidades do consumidor, seguida de um planejamento de como industrializar um produto que consiga atender essa necessidade. Para isso, é preciso também um levantamento de custos e investimentos, além de previsões de vendas e lucros.

O planejamento e a execução da industrialização de um produto é um ponto extremamente complexo que precisa ser estudado detalhadamente para o sucesso de um projeto. A falta de uma metodologia que defina como deve ser a relação entre os diferentes setores da empresa, e que defina como devem ser calculados todos os custos e ganhos envolvidos durante o tempo de duração deste projeto pode ser determinante para o fracasso do mesmo.

Sendo assim, o trabalho em questão, realizado entre Junho de 2021 e Abril de 2022, se propõe a definir uma metodologia de desenvolvimento de um *Business Case* para a implementação de um novo processador de alimentos em uma multinacional da Linha portátil do setor de eletroeletrônicos, levando em consideração fatores como a demanda anual de produtos no mercado e os investimentos necessários para industrialização do processo de produção em larga escala.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente projeto tem como objetivo analisar pontos cruciais na implementação de um novo Processador de Alimentos em escala industrial, como o levantamento dos custos da mão de obra envolvida no desenvolvimento do projeto, do investimento necessário para industrialização do produto, e além de realizar os estudos necessários para determinação da capacidade produtiva.

2.2 Objetivos Específicos

- Definir o *takt time* do processo em função da demanda estimada de aparelhos no mercado, e, posteriormente, definir um método de montagem para ser possível encontrar o número de operadores necessários para obter um tempo de ciclo que atenda ao processo;
- Mensurar os impactos da adição ou retirada de operadores dedicados a montagem do Processador, e por fim realizar um levantamento gráfico da capacidade de produção em função da adição ou retirada de operadores no processo produtivo;
- Elaborar uma proposta de *Layout* para célula de montagem final do produto, levando em consideração o número de operadores esperados para atender as demandas produtivas;
- Definir um valor mensal e anual de mão-de-obra operacional e de uma equipe de desenvolvimento de projeto em função da média salarial do mercado atual, e posteriormente calcular o real gasto dessas equipes para a empresa;
- Mensurar o valor do investimento total do projeto por aparelho produzido em função da quantidade total de aparelhos produzidos anualmente, levando em consideração os investimentos necessários para injeção plástica dos componentes do processador (moldes) e para a(s) célula(s) de montagem;
- Encontrar o tempo de *payback* do projeto cruzando os valores encontrados para os investimentos necessários e custos operacionais com o retorno esperado pela venda dos processadores;

- Elaborar um PFMEA para identificar os modos e efeitos de falha do processo de montagem, considerando o método já definido, para em seguida analisar e definir a adição ou retirada de operações, além de realizar o balanceamento das estações de trabalho com o intuito de diminuir a ociosidade dos operadores;
- Definir e levantar graficamente a capacidade produtiva real conforme os tempos finais de montagem encontrados.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico serão apresentados os conceitos importantes que serão utilizados para o desenvolvimento do Business, como: tempo de recuperação do capital (*payback*), *takt time*, *cycle time*, *lead time*, injeção plástica, células de montagem, estimativa de custos e flexibilidade produtiva.

3.1 Tempo de Recuperação do Capital (*Payback*)

O *Payback* é uma ferramenta empregada para estabelecer o período de tempo que levará para o investidor receber de volta o capital investido no projeto. Esse tempo de retorno é determinado a partir do cálculo dos lucros obtidos em cada período (SANTOS; ALVES; FERREIRA; SANTOS; ROCHA, 2017).

Segundo Macedo (2005), o Período de Recuperação do Investimento (*payback*) definirá o tempo, ou quantidade de períodos necessários para que o investimento inicial tenha sido retornado. É fato que para cada projeto ou investimento procura-se sempre o menor tempo de *Payback* possível. Dessa forma, para que o investimento seja viável e aceitável pelos investidores, o tempo de *payback* deve ser menor ou no máximo o mesmo período que o máximo aguardado pela companhia para começar a lucrar sobre o projeto de investimento inicial.

Para efeito de tomada de decisão, seja esta aceitação ou rejeição do investimento, os critérios são os seguintes (GITMAM, 2004):

- Se o período de *payback* for menor que o período máximo aceitável de recuperação do capital, o investimento será aceito;
- Se o período de *payback* for maior que o período máximo aceitável de recuperação do capital, o investimento será rejeitado.

Silva et al. (2018) afirma que este é um dos métodos mais comumente utilizados para a definição da viabilidade de investimento em projeto.

Já no trabalho desenvolvido por Janoselli et. al (2016), os autores utilizam diversas ferramentas para a análise da viabilidade do projeto estudado: VPL, TIR e *Payback*. Os autores calculam tanto o *Payback* simples quanto o *Payback* descontado. No entanto, devido as limitações do escopo do presente projeto, apenas o *Payback* simples é comum entre os trabalhos, visto que com o cálculo do mesmo é possível atingir os objetivos determinados.

3.2 *Takt Time*

O termo *Takt Time* é um termo alemão derivado da palavra *Takt* (ritmo) e *Zei* (tempo), que significa o tempo em que se deve produzir determinado produto, baseado nas demandas dos clientes e no fluxo de vendas (ROTHER; SHOOK, 1998).

Oriundo dos conceitos *Lean Manufacturing*, o *Takt Time* visa estabelecer um fluxo contínuo de produção em função do ritmos de vendas. Pode-se calcular o mesmo conforme Equação (3.1).

$$T_t = \frac{\text{Tempo Disponível de Produção}}{\text{Demanda}} \quad (3.1)$$

Através da aplicação deste conceito, a programação da produção pode trabalhar com uma visão mais enxuta, produzindo apenas o que realmente for demanda do mercado, evitando desta forma o crescimento de estoques e desperdícios não desejados do processo (ADEODU; KANAKANA-KATUMBA, 2021).

Pode-se dizer que o principal objetivo da aplicação do *Takt Time* é alinhar com precisão a produção à demanda, definindo um ritmo ao processo, sendo um dos principais indicadores para a aplicação do conceito *Lean Manufacturing*, podendo ser considerada a batida do coração de um sistema (ROTHER; SHOOK, 1998).

Gomes et al. (2018) completam comentando sobre a importância de entender que o objetivo deve sempre consistir em produzir e entregar o que de fato o cliente demanda. Nos casos de produção variada, ao produzir fora do ritmo do *takt time*, a quantidade produzida pode não ser o esperado, impactando diretamente no cumprimento de prazos, além de que o cliente poderá receber uma quantidade lotes diferentes do que o solicitado.

3.3 *Cycle Time*

O tempo de ciclo é o tempo gasto para a produção de uma peça individual ou um produto final.

Segundo Anticono (2008), calcular o tempo de ciclo precisa-se de duas variáveis: a quantidade de peças produzidas e o tempo de produção, conforme Equação (3.2).

$$T_c = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{N}^\circ \text{ de Unidades Produzidas}} \quad (3.2)$$

O cálculo do tempo de ciclo é tratado como um dos principais indicadores dentro das empresas de manufatura. Com este tempo em mãos, por exemplo, é possível que determinados setores dentro das companhias atuem corretamente para determinar pontos importantes para o planejamento ideal da produção (COUTINHO, 2021).

Dessa forma, a relação do Tempo de Ciclo com o *Takt Time* é crucial para que não haja super produção e para que as demandas do cliente sejam atendidas com sucesso. Além disso, é fundamental que a produção possua flexibilidade no processo, podendo aumentar ou diminuir o tempo de ciclo em função do *takt time*. Essa flexibilidade pode ser alcançada com a adição de operadores, horas extras ou turnos extras das linhas de produção (ROTHER; SHOOK, 1998).

No artigo de Gomes et. al (2018), os autores desenvolvem um interessante estudo de caso levando em conta uma fabricante de componentes automotivos, em que determinam o tempo de ciclo levando em consideração a divisão das operações por posto de trabalho, e adotaram o tempo de ciclo da célula igual ao tempo de operação do posto gargalo, metodologia que também será abordada neste trabalho.

3.4 *Lead Time*

O *Lead Time*, também conhecido como Tempo de Espera, é o tempo do momento em que o cliente faz a solicitação do pedido até o momento em que o mesmo é entregue (COUTINHO, 2020).

Em suma, é o somatório do tempo de ciclo do produto, mais o tempo necessário para se iniciar a produção e mais o tempo necessário para que seja feita a entrega do pedido.

O cálculo do *Lead Time* é imprescindível para que seja possível atender os prazos solicitados pelo cliente, para verificação dos gargalos e para que seja possível enxergar os pontos de otimização do processo (ROTHER; SHOOK, 1998).

Existem alguns modos para enxergar o *Lead Time* de forma a facilitar eventuais tomadas de decisão. O Método do Caminho Crítico é um método que permite a visualização dos pontos críticos de todo o processo, e se baseia na identificação da sequência de atividades (críticas) desde o recebimento da ordem de serviço até a entrega do produto ao cliente, na qual se houver

atraso, o cumprimento do prazo de entrega será comprometido, ou seja, o *Lead Time* será a soma do tempo das atividades no caminho crítico (COUTINHO, 2020).

3.5 PFMEA

O PFMEA (Análise de Modos e Efeitos de Falha no Processo), também conhecido como FMEA de processo, é uma das ferramentas da qualidade mais utilizadas para definição das relações entre as causas e efeitos de uma potencial falha e suas possíveis consequências.

Pode-se definir a metodologia com um método para auxílio na verificação e no acompanhamento efetivo de problemas, analisando a relação de causa-efeito dos erros durante os processos produtivos e as suas possíveis implicações. O mesmo tem como principal objetivo aumentar a eficiência dos processos de produção, diminuindo riscos e perdas. Em outras palavras, aplicar o FMEA de Processos é uma maneira de minimizar a probabilidade de falhas, com redução efetiva dos erros. (PETENATE, 2019)

Já segundo Tahara (2008), essa ferramenta é caracterizada pela sistematização das atividades desempenhadas pelo produto e pela análise das possíveis falhas que circundam o projeto, além de avaliar os efeitos decorrentes delas. Após a detecção das possíveis falhas, são elaboradas alternativas para reduzi-las de maneira mais eficiente.

3.6 Injeção Plástica

A injeção plástica é um processo de manufatura, cuja função é a modelagem de peças com um determinado formato, fazendo o uso de polímeros como principal matéria prima. O processo baseia-se na introdução de um material polimérico em um cilindro aquecido de uma máquina injetora, onde, no interior deste, o material é misturado e tem sua temperatura elevada, a fim de que atinja um estado pastoso e homogêneo. Após essa etapa, o material é injetado sob pressão no interior da cavidade de um molde, onde irá se resfriar e solidificar adquirindo o formato da cavidade (SEBASTIÃO, 2015).

O processo de injeção plástica é extremamente importante para a produção do Processador de Alimentos proposto neste trabalho, visto que a maior parte de seus componentes estruturais, como as bases e corpos, além de acessórios, como copos e jarras, são fabricados através do processo de injeção.

3.6.1 Moldes de Injeção Plástica

As peças fabricadas pelo processo de injeção são produzidas pela moldagem do plástico fundido no interior de um molde de injeção. A máquina injetora tem como função preparar e injetar o polímero no interior do molde. O molde por sua vez, é o responsável pela forma final e pelo resfriamento do polímero injetado (OLIVEIRA, 2015).

O molde possui cavidades as quais apresentam formas e dimensões projetadas para que a peça seja extraída conforme projetado. Instalados entre as placas fixas e móveis da máquina injetora, geram as peças ciclo após ciclo, depois do material plástico ter sido introduzido na parte interior do molde (SEBASTIÃO, 2015).

Os moldes de injeção serão fundamentais para o desenvolvimento do trabalho, visto que é provável que a maior parte do investimento para a industrialização do processo produtivo tenha que ser dedicado a aquisição dos mesmos. Dessa forma, pretende-se estimar o custo do ferramental necessário para produzir as peças plásticas do processador.

3.7 Células de Montagem

Uma célula de montagem é um grupo de estações de trabalho, máquinas ou equipamentos dispostos de modo que as peças possam ser montadas progressivamente de uma estação para outra sem ter que esperar pela conclusão de um lote ou exigir manuseio adicional entre as operações. As células podem ser dedicadas a um processo, um subcomponente ou um produto inteiro. Um dos principais objetivos de uma célula é alcançar e manter um fluxo contínuo eficiente (SANTOS, 2020).

Um dos objetivos destacados para este trabalho no tópico 2.2 é a elaboração de uma proposta de *Layout* para a célula de montagem final do produto. A execução de um *layout* de forma eficiente é de imprescindível importância para a flexibilização da produção. Isso porque um dos principais recursos utilizados para o aumento ou diminuição do tempo de ciclo em função do *takt time* é adição ou remoção de operadores nas células de montagem. Dessa forma, é extremamente importante que uma mesma célula de produção possa trabalhar com diferentes quantidades de operadores de maneira eficiente, se mantendo ergonomicamente confortável e segura.

3.8 Balanceamento de Operações

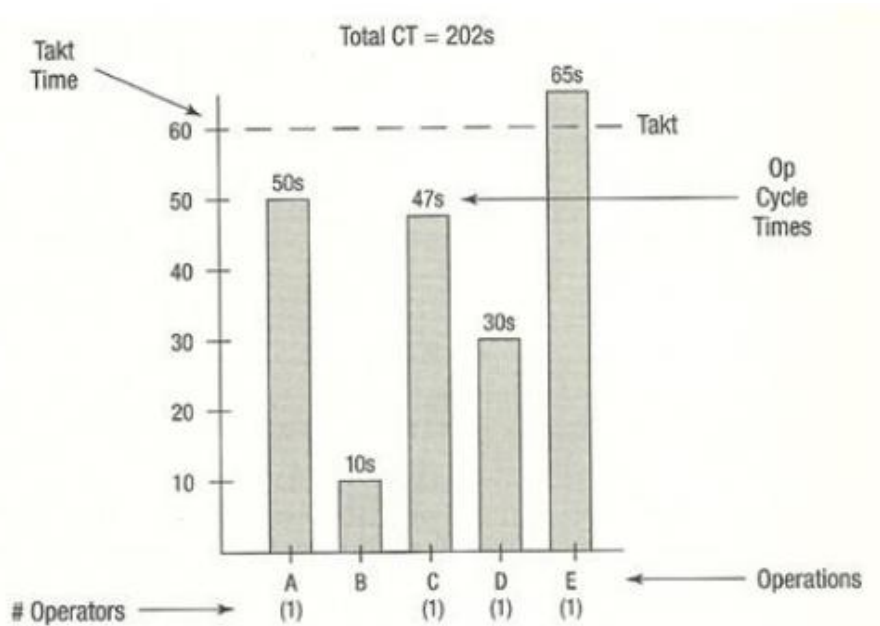
O Balanceamento de Operações é uma atividade fundamental na manufatura em linhas ou células de montagem de grandes empresas, sendo uma ferramenta utilizada para aumentar a eficiência do método de montagem e conseqüentemente aumentar a produtividade, ou utilizada também quando novas operações devem ser adicionadas a processos já estabelecidos, momentos em que é preciso considerar a ociosidade individual de cada posto após a adição da operação.

De acordo com Gori (2012), o balanceamento de operações tem como objetivo eliminar os desperdícios que interrompem o fluxo contínuo, e que impendem altos índices de produtividade. Segundo Abdullah (2003), uma linha balanceada significa que todas as estações de trabalhos trabalham de forma síncrona e produzem o necessário para que haja um fluxo contínuo e sem interrupções no processo.

No trabalho de Santos et al. (2017) sobre a aplicação da Cronoanálise para melhoria do processo produtivo numa fábrica de eletroeletrônicos, os autores desenvolvem um estudo de caso para a fabricação de *Nobreaks* em uma linha produtiva. É interessante a forma com que os autores concluem o trabalho após o balanceamento de postos, onde a capacidade produtiva se mantém a mesma ao final do balanceamento, no entanto, a quantidade de operadores diminui, ou seja, o foco do artigo era de fato a aplicação da cronoanálise e seus impactos na montagem.

Em outras palavras, balancear um processo de montagem é maximizar a utilização das estações de trabalho através da redução do tempo ocioso de cada estação. Uma das ferramentas utilizadas para auxílio desta atividade é o Gráfico de Balanceamento de Postos, exemplificado conforme Figura 1.

Figura 1 – Exemplo de Gráfico de Balanceamento de Postos



Fonte: Tapping *et al.*(2002)

3.9 Fator de Fadiga

A fadiga é considerada como um desgaste de energia física e mental que pode ser recuperada por meio de repouso, alimentação ou orientação clínica específica. O repouso é globalmente conhecido como o único meio capaz de extinguir a fadiga, reforçando que se deve considerar não apenas o repouso semanal ou diário, mas também as cessações de atividades, indiferentemente da natureza do trabalho (MILNITIZ, 2018).

Segundo Maynard (1970), a fadiga é reconhecida como um fator de permissão e de influência sobre operações industriais. Uma vez que este é um item extremamente para se medir ou para se chegar a um acordo, é mais aconselhável justificar os possíveis efeitos de fadiga estabelecendo padrões que possam ser razoavelmente mantidos pelo trabalhador durante todo o período de trabalho.

A formação do tempo de fadiga é complexa, necessitando conhecimentos de outras áreas (fisiologia, psicologia, sociologia, biomecânica etc.), sendo distinta para cada funcionário nas relações sociais no trabalho e com suas condições físicas. A estimativa é realizada pela definição de níveis de valores significativos de tolerâncias, sendo que o mais comum,

atualmente, por parte das fábricas, é programar períodos de descanso (de manhã e de tarde) independentemente dos níveis (MILNITIZ, 2018).

3.10 Flexibilidade Produtiva

A Produção Enxuta surgiu como um sistema de manufatura cujo objetivo é otimizar os processos e procedimentos através da redução contínua de desperdícios, como, por exemplo, excesso de inventário entre as estações de trabalho e tempos de espera elevados. Seus objetivos fundamentais são a responsividade (resposta adequada ao mercado) e a flexibilidade do processo produtivo, ampliando sua capacidade de produzir e competir no atual cenário globalizado (ANTICONA; ALVES, 2018).

Levando os pontos acima em consideração, é possível entender a relação direta entre os conceitos de flexibilidade produtiva e tempo de ciclo. Segundo Rother e Harris (2002), a existência de uma mão de obra flexível que permita a mudança da produção em função de gargalos ou variações na demanda é fundamental. Alvarez e Junior (2001) completam afirmando que uma das principais ferramentas utilizadas para absorver variações de demanda da produção é a realocação dos colaboradores dentro da fábrica, além de pontuarem que pode ser necessário a contratação de novos funcionários em momentos de picos de produção

A flexibilidade da produção é fundamental para que seja possível atender as variações de demanda ao longo das épocas do ano, isso porque a quantidade de aparelhos demandados por ano pode eventualmente variar, em função de uma crise não esperada no mercado econômico, ou até mesmo com um aumento súbito de consumo não esperado. Dito isso, durante o nascimento de um *Business Case*, é imprescindível que sejam preparados formas de atender as variações nas demandas de produção, sejam estas para mais ou para menos.

3.11 Ferramentas de Estimativas de Custos

Para realizar o levantamento mais preciso possível, existem algumas ferramentas e técnicas de estimativas que podem ajudar nestas atividades: opinião especializada, análise de dados, estimativa análoga, estimativa paramétrica, estimativas bottom-up, estimativa três pontos, dentre outras.

De acordo com o *Project Management Institute* (2018), a estimativa análoga de custos usa valores ou atributos de um projeto anterior semelhantes ao projeto atual. Os valores e os

atributos dos projetos podem incluir, mas não estão limitados a: escopo, custo, orçamento, duração e medidas de escala (por exemplo: dimensão, peso). A comparação destes valores ou atributos do projeto torna-se a base para estimar o mesmo parâmetro ou medida do projeto atual.

Ainda segundo o PMI (2018), a estimativa de três pontos trata-se de uma técnica que visa aperfeiçoar a exatidão da estimativa considerando a incerteza e o risco nas estimativas e usando três estimativas para definir uma faixa aproximada do custo de uma atividade. A primeira estimativa é a mais provável (*cM*), que consiste em uma estimativa realista para o trabalho exigido ou quaisquer outros gastos previstos. A segunda é a otimista (*cO*), que estima o custo com base no cenário de melhor caso da atividade. E por fim a pessimista (*cP*), que estima o custo com base no cenário de pior caso. Dependendo dos valores de distribuição assumidos na faixa das três estimativas, o custo esperado, *cE*, pode ser calculado usando uma fórmula. Duas fórmulas comumente usadas são as distribuições triangular e a beta, definida pela Equação (3.3).

$$\text{Distribuição Beta: } cE = \frac{(cO + (4 \cdot cM) + cP)}{6} \quad (3.3)$$

Estas estimativas de custos baseadas em três pontos com uma distribuição presumida fornecem um custo esperado e identificam a faixa de incerteza sobre o custo esperado.

3.12 O Mercado de eletroportáteis nos últimos anos

Apesar da pandemia relacionada ao Covid-19 ter impactado praticamente todos os setores industriais em algum momento de 2020 e 2021, segundo a ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica), os maiores impactos do setor da indústria eletroeletrônica foram principalmente nos meses de Abril e Maio. No entanto, a partir de Junho os principais indicadores começaram a sinalizar a recuperação da atividade, apontando um faturamento de R\$173,2 bilhões no ano de 2020, apresentando um aumento de 14% em relação ao ano anterior.

Segundo a Eletros (2019), foram produzidos 76,6 milhões de unidades de produtos da Linha de Eletroportáteis no ano de 2018, apresentando um crescimento de cerca de 14% em relação ao ano de 2017, em que o setor produziu cerca de 65 milhões de unidades.

Fatores como os levantados acima são fundamentais para um estudo acertivo de demanda de produtos ao longo do ano, sendo dessa forma um fator crucial para o desenvolvimento de um *Business Case*.

4 METODOLOGIA

4.1 Fluxograma de Metodologia

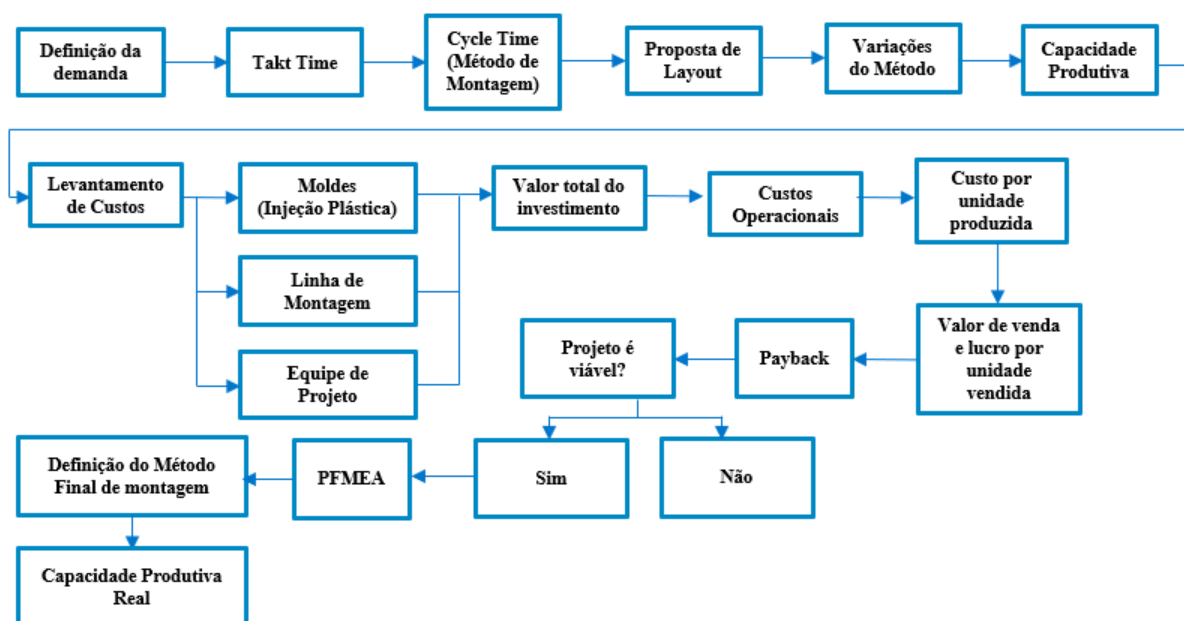
Para o desenvolvimento do projeto visando atingir todos os objetivos levantados nos Tópico 2, a metodologia adotada trabalhará em duas frentes. A primeira delas será para determinar a capacidade produtiva anual do Processador. Para isso, inicialmente será considerado uma demanda anual estipulada pelo setor comercial/marketing da Multinacional abordada neste trabalho. Para fins de facilitar o entendimento do projeto, será utilizado o termo “Eletrodom do Brasil” para se referir a multinacional estudada. Após a estipulação da demanda, o *takt time* do processo será definido em função da mesma, e da capacidade produtiva. Com isso, será possível determinar o tempo *cycle time*, e estipular variações nos métodos de montagem para diminuir/aumentar o *cycle time*, e por fim, será possível validar a capacidade produtiva em função dos métodos de montagem desenvolvidos.

A segunda frente do projeto objetiva fazer um levantamento do investimento necessário para a industrialização do processo de produção do Processador, onde serão estipulados custos de moldes de injeção plástica, montagem da linha de manufatura, custos com colaboradores da equipe responsável pelo projeto, e custos operacionais, considerando o tempo de vida útil do projeto igual a 5 anos. Com isso, será possível estipular o valor total do investimento, o custo por unidade produzida, um possível valor de venda e por fim o lucro por produto vendido. Além disso, com todos os pontos levantados, será possível relacionar as duas frentes de desenvolvimento do projeto, e encontrar o tempo de *payback* e posteriormente a continuidade ou não do Projeto. Definida a viabilidade, etapas mais avançadas do processo de industrialização serão realizadas, como a elaboração do PFMEA.

Em seguida, o método de montagem será reavaliado e rebalanceado, com o intuito de adicionar as operações vistas como necessárias no PFMEA. Por fim, a capacidade produtiva será novamente calculada, levando em conta possíveis alterações nos tempos de ciclos estipulados inicialmente para a montagem do processador.

Para facilitar o entendimento da metodologia a ser aplicada, foi desenvolvido um fluxograma, conforme Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma de metodologia



Fonte: Do Autor

4.2 Demanda Anual de Produtos

A estipulação da demanda pelo setores de comercial e de marketing é ponto de partida inicial para elaboração do *Business Case*, visto que todo o projeto deve ser realizado para atender essa quantidade, levando em conta fatores como os turnos de trabalho já implementados na realidade da empresa, e espaço físico disponível para montagem de linhas de manufatura.

Um estudo para definir a demanda anual de produtos envolve diversos fatores fundamentais para atingir uma quantidade precisa de aparelhos. Esses fatores vão desde análises de pesquisas de mercado, até mesmo estudos de integridade da marca e da confiança da empresa. Além disso, é preciso analisar e determinar a existência de produtos similares no mercado, visto que é fundamental entender a força de concorrentes e quais os impactos podem ser gerados nos pedidos de vendas. No entanto, apesar de ser um dos principais fatores para o início da montagem de um *Business Case*, o estudo desta demanda não está no escopo deste trabalho.

Dessa forma, para seguir em frente com o projeto, será estimado que o estudo de demanda realizado pelos setores de Marketing e Comercial da empresa Eletrodom do Brasil apontou uma necessidade de produção de aproximadamente 560 mil aparelhos por ano.

4.3 Definição do *Takt Time*

O *Takt Time* é a divisão do tempo disponível de produção pela demanda estipulada. Dessa forma, para definir o tempo de produção disponível, é preciso analisar duas condições fundamentais, como turnos de produção adotados pela empresa, e a quantidade de dias trabalhados do ano. Estes pontos serão levantados e calculados para a definição do Tempo Total de Produção Disponível, conforme Equação (4.1).

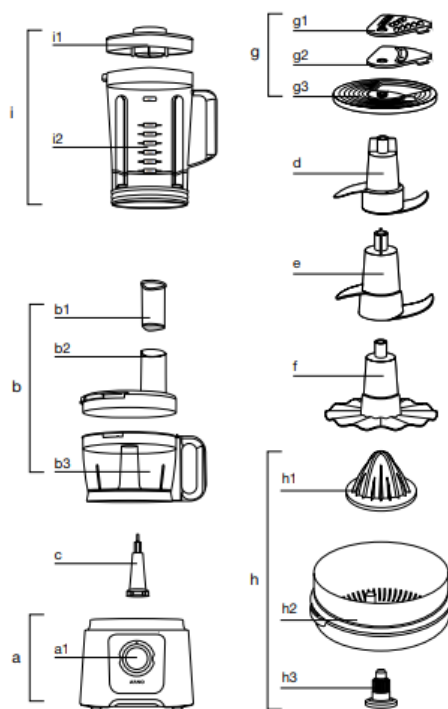
$$\text{Tempo Total de Produção Disponível} = \frac{\text{dias}}{\text{ano}} \cdot \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \cdot \frac{\text{segundos}}{\text{hora}} \quad (4.1)$$

Definido o tempo disponível, o *Takt Time* será calculado através da divisão deste tempo pela demanda estipulada (Equação 3.1).

4.4 Método de Montagem e *Cycle Time*

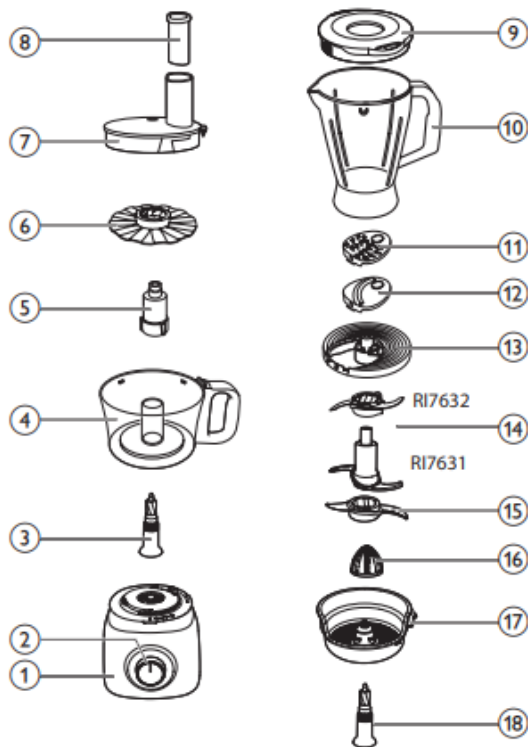
Para definir o método de montagem, inicialmente serão analisados três Processadores de alimentos já disponíveis no mercado, apresentados nas Figuras 3, 4 e 5, para que seja possível definir quais as principais características e componentes dos mesmos.

Figura 3 – Apresentação dos Componentes em um Processador da marca Arno



Fonte: (ARNO, 2017)

Figura 4 – Apresentação dos Componentes em um Processador da marca Philips Walita



Fonte: (WALITA, 2017)

Figura 5 – Apresentação dos Componentes em um Processador da marca Philco



Fonte: (PHILCO, 2017)

A partir desta análise, serão determinados os componentes presentes do processador a ser desenvolvido no *Business*. Em seguida, com todos os componentes definidos, será possível elaborar uma proposta de montagem do aparelho seguindo uma sequência lógica de operações, e desta forma, com o auxílio de um cronômetro, é possível estimar os tempos de cada operação através de uma simulação básica da mesma.

Por fim, para chegar ao tempo de ciclo de montagem deste processador, serão determinados pontos cruciais para que seja possível atender ao *takt time* estipulado. Estes pontos podem ser resumidos na definição da quantidade de operadores e a quantidade de linhas de montagem. Além disso, serão considerados fatores como o tempo de passagem de peça, o fator de fadiga e o fator de desbalanceamento de postos.

A definição da quantidade de operadores será obtida através da divisão do tempo total de montagem considerando os fatores de desbalanceamento e de fadiga pelo *takt time*. Feito isso, será preciso considerar o tempo de passagem de peças em função do número de operadores, o que altera o tempo total de montagem do produto, e pode alterar novamente o número de operadores. Levando estes pontos em consideração, o tempo final de ciclo de

montagem será obtido após um refinamento dos tempos, que eventualmente podem precisar ser recalculados em função da influência dos critérios citados.

4.5 Proposta de *Layout*

A elaboração da proposta de *Layout* será realizada com o auxílio do software AutoCad, e levará em consideração a quantidade de operadores necessárias encontrada para atender a demanda estipulada. Além disso, será considerado ao menos uma bancada de trabalho para cada operador, e um espaçamento de no mínimo um metro entre cada um dos operadores, para que haja espaço suficiente para circulação e para que todos trabalhem confortavelmente durante os turnos de trabalho.

4.6 Variações de Método e Capacidade Produtiva

Para atingir resultados que sejam de fato interessantes para o aumento da flexibilidade produtiva, serão estipulados de métodos de montagem em função da adição ou retirada do número de operadores nas células finais de montagem. Com essa variação, serão calculados os novos tempos de ciclo referente a cada número de operadores, levando em consideração os mesmos pontos apresentados na seção 4.4 (fator de fadiga, desbalanceamento e passagem de peças). Posteriormente, estes dados serão trabalhados junto com os tempos de produção disponíveis por dia/mês/ano, sendo possível encontrar a capacidade produtiva da fábrica em função da variação da quantidade de operadores disponíveis para montagem. Estes dados também serão compilados e transformados em gráficos de barras com o auxílio do Software Excel.

4.7 Definição dos custos da equipe de desenvolvimento do projeto

O primeiro custo a ser estimado neste trabalho será o custo da equipe de desenvolvimento do Projeto. Esta equipe será responsável pelo desenvolvimento e implementação do projeto, desde o momento da ideia, até a industrialização completa do produto e 1 ano de produção em massa, dessa forma, estes custos serão contabilizados por um período de 20 meses.

Para estimar os custos primeiramente será proposto uma lista de profissionais que farão parte do time responsável pelo desenvolvimento de projeto. Essa escolha levará em conta os diferentes tipos de atividades a serem desenvolvidas no andamento do projeto, sejam essas atividades relacionadas a operações comerciais ou operações de engenharia.

Estabelecida a lista de cargos destes profissionais, será realizada uma pesquisa salarial média no Brasil de cada um destes cargos. No entanto, para custos a serem contabilizados para a Empresa, devemos contar com encargos trabalhistas e impostos. Assumindo que todos os colaboradores fazem 1 refeição por dia que estão na empresa, e que esta refeição custa R\$13, e que estão na empresa 21 dias por mês, totaliza-se R\$273,00 mensais. Além disso, será adotado o valor de R\$340,00 mensais de plano saúde por funcionário e R\$220 mensais referentes ao vale-transporte. Com esses números em mãos, os demais custos, como vale alimentação e transporte, serão determinados, com o intuito de determinar quanto cada um destes funcionários custa para a empresa.

4.8 Definição dos custos da equipe operacional

Os custos operacionais são aqueles referentes a equipe que vai atuar trazendo valor agregado ao produto, e ao time responsável por estes, como os responsáveis pelas programações de produção, por exemplo. Neste caso, os custos serão computados durante toda a vida útil do projeto, visto que, mesmo após implementada a produção em massa, os custos de produção continuarão a existir. Dessa forma, estes custos serão computados para 5 anos (60 meses).

Estes custos poderão ser de fato definidos apenas após a definição da quantidade de turnos e da quantidade de operadores necessários para a montagem do produto. No entanto, seguirão o mesmo padrão estipulado para a equipe de desenvolvimento do projeto.

4.9 Estimativas de Investimentos

Como apresentado no tópico 3.7, existem vários fatores que podem impactar na estimativa precisa de investimentos. Neste trabalho, serão utilizadas as estimativas análogas a projetos anteriores juntamente com as estimativas de três pontos e a distribuição beta (Equação 3.4), que atribui um peso maior para a estimativa mais real, que possui maior probabilidade de ser a acertiva, sem deixar de lado as possibilidades de um custo mais baixo ou mais alto.

Além da estimativa de três pontos, será utilizada também a correção monetária para corrigir estimativas análogas de anos atrás.

4.10 Estimativa do Investimento em Moldes

Como já introduzido na seção 3.5, a maior parte do investimo total para industrialização do produto estudado está relacionada a aquisição dos moldes a serem utilizados para injeção plástica dos componentes. Serão analisados todos os componentes e acessórios do Processador, e desta forma será possível identificar, através da análise de cada componente, quais deles são fabricados através de processos de injeção plástica. É importante ressaltar que, componentes do tipo eletroeletrônicos, como chaves de velocidade e plugues, também podem possuir partes injetadas, no entanto, geralmente são adquiridos de uma cadeia externas de fornecedores dedicados a fabricação destes tipos de componentes.

No entanto, a avaliação de custo de um molde de injeção plástica leva em conta inúmeros fatores, como o número de cavidades, dimensões, material do molde, material da peça injetada, e geometria do componente.

Com isso, a avaliação precisa de custos da manufatura de moldes específicos para cada componente vai muito além do escopo deste trabalho. Desta forma, o levantamento deste investimento será realizada através de uma estimativa análoga a um projeto anterior semelhante, que foi cotado em Euros. Para padronização da moeda utilizada nos cálculos, no caso específico do levantamento dos investimentos de moldes, será realizada a conversão da cotação do Euro no ano do projeto base utilizado para uma cotação mais recente, e posterior conversão para o Real. Por fim, será aplicado a técnica dos três pontos para um valor mais acertivo da estimativa.

4.11 Estimativa do Investimento de Células de Montagem

Assim como o levantamento de custos de moldes, existem diversos fatores que podem influenciar nesta estimativa: número de postos, dispositivos de montagem e de testes, automação de operadores, abastecimentos de materiais e soluções ergonômicas.

Dessa forma, assim como para o investimento em moldes de injeção, uma estimativa análoga a projetos anteriores junta a estimativa de três pontos será realizada.

4.12 Definição do Valor Total do Investimento

A definição do Valor do Investimento Total para a industrialização do processo será obtido através da soma simples dos custos da equipe de desenvolvimento, dos moldes de injeção plástica, e da linha de montagem.

4.13 Estimativa do Custo por unidade produzida

Os custos de produção são os custos existentes para que um produto possa ser manufaturado e vendido, e são determinados em função de cada aparelho fabricado. Em outras palavras, envolvem tudo que será gasto, com exceção do investimento inicial de aquisição de ativos, dos custos relativos a equipe de desenvolvimento de projeto, e da mão de obra operacional, para a produção de 1 processador. Estes custos abrangem quantidade de matéria prima para os componentes manufaturados, componentes comprados ou beneficiados de fornecedores externos, impostos e taxas fiscais.

Esta estimativa será feita assim como a estimativa de investimento em moldes e células de montagem, através de estimativas análogas e da técnica de 3 pontos.

4.14 Estimativa do Valor de Venda e Lucro por unidade produzida

O valor de venda do produto é um ponto fundamental para a definição de viabilidade ou não do projeto. Para definir este valor, será feita uma pesquisa de mercado online, em um mesmo site de vendas, de 3 processadores de alimentos de diferentes marcas, porém semelhantes ao desenvolvido neste trabalho. O valor de mercado considerado será a média entre as 3 marcas escolhidas.

No entanto, este valor é o valor que é vendido ao consumidor pelo comerciante/varejista. Desta forma, sabe-se que este não é valor que a empresa consegue vender o produto desenvolvido. Sabendo disso, será considerado que a Loja possui margem de lucro de 50% em cima do valor de venda. Com isso, será possível encontrar o Lucro por unidade produzida, subtraindo o custo operacional por unidade produzida e o custo por unidade produzida (matéria prima) do valor de venda.

4.15 Definição do Tempo de Payback

Como apresentado no tópico 3.1, o *Payback* é uma ferramenta empregada para estabelecer o período de tempo que levará para o investidor receber de volta o capital investido no projeto.

Já com o lucro por unidade vendida do aparelho, com uma divisão simples será possível determinar quantos aparelhos são necessários para que o investimento total realizado seja pago, conforme Equação (4.2).

$$N^{\circ} \text{ de aparelhos para pagar investimento} = \frac{\text{Investimento Total}}{\text{Lucro por unidade vendida}} \quad (4.2)$$

Feito isso, será determinado o tempo necessário para produzir o número de aparelhos para pagar o investimento, através da multiplicação deste número com o tempo de ciclo. Em seguida, este valor será dividido por tempo produtivo de um dia em segundos para encontrar o tempo de payback em dias úteis de produção.

Finalmente, com o o valor do investimento a ser realizado e o tempo de *payback* do projeto, será possível fazer uma análise superficial da viabilidade econômica do projeto.

4.16 PFMEA

Como já introduzido no tópico 3.5, o objetivo do PFMEA neste trabalho é prever todos os possíveis modos de falha no processo de montagem do Processador e analisar quais os impactos dos mesmos no produto final.

A ferramenta será utilizada em todas as operações definidas pelo método de montagem, e será aplicada conforme apresentado a seguir:

- Definição da operação (processo);
- Análise dos potenciais modos de falha;
- Análise dos potenciais efeitos de falha;
- Definição da severidade da falha (S);
- Avaliação das potenciais causas da falha;
- Análise das ações de controle já aplicadas;

- Definição da probabilidade de ocorrência da falha (O);
- Definição da probabilidade de detecção da falha (D);
- Cálculo do número de prioridade de Risco (RPN);
- Avaliação de ações recomendadas.

O RPN é o indicador que mostrará qual o principal modo de falha a ser tratado, visto que o mesmo é calculado através da multiplicação entre a severidade da falha, e da probabilidade de ocorrência e detecção da mesma. Para estes fatores, os seguintes critérios serão utilizados:

- Severidade: $1 \leq S \leq 10$, classificados através dos seguintes critérios:

Tabela 1 – Critérios para avaliação de Severidade

Tipo de Efeito de Falha	Notas
Segurança (produto final ou processo)	9 e 10
Função Primária do Aparelho	7 e 8
Funções Secundárias do Aparelho	5 e 6
Incômodos ou defeitos estéticos	2, 3 e 4
Sem efeito	1

- Ocorrência: $1 \leq O \leq 10$, sendo 1 com probabilidade baixa, e 10 probabilidade extremamente alta;
- Detecção: $1 \leq D \leq 10$, sendo 1 com alta chance de detecção, e 10 probabilidade extremamente baixa de detecção da falha.

Para melhor organização de todas estas informações, uma tabela semelhante a da Figura 5 será montada e apresentada nos resultados.

Figura 6 – Exemplo de PFMEA

FMEA de Processos							
Processo	Modo de falha	Causas	Efeitos	Severidade	Ocorrência	Deteção	RPN
Corte da chapa da mesa	Rebarba e quina viva	Ausência de acabamento no perímetro da chapa	Risco de causar lesões ao operador	3	3	2	18
Acabamento superficial da chapa da mesa	Irregularidades na superfície da chapa	Defeitos no material e alta velocidade durante desbaste	Desnívelamento do conjunto	3	4	5	60
Furação dos furos de fixação da mesa	Assimetria dos furos	Falha na marcação dos furos	Desnívelamento da mesa e dos componentes fixados a ela	4	4	5	80
Corte do metalon do suporte para a mesa	Rebarba e tubos com diferentes dimensões	Falha na marcação do local de corte e falta de padronização dos tubos após o corte	Desnívelamento e desalinhamento do conjunto	4	3	5	60
Furação dos furos do metalon	Assimetria dos furos	Falha na marcação dos furos	Desnívelamento e desalinhamento do conjunto	4	4	5	80
Soldagem dos tubos de metalon	Desalinhamento dos tubos	Superaquecimento e repuxo do material ao resfriar	Desnívelamento e desalinhamento do conjunto	4	6	3	72

Fonte: Do autor.

4.17 Revisão do Método de Montagem

Com a aprovação financeira do projeto e todas as análises e definições iniciais como a sequência de montagem e PFMEA já prontas, o método de montagem passará por uma nova avaliação e posterior revisão.

4.17.1 Considerações do PFMEA

Após finalização da análises dos modos de falha e efeito, será necessário reavaliar algumas operações da montagem, que possivelmente sofrerão algum impacto no tempo estimado, em função de alguma dificuldade não prevista anteriormente no projeto. Essas modificações devem ser computadas para posteriores cálculos de capacidade produtiva, além de serem potenciais causas de possíveis alterações no *layout*, por exemplo.

Além disso, as operações que possuírem os maiores indicadores RPN deverão ser analisadas com olhar mais cuidadoso, visto que são as operações mais críticas no processo de montagem. É provável que sejam adicionadas novas atitudes no método de montagem para diminuir a severidade ou a probabilidade de ocorrência das falhas críticas.

4.17.2 Considerações do Balanceamento de Postos

Como já introduzido no tópico 3.8, o balanceamento das atividades entre os postos de trabalho é fundamental para otimização da eficiência da linha de montagem, tendo sempre o objetivo de diminuir ao máximo ociosidade dos operadores. A princípio, na montagem do *business*, será estimada uma taxa percentual de desbalanceamento de postos, para que seja possível um cálculo factível da capacidade produtiva do processo.

No entanto, com uma sequência de operações definida e revisada após inputs do PFMEA, será realizado um balanceamento definitivo de atividades, isto é, as operações serão divididas de forma lógica e sequencial em um número N de postos de trabalho para atender ao *takt time* definido.

Com isso, será possível dimensionar de forma real qual o tempo de ciclo de cada posto, tornando visível os gargalos do processo, que ditarão o ritmo da produção do Processador. Além disso, será possível calcular realizar o cálculo real do fator de desbalanceamento entre os postos.

Por fim, com os dados e fatores de cada posto de trabalho, o balanceamento das atividades será realizado e demonstrado graficamente.

4.18 Tempo Final de Processo e Capacidade Produtiva Real

Finalmente, com os métodos de montagem finais definidos e o balanceamento de postos realizado, será possível recalculer o ciclo do processo, levando em conta os fatores já levantados anteriormente, como o fator de fadiga e os tempos de passagem de peça para um determinado número de estações de trabalho.

Além disso, a capacidade produtiva será novamente calculada e levantada graficamente em função da última atualização do método de montagem.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 *Takt Time*

Para dar continuidade no desenvolvimento do trabalho, será adotado que a empresa opera com 2 turnos de montagem para a maioria dos produtos manufaturados pela mesma. O primeiro turno inicia as 06:00 da manhã, e finaliza as atividades as 15:20. Já o segundo turno, inicia as 15:20 e termina as 00:40. Considerando que os operadores das células de montagem possuem 1 hora de almoço/jantar, 10 minutos de parada para café no começo do turno, e 10 minutos de parada para o café no final do turno, resta-se 8 horas produtivas. Dessa forma, considerando dois turnos de produção, tem-se 16 horas produtivas por dia de montagem.

Definido a quantidade de horas produtivas diárias, precisa-se definir quantos dias por ano a produção irá trabalhar. Para isso, serão considerados 21 dias úteis por mês, e 252 no ano. Com isso e com a equação, podemos calcular o Tempo total de produção disponível, conforme Equação (4.1).

$$\text{Tempo Total de Produção Disponível} = 252 \text{ dias} \cdot 16 \text{ horas} \cdot 3600s$$

$$\text{Tempo Total de Produção Disponível} = 14515200s$$

Com este tempo calculado, pode-se utilizar a equação 3.1 e definir o *Takt Time*:

$$T_t = \frac{14515200s}{560000} = 25,92s$$

Sendo assim, levando em consideração todos os pontos levantados acima, para que a produção consiga atender a demanda de 560000 aparelhos por ano, é preciso que um aparelho seja produzido no máximo a cada 25,92s. Produzindo conforme este tempo, não haverá osciosidade ou sobrecarga da equipe de produção.

5.2 Tempo de Ciclo de Montagem

Como já discutido anteriormente na seção 3.3, o tempo de ciclo é o tempo gasto para a produção de uma peça individual ou um produto final.

Para identificar os componentes de um processador de alimentos, foram analisados 3 processadores de diferentes marcas, apresentados nas Figuras 2, 3, e 4, e pôde-se perceber as semelhanças entres os componentes dos atuais processadores disponíveis no mercado. Além da semelhança entre os acessórios e principais componentes estruturais, todos os processadores estudados apresentaram sistemas de segurança, que não permitem que os mesmos funcionem sem o acoplamento correto do Copo ou da Jarra. Dessa forma, os mesmos aparelhos apresentados acima serão considerados como base para definir os componetes do processador estudado neste trabalho.

Levando isso em consideração, foi montado um resumo dos componentes do processador simulado no *Business*, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Componentes do Processador do *Business*

1	Unidade Motora	1.1	Corpo Plástico
		1.2	Base Plástica
		1.3	Motor
		1.4	Botão
		1.5	Chave de Velocidades
		1.6	Plugue
		1.7	Conjunto Intermediário
		1.8	Sistema de Segurança
2	Eixo Transmissor		
3	Eixo Adaptador		
4	Conjunto Jarra	4.1	Jarra
		4.2	Tampa da Jarra
		4.3	Pilão
5	Conjunto Copo	5.1	Copo
		5.2	Tampa do Copo
6	Acessórios	6.1	Peneira
		6.2	Espremedor
		6.3	Porta Disco
		6.4	Disco Fatiador
		6.5	Disco Ralador
		6.6	Faca de Corte
		6.7	Faca Plástica
7	Embalagem	7.1	Caixa de embalagem
		7.2	Calços de papelão

Fonte: Do Autor.

Com todos os componentes levantados, é possível agora levantar uma sequência lógica de montagem, juntamente com os tempos estimados de cada operação, conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Método de Montagem do Processador Estudado

Operação	Descrição	Tempo (s)
1	Pegar Corpo Plástico e dispor no berço de montagem	6
2	Pegar chave de velocidades e montar no corpo plástico	12,5
3	Dispor Conjunto Corpo + Chave no Dispositivo de prensar Botão	5
4	Acionar comando Bimanual e aguardar prensagem do botão	5
5	Pegar Plugue e Realizar ligações com a chave	10
6	Montagem do Sistema de segurança	15
7	Aparafusar do Sistema no Corpo plástico (3 parafusos)	9,5
8	Realizar Ligações do sistema de segurança com a chave	6,5
9	Pegar motor e montar no Corpo Plástico	5
10	Aparafusar motor no Corpo Plástico (3 parafusos)	9
11	Realizar Ligações do motor com a Chave de Velocidades	6,5
12	Realizar Ligações do motor com o plugue	6,5
13	Montar base plástica na unidade motora	5
14	Aparafusar base no corpo plástico (4 parafusos)	12,5
15	Montar conjunto intermediário na unidade motora	5
16	Pegar conjunto Copo e acoplar na unidade motora	6
17	Dispor unidade motora no berço de teste e conectar plugue na tomada	4
18	Realizar teste de funcionamento nas 3 velocidades (1,2 e pulsar)	15
19	Realizar teste de segurança, desacoplando o Copo da unidade motora. (O mesmo deve parar imediatamente)	6
20	Desacoplar copo, pegar conjunto jarra e acoplar na unidade motora.	7,5
21	Realizar teste de segurança, desacoplando a Jarra da unidade motora. (O mesmo deve parar imediatamente)	6
22	Desacoplar conjunto Jarra e embalar o mesmo em saco plástico	9
23	Embalar Conjunto copo no saco plástico	6
24	Embalar unidade motora no saco plástico	6
25	Pegar caixa de embalagem e montar a mesma	8
26	Dispor unidade motora na caixa.	5
27	Montar calço de papelão e dispor conjunto jarra na caixa.	7,5
28	Montar calço de papelão e dispor conjunto copo na caixa.	7,5
29	Pegar acessórios e dispor na caixa de embalagem.	25
30	Fechar caixa com fita adesiva	10
31	Dispor caixa com produto acabado no Pallet	6
TEMPO TOTAL (SEGUNDOS)		253,5

Fonte: Do Autor.

Analisando a Tabela 3, tem-se que o tempo total de montagem estimado deste aparelho é de 253,5s. No entanto, esta tabela representa a montagem realizada por apenas 1 operador. Além disso, outro ponto ainda não considerado na montagem é o fator de fadiga.

Como já apresentado no tópico 3.7, o cálculo do fator de fadiga é complexo e envolve muitas variáveis. No entanto, este fator pode ser diminuído com pausas programadas durante o turno de trabalho, como por exemplo, as pausas para café levantadas no item 5.1. Dessa forma, o fator de fadiga a ser considerado é de 5%:

$$\text{Fator de Fadiga} = 0,05 \cdot 253,5 = 12,67s$$

Além do fator de fadiga, existe mais um fator a ser considerado: o desbalanceamento. Uma célula ideal seria uma célula 100% balanceada. Entretanto, para que isso fosse possível, todas as operações da montagem do aparelho deveriam possuir o mesmo tempo, ou que fosse possível dividir igualmente as atividades entre todos os postos de trabalho. Já prevendo este desbalanceamento, um fator de correção deve ser aplicado durante a montagem do Business. Este valor será estimado em 5%:

$$\text{Fator de Desbalanceamento} = 0,05 \cdot 253,5 = 12,67s$$

Levando em consideração os fatores levantados acima, temos um novo tempo total de montagem:

$$\text{Tempo Total de Montagem} = 253,5 + 12,67 + 12,67 = 278,85s$$

No tópico 5.1, foi definido o *takt time* deste processo, que é de 25,92s. Para atender este tempo, inicialmente o tempo total de montagem será dividido pelo *takt time*, e assim será encontrado a quantidade de operadores necessárias para atender esta demanda:

$$\text{N}^\circ \text{ operadores} = \frac{278,85}{25,92} = 10,75$$

Com isso, seriam necessário ao menos 11 operadores para que a célula de produção possa atender a demanda estipulada. No entanto, existe mais um fator que deve ser considerado

durante o dimensionamento do método de montagem: o tempo de passagem de peças de um posto para o outro, e o fator de desbalanceamento.

Dito isso, o tempo de passagem de peças será estimado em 2 segundos por passagem. Dessa forma, temos um novo tempo total de montagem:

$$\textit{Tempo Total de Montagem} = 278,85 + (11 \cdot 2) = 300,85s$$

E conseqüentemente, um novo número de operadores:

$$N^{\circ} \textit{ operadores} = \frac{300,85}{25,92} = 11,6$$

Assim sendo, chega-se a conclusão que são necessários, no mínimo 12 operadores para ser possível atender o takt time determinado. Finalmente, pode-se encontrar o tempo de ciclo de montagem:

$$Tc_{\textit{montagem}} = \frac{300,85 + 2}{12} = 25,24s$$

Entretanto, ao analisar este número de operadores, percebe-se que este é um número muito alto para uma única célula de montagem. Nestes casos, existe uma alternativa: duplicar a célula.

Ao duplicar a célula, o número de operadores por célula seria dividido por 2, e o tempo de ciclo de cada uma das células quase dobraria, entretanto, a produção também sofreria o mesmo efeito, atendendo da mesma forma a demanda estipulada. Além disso, é necessário revisar o tempo total de montagem, visto que o tempo de passagem de peças diminuiria. Sendo assim:

$$\textit{Tempo Total de Montagem} = 278,85 + (6 \cdot 2) = 290,85s$$

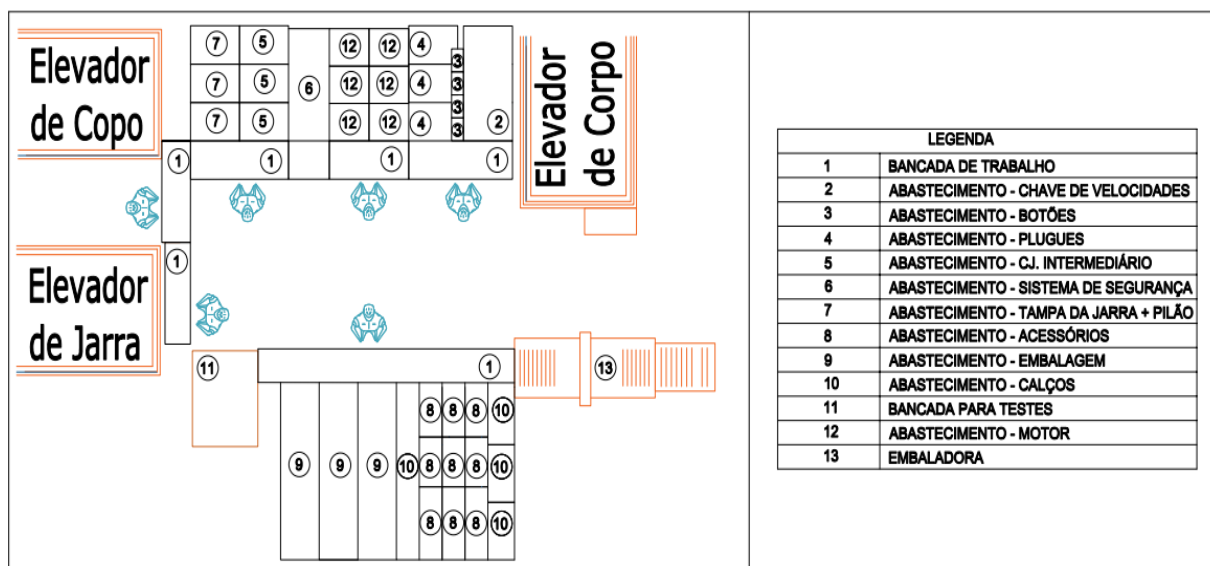
$$Tc_{\textit{montagem}} = \frac{290,85}{6} = 48,48s$$

Dessa forma, o tempo de ciclo de cada uma das linhas seria de 48,48s. Isto significa que, a cada 24,24s um aparelho estaria sendo colocado no Pallet para vendas.

5.3 Layout

Definido o número de operadores Célula de montagem, uma proposta de *Layout* inicial para montagem com 6 operadores foi elaborada, conforme Figura 7.

Figura 7 – Proposta de Layout de Célula de Montagem



Fonte: Do Autor.

Como já mencionado na Tópico 4.6, garantir a flexibilidade da produção é fundamental para que seja possível otimizar a eficiência da fábrica em função da sazonalidade da demanda. Dito isso, é importante pensar em como o *layout* pode ser facilmente modificado para adição ou retirada de operadores. Para esta proposta, se necessário adição de um posto de trabalho, seria possível adicionar uma bancada entre o 4º e 5º posto, deslocando os operadores dos postos 5 e 6. Na necessidade de remoção de algum posto, o operador do 2º posto poderia ser removido.

Ressalta-se que este tipo de modificação acarreta na necessidade de uma nova distribuição de atividades, e em um novo balanceamento de operações para diminuir a ociosidade dos postos.

É importante pontuar que para uma avaliação mais acertiva de qual o layout ideal de uma célula produtiva, é preciso analisar o layout fabril de forma geral, considerando fatores como a distância até os estoques de abastecimentos ou estoques de armazenamentos de produtos acabados. Para isso, existem ferramentas como o Diagrama de Espaguete, que permite realizar um estudo de tempos e movimentos, e torna claro as opções ideais para otimização do layout.

5.4 Flexibilidade da Produção

Como já apresentado no Tópico 3.8, a flexibilidade produtiva é fundamental para que não haja excesso nem falta de produção ao longo das sazonalidades do ano. Dessa forma, os próximos tópicos apresentam soluções para estas situações.

5.4.1 Variações de Método

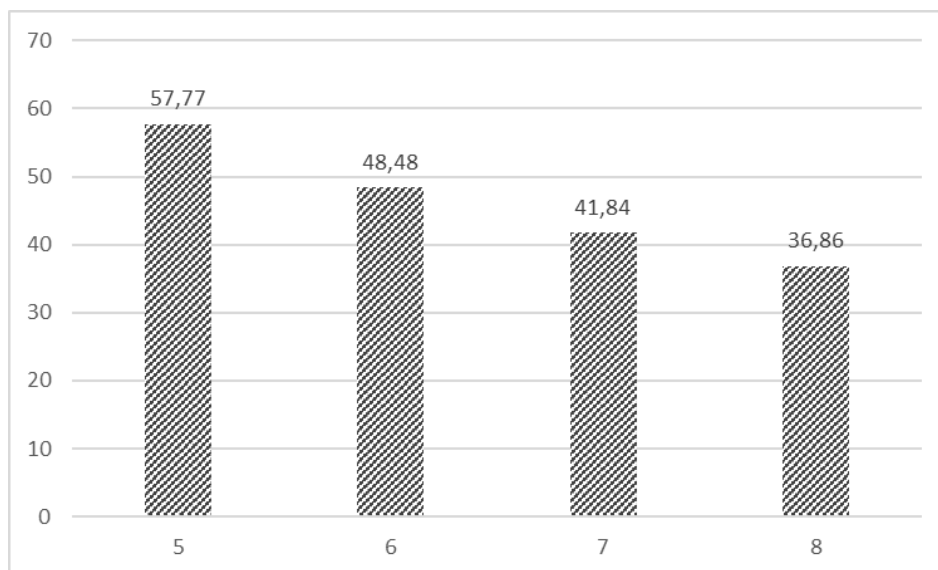
Levando em consideração os pontos levantados nos Tópicos 4.4 e 4.6, a Tabela 4 e a Figura 8 apresentam um resumo dos impactos da redução e aumento de operadores nos tempos de ciclo do produto.

Tabela 4 – Variação do tempo de ciclo em função do número de Operadores

Nº de operadores	Tempo de Passagem de Peça (s)	Tempo Total de Montagem (s)	Tempo de Ciclo (s)
5	10	288,85	57,77
6	12	290,85	48,48
7	14	292,85	41,84
8	16	294,85	36,86

Fonte: Do Autor

Figura 8 - Gráfico do Tempo de Ciclo (s) em função do N° de Operadores



Fonte: Do Autor.

5.4.2 Capacidade Produtiva

Como já apresentado anteriormente, a adição e retirada de operadores nas células de montagem é a maneira mais eficaz de aumentar ou diminuir o ritmo de produção. Isso porque a adição ou retirada de apenas um operador na célula de montagem não é algo tão difícil de ser feito, e possui um impacto relevante quando olhado no longo prazo.

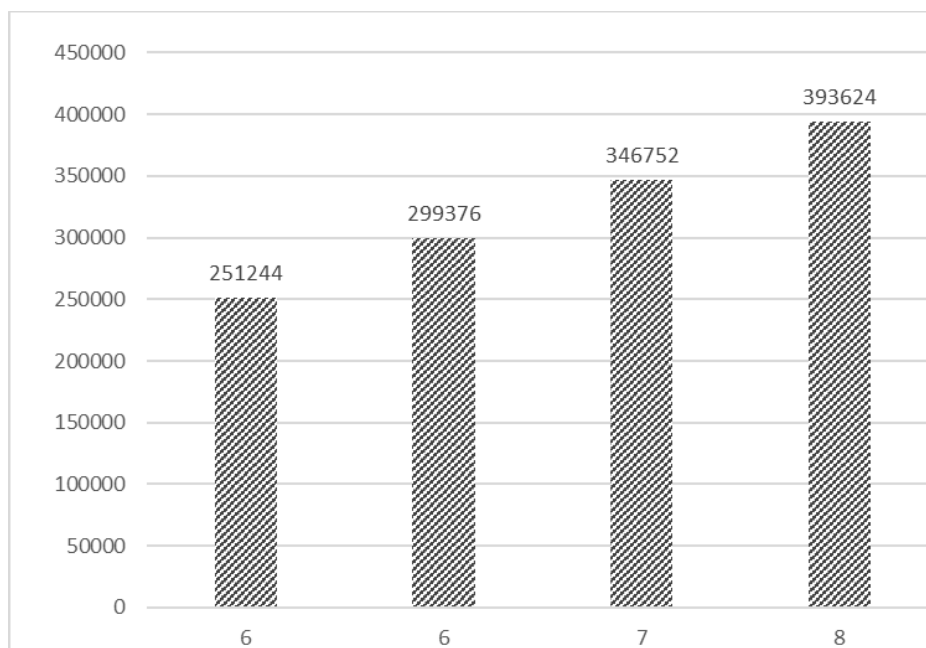
Estes impactos na capacidade de produção estão mensurados na Tabela 5 e nas Figuras 9 e 10.

Tabela 5 – Capacidade Produtiva em função da Variação do Número de Operadores

Nº de operadores	Tempo de Ciclo	Capacidade Produtiva Diária (16h produtivas)	Capacidade Produtiva Mensal (21 dias úteis)	Capacidade Produtiva Anual (252 dias úteis)
5	57,77	997	20937	251244
6	48,48	1188	24948	299376
7	41,84	1376	28896	346752
8	36,86	1562	32802	393624

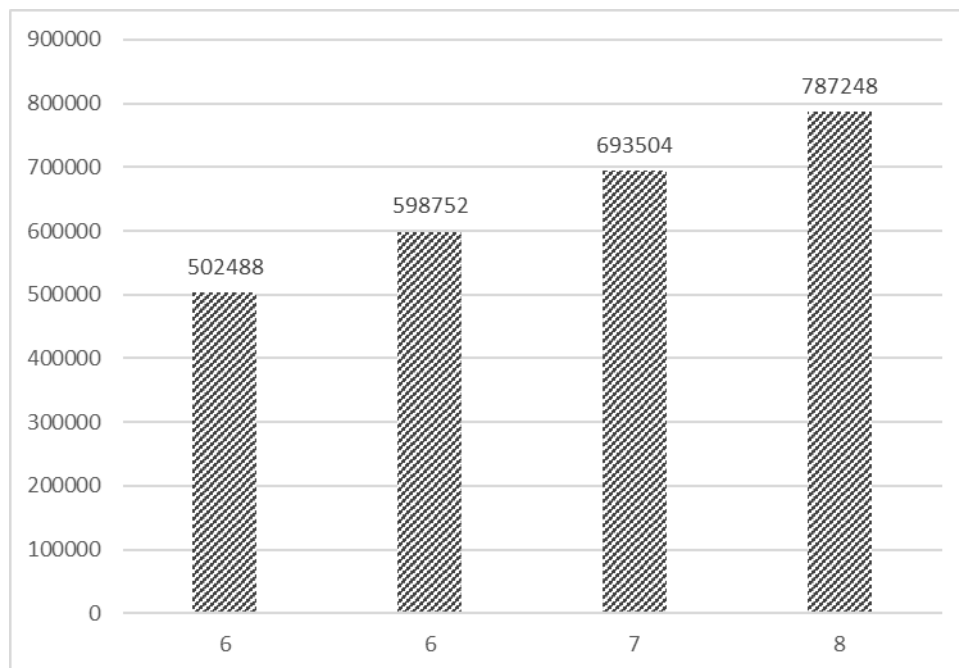
Fonte: Do Autor.

Figura 9 - Gráfico da Capacidade Produtiva Anual de 1 Linha em função do número de Operadores



Fonte: Do Autor.

Figura 10 - Gráfico da Capacidade Produtiva Anual de 1 Linha em função do número de Operadores



Fonte: Do Autor.

5.5 Levantamento de Custos

5.5.1 Equipe de Desenvolvimento de Projeto

Como mencionado no Tópico 4.7, para calcular os custos relativos a equipe proposta para desenvolvimento do projeto, foi feita uma pesquisa sobre os salários médios no Brasil de todos os cargos da Equipe de Desenvolvimento. Com dados extraídos da GLASSDOOR (2021), os resultados encontrados na pesquisa foram compilados, conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Salário Médio da Equipe de Desenvolvimento no Brasil

Equipe	Salário Médio
1 Project Leader	R\$ 8.865,00
1 Analista de Desenvolvimento Pleno	R\$ 5.417,00
1 Designer de Produto Sênior	R\$ 8.178,00
1 Analista de Engenharia Sênior	R\$ 8.411,00
1 Analista de Engenharia Júnior	R\$ 4.345,00
1 Analista de Qualidade Pleno	R\$ 4.800,00
1 Analista de Qualidade Júnior	R\$ 2.866,00
1 Analista de Logística Pleno	R\$ 4.347,00
1 Analista de Logística Júnior	R\$ 3.145,00
1 Analista de Compras Sênior	R\$ 6.975,00
1 Especialista de Marketing	R\$ 9.033,00
1 Analista de Controladoria Pleno	R\$ 4.512,00
1 Analista Comercial Pleno	R\$ 4.429,00
1 Engenheiro de Moldes	R\$ 11.955,00
1 Especialista em Plásticos	R\$ 7.959,00
TOTAL	R\$ 95.237,00

Fonte: Do Autor.

Assim, considerando os custos explicitados no tópico 4.7, pode-se encontrar os valores que cada colaborador realmente custa para a companhia na, conforme Tabela 7.

Tabela 7- Resumo de Custos da Equipe de Desenvolvimento do Projeto

Equipe	Salário Médio	Custo mensal P/ Empresa	Custo em 20 meses P/ Empresa
1 Project Leader	R\$ 8.865,00	R\$ 12.048,85	R\$ 240.977,00
1 Analista de Desenvolvimento Pleno	R\$ 5.417,00	R\$ 7.600,93	R\$ 152.018,60
1 Designer de Produto Sênior	R\$ 8.178,00	R\$ 11.162,62	R\$ 223.252,40
1 Analista de Engenharia Sênior	R\$ 8.411,00	R\$ 11.463,19	R\$ 229.263,80
1 Analista de Engenharia Júnior	R\$ 4.345,00	R\$ 6.218,05	R\$ 124.361,00
1 Analista de Qualidade Pleno	R\$ 4.800,00	R\$ 6.805,00	R\$ 136.100,00
1 Analista de Qualidade Júnior	R\$ 2.866,00	R\$ 4.358,18	R\$ 87.163,60
1 Analista de Logística Pleno	R\$ 4.347,00	R\$ 5.060,51	R\$ 101.210,20
1 Analista de Logística Júnior	R\$ 3.145,00	R\$ 4.701,35	R\$ 94.027,00
1 Analista de Compras Sênior	R\$ 6.975,00	R\$ 9.610,75	R\$ 192.215,00
1 Especialista de Marketing	R\$ 9.033,00	R\$ 12.265,57	R\$ 245.311,40
1 Analista de Controladoria Pleno	R\$ 4.512,00	R\$ 6.433,48	R\$ 128.669,60
1 Analista Comercial Pleno	R\$ 4.429,00	R\$ 6.326,41	R\$ 126.528,20
1 Engenheiro de Moldes	R\$ 11.955,00	R\$ 16.034,95	R\$ 320.699,00
1 Especialista em Plásticos	R\$ 7.959,00	R\$ 10.880,11	R\$ 217.602,20
TOTAL	R\$ 95.237,00	R\$ 130.969,95	R\$ 2.619.399,00

Fonte: Do autor.

5.5.2 Investimento de Moldes

Como apontado no Tópico 4.10, para alcançar os objetivos iniciais do trabalho este valor será estimado levando em consideração um projeto semelhante, já realizado na multinacional que serve de base para este estudo, e a estimativa de três pontos.

Em um projeto semelhante, desenvolvido no ano de 2014, o valor de investimento levantado para a aquisição de moldes foi de 315 mil euros. Por motivos de confidencialidade de dados da empresa que serve de base neste projeto, o detalhamento destes custos não será apresentado.

Levando em consideração a cotação do euro em janeiro de 2014 (1 Euro = R\$3,242), e a cotação do euro na data de 04 de Novembro de 2021 (1 Euro = R\$6,47), tem-se que o investimento realizado em 2014, seria equivalente a aproximadamente 628 mil euros (no dia 04 de Novembro de 2021), cerca de R\$4.064.165,09. Este será o valor considerado como a estimativa mais provável (cM).

A estimativa mais Otimista (cO) foi definida com redução de 15% no valor de cM, e a estimativa mais pessimista com aumento de 10%. Dessa forma, a Tabela 8 resume os valores encontrados.

Tabela 8 - Estimativas cP, cM e cO para Investimento de Moldes

Estimativa	Valor
cM	R\$ 4.064.165,09
cP	R\$ 4.470.581,60
cO	R\$ 3.657.748,58

Fonte: Do Autor.

Em seguida, pode-se calcular o custo esperado cE através da Distribuição Beta (Equação 3.3).

$$cE = \frac{(3.657.748,57 + (4 * 4.064.165,09) + 4.470.581,60)}{6}$$

$$cE = R\$4.030.297,05$$

Este será o valor adotado como investimento necessário para aquisição dos moldes do projeto.

5.5.3 Investimento das Células de Montagem

Como já mostrado no Tópico 4.11, o cálculo deste valor será estimado seguindo uma estimativa de um projeto semelhante, e a metodologia aplicada no tópico 5.5.2.

No projeto semelhante desenvolvido em 2014 que está sendo utilizado como base para este, o valor de investimento destinado a célula de manufatura foi de 22000 euros. Aplicando as mesmas correções utilizadas no tópico 5.5.2, referentes a valorização da moeda, tem-se um valor de €43.932,10. No entanto, este valor é referente ao desenvolvimento de apenas uma célula de montagem, devendo ser duplicado. Com isso, é possível definir o valor mais provável do investimento necessário, e seguir com as demais estimativas. Os resultados encontrados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativas cP, cM, cO e cE para Investimento de Montagem

Estimativa	Valor (EUR)	Valor (BRL)
cM	€ 87.864,20	R\$ 568.481,36
cP	€ 96.650,62	R\$ 625.329,49
cO	€ 74.684,57	R\$ 483.209,15
cE	€ 87.132,00	R\$ 563.744,01

Fonte: Do Autor.

5.5.4 Valor Total do Investimento

Levando em consideração todos os pontos mencionados no desenvolvimento dos tópicos 5.5, pode-se, finalmente, definir o Valor Total do Investimento previsto para a Industrialização do processo, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Investimento Total para Industrialização

Tipo	Valor
Equipe de Desenvolvimento	R\$ 2.619.399,00
Moldes	R\$ 4.030.297,05
Montagem	R\$ 563.744,01
Total	R\$ 7.213.440,06

Fonte: Do Autor.

5.6 Custos Operacionais

Como apresentado no tópico 5.2, serão necessárias 2 células de montagem trabalhando 2 turnos para atender ao *takt time* estipulado, sendo, dessa forma, necessário a contratação de 24 operadores para as linhas de montagem. Além dos operadores, entende-se que a equipe operacional para atuar ao longo dos 5 anos, que deve ser computada para análise da viabilidade da implementação do Business Case desenvolvido deve ser composta por:

- 24 Operadores de Produção (12 por turno e 6 por célula);
- 2 Líderes de Produção (1 por turno);
- 4 Abastecedores (2 por turno e 1 por célula).

Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 – Resumo dos Custos Operacionais do Projeto

Cargo	Salário Médio	Custo Mensal P/ Empresa	Quantidade de colaboradores	Custo mensal p/ Empresa	Custo em 60 meses p/ Empresa
Operador de Produção	R\$ 1.601,00	R\$ 2.802,23	24	R\$ 67.253,52	R\$ 4.035.211,20
Abastecedor	R\$ 1.415,00	R\$ 2.573,45	4	R\$ 10.293,80	R\$ 617.628,00
Líder de Produção	R\$ 3.000,00	R\$ 4.523,00	2	R\$ 9.046,00	R\$ 542.760,00
Total				R\$ 86.593,32	R\$ 5.195.599,20

Fonte: Do Autor.

Do item 5.4.2, sabemos que com 6 operadores em cada célula de montagem, a capacidade produtiva anual é de 299376 aparelhos por célula. Com isso, multiplicando esta quantidade por 2 (2 células), e em seguida por 5 anos, chega-se ao valor de 2993760 aparelhos em 5 anos. Dessa forma, é possível diluir o custo operacional encontrado na Tabela 10, pela quantidade de aparelhos produzidas, e definir o valor do custo operacional por unidade produzida, conforme Tabela 12.

Tabela 12 – Custo Operacional por Unidade Produzida

Custo Operacional em 60 meses (R\$)	R\$ 5.195.599,20
Capacidade Produtiva Anual (un)	598752
Capacidade Produtiva em 60 meses (un)	2993760
Custo Operacional / Aparelho Produzido (R\$)	R\$ 1,74

Fonte: Do Autor

5.7 Custo por Unidade Produzida

O cálculo do custo de produção por unidade produzida, será feito assim como nos tópicos 5.5.2 e 5.5.3. Este custo, em um projeto semelhante no ano de 2014, foi de € 12,6 (R\$40,82 na cotação da época). Corrigindo a valorização da moeda, seguindo a a estimativa de três pontos, e a distribuição Beta, têm-se os resultados, conforme Tabela 13.

Tabela 13 - Estimativas cP, cM, cO e cE para Custo por Unidade Produzida

Estimativa	Valor (EUR)	Valor (BRL)
cM	€ 25,16	R\$ 162,79
cP	€ 27,68	R\$ 179,06
cO	€ 21,39	R\$ 138,37
cE	€ 24,95	R\$ 161,43

Fonte: Do Autor.

5.8 Valor de Venda e Lucro por produto

A Tabela 14 resume os valores encontrados através da pesquisa de mercado.

Tabela 14 – Pesquisa de Valores de Venda

Marca	Valor no Site Pesquisado
1	R\$ 389,00
2	R\$ 453,90
3	R\$ 429,90
Média	R\$ 424,27

Fonte: Do Autor.

Dessa forma, como explicado no Tópico 4.11, pode-se concluir que o produto é vendido pela empresa ao comerciante/varejista pelo valor de R\$212,14. Finalmente, pode-se encontrar o lucro por unidade vendida, conforme Tabela 15.

Tabela 15 – Lucro por unidade vendida

Custo Operacional / unidade produzida	R\$ 1,74
Custo Produção / unidade produzida	R\$ 161,43
Valor de venda / unidade vendida	R\$ 212,14
Lucro / unidade vendida	R\$ 48,97

Fonte: Do Autor.

5.9 Payback

Da Equação 4.2, tem-se:

$$N^{\circ} \text{ de aparelhos para pagar investimento} = \frac{R\$7.213.440,06}{R\$48,97}$$

$$N^{\circ} \text{ de aparelhos para pagar investimento} = 147304 \text{ aparelhos}$$

Sabendo que o tempo de ciclo de montagem, considerando 6 operadores, é de 48,48s, e que existem duas células de montagem, podemos dizer que 1 aparelho é produzido a cada 24,24s. Dessa forma, é possível determinar o tempo, em segundos, para produzir 147304 aparelhos:

$$\text{Tempo para produção de 147304 aparelhos} = 147304 \cdot 24,4s$$

$$\text{Tempo para produção de 147304 aparelhos} = 3592217,6s$$

Além disso, sabemos também que cada dia útil possui 16 horas produtivas. Transformando em segundos, são 57600s produtivos por dia útil. Assim, é possível determinar quantos dias úteis são necessários para produção do número de aparelhos para pagar o investimento:

$$\text{Dias úteis para pagar investimento} = \frac{3592217,6s}{57600s} = 62,36 \text{ dias}$$

$$\text{Dias úteis de produção necessários para pagar investimento} = 63 \text{ dias}$$

Considerando 21 dias úteis no mês, e que todos os aparelhos produzidos sejam vendidos, podemos concluir que o Tempo de Payback deste investimento é de 3 meses.

5.10 PFMEA

Conforme os critérios já estabelecidos e citados no tópico 4.16, o PFMEA da montagem do Processador foi desenvolvido, e pode ser encontrado no anexo 1 deste trabalho.

É importante ressaltar, que apesar de alguns modos de falha serem extremamente críticos ($S \geq 8$), não apresentam um RPN alto por serem facilmente identificados pelos testes no processo de montagem. Ainda assim, são modos que necessitam de uma atenção especial

durante a produção, e um acompanhamento dedicado, para que, se necessário, ações sejam tomadas em função de algum eventual crescimento de detecção destes modos de falha.

Além disso, os modos que apresentaram RPN alto, já apresentam ações recomendadas visando a diminuição deste indicador, sendo que algumas dessas impactarão o método de montagem. Estas ações serão analisadas nos próximos tópicos.

5.11 Método Final de Montagem

Conforme mencionado no tópico 4.18, o método final de montagem será reavaliado em função dos inputs do PFMEA, e posteriormente, terá suas operações divididas e balanceadas entre os postos de trabalho.

5.11.1 Inputs do PFMEA

Conforme os resultados obtidos no PFMEA (Anexo 1), pode-se notar que existem algumas operações com o indicador RPN muito alto, e em alguns desses casos, as ações recomendadas impactam no método de montagem.

As novas ações a serem adicionadas ao método final de montagem são referentes as operações 9, 27, 28 e 29, e se referem basicamente a inspeções no processo, sejam elas de qualidade, como o caso do alinhamento dos amortecedores do motor, ou de ausências de acessórios, que impactam diretamente nas funções primárias do aparelho e dessa forma, devem ser tratadas como prioridade.

Sendo assim, a Tabela 16 apresenta um novo método de montagem, com as novas ações inclusas na operação.

Tabela 16 – Método Final de Montagem

Operação	Descrição	Tempo (s)	Tempo + Fadiga (5%)
1	Pegar Corpo Plástico e dispor no berço de montagem	6	6,30
2	Pegar chave de velocidades e montar no corpo plástico	12,5	13,13
3	Dispor Conjunto Corpo + Chave no Dispositivo de prensar Botão	5	5,25
4	Acionar comando Bimanual e aguardar prensagem do botão	5	5,25
5	Pegar Plugue e Realizar ligações com a chave	10	10,50
6	Montagem do Sistema de segurança	15	15,75
7	Aparafusar do Sistema no Corpo plástico (3 parafusos)	9,5	9,98
8	Realizar Ligações do sistema de segurança com a chave	6,5	6,83
9	Pegar motor e inspecionar presença e alinhamento dos amortecedores.	5	5,25
10	Dispor motor no Corpo Plástico	4	4,20
11	Aparafusar motor no Corpo Plástico (3 parafusos)	9	9,45
12	Realizar Ligações do motor com a Chave de Velocidades	6,5	6,83
13	Realizar Ligações do motor com o plugue	6,5	6,83
14	Montar base plástica na unidade motora	5	5,25
15	Aparafusar base no corpo plástico (4 parafusos)	12,5	13,13
16	Montar conjunto intermediário na unidade motora	5	5,25
17	Pegar conjunto Copo e acoplar na unidade motora	6	6,30
18	Dispor unidade motora no berço de teste e conectar plugue na tomada	4	4,20
19	Realizar teste de funcionamento nas 3 velocidades (1,2 e pulsar)	15	15,75
20	Realizar teste de segurança, desacoplando o Copo da unidade motora. (O mesmo deve parar imediatamente)	6	6,30
21	Desacoplar copo, pegar conjunto jarra e acoplar na unidade motora.	7,5	7,88
22	Realizar teste de segurança, desacoplando a Jarra da unidade motora. (O mesmo deve parar imediatamente)	6	6,30
23	Desacoplar conjunto Jarra e embalar o mesmo em saco plástico	9	9,45
24	Embalar Conjunto copo no saco plástico	6	6,30
25	Embalar unidade motora no saco plástico	6	6,30
26	Pegar caixa de embalagem e montar a mesma	8	8,40
27	Dispor unidade motora na caixa.	5	5,25
28	Montar calço de papelão e dispor conjunto jarra na caixa.	7,5	7,88
29	Montar calço de papelão e dispor conjunto copo na caixa.	7,5	7,88
30	Pegar acessórios e dispor na caixa de embalagem.	25	26,25
31	Inspecionar presença de todos os componentes na caixa de embalagem.	12	12,60
32	Fechar caixa com fita adesiva	10	10,50
33	Dispor caixa com produto acabado no Pallet	6	6,30
TEMPO TOTAL (SEGUNDOS)		269,5	282,98

Fonte: Do Autor.

Nota-se que o tempo total de montagem sofreu um aumento de 16 segundos, em função das novas inspeções de montagem.

5.11.2 Balanceamento de Postos

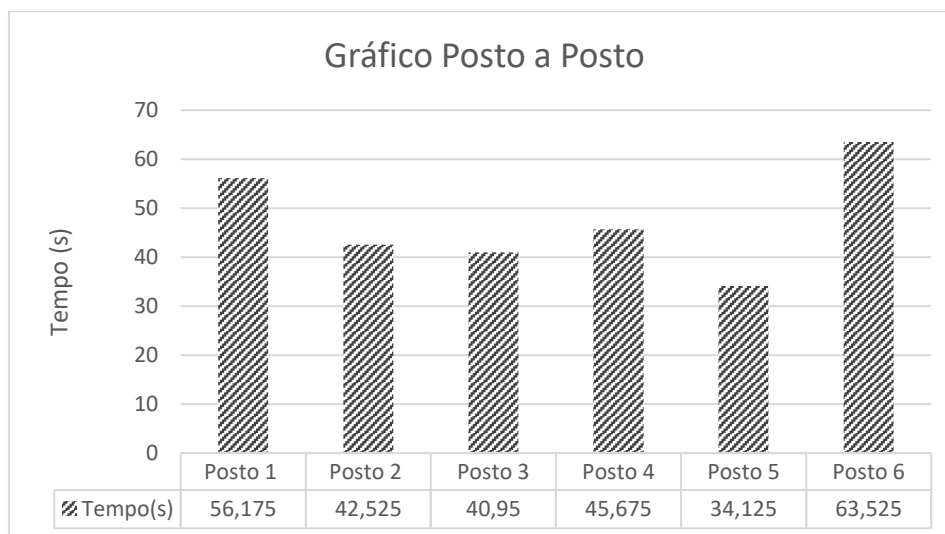
Conforme cálculos apresentados no tópico 5.2, para atender ao *takt time* estipulado, são necessários 6 operadores por célula de montagem. Levando isso em consideração, os postos de trabalho serão inicialmente divididos em função da sequência numeral das atividades. Os resultados podem ser avaliados segundo Tabela 17 e Figura 11.

Tabela 17- Tempos e Desbalanceamento posto a posto

-	Operações	Tempo(s)	Desbalanço (s)
Posto 1	1 a 6	56,175	7,35
Posto 2	7 a 12	42,525	21
Posto 3	13 a 18	40,95	22,575
Posto 4	19 a 23	45,675	17,85
Posto 5	24 a 28	34,125	29,4
Posto 6	29 a 33	63,525	0
Total		282,975	98,175
Taxa de Desbalanceamento		34,69%	

Fonte: Do autor.

Figura 11 - Gráfico Posto a Posto antes do balanceamento de Atividades



Fonte: Do autor.

Analisando os resultados encontrados acima, nota-se que seguindo uma divisão de atividades conforme sequência numeral, o gargalo das atividades seria o posto 6, com ciclo de 60,5 segundos. Este seria um tempo muito maior do que o calculado no tópico 5.2, de 48,48 segundos, e impactaria diretamente na viabilidade do case. Dessa forma, é evidente a necessidade do balanceamento das operações.

O balanceamento de operações consiste em redividir as operações de cada posto de trabalho para diminuir o tempo ocioso dos operadores. Para esta sequência de montagem, além de uma nova distribuição levando em conta o tempo de cada operação, duas operações também sofreram alterações:

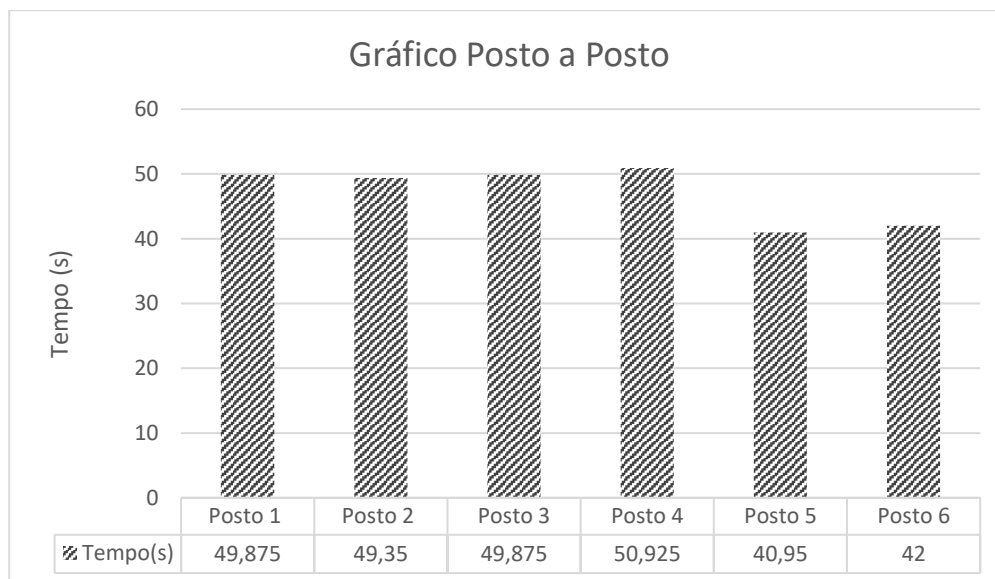
- A operação 1, que inicialmente era realizada no posto 1, será adiantada pelo operador do último posto (6);
- A operação 30 (disposição dos acessórios na caixa de embalagem), será dividida entre os postos 5 e 6.

Tabela 18 – Tempos e Desbalanceamento

-	Operações	Tempo(s)	Desbalanço
Posto 1	2 a 6	49,875	1,05
Posto 2	7 a 13	49,35	1,575
Posto 3	14 a 19	49,875	1,05
Posto 4	20 a 26	50,925	0
Posto 5	27 a 30	40,95	9,975
Posto 6	30 a 33, + 1	42	8,925
	Total	282,975	22,575
	Taxa de Desbalanceamento		7,98%

Fonte: Do Autor.

Figura 12 – Gráfico Posto a Posto após balanceamento de Atividades



Fonte: Do Autor

Nota-se que o posto gargalo, que antes possuía um tempo de ciclo de 63,5s no posto 6, agora possui 50,92s no posto 4. É preciso lembrar que ainda não foi considerado o tempo de passagem de peças, de 2s, o que significa que o tempo final de montagem do Processador por célula é o tempo do posto gargalo, acrescido da passagem de peças totalizando 52,92s. Outro ponto importante e que se destaca é a taxa de desbalanceamento entre postos, que caiu de 34,7% para 7,98% após nova distribuição das operações. Entretanto, é importante ressaltar que no dimensionamento da viabilidade do Case, a taxa de desbalanceamento considerada foi de 5%, o que significa que existirá uma ligeira diferença entre os resultados estimados no início, e os encontrados após as novas considerações. Estes resultados serão utilizados para o cálculo da capacidade produtiva real e serão discutidos de forma mais aprofundada nos próximos tópicos.

Uma comparação interessante pode ser feita ao trabalho desenvolvido por Santos et. al (2017), sobre a aplicação da cronoanálise em uma indústria de eletroeletrônicos. No trabalho citado, os autores obtiveram uma taxa de desbalanceamento de 19% antes da aplicação da metodologia, e de 13% após aplicação da mesma. Apesar de apresentarem um ganho relativamente menor do que o encontrado no desenvolvimento deste tópico, os autores conseguiram retirar um operador da linha de montagem, o que pode ser ainda mais benéfico para a empresa. É importante ressaltar que em determinados casos, nem sempre o objetivo do

balanceamento é somente a diminuição da osciosidade dos postos de trabalho, como pode-se também procurar até mesmo a retirada de um operador da linha de montagem, aumentando o tempo de ciclo, a depender da sazonalidade da demanda.

5.12 Tempo Real de Processo x Ciclo Final de Montagem

Como visto no tópico 5.11.1, o tempo de processo encontrado levando em consideração os inputs do PFMEA e o fator de fadiga foi de 282,98s. Lembrando que deve-se adicionar 12s referente a passagem de peças entre os 6 operadores, o tempo real de processo final é de 294,98s. No início do Business, o tempo total previsto foi de 290,85s (tópico 5.2), ou seja, o tempo real apresentou uma diferença de 1,4% a mais do que o previsto.

No entanto, como visto no tópico 5.11.2, o ciclo final de montagem foi de 52,92s, apresentando uma diferença de 8,39% em relação ao previsto, de 48,48s. Essa diferença se deve a dois principais fatores:

- As operações adicionadas no método de montagem após a realização do PFMEA, que não haviam sido consideradas no desenvolvimento inicial do case do projeto;
- A diferença da taxa de desbalanceamento prevista (5%) e a taxa de desbalanceamento encontrada (8%).

Com estes dados em mãos, será possível fazer uma nova análise da capacidade produtiva, e mensurar os impactos das divergências calculadas, para posteriores tomadas de decisão.

5.13 Capacidade Produtiva Real

Diferente do realizado no tópico 5.4, onde foram considerados tempos de ciclos diferentes em função da quantidade de operadores, neste momento a capacidade produtiva calculada será em função de uma célula de montagem que opera com 6 operadores. Isso porque, para que fosse possível encontrar resultados consistentes, seria necessário a realização de novos balanceamentos entre postos para cada formação da célula, o que fugiria do escopo do trabalho.

Desta forma, a Tabela 19 resume a capacidade produtiva real, levando em conta 2 turnos de produção de 8 horas cada em 252 dias no ano, considerando um ciclo de montagem de 52,92s.

Tabela 19 – Capacidade Produtiva Real

Nº de operadores	Número de Células	Tempo de Ciclo	Capacidade Produtiva Diária (16h produtivas)	Capacidade Produtiva Mensal (21 dias úteis)	Capacidade Produtiva Anual (252 dias úteis)
6	1	52,92	1088	22848	274176
6	2	52,92	2176	45696	548352

Fonte: Do Autor.

Finalmente, encontra-se que com o atual esquema de montagem desenvolvido neste trabalho possui capacidade de produzir 548352 aparelhos por ano, considerando 2 células de montagem. Isto significa que se a demanda real estimada de 560000 aparelhos de fato se concretize, a fábrica não conseguiria entregar 11648 aparelhos.

Para contornar esta situação, existem algumas opções, destacando-se as duas abaixo:

- Considerando que a capacidade produtiva diária é de 2176 aparelhos, uma das opções seria utilizar 5 sábados de hora extra com os dois turnos, mais 1 sábado com apenas um turno trabalhando para cumprir o plano de produção;
- Poderia-se adicionar operadores na linha de montagem durante determinados períodos no ano, para diminuir o ciclo de montagem e aumentar a produtividade. Para se saber ao certo qual a formação (número de operadores por célula) exata e por quanto tempo esta formação deveria atuar, seria necessário um balanceamento de atividades para cada formação, como dito no começo deste tópico.

6 CONCLUSÕES

Neste trabalho foi realizado o desenvolvimento de um *Business Case* da Implementação de um novo Processador de Alimentos em uma Multinacional do Setor de Eletrodomésticos.

Foi possível encontrar o *takt time* do processo e definir um método de montagem com um determinado número de operadores necessários para atender demanda. Além disso, foram levantados quais os impactos da adição e retirada de operadores. Em seguida, com um número ideal de postos de trabalhos, um layout inicial foi desenvolvido e proposto.

Já para a análise de investimentos do *Business*, foram levantados os investimentos necessários para industrialização do processo em geral, estimando os custos de ferramental e mão de obra. O custo por aparelho produzido também foi determinado levando em conta a capacidade produtiva do Processador. Em seguida, o tempo de *payback* do projeto foi calculado, e conclui-se que o investimento é altamente viável, visto que com 3 meses de produção já se consegue produzir a quantidade de aparelhos necessários para serem vendidos e conseguir recuperar todo o capital investido.

Por fim, foi desenvolvido o PFMEA da montagem, que tornou claro as operações críticas do processo, e novas atividades foram adicionadas ao método já definido anteriormente, impactando diretamente no método final e na capacidade produtiva.

Sendo assim, conclui-se que todos os objetivos estabelecidos no início do projeto foram atingidos com sucesso.

7 TRABALHOS FUTUROS

Existem diversas formas para continuidade deste trabalho, visto que o mesmo abrange um business case de industrialização de produtos de diferentes pontos de vista. Acredita-se que do ponto de vista econômico, seria interessante uma análise de viabilidade financeira aprofundada, levando em conta fatores como cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) e da TIR (Taxa Interna de Retorno). Já do ponto de vista de Processo, após o desenvolvimento do PFMEA, poderia-se aprofundar ainda mais este trabalho com a análise e desenvolvimento dos Planos de Controle, visando as operações que obtiveram um RPN elevado. Além disso, do ponto de vista da Produção Enxuta, seria interessante a aplicação do Yamazumi no método de montagem, que permitiria a identificação dos desperdícios e oportunidades de melhorias na produtividade.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Roberto dos Reis; ANTUNES JR, José Antonio Valle. *Takt-time*: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção. *Gestão & Produção*, v. 8, p. 1-18, 2001.

ANTICONA, Juan Antonio Herran; ALVES, João Murta. A implementação da manufatura enxuta numa empresa da indústria de eletrodomésticos. *XXVIII ENEGEP*, 2008

ADEODU, Adefemi; KANAKANA-KATUMBA, Mukondeleli Grace; RENDANI, Maladzhi. Implementation of Lean Six Sigma for production process optimization in a paper production company. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 14, n. 3, p. 661-680, 2021.

COUTINHO, Thiago. O que é Lead Time? Grupo Voitto, 2019. Disponível em: <O que é Lead Time? Aprenda para que serve e como calcular! | Blog Voitto>. Acesso em: 06 de out. 2021.

COUTINHO, Thiago. Como calcular o Tempo de Ciclo pode aumentar a produtividade da sua empresa? Grupo Voitto, 2021. Disponível em: < [O que é tempo de ciclo? Saiba calcular e otimize processos \(voitto.com.br\)](https://voitto.com.br/otimize-processos)>. Acesso em: 28 de abr. 2022

DE CARVALHO GOMES, Leonardo; DE FARIA CORRÊA, Ricardo Gonçalves. Utilização do Overall Equipment Effectiveness (OEE) em células de manufatura considerando o *takt time*. *Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas*, v. 13, n. 3, p. 276, 2018.

ELETROS. Quem somos? Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Eletroeletrônicos. Disponível em: <Atuação – Eletros>. Acesso em: 06 de out. 2021.

FMEA, Sayure Tahara. Disponível em: < <http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/FMEA-Failure-Mode-andEffect-Analysis> >. Acesso em: 20 de ago. 2021.

FMEA DE PROCESSO (PFMEA): O QUE É E COMO FAZER E EXEMPLOS. Marcelo Petenate. 2019. Disponível em: < <https://www.escolaedti.com.br/pfmea-como-fazer> >. Acesso em: 18 de ago. 2021.

GOMES, L. C.; CORREA, R. G. F. Utilização do Overall Equipment Effectiveness (OEE) em células de manufatura considerando o *takt time*. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 14, nº 3, jul-set/2018, p. 276-294.

GITMAN, Lawrence. Princípios de Administração Financeira. 10ª edição. São Paulo: Editora Pearson Education, 2004.

JANOSELLI, Helder Roberto Dota; HARBS, Ricardo; MENDES, Fernanda Latanze. Viabilidade econômica da produção de eucalipto no interior de São Paulo. Revista iPecege, v. 2, n. 2, p. 24-45, 2016.

KELLER, Cristiane; MARTINS, Jean. Desempenho Setorial. ABINEE, 2021. Disponível em: < [Desempenho Setorial - DECON - Abinee](#)>. Acesso em 12 de nov. 2021.

MACEDO, M. A. S. Seleção de Projetos de Investimento: uma proposta de modelagem apoiada em programação multi-objetivo. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE FINANÇAS, 5, 2005, São Paulo. Anais do V EBFIN. São Paulo: SBFIN, 2005.

MANUAL do usuário: RI7632 e RI7631. Philips Walita. Varginha, Minas Gerais, 2017. Disponível em: <[21f8dcae616b421e98f8ad15004e36f8.pdf \(philips.com\)](#)>. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

MAYNARD, H. B. Manual de Engenharia de Produção: Técnicas de Medida do Trabalho. 1. ed. São Paulo:Edgard Blücher, 1970

MILNITZ, Diego Tempos e métodos aplicados à produção. / Diego Milnitz – Indaial: UNIASSELVI, 2018

MULTICHEF 600W em 1. Arno, Itatiaia, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <<https://www.arno.com.br/medias/?context=bWFzdGVyfHJvb3R8NDk4MDU2fGFwcGxpY2F0aW9uL3BkZnNoMGlvaDA1LzEzMTU4NTU3OTQxNzkwLnBkZnxiZDFhYzJmZWlwM2ZIYmQ3ZWFiMzQyYmVINTg4NDM0OTQyYzQ2NGRkZjNIN2EwODEzYzI2MDQwYTZmMTE5>>. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

MULTIPROCESSADOR all in one 2. Philco, 2017. Disponível em: <[053301029_manual.pdf \(magazineluiza.com.br\)](#)>. Acesso em 10 de nov. de 2021.

OLIVEIRA, Daniel Elias Alberici. PROJETO DE MOLDE PARA SOBREENJEÇÃO DE POLÍMEROS. Diss. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Guia PMBOK®: Um Guia para o Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos, Sexta edição, Pennsylvania: PMI, 2017

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1. Ed., 1998.

SANTOS, Larissa; NASCIMENTO, Nathalia; CARDIAL, Hicaro; SANTAN, Alexandre; ALMEIDA Glauca. Aplicação da Cronoanálise para melhoria do processo produtivo numa fábrica de eletroeletrônicos. XXXVII ENEGEP, 2017.

SANTOS, Reinaldo Fagundes dos; ALVES, João Murta. Proposta de um modelo de gestão integrada da cadeia de suprimentos: aplicação no segmento de eletrodomésticos. Production, v. 25, p. 125-142, 2014

SANTOS, Virgílio. Lean Manufacturing e as Células de Montagem: vale a pena? FM2S, 2018. Disponível em: <Lean Manufacturing e as Células de Montagem: vale a pena? – FM2S>. Acesso em: 06 out. 2020

SANTOS, Tiago Silva dos; ALVES, Lucas Fialho; FERREIRA, Luis Henrique de Moura; SANTOS, Murilo Lima; ROCHA, Nathalia de Souza. ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA E FINANCEIRA DE UM HOTEL NO MUNICÍPIO DE MARABÁPA, UM ESTUDO DE CASO COM BASE NAS INFLUÊNCIAS DAS VARIÁVEIS DA ENGENHARIA ECONÔMICA. 2017. UEPA, Joinville, 2017.

SARQUIS, Aléssio Bessa; IKEDA, Ana Akemi; SCHULKA, Adriana Carla. Aplicação do Quality Function Deployment no desenvolvimento de produtos: um estudo no setor de eletrodomésticos. Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios, v. 5, n. 2, p. 138-170, 2012.

SEBASTIÃO, Guilherme Henrique. IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM MÁQUINAS DE INJEÇÃO PLÁSTICA. 2015

SETOR de eletrodomésticos cresce 5% em 2019. Mercado e Consumo, São Paulo, 29 de jan. de 2020. Disponível em: <[Setor de eletroeletrônicos cresce 5% em 2019 - Mercado&Consumo \(mercadoeconsumo.com.br\)](http://mercadoeconsumo.com.br)>. Acesso em 10 de nov. de 2021.

TAPPING, D; LUYSTER, T.; SHUKER, T. Value Stream Management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements. Productivity Press. New York, 2002. 169p.

Anexo 1 - PFMEA

PFMEA									
Processo	Potenciais Modos de Falha	Potenciais Efeitos da Falha	Potenciais Causas da Falha	S	O	D	RPN	Ações Recomendadas	
1	Pegar Corpo Plástico e dispor no berço de montagem	Dispor brusadamente o corpo no berço	Corpo plástico arranhado	- Corpos arranhando durante armazenamento - Berço de montagem danificado	3	6	3	54	- Elaborar berço com material macio
2	Pegar chave de velocidades e montar no corpo plástico	- Danificar chave de velocidades	- Aparelho não liga	- Chaves mal dispostas na caixa de embalagem	8	4	1	32	- Alterar padrão de embalagem de fornecedor
3	Dispor Conjunto Corpo + Chave no Dispositivo de prensar Botão	- Danificar chave de velocidades	- Botão preso ou com abertura - Aparelho não liga	- Atuador de apoio da chave avança muito rápido - Desalinhamento do dispositivo de prensagem	8	6	1	48	- Aumentar tempo para avanço do atuador de apoio
4	Acionar comando Bimanual e aguardar prensagem do botão	- Prensagem Incorreta - Chave danificada	- Botão preso ou com abertura - Aparelho não liga	- Interferência chave/botão muito grande	8	6	1	48	- Berço angular para compensar desalinhamento
5	Pegar Plugue e Realizar ligações com a chave	- Danificar terminar fêmea da chave	- Aparelho não liga	- Terminal fêmea com baixa resistência mecânica	8	3	1	24	- Troca do modelo de terminal
6	Montagem do Sistema de segurança	- Alavanca de segurança mal encaixada	- Sistema de segurança não funciona	- Operador inexperiente - Molas mal dimensionadas	10	3	1	30	- Reciclagem de treinamento do operador
7	Aparafusar Sistema no Corpo plástico (3 parafusos)	- Parafuso esplanar - Torre de parafusamento quebrar	- Não garantia na fixação do sistema de segurança - Sistema de segurança não funciona	- Falhas no processo de injeção - Parafusadeira com torque errado	10	2	5	100	- Identificação visual com torque correto de parafusadeira
8	Realizar Ligações do sistema de segurança com a chave	- Realizar Ligação Invertida	- Aparelho não liga	- Não existência de pokayoke nos terminais da chave/plugue	10	2	1	20	- Troca do modelo de terminal para não permitir encaixes errados
9	Pegar motor e montar no Corpo Plástico	- Desposicionamento dos amortecedores do motor	- Vibração excessiva	- Desalinhamento entre torres de parafusamento e centro dos amortecedores	4	4	3	48	- Incluir inspeção da posição dos amortecedores
10	Aparafusar motor no Corpo Plástico (3 parafusos)	- Parafuso esplanar - Torre de parafusamento quebrar	- Não garantia na fixação do motor - Vibração excessiva	- Falhas no processo de injeção - Parafusadeira com torque errado - Desalinhamento entre torres de parafusamento e centro dos amortecedores	4	3	5	60	- Identificação visual com torque correto de parafusadeira
11	Realizar Ligações do motor com a Chave de Velocidades	- Realizar Ligação Invertida	- Aparelho não liga	- Não existência de pokayoke nos terminais da chave/plugue	10	2	1	20	- Troca do modelo de terminal para não permitir encaixes errados
12	Realizar Ligações do motor com o plugue	- Realizar Ligação Invertida	- Aparelho não liga	- Não existência de pokayoke nos terminais da chave/plugue	10	2	1	20	- Troca do modelo de terminal para não permitir encaixes errados
13	Montar base plástica na unidade motora	- Base não encaixa ou encaixa com dificuldade	- Excesso de fadiga do operador ao tentar forçar o encaixe	- Base empenada em função de problemas de injeção	1	4	3	12	- Incluir avaliação de empenamento no plano de controle
14	Aparafusar base no corpo plástico (4 parafusos)	- Parafuso esplanar - Torre de parafusamento quebrar	- Não garantia na fixação da base - Vibração excessiva	- Falhas no processo de injeção - Parafusadeira com torque errado - Desalinhamento entre torres de parafusamento e centro dos furos da base	4	2	5	40	- Identificação visual com torque correto de parafusadeira
15	Montar conjunto intermediário na unidade motora	- Ausência de conjunto intermediário	- Aparelho liga porém não aplica rotação aos acessórios	- Produto permite montabilidade sem o intermediário	8	3	5	120	- Desenvolver pokayoke de produto (equipamento não monta sem intermediário)
16	Pegar conjunto Copo e acoplar na unidade motora	- Dificuldade na acoplagem do copo	- Excesso de fadiga do operador ao tentar forçar encaixe	- Baioneta do copo fora da especificação	4	3	1	12	- Incluir cotas da baioneta no plano de controle
17	Dispor unidade motora no berço de teste e conectar plugue na tomada	- Dificuldade de encaixar unidade motora no berço de teste	- Dificuldade para realização do teste da alavanca de segurança	- Berço mal dimensionado ou desgastado - Componentes plásticos fora de especificação	2	1	1	2	- Nenhuma ação recomendada inicialmente
18	Realizar teste de funcionamento nas 3 velocidades (1,2 e pulsar)	- Operador deixar aparelho ligado mais tempo que especificado	- Destramento excessivo do motor, alterando as especificações de corrente que serão avaliadas no teste 100%	- Inexperiência do operador	1	1	1	1	- Reciclagem do treinamento do operador
19	Realizar teste de segurança, desacoplando o Copo da unidade motora. (O mesmo deve parar imediatamente)	- Aparelho escorregar no momento da desacoplagem	- Arranhões no corpo do aparelho	- Berço mal dimensionado ou desgastado - Componentes plásticos fora de especificação	2	1	1	2	- Elaborar berço com menos folga
20	Desacoplar copo, pegar conjunto jarra e acoplar na unidade motora.	- Aparelho escorregar no momento da desacoplagem	- Arranhões no corpo do aparelho	- Berço mal dimensionado ou desgastado - Componentes plásticos fora de especificação	2	1	1	2	- Elaborar berço com menos folga
21	Realizar teste de segurança, desacoplando a Jarra da unidade motora. (O mesmo deve parar imediatamente)	- Aparelho escorregar no momento da desacoplagem	- Arranhões no corpo do aparelho	- Berço mal dimensionado ou desgastado - Componentes plásticos fora de especificação	2	1	1	2	- Elaborar berço com menos folga
22	Desacoplar conjunto Jarra e embalar o mesmo em saco plástico	- Aparelho escorregar no momento da desacoplagem	- Arranhões no corpo do aparelho	- Berço mal dimensionado ou desgastado - Componentes plásticos fora de especificação	2	1	1	2	- Elaborar berço com menos folga
23	Embalar Conjunto copo no saco plástico	- Ausência de saco plástico	- Arranhões no Copo	- Operador não seguiu sequência correta de montagem	5	3	10	150	- Desenvolver identificações visuais para sequência de operações

24	Embalar unidade motora no saco plástico	- Ausência de saco plástico	- Arranões no Copo	- Operador não seguiu sequência correta de montagem	5	3	10	150	- Desenvolver identificações visuais para sequência de operações
25	Pegar caixa de embalagem e montar a mesma	- Caixas escorregarem do Flowrack	- Caixa amassada	- Caída inadequada para as caixas no flowrack	2	2	2	8	- Elaborar proteção para evitar caída das caixas
26	Disponer unidade motora na caixa.	- Ausência de unidade motora	- Cliente final não recebe unidade motora	- Esquecimento do operador	8	1	4	32	- Desenvolver identificações visuais para sequência de operações
27	Montar calço de papelão e dispor conjunto jarra na caixa.	- Ausência de conjunto jarra	- Cliente final não consegue utilizar copo com a tampa	- Operador não seguiu sequência correta de montagem - Falta de Pokayoke de ausência - Falta de inspeção	8	2	4	64	- Incluir inspeção no método de montagem
28	Montar calço de papelão e dispor conjunto copo na caixa.	- Ausência de tampa no copo	- Cliente final não consegue utilizar copo com a tampa	- Operador não seguiu sequência correta de montagem - Falta de Pokayoke de ausência - Falta de inspeção	8	2	4	64	- Incluir inspeção no método de montagem
29	Pegar acessórios e dispor na caixa de embalagem.	- Ausência de acessórios	- Cliente final não consegue utilizar funções do aparelho que necessitem do acessório	- Operador não seguiu sequência correta de montagem - Falta de Pokayoke de ausência - Falta de inspeção	8	5	8	320	- Incluir inspeção no método de montagem
30	Fechar caixa com fita adesiva	- Fita desalinhada com fechamento da caixa	- Abertura da caixa durante estocagem/transporte	- Máquina embaladora desajustada	4	4	1	16	- Nenhuma ação recomendada inicialmente
31	Disponer caixa com produto acabado no Pallet	- Acomodação e embalagem das peças fora do padrão de embalagem	- Retrabalho	- Não seguir Padrão de embalagem especificado	2	2	1	4	- Reciclagem de treinamento do operador