



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**ADEILTON PEREIRA DA SILVA**

**ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS APLICADO NO SETOR DE  
EMBALAGEM DE FLAKE PET EM UMA EMPRESA DE  
CAMPINA GRANDE – PB**

**CAMPINA GRANDE – PB**

**2024**

**ADEILTON PEREIRA DA SILVA**

**ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS APLICADO NO SETOR DE  
EMBALAGEM DE FLAKE PET EM UMA EMPRESA DE  
CAMPINA GRANDE – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia de Produção do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**Área de Concentração:** Engenharia de Métodos

**Orientador:** Prof. Dr. Francisco Kegenaldo Alves de Sousa

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2024**

**ADEILTON PEREIRA DA SILVA**

**ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS APLICADO NO SETOR DE  
EMBALAGEM DE FLAKE PET EM UMA EMPRESA DE  
CAMPINA GRANDE – PB**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 26 de setembro de 2024

---

Prof. Dr. Francisco Kegenaldo Alves de Sousa  
UAEP/CCT/UFCG  
Orientador

---

Prof. MSc. Helenaldo Firmino de Azevedo  
UAEP/CCT/UFCG  
Avaliador 1

---

Prof. Dr. Ivanildo Fernandes Araújo  
UAEP/CCT/UFCG  
Avaliador 2

**CAMPINA GRANDE - PB**

**2024**

S586e Silva, Adilson Pereira da.  
Estudo de tempos e métodos aplicado no setor de embalagem de *flake*  
Pet em uma empresa de Campina Grande - PB / Adilson Pereira da Silva.  
– Campina Grande, 2024.  
64 f. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024.  
"Orientação: Prof. Dr. Francisco Kegenaldo Alves de Sousa".  
Referências.

1. Estudo de Tempos e Métodos. 2. Tempo Padrão. 3. *Takt Time*. 4.  
Capacidade Produtiva. 5. *Flake* PET. I. Sousa, Francisco Kegenaldo de. II.  
Título.

CDU 658.531(043)

## **AGRADECIMENTOS**

Durante a minha graduação passei por diversas situações, seja de raiva, desespero ou de felicidade e entusiasmo. Mas durante esses anos de formação nunca estive sozinho, sempre estive rodeado de pessoas incríveis que me apoiaram e me ajudaram a concluir essa linda e árdua trajetória. Diante disso, quero agradecer a cada pessoa que contribuiu para que eu pudesse estar aqui hoje:

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado o presente da vida, por sempre estar por perto me guiando e ser meu refúgio e abrigo.

A minha família, em especial a minha mãe, Inalda Maria Pereira, por ter me criado e me tornado um homem de caráter. Sem seus ensinamentos e puxões de orelhas não seria quem sou hoje. Obrigado por ser meu abrigo e luz.

Aos meus irmãos, Janete Tereza dos Santos e Adeilson Pereira da Silva, por sempre estarem presentes nos momentos que mais precisei, pela preocupação e incentivo durante toda a minha caminhada.

Aos meus grandes amigos Raiza Gomes, Antônio Carlos, Mariane Paulino e Thaina Barcelos, que durante muitos anos estiveram em minha vida e a tornaram melhor, me fazendo rir, chorar, se divertir e preencher parte do meu coração.

Agradeço também aos amigos que fiz durante a minha graduação, que a fizeram ser mais leve e que sempre me apoiaram, em especial a Maria Júlia, Ana Paula Carvalho, Michell Wender, Ana Paula Vieira, Wallison Santos e Joelcio Neto. Com certeza, os momentos de alegria que vivenciei ao lado vocês ficarão registrados eternamente em meu coração. Foram a amizade de vocês que tornaram essa jornada emocionante e divertida.

Ao meu melhor amigo, Fábio Francisco, ao qual conheci na minha graduação e que se tornou uma das pessoas mais importantes em minha vida. Sua luz, simpatia, inteligência, humildade e caráter são características que te moldam e que fizeram essa amizade surgir. Obrigado pelas conversas, conselhos, apoio, hospitalidade e pela sua amizade. Espero que esse vínculo que foi formado perdure por muitos anos.

Aos meus professores que desempenharam seus papéis com maestria e que me ensinam o que sei, me moldando para ser um Engenheiro de Produção capacitado e alcançar um futuro brilhante.

A ProdAtiva Empresa Júnior, por fazer parte da minha trajetória, onde pude colocar em prática os conhecimentos que adquiri e obter grandes experiências e amizades.

A Renally Souza, pelas conversas, fofocas, conselhos e por sempre estar à disposição para me ajudar e aos demais alunos. Seu trabalho ajudou diversos discentes a trilharem suas jornadas no curso e a serem grandes engenheiros.

Ao meu professor Kegenaldo Alves, pelos ensinamentos e por ter aceitado ser meu orientador de TCC e me guiar nessa etapa final da minha graduação.

Enfim, a todos que fizeram parte dessa minha trajetória, meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

A competitividade é um fator preponderante para o sucesso das organizações, em que se faz necessária a aplicação de estratégias que visem o aumento dos índices de vendas, faturamento, qualidade, eficiência e produtividade, ao mesmo tempo que busquem a redução dos custos, de ineficácia e de tempo perdido. A Engenharia de Métodos é uma área muito importante para se ter esses resultados, a qual se preocupa em reduzir os custos e otimizar a confiabilidade dos processos. Visto isso, o presente trabalho tem como objetivo, através do Estudo de Tempos e Métodos, realizar uma análise dos tempos de produção dos *big bags* em uma empresa do ramo de fabricação de *flake* PET, tendo como alvo o setor de ensacamento, visando, assim, determinar o tempo padrão, o *takt time* e realizar um estudo sobre a capacidade produtiva da empresa. A metodologia utilizada para o estudo se baseou na aplicação de técnicas de mapeamento de processo, Engenharia de Método e capacidade produtiva. Os resultados mostraram a utilização errônea de parte da dimensão do setor produtivo, sendo sugerida a criação de uma nova linha de produção no local. Ademais, foram determinados o tempo padrão de 49,294 minutos para produzir um *big bag* de *flake* PET e um *takt time* de 40,678 minutos, com base na demanda mensal. Após definir o tempo padrão, a capacidade produtiva do setor foi avaliada em 512 *big bags* por mês, sendo 28,32% maior que a produção histórica de 399 *big bags* por mês, e a eficiência do processo foi avaliada em 77,93%. Também foram sugeridas melhorias para o setor, as quais irão reduzir os tempos de manutenção corretiva e conseqüentemente o *lead time* do processo. Dessa forma, a partir da aplicação Estudo de Tempo e Métodos foi possível alcançar os objetivos propostos, validando a eficiência desta ferramenta e contribuindo significativamente para a empresa.

**Palavras-chave:** Estudo de Tempos e Métodos. Tempo padrão. *Takt time*. Capacidade produtiva. *Flake PET*

## ABSTRACT

Competitiveness is a key factor for the success of organizations, which requires the application of strategies aimed at increasing sales, revenue, quality, efficiency and productivity rates, while also seeking to reduce costs, inefficiency and wasted time. Methods Engineering is a very important area for achieving these results, which is concerned with reducing costs and optimizing process reliability. Given this, the present study aims to analyze the production times of big bags in a company in the PET flake manufacturing sector, targeting the bagging sector, through the Study of Times and Methods, in order to determine the standard time, the takt time and to conduct a study on the company's production capacity. The methodology used for the study was based on the application of process mapping techniques, Method Engineering and production capacity. The results showed the erroneous use of part of the dimension of the production sector, suggesting the creation of a new production line on site. Furthermore, the standard time of 49.294 minutes to produce a PET flake big bag and a takt time of 40.678 minutes were determined, based on the monthly demand. After defining the standard time, the sector's production capacity was evaluated at 512 big bags per month, 28.32% higher than the historical production of 399 big bags per month, and the process efficiency was evaluated at 77.93%. Improvements were also suggested for the sector, which will reduce corrective maintenance times and consequently the process lead time. Thus, from the application of the Time and Methods Study it was possible to achieve the proposed objectives, validating the efficiency of this tool and contributing significantly to the company.

**Keywords:** Time and Methods Study. Standard time. Takt time. Production capacity. PET flake



## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1</b> – Cálculo do Número de Ciclos .....	25
<b>Equação 2</b> – Cálculo do Tempo Normal .....	27
<b>Equação 3</b> – Cálculo do Tempo Recuperado .....	30
<b>Equação 4</b> – Cálculo do Tempo Esperado .....	30
<b>Equação 5</b> – Cálculo do Tempo Real .....	30
<b>Equação 6</b> – Cálculo do Fator de Ritmo .....	31
<b>Equação 7</b> – Cálculo do Tempo Padrão .....	31
<b>Equação 8</b> – Cálculo do <i>Takt Time</i> .....	32
<b>Equação 9</b> – Cálculo da Capacidade Disponível .....	33
<b>Equação 10</b> – Cálculo da Capacidade Efetiva .....	33
<b>Equação 11</b> – Cálculo da Capacidade Realizada .....	33
<b>Equação 12</b> – Cálculo da Eficiência do Processo .....	34

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Produção mensal de <i>big bags</i> de <i>flake</i> PET em 2023.....	37
<b>Figura 2</b> – Produção mensal por toneladas de <i>flake</i> PET em 2023.....	37
<b>Figura 3</b> – Fluxograma do processo .....	41
<b>Figura 4</b> – Mapofluxograma do processo .....	43

## LISTAS DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Símbolos para mapeamento de processos.....	21
<b>Quadro 2</b> – Sensores industriais .....	58

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Coeficientes de distribuição normal.....	25
<b>Tabela 2</b> – Coeficiente $d_2$ para o número de cronometragens iniciais .....	25
<b>Tabela 3</b> – Avaliação de ritmo .....	27
<b>Tabela 4</b> – Avaliação de esforço físico .....	29
<b>Tabela 5</b> – Avaliação de esforço mental.....	29
<b>Tabela 6</b> – Avaliação de monotonia .....	30
<b>Tabela 7</b> – Avaliação de tempo perdido e recuperado .....	30
<b>Tabela 8</b> – Classificação de contaminação .....	36
<b>Tabela 9</b> – Descrição das atividades do processo .....	44
<b>Tabela 10</b> – Cronometragens da amostragem preliminar .....	46
<b>Tabela 11</b> – Análise de normalidade dos dados amostrais .....	47
<b>Tabela 12</b> – Cálculo do número de ciclos para cada elemento.....	47
<b>Tabela 13</b> – Cronometragens da amostragem final do estudo.....	48
<b>Tabela 14</b> – Avaliação do fator de ritmo por observação direta .....	49
<b>Tabela 15</b> – Tempos normais calculados .....	50
<b>Tabela 16</b> – Avaliação do fator de fadiga .....	52
<b>Tabela 17</b> – Determinação do tempo padrão .....	53
<b>Tabela 18</b> – Tempo calculado para o <i>takt time</i> do processo.....	53
<b>Tabela 19</b> – Tempos de paradas para manutenção .....	54

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

**ANSI** – *American National Standards Institute*

**ASME** – *American Society of Mechanical Engineers*

**CH** – Carga Horária

**FR** – Fator de Ritmo

**FRB** – *Federal Reserve Board*

**IOT** – Internet das Coisas

**PET** – Polietileno Tereftalato

**PNP** – Paradas Não Planejadas

**PP** – Paradas Planejadas

**PPM** – Parte Por Milhão

**PVC** – Polietileno de Vinila

**TM** – Tempo Médio

**TN** – Tempo Normal

**TOL** – Fator de Tolerância

**TP** – Tempo Padrão

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
<b>1.2 OBJETIVOS</b>	<b>17</b>
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
<b>1.3 JUSTIFICATIVA</b>	<b>17</b>
<b>1.4 O PROBLEMA</b>	<b>18</b>
<b>1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	<b>19</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>20</b>
<b>2.1 MAPEAMENTO DE PROCESSOS</b>	<b>20</b>
2.1.1 Fluxograma de processo	21
2.1.2 Mapofluxograma	22
<b>2.2 ENGENHARIA DE MÉTODOS</b>	<b>22</b>
2.2.1 Divisão da operação em elementos	23
2.2.2 Processo de cronometragem	24
2.2.3 Número de ciclos	24
2.2.4 Avaliação do ritmo do operador	26
2.2.5 Tempo normal	27
2.2.6 Avaliação de tolerâncias	28
2.2.7 Tempo padrão	31
2.2.8 <i>Takt time</i>	31
<b>2.3 CAPACIDADE PRODUTIVA</b>	<b>32</b>
2.3.1 Capacidade disponível	32
2.3.2 Capacidade efetiva	33
2.3.3 Capacidade realizada	33
2.3.4 Eficiência do processo	34
<b>3. METODOLOGIA</b>	<b>35</b>
<b>3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA</b>	<b>35</b>
<b>3.2 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO</b>	<b>36</b>
<b>3.3 DADOS HISTÓRICOS</b>	<b>37</b>
<b>3.4 MAPEAMENTO DE PROCESSOS</b>	<b>38</b>
<b>3.5 ENGENHARIA DE MÉTODOS</b>	<b>38</b>
<b>3.6 CAPACIDADE PRODUTIVA</b>	<b>39</b>

<b>3.7 AVALIAÇÃO DE MELHORIAS</b> .....	<b>39</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCURSÕES</b> .....	<b>40</b>
<b>4.1 MAPEAMENTO DE PROCESSO</b> .....	<b>40</b>
4.1.1 Fluxograma do processo .....	40
4.1.2 Mapofluxograma.....	42
<b>4.2 ENGENHARIA DE MÉTODOS</b> .....	<b>44</b>
4.2.1 Divisão da operação em elementos .....	44
4.2.2 Processo de cronometragem.....	45
4.2.3 Determinação do número de ciclos .....	46
4.2.4 Fator de ritmo .....	48
4.2.5 Tempo normal .....	49
4.2.6 Determinação do fator de tolerância.....	50
4.2.7 Determinação do tempo padrão .....	53
4.2.8 <i>Takt time</i> do processo .....	53
<b>4.3 CAPACIDADE E EFICIÊNCIA</b> .....	<b>54</b>
4.3.1 Capacidade produtiva.....	54
4.3.2 Eficiência do processo.....	56
<b>4.4 PROPOSTAS DE MELHORIAS</b> .....	<b>56</b>
4.4.1 Nova linha de produção.....	56
4.4.2 Manutenção preventiva eficiente .....	57
4.4.2.1 Sensores industriais .....	58
4.4.2.2 Internet das coisas.....	59
<b>5. CONCLUSÃO</b> .....	<b>60</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Em um ambiente de mercado altamente competitivo, as empresas buscam cada vez mais se destacarem diante seus concorrentes e aumentar seus índices de vendas, faturamento, qualidade, eficiência e produtividade, ao mesmo tempo que buscam a redução dos custos, de ineficácia e de tempo perdido. Com o segmento de produção de *flake* PET não é diferente.

No Brasil, a fabricação de *flake* de plástico é parte do setor de reciclagem de garrafas PET (Polietileno Tereftalato), que tem crescido significativamente nos últimos anos devido às preocupações ambientais, à necessidade de reduzir o desperdício de plástico e devido ao seu alto potencial de recuperação, tornando o número de concorrentes cada vez maior.

Dessa maneira, para alcançar melhores resultados e se sobressaírem diante a alta competitividade, as organizações buscam implementar técnicas para otimizar e padronizar os processos, além de reduzir os tempos de execução, e assim, obter o aumento da capacidade produtiva. Tal fato pode ser observado principalmente nas grandes indústrias, nas quais existem uma maior preocupação envolvendo custos, pessoas, tempos e processos, permitindo que operem de forma eficiente, fabriquem produtos de alta qualidade e se mantenham competitivas em um mercado global em constante mudança.

As questões mencionadas estão relacionadas diretamente ao Estudo de Tempos e Métodos. Esta técnica foi projetada para obter informações detalhadas sobre as atividades do processo produtivo por meio do acompanhamento do tempo, possibilitando determinar a forma mais eficiente de realizar cada processo, reduzir custos e otimizar a produção. Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos e métodos tem por objetivo desenvolver e padronizar o sistema e o método escolhido. Ao determinar os métodos de execução que melhor se adequem as atividades operacionais, ou que melhor se aproximem do ideal a serem usados na prática, garante que os processos sejam otimizados e simplificados.

Com os métodos padronizados é possível obter maiores resultados, dentro das conformidades estabelecidas, e aumento da produtividade. Ademais, é possível realizar, assim, o estudo de tempos e determinar, por conseguinte, o tempo gasto, o ritmo normal de trabalho, o tempo padrão de produção e realizar um estudo sobre a capacidade produtiva.



Diante do exposto, este trabalho aplicou o estudo de tempos e métodos como forma de determinar o tempo padrão do setor de produção de uma empresa de *flake* de plástico PET, com finalidade de analisar o tempo de produção atual, estimar o *takt time* como forma de atender a demanda e analisar formas de melhorar o processo e a capacidade produtiva.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Analisar os tempos de produção dos *big bags* de *flake* PET na empresa objeto de estudo, determinando, assim, o tempo padrão, o *takt time* e realizando um estudo sobre a capacidade produtiva da empresa.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Para que o objetivo geral fosse alcançado alguns objetivos específicos foram determinados:

- Realizar um estudo dos tempos e métodos de produção dos *big bags* de *flake* PET;
- Determinar o tempo padrão de produção;
- Determinar o *takt time*
- Analisar e determinar a capacidade produtiva;
- Desenvolver um plano de ação para melhorias.

## 1.3 JUSTIFICATIVA

O estudo de tempos e métodos é um ramo fundamental da Engenharia de Produção que visa otimizar processos e melhorar a eficiência operacional e a produtividade, determinando o método ideal ou o que mais se aproxima do ideal para ser usado na prática.

A não aplicação deste estudo pode resultar em diversas consequências negativas para as organizações. Em decorrência da sua contribuição direta nas linhas de processos, sua ausência pode convergir no desperdício de recursos, como matéria-prima, mão-de-obra e energia. Além disso, pode afetar na qualidade do

produto final, podendo gerar produtos defeituosos. Por fim, pode resultar no aumento dos custos, perda de produtividade, baixa eficiência operacional e perda de competitividade.

Em contrapartida, a ferramenta se torna essencial para aprimorar a gestão de operações e alcançar vantagem competitiva, otimizando e padronizando os processos, aumentando a qualidade dos produtos, reduzindo custos e balanceando as linhas.

A empresa objeto de estudo apresentava falta de conhecimento do tempo padrão para a produção dos *big bags* de *flake* PET, além de constantes paradas para manutenção, resultando em atrasos na produção e, conseqüentemente, no envio das demandas. Ademais, a empresa não detinha o conhecimento sobre a sua capacidade produtiva, justificando a realização deste trabalho para supressão destas demandas.

#### **1.4 O PROBLEMA**

O trabalho foi desenvolvido em uma indústria de reciclagem de garrafa plástica da cidade de Campina Grande que produz e comercializa *flake* a partir da garrafa PET, possuindo também a comercialização de subprodutos.

Diante disso, definiu-se o seguinte problema de pesquisa:

“A partir da aplicação do estudo de tempos e métodos, qual o tempo padrão e quantas unidades, *big bags*, do principal produto do setor estudado podem ser produzidas mensalmente?”

Algumas dificuldades foram encontradas, pois em virtude das inúmeras ocorrências de paradas e quebras dos maquinários, além de produtos com muitos contaminantes, os tempos de produção se tornavam imprecisos em relação ao tempo real de produção.

Vale ressaltar que o tempo médio estipulado pela empresa para produzir um *big bag* de *flake* PET foi determinado executando a subtração do tempo final que o *big bag* foi finalizado pelo tempo do *big bag* anterior e realizando a média com todos os tempos coletados. Tal tempo médio não pode ser considerado como verdadeiro, uma vez que ocorre contratemplos na produção, além de que o tempo inicial da produção de cada *big bag* não era registrado.

## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho foi estruturado em 5 capítulos. O capítulo 1 apresenta um texto introdutório referente ao estudo de tempos e métodos e do segmento estudado, bem como do problema a ser tratado e os objetivos propostos. O capítulo 2 aborda o referencial teórico e o relacionamento com o objeto de estudo deste trabalho. No capítulo 3 estão descritos os procedimentos que foram executados para a aplicação da metodologia e para o desenvolvimento do trabalho, assim como os materiais e métodos utilizados. O capítulo 4 apresenta os resultados e análises desenvolvidos. Por fim, o capítulo 5 destaca as conclusões sobre o trabalho elaborado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Adiante, serão apresentados os conceitos e as definições que concedem o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento deste trabalho. Sendo as áreas abordadas: Mapeamento de Processos, Engenharia de Métodos e Capacidade Produtiva.

### 2.1 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

O mapeamento de processos é uma ferramenta muito importante que permite entender como um processo funciona, através da criação de representações visuais dos processos por meio de símbolos para categorizar cada tipo de atividade, documentando todos os elementos que o compõem e permitindo a identificação de melhorias nos processos de uma organização.






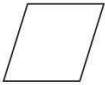




De acordo com Slack et al. (2009), mapear um processo significa reproduzir a forma como as atividades internas e externas ao processo se relacionam umas com as outras. Esta análise estruturada de processos permite, ainda, reduzir custos no desenvolvimento de produtos e serviços, falhas de integração entre sistemas e promover melhoria de desempenho organizacional.

Segundo Barnes (1977), quatro pontos devem ser considerados ao desenvolver possíveis soluções de melhorias por meio do mapeamento. São eles: eliminar atividades desnecessárias; unir operações ou elementos; alterar a sequência das operações e simplificar as operações chave.

Dessa maneira, esta ferramenta auxilia na identificação de atividades que não agregam valor, possibilitando a sua eliminação, na união de procedimentos, na melhor organização das etapas e na redução do tempo de produção.

Para a descrição dos processos e subprocessos predefinidos Frank Bunker Gilbreth desenvolveu um sistema de símbolos. Em 1947, a *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) adotou como padrão um sistema para gráficos de fluxo de processos com cinco símbolos, inspirado no trabalho de Gilbreth (BARNES, 1977). O Quadro 1, a seguir, contém os cinco símbolos, os quais se tornaram os mais usados no mapeamento de processos, bem como outras derivações.

**Quadro 1 – Símbolos para mapeamento de processos**

Símbolos de mapeamento de processos criados por Gilbreth			Símbolos de mapeamento de processos derivado da análise de sistemas		
Símbolo	Indica	Significado	Símbolo	Indica	Significado
	Operação	Indica a execução de uma operação		Início ou final do processo	Início ou final do processo
	Inspeção	Indica a realização e uma inspeção de qualidade		Processo	Indica etapas do processo
	Transporte	Indica a movimentação de algo		Input ou output do processo	Indica a entrada ou saída de informações no processo
	Armazenamento	Indica o armazenamento de materiais e produtos		Direção	Indica a direção do fluxo
	Espera	Indica uma espera para a continuidade da operação		Decisão	Indica uma decisão a ser tomada

Fonte: Adaptado de SLACK, 2009.

### 2.1.1 Fluxograma de processo

O fluxograma de processo é uma das várias técnicas de mapeamento de processos. Sua representação gráfica demonstra as etapas realizadas em um processo produtivo de maneira compacta, a fim de tornar possível sua melhor compreensão e posterior melhoria (BARNES, 1977).

As organizações utilizam os diagramas de fluxo para simplificar os seus processos, transmitindo-os de maneira visual. Dessa forma, é possível enxergar mais facilmente lacunas, desvios e gargalos, sugerir otimizações, eliminações ou a junção de processos. Além disso, os fluxogramas podem conter atividades combinadas, sendo estas atividades executadas simultaneamente pela mesma pessoa, no mesmo local de trabalho e na mesma área produtiva (PEINADO e GRAEML, 2007).

A visualização dos processos ocorre pela utilização uma série de símbolos e notações que diferenciam que tipo de ação está acontecendo (LINS, 1993). Embora exista um padrão ANSI (*American National Standards Institute*) para a representação de fluxos de sistemas, ainda há muitas variações nos símbolos utilizados em fluxogramas, que servem para atender a diferentes objetivos. No entanto, os símbolos mais utilizados são aqueles desenvolvidos por Frank Bunker Gilbreth.

### 2.1.2 Mapofluxograma

Segundo Barnes (1977), o mapofluxograma é a representação das etapas de um processo através da simbologia do mapeamento de processos utilizada no fluxograma, mas por meio de um layout da linha de produção de uma fábrica que apresenta o trajeto de um produto, material ou pessoa. Além disso, esta técnica é indicada quando se deseja entender o percurso realizado ao longo de toda a cadeia produtiva do bem/serviço (CORREIA, 2002).

O objetivo do mapofluxograma é trazer uma visão clara de todos os procedimentos realizados no ambiente produtivo e dessa forma identificar pontos de melhorias. Ademais, possibilita a observação de operações que não agregam valor e a possibilidade de eliminá-las inteiramente ou em partes, aumentando assim a eficiência de um determinado fluxo de valor (CORREIA, 2002).

## 2.2 ENGENHARIA DE MÉTODOS

A Engenharia de Métodos, responsável pelo estudo dos tempos e métodos, teve sua origem a partir dos trabalhos de Frederick Taylor sobre estudo de tempos e pelo estudo de movimentos desenvolvido pelo casal Frank e Lillian Gilbreth, passando a ter esta nomenclatura a partir de 1930, quando tais estudos começaram a ser utilizados simultaneamente (BARNES, 1977).

Conforme Santana et al. (2018) o campo da Engenharia dos Métodos estuda o método mais adequado nos processos de produção, levando em consideração as organizações das atividades, o emprego de ferramentas e equipamentos, com o intuito de melhorar o rendimento do trabalho e eliminar toda operação desnecessária ou ineficiente. Ademais, Barnes (1977) determina que após a escolha do melhor método este deve ser padronizado, garantindo que seja seguido por todos os operadores.

Purcidonio (2021), enfatiza que “o objetivo do estudo de movimentos e de tempos é a definição do tempo necessário para a execução de uma tarefa, determinado por um método efetivo e executado em ritmo normal por uma pessoa qualificada e treinada”.

Para Silva e Coimbra (1980), o estudo de tempos é um procedimento utilizado para obter a quantidade de tempo necessário que cada etapa deve ser executada por

um operador treinado e qualificado, realizando suas atividades em um ritmo normal e trabalhando sob certas condições de medidas.

O estudo de movimentos e tempos, como também é chamado a Engenharia de Método na literatura, pode ser entendido, portanto, como uma área da engenharia destinada a examinar o trabalho em todos os seus aspectos, buscando encontrar a melhor forma para a execução dos processos e encontrar o tempo correto para a execução dos processos e assim diminuir o tempo das atividades, eliminar as operações desnecessárias e aumentar a produtividade.

Barnes (1977) apresenta sete etapas necessárias na execução do estudo de tempos.

1. Registrar as informações sobre a operação e o operador em estudo;
2. Dividir a operação em elementos e registrar uma descrição completa do método;
3. Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;
4. Definir o número de ciclos a ser cronometrado;
5. Avaliar o ritmo do operador;
6. Determinar as tolerâncias;
7. Determinar o tempo padrão para a operação.

### 2.2.1 Divisão da operação em elementos

Elemento é uma subdivisão de um ciclo de trabalho ou uma operação, ou seja, intervalos com início e fim bem definidos para medir os tempos de execução, de forma a permitir que a operação seja descrita e medida com precisão (SILVA e COIMBRA, 1980).

Uma das etapas importantes do estudo dos tempos é a divisão da operação total em partes menores, possibilitando que o método de trabalho possa ter uma medida precisa (COSTA JÚNIOR, 2008). Segundo este mesmo autor, a divisão da operação deve ser de tal forma que seja possível cronometrá-las com precisão e identificar possíveis anomalias. Esta divisão contribuirá ainda para a determinação do tempo padrão gasto para cada elemento.

Com o intuito de obter um trabalho mais robusto, Peinado e Graeml (2007) alertam sobre o cuidado de não dividir a operação em exageradamente muitos ou demasiadamente poucos elementos. Também sugerem, a partir de inúmeros estudos

realizados sobre cronoanálise, que o tempo mínimo a ser medido deve ser superior a cinco segundos.

### 2.2.2 Processo de cronometragem

A cronometragem dos tempos de execução de uma tarefa é o método mais empregado na indústria para medir o trabalho e deve ser realizada por meio de um cronômetro de hora centesimal, garantindo uma maior precisão no estudo de tempos. Além disso, nas empresas brasileiras é comum utilizar o termo cronoanálise para designar o processo de definir as etapas de estudo, mensuração e determinação dos tempos padrão em uma organização (PURCIDONI, 2021).

Conforme Peinado e Graeml (2007), o processo de cronometragem é realizado no ambiente de trabalho onde acontece a operação. Ressalta-se que a quantidade de cronometragens a serem coletadas deve ser entre 10 e 20 amostras para cada elemento. Para mais, é necessário a utilização de demais instrumentos para desempenhar este método, como uma prancheta adaptada para o apoio do cronômetro e uma folha de observações, permitindo ao cronoanalista anotar as tomadas de tempo em pé. Outro instrumento que pode ser utilizado é a filmadora, que além de servir para a mensuração dos tempos registra os movimentos executados pelos operadores e diminui a tensão psicológica de ter alguém observando.

### 2.2.3 Número de ciclos

Por mais padronizada que a atividade seja, a variabilidade está inerente a qualquer processo produtivo (MONTGOMERY, 2004). Dessa forma, mesmo que o operador trabalhe a um ritmo constante vários fatores internos e externos à operação poderão variar o ritmo de trabalho do operador (BARNES, 1977).

Nesse sentido, os autores Peinado e Graeml (2007) afirmam que a coleta de apenas uma tomada de tempo/ciclo não é suficiente para determinar o tempo padrão de uma atividade. Outrossim, o número de ciclos a serem cronometrados irá depender do grau de precisão desejado no estudo.

Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos é um processo de amostragem, e, conseqüentemente, para diminuir a variabilidade que ocorre no processo, deixar os resultados mais representativos e aumentar a eficiência do estudo é preciso coletar várias tomadas de tempos.



Peinado e Graeml (2007) descrevem a Equação 1 para calcular o número de cronometragens necessárias.

$$N = \left( \frac{Z \times R}{Er \times d_2 \times \bar{X}} \right)^2 \quad (\text{eq.1})$$

Onde:

N = Número de ciclos a serem cronometrados;

Z = Coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;

R = Amplitude da amostra;

Er = Erro relativo da medida;

$d_2$  = Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente;

$\bar{X}$  = Média dos tempos cronometrados.

Em estudo de tempos, a probabilidade Z está relacionada a confiabilidade dos valores cronometrados, também chamado grau de confiança, sendo esta medida um valor entre 90% e 95%. Já o erro relativo representa o quanto a medida de tempo pode variar, para mais ou para menos, variando de acordo com o número de cronometragens iniciais. O erro relativo é considerável aceitável quando varia entre 5% e 10%. (PEINADO e GRAEML, 2007).

A Tabela 1 apresenta os valores de Z relacionados às respectivas probabilidades de grau de confiabilidade:

**Tabela 1 – Coeficientes de distribuição normal**

Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58

Fonte: Peinado e Graeml (2007).

**Tabela 2 – Coeficiente  $d_2$  para o número de cronometragens iniciais**

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
$d_2$	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078	
N	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$d_2$	3,173	3,258	3,336	3,407	3,472	3,532	3,588	3,640	3,689	3,735

Fonte: Peinado e Graeml (2007).

De acordo com a Tabela 2, é possível visualizar que o coeficiente  $d_2$  cresce de acordo com o tamanho da amostra inicial. Assim, quanto maior o número de cronometragens iniciais, menor será o número de ciclos a serem cronometrados.

#### 2.2.4 Avaliação do ritmo do operador

Além da medição do tempo de cada atividade o cronoanalista deve observar também o ritmo do operador. Conforme Andrade (2009), o ritmo é o fator que mede a influência dos componentes “habilidade” e “esforço” na produtividade da operação.

Barnes (1977) esclarece que, em um ambiente de trabalho no qual há mais de um operador realizando a mesma tarefa e o mesmo método, deve-se analisar o operador experiente e treinado que trabalhe mais próximo do ritmo normal. Desse modo, não é recomendado avaliar um operador que trabalhe de forma lenta ou rápida, uma vez que cada tarefa deve ser executada em uma velocidade considerada ideal e que não resulte em grandes esforços pelos operadores.

A avaliação de ritmo, segundo Barnes (1977) e Slack et al. (2009), se trata da comparação do ritmo de trabalho executado pelo operador com o conceito de ritmo normal do observador a respeito da velocidade correspondente ao desempenho padrão. Posteriormente, esta observação de ritmo será utilizada para a determinação do tempo normal da tarefa realizada.

Conforme Peinado e Graeml (2007), o operador pode realizar sua atividade com uma velocidade abaixo ou acima do normal. Caso o operador avaliado realize sua atividade com uma velocidade acima do normal o tempo cronometrado deverá ser ajustado para cima, já que outros operadores não conseguirão repetir esse desempenho. Já se o operador realizar sua atividade com uma velocidade abaixo do normal o tempo cronometrado deverá ser ajustado para baixo, já que menos tempo será necessário para que outros operadores realizem a mesma tarefa (PEINADO e GRAEML, 2007).

A Tabela 3, a seguir, traz os coeficientes em valores decimais referentes às atribuições de habilidade (aptidão para seguir o método) e esforço (anseio de realizar a tarefa) que corresponderão a uma porcentagem a ser adicionada ou subtraída do tempo médio obtido nas cronometragens.

**Tabela 3 – Avaliação de ritmo**

Habilidade		Esforço			
+0,150	A1	SUPER	+0,150	A1	EXCESSIVO
+0,140	A		+0,125	A	
+0,130	A2		+0,120	A2	
+0,110	B1	EXCELENTE	+0,100	B1	EXCELENTE
+0,095	B		+0,090	B	
+0,080	B2		+0,080	B2	
+0,060	C1	BOA	+0,050	C1	BOM
+0,045	C		+0,035	C	
+0,030	C2		+0,020	C2	
+0,000	D	NORMAL	+0,000	D	MÉDIO
-0,050	E1	REGULAR	-0,040	E1	REGULAR
-0,075	E		-0,060	E	
-0,100	E2		-0,080	E2	
-0,160	F1	FRACA	-0,120	F1	FRACO
-0,190	F		-0,145	F	
-0,220	F2		-0,170	F2	

Fonte: Adaptado de Barnes (1977).

### 2.2.5 Tempo normal

Barnes (1977) define tempo normal como o tempo que um operador qualificado e treinado necessita para executar uma tarefa específica, trabalhando em um ritmo normal e sem interferências ou interrupções, e inclui pausas normais e tempo para recuperação. Ademais, para a determinação do tempo normal é necessário ter em mãos a fator de ritmo em percentual que posteriormente será multiplicado pela média dos tempos cronometrados. A Equação 2 permite o cálculo do tempo normal considerando a avaliação de ritmo.

$$TN = TM \times (1 + FR) \quad (\text{eq. 2})$$

Onde:

TN = Tempo normal de cada elemento;

TM = Tempo médio de cada elemento;

FR = Fator de ritmo.

A partir do tempo normal, poderá ser calcular o tempo padrão, que inclui uma margem adicional para pausas, atrasos inevitáveis e outras contingências.

### 2.2.6 Avaliação de tolerâncias

Segundo Peinado e Graeml (2007), o tempo normal não possui nenhum tipo de tolerância, sendo apenas o tempo necessário que um operador qualificado precisa para executar a tarefa em um ritmo normal. Desse modo, Barnes (1977) esclarece que não se pode esperar que uma pessoa trabalhe no mesmo ritmo durante toda a jornada de trabalho, uma vez que algumas interrupções podem ocorrer, como paradas para necessidades pessoais, cansaço ou outras contingências. Desse modo, o autor destrincha a tolerância em três aspectos: pessoal, espera e fadiga.

O primeiro aspecto se refere às necessidades fisiológicas. Para jornadas de trabalho de oito horas, com trabalho leve e com parada para almoço (intervalo pré-estabelecido), o tempo para esta tolerância é em média entre 10 à 24 minutos, ou seja, de 2% a 5% da jornada de trabalho. Em caso de trabalhos mais pesados e ambientes quentes e úmidos requerem maior tempo para estas necessidades, superando os 5% (PEINADO e GRAEML, 2007; BARNES, 1977).

O segundo aspecto corresponde às esperas que ocorrem para a continuidade do trabalho. Nesse sentido, o tempo perdido devido às esperas ocasionadas intencionalmente pelo operador não serão consideradas na determinação do tempo padrão. Já as esperas relacionadas a eventos externos ou que não podem ser evitados, serão consideradas no cálculo do tempo padrão. O tempo perdido pode ser considerado como o tempo de manutenção nas máquinas, paradas inesperadas, falta de material, falhas operacionais, dentre outros. (PEINADO e GRAEML, 2007).

Por fim, o aspecto de fadiga se refere ao tempo dado para descanso dos trabalhadores durante a execução de uma tarefa. No entanto, esse aspecto é difícil de ser computado, pois não há nenhum modo satisfatório de se medir a fadiga (PEINADO e GRAEML, 2007).

Para ajudar nesse estudo, Silva e Coimbra (1980) desenvolveram alguns quadros a fim de facilitar e objetivar a avaliação da tolerância de fadiga, contendo as variáveis: esforço físico, esforço mental e monotonia.

O esforço físico envolve a energia e força necessárias para realizar uma tarefa. Desse modo, consiste na avaliação do grau de desgaste muscular para realizar uma atividade. Para determinar esta tolerância é utilizada a Tabela 4, a seguir:

**Tabela 4 – Avaliação de esforço físico**

GRAU	SIMBOLO	DESCRIÇÃO	ABONO (%)
Muito leve	ML	Trabalho sentado, serviço manual, operar pesos reduzidos, movimentos de braços e mãos.	1,8
Leve	L	Trabalho sentado, serviço manual, pequena movimentação do corpo, pequeno esforço com membros superiores e inferiores.	3,6
Médio	M	Trabalho em pé, pequena movimentação, operar pesos médios.	5,4
Pesado	P	Trabalho em pé, pode haver movimentação em torno do local, carregar, puxar ou sustentar pesos.	7,2
Muito pesado	MP	Operar de modo praticamente contínuo pesos grandes, movimentar-se por longas distâncias transportando pesos de até 20 kg.	9,0

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

O esforço mental refere-se à concentração, atenção e tomada de decisões, bem como a precisão de movimentos necessários para realizar uma tarefa. Para determinar esta tolerância faz-se o uso da Tabela 5, a seguir:

**Tabela 5 – Avaliação de esforço mental**

GRAU	SIMBOLO	DESCRIÇÃO	ABONO (%)
Leve	L	Serviço repetitivo e invariável, pequena responsabilidade de segurança e qualidade, trabalho que são requer decisões.	0,6
Médio	M	Responsabilidade de segurança e qualidade, requer pequenas decisões e/ou o uso de instrumentos.	1,8
Pesado	P	Grande responsabilidade de segurança e qualidade, responsabilidade pelo trabalho de outros, grande necessidade de decisões.	3,0

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

A monotonia ocorre quando uma tarefa é repetitiva e há a falta de variação. Tarefas monótonas podem levar ao desinteresse e à redução da atenção, resultando em um aumento de erros e diminuição da eficiência. Para determinar o grau de repetitividade é utilizada a Tabela 6, a seguir:

**Tabela 6 – Avaliação de monotonia**

<b>DURAÇÃO CICLO (Em Minutos)</b>	<b>ABONO (%)</b>
De 0 a 0,05	7,8
De 0,06 a 0,25	5,4
De 0,26 a 0,50	3,6
De 51 a 1,00	2,1
De 1,01 a 4,00	1,5
De 4,01 a 8,00	1,0
De 8,01 a 12,00	0,6
Acima de 12,00	0,3
Ciclo Industrial	1,0

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

Outro ponto que deve ser analisado, segundo Silva e Coimbra (1980), é o fator de tempo perdido e recuperado, sendo este fator bastante crítico em ambientes com máquinas que não há a necessidade de intervenção humana. No entanto, em ambientes que não há a existência de máquinas automatizadas a valor em porcentagem para este fator será igual a 1,00. Para determinar esta variável, são dispostas as seguintes equações:

$$\% \text{ tempo recuperado} = \frac{(E - F) \times 100}{E} \quad (\text{eq.3})$$

Onde:

$$E = \text{Tempo máquina} + \text{Trabalho Manual com Máquina Parada} \quad (\text{eq.4})$$

$$F = \text{Tempo Manual} \times (\text{Máquina Parada} + \text{Máquina em Movimento}) \quad (\text{eq.5})$$

A Tabela 7, a seguir, auxilia na determinar deste fator.

**Tabela 7 – Avaliação de tempo perdido e recuperado**

<b>% TEMPO PERDIDO E RECUPERADO</b>	<b>FATOR</b>
De 0 a 5	1,00
De 6 a 10	0,90
De 11 a 15	0,80
De 16 a 20	0,71
De 21 a 25	0,62
De 26 a 30	0,54
De 31 a 35	0,46
De 36 a 40	0,39
De 41 a 45	0,32
De 46 a 50	0,26
De 51 a 55	0,20
De 56 a 60	0,15

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

Por fim, após a determinação de todos os fatores acima mencionados, é calculado o valor total da tolerância em porcentagem através da Equação 6.

$$\text{Tol} = [(A + B) \times C] + D \quad (\text{eq.6})$$

Onde:

Tol = Fator de tolerância;

A = Fator de esforço físico;

B = Fator de esforço mental;

C = Fator de tempo perdido e recuperado;

D = Fator de monotonia.

### 2.2.7 Tempo padrão

O tempo padrão corresponde ao tempo necessário para que um operador qualificado execute a atividade em ritmo normal durante a jornada de trabalho, levando-se em conta os tempos dispostos para as necessidades pessoais, espera, fadiga e demais interrupções (BARNES, 1977). O autor ainda comenta que muitas empresas consideram o tempo normal como sendo o tempo padrão, sendo, assim, um erro que deve ser evitado.

Para determinar corretamente o tempo padrão faz-se o uso da Equação 7.

$$\text{TP} = \text{TN} \times (1 + \text{Tol}) \quad (\text{eq.7})$$

Onde:

TP = Tempo padrão;

TN = Tempo normal;

Tol = Fator tolerância.

O cálculo do tempo padrão é de fundamental importância para a conclusão das análises de capacidade produtiva dentro da linha de produção, sendo possível identificar gargalos que impactam diretamente na produtividade dos operadores.

### 2.2.8 *Takt time*

Para o autor Dennis (2008) o *takt time* refere-se à frequência de uma demanda, ou seja, a frequência que um determinado item deve ser produzido e o ritmo de produção a ser seguido. Em outras palavras, o *takt time* nada mais é do que o tempo

necessário para produzir cada peça/produto de maneira a atender a demanda do cliente, sendo, dessa maneira, o tempo que condiciona o ritmo de produção. Também é utilizado para a análise do balanceamento de linhas, facilitando a identificação dos gargalos da linha de produção. Para determinar o *takt time* faz-se o uso da Equação 8.

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo Disponível de Produção}}{\text{Demanda do Cliente}} \quad (\text{eq.8})$$

## 2.3 CAPACIDADE PRODUTIVA

Gaither e Frazier (2001) se referem à definição de capacidade dada pelo Federal Reserve Board (FRB): “o maior nível de produção que uma empresa pode manter dentro da estrutura de uma programação de trabalho realista, levando em conta um período de inatividade normal e supondo uma disponibilidade suficiente de entradas para operar a maquinaria e o equipamento existente”.

De acordo com Moreira (1998), a capacidade produtiva pode ser entendida como sendo a capacidade máxima de produtos ou serviços que uma organização pode produzir em um determinado intervalo de tempo. Slack (2009) complementa que para determinar a capacidade produtiva deve-se levar em consideração as limitações de recursos disponíveis e os processos em funcionamento.

O conceito de capacidade pode ser estratificado em outras definições mais específicas e de maior grau de utilidade para seu planejamento. Segundo Slack (2009), existem quatro tipos de capacidade: capacidade instalada, capacidade disponível, capacidade efetiva e capacidade realizada. A primeira consiste no volume máximo que uma empresa pode alcançar, sem considerar as perdas e ineficiências, sendo uma medida hipotética, a ser utilizada para definições estratégicas.

### 2.3.1 Capacidade disponível

A capacidade disponível corresponde a quantidade máxima que uma empresa pode produzir dentro da jornada de trabalho disponível, sem considerar qualquer tipo de perda (PEINADO e GRAEML, 2007). Segundo os mesmos autores, existem duas maneiras de se aumentar a capacidade disponível. A primeira consiste no aumento da capacidade instalada, ou seja, em produzir mais na mesma jornada de trabalho, sendo o investimento na planta industrial uma solução. A segunda maneira é aumentando a



jornada de trabalho, através do aumento de turnos ou de horas extras, o que implicaria no aumento do custo com a mão de obra.

A capacidade disponível pode ser definida pela Equação 9, a seguir.

$$\text{Capacidade Disponível} = \frac{\text{CH}}{\text{TP}} \quad \text{Eq. (9)}$$

Onde:

CH = Carga horária da jornada de trabalho;

TP = Tempo padrão.

### 2.3.2 Capacidade efetiva

A capacidade efetiva é o resultado da capacidade disponível considerando as paradas planejadas da empresa. Estas perdas incluem paradas para manutenção, amostragens de qualidade, troca de turno, entre outras (PEINADO e GRAEML, 2007). Esta capacidade é obtida através da Equação 10.

$$\text{Capacidade Efetiva} = \frac{\text{CH-PP}}{\text{TP}} \quad \text{Eq. (10)}$$

Onde:

PP = Tempo utilizado para paradas planejadas.

### 2.3.3 Capacidade realizada

Segundo Peinado e Graeml (2007), a capacidade realizada é compreendida como sendo a capacidade efetiva subtraindo-se as paradas não planejadas. Dessa forma, pode ser entendida como a capacidade que realmente aconteceu em determinado período. As perdas não planejadas são todas as situações que fogem do controle da empresa, como falta de energia elétrica, falta de funcionários, parada para manutenção corretiva, entre outras. A Equação 11 descreve o cálculo da capacidade realizada.

$$\text{Capacidade Realizada} = \frac{\text{CH-PP-PNP}}{\text{TP}} \quad \text{Eq. (11)}$$

Onde:

PNP = Tempo utilizado para paradas não planejadas.

#### 2.3.4 Eficiência do processo

A eficiência do processo refere-se à eficácia com que os recursos da organização são usados para produzir a demanda desejada. Slack (2009) determina a eficiência do processo como sendo a razão entre a produção real e a capacidade efetiva. Por meio dessa medida, é possível trazer alguns benefícios para a organização, como identificar áreas de melhoria e gargalos, otimizar processos, reduzir custos operacionais e alocar recursos de forma mais eficaz, minimizando desperdícios e otimizando o uso dos recursos disponíveis. A Equação 12 demonstra como determinar a eficiência do processo.

$$\text{Eficiência (\%)} = \frac{\text{Produção real}}{\text{Capacidade efetiva}} \times 100 \quad \text{Eq. (12)}$$

Após finalizar esta etapa, será possível ter em mãos informações suficientes para determinar o verdadeiro potencial produtivo da empresa e verificar seu desempenho atual.

Concluído toda a fundamentação teórica, partiu-se para a metodologia, precedida dos resultados, sugestões de melhorias para a empresa e por fim da conclusão.

### **3. METODOLOGIA**

#### **3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA**

Para este estudo, a pesquisa realizada é caracterizada quanto a natureza como aplicada, uma vez que houve visitas à empresa, com coleta de dados in loco, a fim de entender sobre o processo produtivo, as atividades realizadas e, assim, buscar soluções para os problemas encontrados.

A abordagem possui característica qualitativa-quantitativa. Quanto a característica qualitativa, buscou-se entender a explicação das atividades realizadas na empresa, bem como a realização da avaliação do ritmo de trabalho do operador analisado por se tratar de uma avaliação subjetiva diante da observação. Quanto a característica quantitativa, foi utilizado de elementos quantificáveis para a construção do trabalho. Dessa maneira, ocorreram estudos de comparação e análise de medidas estatísticas de dados através de equações e softwares.

Segundo Gil (2022), a pesquisa pode ser classificada quanto aos objetivos como exploratória, descritiva ou explicativa. A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, buscando aprimoramentos de ideias e com um planejamento bastante flexível. Já a pesquisa descritiva, tem como objetivo descrever as características e fenômenos de determinada realidade. Desse modo, a pesquisa realizada é classificada como exploratória, pois fez-se necessário um levantamento bibliográfico e entrevistas com os colaboradores para entendimento dos processos e compreensão da situação atual da empresa. Também é classificada como descritiva, pois houve o uso de técnicas padronizadas para coleta de dados, além de observações sistemática dos processos.

Com relação aos procedimentos, o trabalho é classificado como estudo de caso com características participantes, pois trata-se de um estudo em um cenário específico e existente, com pouco controle sobre os eventos e que dependeu da participação e envolvimento dos colaboradores da empresa. Esta classificação é caracterizada pela busca do detalhamento aprofundado do assunto, de modo que permita seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2022).

### 3.2 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO

A empresa objeto de estudo é de pequeno porte, fundada em 2003, especializada na produção e comercialização de *flake* de PET a partir de garrafas PET recicladas, sendo líder no setor de beneficiamento de garrafas de polietileno tereftalato, proveniente do pós-consumo, localizada na cidade de Campina Grande, Paraíba. Seu crescimento é reconhecido e cada vez mais vem se tornando uma empresa inovadora, se preocupando com seus clientes e em atender as altas e diversificadas demandas. Além do *flake* de PET, a empresa comercializa pó de PET, e rótulos e tampas trituradas, originados dos rejeitos pós-produção.

O processo produtivo do *flake* segue uma sequência simples: coleta/compra de garrafas PET descartadas, separação manual, moagem, lavagem e secagem. Além disso, é realizado o teste de qualidade amostral de cada *big bag*, no qual é verificado a existência de contaminantes, como madeira, alumínio, pano, borracha, dentre outros, sendo o PVC (Policloreto de Vinila) o principal contaminante. O nível de contaminação é dado por ppm (Parte por Milhão) e por uma classificação em tabela, não podendo ultrapassar a classificação de G2 Alto.

**Tabela 8 – Classificação de contaminação**

Valor	1 a 200g	201 a 250g	251 a 410g	401 a 700g	Acima de 700g
Classificação	G1	G2 Baixo	G2 Alto	G3	G4

Fonte: Dados da Empresa.

O setor em proposta é responsável por produzir o cargo chefe da empresa, o *flake* PET, sendo produzido cerca de 2.290 toneladas por ano. Este ato da reciclagem da garrafa PET como forma de torná-la matéria-prima para novos produtos desempenha um papel essencial na preservação do meio ambiente e na contribuição da economia. Desse modo, o *flake* produzido é comercializado para diferentes empresas, e sua aplicação é diversificada, podendo ser utilizado na indústria de termoformagem, na fabricação de tecidos, vassouras, cordas, tintas, etc.

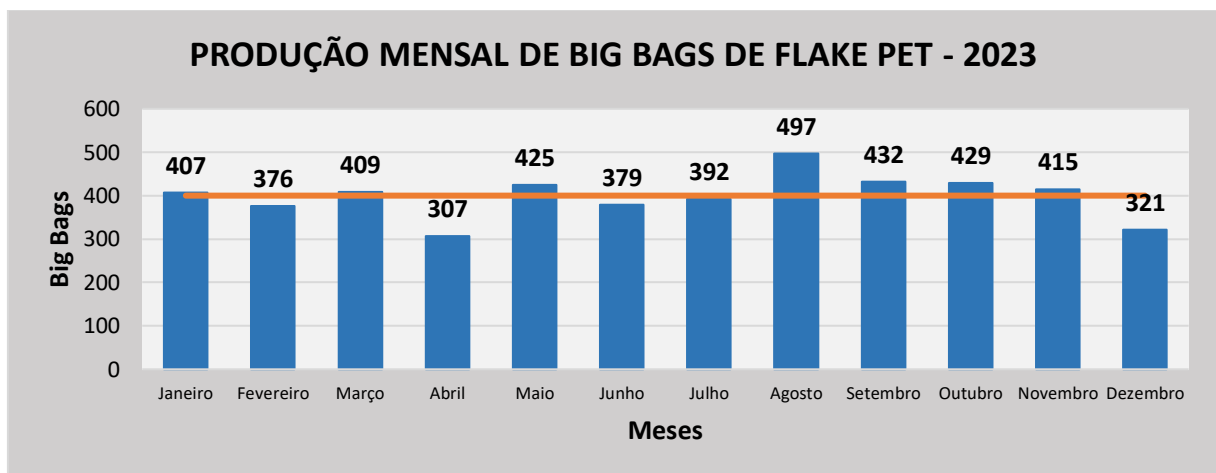
O setor produtivo foi escolhido por haver constantes diferenças na quantidade de *big bags* de *flake* PET produzidos diariamente nos turnos, devido as várias paradas para manutenção e da má qualidade das garrafas PET que contêm diversos contaminantes, e por ocorrer um não cumprimento da demanda de produção mensal, ocasionado pelo tempo excessivo que os *big bags* levam para serem produzidos, levando em consideração o cenário de 2024. A partir dessa problemática, foi pensado

na aplicação do estudo de tempos e métodos como forma de determinar a capacidade produtiva real da empresa, bem como propor melhorias para o setor.

### 3.3 DADOS HISTÓRICOS

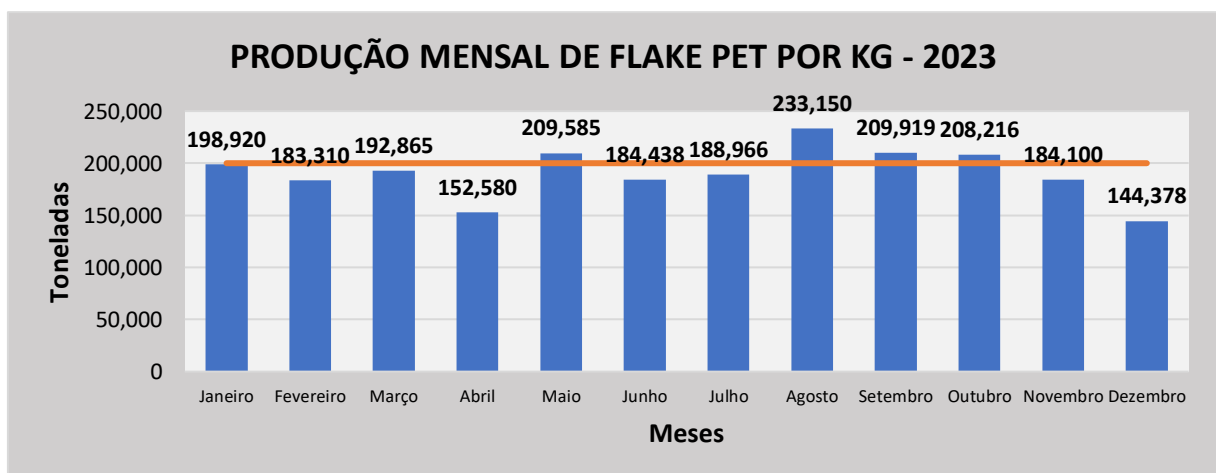
A produção do *flake* PET é acompanhada e registrada diariamente através de um relatório de produção preenchida pelos operadores responsáveis, informando a quantidade de *big bags* e os pesos respectivos. A empresa alvo forneceu o histórico de produção de *flake* PET do período de janeiro de 2023 até dezembro de 2023, período este no qual a meta mensal correspondia a 400 *big bags*, com meta por peso de 200 toneladas, meta principal. Os dados estão representados nas Figuras 1 e 2 logo abaixo.

**Figura 1 – Produção mensal de *big bags* de *flake* PET em 2023**



Fonte: Dados da Empresa.

**Figura 2 – Produção mensal por toneladas de *flake* PET em 2023**



Fonte: Dados da Empresa.

Através da Figura 1, obtém-se que a produção média de *big bags* de *flake* PET é de 399 unidades por mês, sendo praticamente o valor da meta mensal, 400 *big bags*. A empresa conseguiu no ano em questão bater a meta mensal de *big bags* em sete meses, correspondendo a 58,33% do total. Entretanto, analisando a produção mensal do ano de 2023 através da meta por peso, 200 toneladas, na Figura 2, observa-se que a principal meta não foi alcançada na maioria dos meses, apenas em quatro meses, correspondendo a 33,33% do total. Tal fato se realiza devido a não padronização do peso de cada *big bag* produzido, o qual é definido como sendo de 500 Kg, além de ter pesos variáveis de produção de 525 e 550 Kg.

### **3.4 MAPEAMENTO DE PROCESSOS**

Feita a fundamentação teórica, partiu-se para o planejamento do estudo de caso. Inicialmente, foi realizado o mapeamento de processos no setor produtivo que se deu por duas etapas.

A primeira parte englobou o registro do fluxo de operações por meio da ferramenta fluxograma de processos. Para isso, foi mapeado todo o setor produtivo da empresa de forma a elencar todas as atividades executadas durante o processo de produção e construído um fluxograma para entendimento visual.

A segunda etapa se deu pela utilização da ferramenta mapofluxograma. Como passo inicial, foi estruturado o arranjo físico do setor, uma vez que a empresa não dispunha de tal layout. Posteriormente, foi englobado no layout o fluxo de operações por meio de símbolos para descrever cada tipo de atividade. Esta etapa se posiciona como essencial para conhecimento de toda a dimensão do setor, bem como entender como é a disposição dos maquinários, o uso geral do espaço e o sequenciamento das atividades.

### **3.5 ENGENHARIA DE MÉTODOS**

A Engenharia de Métodos foi focada na aplicação da cronoanálise, também denominada de estudo de tempos e métodos. Esta etapa foi elaborada por meio dos princípios desenvolvidos por Barnes (1977), seguindo os passos descritos abaixo:

1. Dividir a operação em elementos e registrar uma descrição completa do método;
2. Observar e registrar o tempo gasto pelo operador;

3. Definir o número de ciclos a ser cronometrado;
4. Avaliar o ritmo do operador;
5. Determinar o tempo normal;
6. Determinar as tolerâncias;
7. Determinar o tempo padrão para a operação;
8. Determinar o takt time.

### **3.6 CAPACIDADE PRODUTIVA**

Após a etapa do estudo de tempos e métodos ser concluída, partiu-se para a realização do estudo da capacidade produtiva da empresa. Esse estudo foi desenvolvido por meio da determinação dos tipos de capacidades descritas por Slack (2009): capacidade disponível, capacidade efetiva e capacidade realizada.

### **3.7 AVALIAÇÃO DE MELHORIAS**

A fase final da metodologia deste trabalho se preocupou em analisar o cenário da empresa e propor melhorias para o setor, determinar o tempo padrão para o processo estudado e comparar a capacidade produtiva real do setor com os dados de produção registrados e fornecidos pela empresa.

## 4. RESULTADOS E DISCURSSÕES

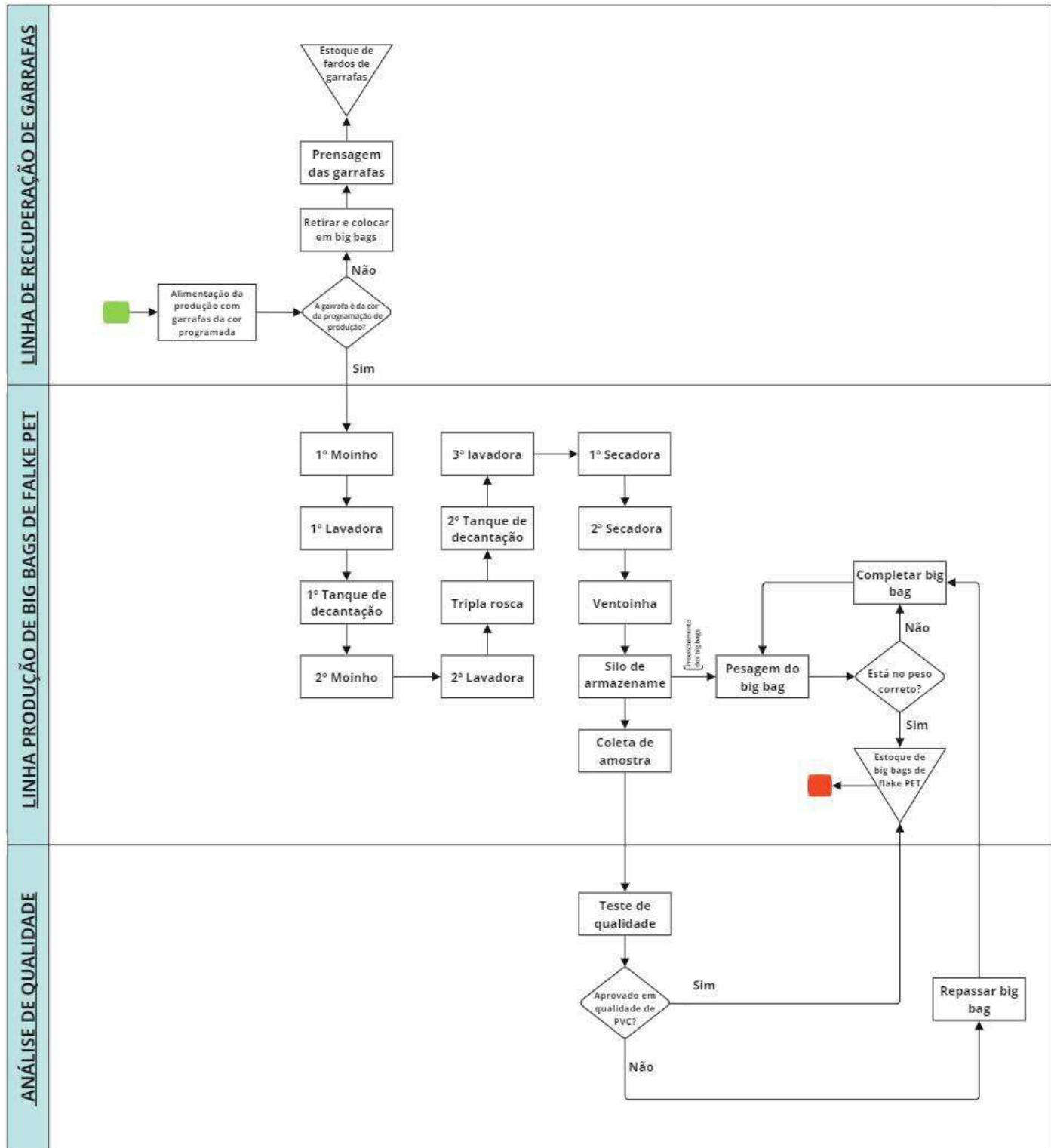
### 4.1 MAPEAMENTO DE PROCESSO

#### 4.1.1 Fluxograma do processo

Como forma de entender as etapas do processo de produção de *big bags* de *flake* PET foi realizado um mapeamento de processo para o desenvolvimento do fluxograma (Figura 3).



Figura 3 – Fluxograma do processo



Fonte: Autor.

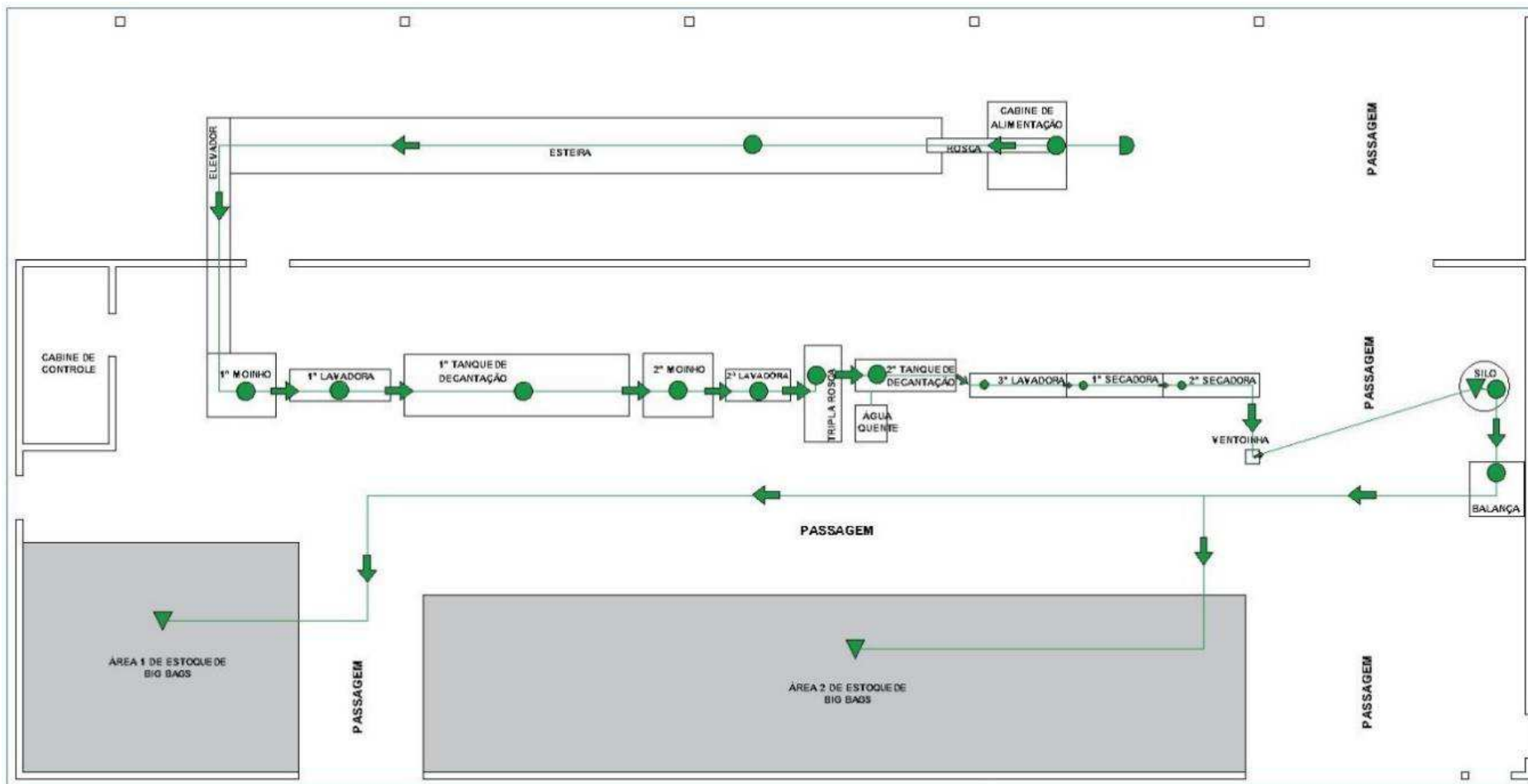
Como a Figura 3 demonstra, a produção se inicia com a alimentação de garrafas PET, passando posteriormente para a separação manual, no qual ocorre a retirada de contaminantes e das garrafas que não são da cor programada, sendo estas prensadas para uso futuro. Logo após, as garrafas são direcionadas para os maquinários, no qual irá ocorrer a moagem, lavagem com água e demais produtos, secagem e o preenchimento dos *big bags*, com peso mínimo de 500 Kg. No final do processo é realizado o teste de qualidade com uma amostra de cada *big bag*, com o intuito de verificar o grau de contaminantes e determinar se o *big bag* está aprovado ou não.

#### 4.1.2 Mapofluxograma

Feito o mapeamento do processo e a elaboração do fluxograma, partiu-se para a simbolização de todas as etapas através de um mapofluxograma. Inicialmente, foi necessário representar o layout do setor estudado, visto que a empresa não dispunha de tal desenho técnico. Foram, então, considerados no desenho os maquinários e o fluxo de movimentação do produto durante o processo produtivo.

Para a criação do layout foi utilizado o software AutoCAD 2024. Como o intuito desta atividade é apenas demonstrar de forma simples e objetiva a disposição dos maquinários no setor e do fluxo de movimentação do produto, algumas normas e formatações foram desconsideradas. O layout com as devidas cotas pode ser consultado na figura em anexo.

Figura 4 – Mapofluxograma do processo



Fonte: Autor.

Tabela 9 – Descrição das atividades do processo

Símbolo	Descrição da atividade
○⇨□●▽	Espera
●⇨□D▽	Alimentação da produção
○⇨□D▽	Transporte até a esteira
●⇨□D▽	Separação da matéria-prima e contaminantes
○⇨□D▽	Transporte até o elevador
○⇨□D▽	Transporte até o 1º moinho
●⇨□D▽	Moagem
○⇨□D▽	Transporte até 1ª lavadora
●⇨□D▽	Lavagem
○⇨□D▽	Transporte até o 1º tanque de decantação
●⇨□D▽	Decantação
○⇨□D▽	Transporte até o 2º moinho
●⇨□D▽	Moagem
○⇨□D▽	Transporte até 2ª lavadora
●⇨□D▽	Lavagem
○⇨□D▽	Transporte até a tripla rosca
●⇨□D▽	Separação dos rótulos
○⇨□D▽	Transporte até 2º tanque de decantação
●⇨□D▽	Decantação
○⇨□D▽	Transporte até 3ª lavadora
●⇨□D▽	Lavagem
○⇨□D▽	Transporte até 1ª secadora
●⇨□D▽	Secagem
○⇨□D▽	Transporte até a 2ª secadora
●⇨□D▽	Secagem
○⇨□D▽	Transporte até a ventoinha
○⇨□D▽	Transporte até o silo de armazenamento
○⇨□D▽	Armazenamento
●⇨□D▽	Preenchimento dos big bags
○⇨□D▽	Transporte até a balança
●⇨□D▽	Pesagem
○⇨□D▽	Transporte até o estoque
○⇨□D▽	Estocagem

Fonte: Autor.

## 4.2 ENGENHARIA DE MÉTODOS

### 4.2.1 Divisão da operação em elementos

A cronometragem na produção do *big bag* de *flake* PET neste trabalho ocorreu a partir do setor de embalagem do produto, não considerando a parte da alimentação, separação de matéria-prima e os maquinários, uma vez que essas partes funcionam de maneira contínua e fechada. Ademais, fica exposto que o preenchimento dos *big*

*bags* ocorre pelo silo de armazenamento quando este está aberto. Esse preenchimento não demanda da operação de um operador, todavia, o tempo dessa atividade sofre variações em virtude das paradas para manutenção corretiva e da má qualidade do material.

Realizado a análise dos processos, os elementos que servirão para a realização da operação são:

- 1- Colocar e amarrar o *big bag*;
- 2- Preencher o *big bag*;
- 3- Retirar e pesar o *big bag*;
- 4- Completar o *big bag*.

Outro ponto importante a ser esclarecido diz respeito a etapa de completar o *big bag*, que consiste em adicionar *flake* PET manualmente para chegar no peso correto após o término da etapa de preenchimento. Esta etapa ocorre simultaneamente com o preenchimento dos demais *big bags*, uma vez que após retirar um *big bag* é adicionado outro no lugar, fazendo com que o operador realize esta última etapa em conjunto com o preenchimento, mas não necessariamente é realizada após o término da etapa de preenchimento.

#### 4.2.2 Processo de cronometragem

Com a determinação dos elementos da operação, partiu-se para a etapa de cronometragem. Foi realizada uma amostragem inicial de 20 cronometragens para cada elemento junto ao operador, seguindo recomendação literária de realizar uma amostragem inicial entre 10 e 20 cronometragens.

Foi escolhido, para analisar, um operador experiente com conhecimento na realização das atividades, de forma a deixar o estudo o mais preciso possível. O operador foi instruído a realizar as atividades em seu ritmo normal, para que a cronometragem não apresentasse um resultado com velocidade alterada em relação a rotina do setor. Os tempos coletados na amostra inicial se encontram na Tabela 10, a seguir:

**Tabela 10 – Cronometragens da amostragem preliminar**

<b>Elementos</b>				
<b>Cronometragens (segundos)</b>	<b>Amarrar o big bag</b>	<b>Preencher o big bag</b>	<b>Retirar e pesar o big bag</b>	<b>Completar o big bag</b>
	89,17	1891,85	131,22	637,13
	122,85	1918,27	133,94	753,63
	105,01	1835,49	144,15	790,12
	131,50	1849,03	118,09	684,47
	126,21	1874,56	153,34	595,53
	107,14	1933,45	161,12	672,10
	106,08	1874,06	149,87	487,94
	114,97	1826,20	108,93	662,29
	135,53	1725,14	112,55	766,40
	133,83	1807,11	134,08	425,62
	119,16	1881,81	125,01	622,30
	98,76	1882,26	136,46	637,58
	137,28	1823,27	96,77	662,07
	101,63	1959,18	142,42	535,14
	90,60	1810,32	127,28	521,18
	139,33	1841,04	162,31	628,29
	113,71	1807,57	123,20	760,42
	146,09	1894,47	122,16	785,43
	121,83	1819,44	106,06	421,36
109,22	1831,28	138,22	553,49	
<b><math>\bar{x}</math></b>	117,495	1854,290	131,359	630,125
<b>R</b>	56,92	234,04	65,54	368,76

Fonte: Autor.

#### 4.2.3 Determinação do número de ciclos

Primeiramente, foi analisado o tipo de distribuição dos dados coletados, verificando se seguem distribuição normal, com o intuito de se utilizar o coeficiente de probabilidade igual a 95%, conforme recomendação literária. Para esta verificação, foi utilizado o software Minitab 2021, tendo como resultado a normalidade de todos os elementos das 20 medições realizadas na amostragem preliminar, uma vez que todos os elementos apresentaram um P-valor superior a 0,05, como demonstrado na Tabela 11, a seguir:

**Tabela 11 – Análise de normalidade dos dados amostrais**

Nº elemento	Sequência operacional	Tempo médio (s)	P-valor
1	Amarrar o <i>big bag</i>	117,495	0,856
2	Preencher o <i>big bag</i>	1854,290	0,497
3	Retirar e pesar o <i>big bag</i>	131,359	0,995
4	Completar o <i>big bag</i>	630,125	0,496

Fonte: Autor.

Posteriormente, foi verificado se a quantidade de amostras era suficiente para obter resultados mais realistas e satisfatórios, garantindo o aumento da precisão e da confiabilidade dos dados. Dessa forma, foi aplicado o cálculo de número de ciclos utilizando a Equação 1. Para mais, foram adotados os seguintes parâmetros: nível de confiança igual a 95%, amplitude de acordo com a diferença entre os valores máximos e mínimos de cada elemento, erro relativo igual a 6%, coeficiente em função da quantidade de cronometragens realizadas ( $d_2$ ) igual a 3,735 e média aritmética conforme os valores das cronometragens preliminares de cada elemento. Os valores encontrados podem ser verificados na Tabela 12, a seguir:

**Tabela 12 – Cálculo do número de ciclos para cada elemento**

Nº elementos	Sequência operacional	A	B	C	Nº de ciclos
		$Z \times R$	$Er \times D2 \times \bar{x}$	$A / B$	$C^2$
1	Amarrar o <i>big bag</i>	111,563	26,331	4,237	18
2	Preencher o <i>big bag</i>	458,718	415,546	1,104	2
3	Retirar e pesar o <i>big bag</i>	128,458	29,438	4,364	20
4	Completar o <i>big bag</i>	722,770	141,211	5,118	27

Fonte: Autor.

O maior valor encontrado para o número de ciclos corresponde a 27, designado para o elemento 4, completar o *big bag*. Normalmente, é buscado ter uma menor interferência de ruídos e inconsistências nas análises, e por isso foi utilizado o maior valor encontrado do número de ciclos para todos os elementos, mesmo que os cálculos apresentassem uma necessidade menor para a maioria. Neste caso, foi considerado o número de 27 amostras como a quantidade ideal para cada elemento. Logo, foram realizadas novas cronometragens para atender ao número de ciclos determinado e constatou-se que os dados ainda seguem comportamento normal. Os dados coletados podem ser observados na Tabela 13, a seguir:

Tabela 13 – Cronometragens da amostragem final do estudo

	Elementos			
	Amarrar o big bag	Preencher o big bag	Retirar e pesar o big bag	Completar o big bag
	89,17	1891,85	131,22	637,13
	122,85	1918,27	133,94	753,63
	105,01	1835,49	144,15	790,12
	131,50	1849,03	118,09	684,47
	126,21	1874,56	153,34	595,53
	107,14	1933,45	161,12	672,10
	106,08	1874,06	149,87	487,94
	114,97	1826,20	108,93	662,29
	135,53	1725,14	112,55	766,40
	133,83	1807,11	134,08	425,62
	119,16	1881,81	125,01	622,30
	98,76	1882,26	136,46	637,58
	137,28	1823,27	96,77	662,07
	101,63	1959,18	142,42	535,14
	90,60	1810,32	127,28	521,18
	139,33	1841,04	162,31	628,29
	113,71	1807,57	123,20	760,42
	146,09	1894,47	122,16	785,43
	121,83	1819,44	106,06	421,36
	109,22	1831,28	138,22	553,49
	96,54	1921,24	130,88	682,72
	119,14	1815,59	123,45	771,14
	120,78	1908,03	134,62	609,08
	121,02	1932,17	144,15	657,43
	117,65	1836,42	117,03	721,01
	123,74	1870,1	133,17	585,79
	108,11	1977,13	141,41	675,33
<b><math>\bar{x}</math></b>	116,921	1864,684	131,552	640,926
<b>R</b>	56,92	251,99	65,54	368,76
<b>P-valor</b>	0,938	0,485	0,985	0,394

Fonte: Autor.

#### 4.2.4 Fator de ritmo

Como já mencionado, a avaliação de ritmo de trabalho do colaborador é considerando 100% como ritmo normal para a execução das atividades. Para a análise foi utilizado a Tabela 3, a qual contém os coeficientes para normalização.

Conforme foi observado, o colaborador analisado apresentou bom conhecimento nos procedimentos da operação, bem como uma ótima execução de



suas atividades, uma vez que o mesmo apresenta grande experiência na área devido a trabalhar na empresa há alguns anos. No entanto, em alguns momentos foi percebido desatenção durante seu trabalho, como não ter verificado o estado do *big bag* antes de colocá-lo no silo, o que resultou na necessidade trocá-lo em cima da hora, atrasando a produção. Também foram observadas paradas e saídas do posto de trabalho para a execução de outras atividades em outro setor em virtude da falta de pessoal. Portanto, seu nível de habilidade foi considerado como regular.

Quanto ao esforço, foi possível perceber que o colaborador não apresentou tanta dificuldade física durante seu trabalho, bem como as atividades realizadas não demandavam um esforço muito grande. Dessa maneira, o nível de esforço foi considerado como regular.

Logo, o fator de ritmo final obtido através da observação direta para o estudo de tempos e métodos pode ser observado na Tabela 14, a seguir:

**Tabela 14 – Avaliação do fator de ritmo por observação direta**

Nº elementos	Sequência operacional	Avaliação de ritmo		
		Habilidade	Esforço	Fator (%)
1	Amarrar o <i>big bag</i>	E1	E1	90
2	Preencher o <i>big bag</i>	D	D	0
3	Retirar e pesar o <i>big bag</i>	E1	E1	90
4	Completar o <i>big bag</i>	E1	E1	90

Fonte: Autor.

Como pode ser visto, mesmo escolhendo um operador experiente, algumas inconsistências durante a execução das atividades contribuíram para que o valor do fator dos elementos não resultasse na nota máxima.

#### 4.2.5 Tempo normal

Após ser determinado o número de ciclos e o fator de ritmo de cada elemento foi determinado o tempo normal, sendo este o tempo que um operador treinado e qualificado terá para executar determinada atividade, trabalhando em um ritmo normal e sem interferências. Para o cálculo do tempo normal foi utilizado a Equação 2, que consiste na multiplicação do tempo médio pelo fator de ritmo em porcentagem. Os resultados podem ser observados na Tabela 15, a seguir:

**Tabela 15 – Tempos normais calculados**

Nº elemento	Sequência operacional	Tempo médio (min)	Fator (%)	Tempo normal (min)
1	Amarrar o <i>big bag</i>	1,949	90	2,144
2	Preencher o <i>big bag</i>	31,078	-	31,078
3	Retirar e pesar o <i>big bag</i>	2,193	90	2,412
4	Completar o <i>big bag</i>	10,682	90	11,75
<b>Total</b>		45,901	-	47,384

Fonte: Autor.

Conforme o cálculo realizado, o tempo normal para a realização de toda a operação de produção de *big bags* de *flake* PET é de 47,384 minutos.

#### 4.2.6 Determinação do fator de tolerância

Após determinar o tempo normal do processo obtido através das cronometragens e ajustado ao fator de ritmo, é necessário ainda levar em consideração que o operador não irá realizar suas atividades sem nenhuma interrupção durante a jornada de trabalho. Dessa forma, foram levados em consideração o tempo algumas tolerâncias nos cálculos, como o tempo para as necessidades pessoais, sendo adotado um limite comumente utilizado pelas empresas, limite esse de 5% da jornada de trabalho, 24 minutos; fadiga (esforço físico, esforço mental, monotonia e condições ambientais) e espera.

Quanto ao esforço físico, foi levado em consideração o nível de esforço que a atividade necessita. O operador realiza suas atividades em pé durante toda a jornada de trabalho, com movimentos curtos e deslocamentos pequenos na área estudada. O mesmo na etapa de completar o *big bag* levanta um recipiente contendo *flake* PET com peso relativamente pequeno. No entanto, o operador executa outras atividades em outros setores quando há a necessidade, em virtude de não haver alguém disponível no momento. Estas demais atividades fazem com que ele tenha que se deslocar médias distâncias e em algumas circunstâncias deslocar manualmente um fardo de garrafas que contém um peso médio de 300 Kg.

O próximo fator avaliado foi o mental. Foi observado que para a execução das atividades o operador não possui uma pressão alta quanto as precisões, uma vez que as atividades são simples. Ademais, é necessária uma precisão quanto aos pesos dos *big bags* de *flake* PET. Conforme os dados históricos de 2023, os pesos dos *big bags* de *flake* PET possuem muitas variações, não havendo uma padronização, o que não

resultava muitas vezes no cumprimento da meta mensal em relação ao total em toneladas a ser produzido. Para o ano de 2024, o gerente de produção enfatizou sobre a padronização dos pesos, sendo 500 Kg o peso mínimo e padrão, mas estabelecendo demais padronizações de 525 Kg e 550 Kg. Em caso de *big bags* abaixo do peso padrão o operador é chamando a atenção e o *big bag* produzido não entrará para a contagem da meta de bonificação.

A questão da monotonia também foi estudada. Foi evidenciado que os movimentos executados pelo operador não são realizados com tanta frequência, ou seja, não há uma repetitividade de movimentos em longos períodos. O grau de monotonia determinado foi estabelecido conforme a tabela desenvolvida por Silva e Coimbra (1980), sendo feito o abono de acordo com a duração do ciclo para cada elemento da operação.

Por fim, para o abono de tempo perdido e recuperado seguiu-se conforme orientação apresentada no referencial teórico. Com isso, o valor determinado do tempo perdido e recuperado para cada elemento foi estabelecido conforme a Tabela 8 desenvolvida por Silva e Coimbra (1980).

Os abonos determinados para avaliação de esforço físico, mental, monotonia e tempo perdido e recuperado podem ser observados na Tabela 16, logo abaixo:

Tabela 16 – Avaliação do fator de fadiga

Nº elementos	Sequência operacional	Necessidades pessoais	Esforço físico		Esforço mental		Tempo perdido e recuperado		Monotonia		Fator de tolerância
			Classificação	Abono %	Classificação	Abono %	%	Fator	Classificação	Abono %	
1	Amarar o <i>big bag</i>	5%	ML	1,80	L	0,6	de 0 a 5	1,00	de 1,01 a 4,00	1,5	8,90
2	Preencher o <i>big bag</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Retirar e pesar o <i>big bag</i>	5%	ML	1,80	L	0,6	de 0 a 5	1,00	de 1,01 a 4,00	1,5	8,90
4	Completar o <i>big bag</i>	5%	M	5,40	M	1,8	de 0 a 5	1,00	de 8,01 a 12,00	0,6	12,8

Fonte: Autor

#### 4.2.7 Determinação do tempo padrão

A parte final deste tópico corresponde ao cálculo de tempo padrão, o qual foi determinado utilizando a Equação 7, sendo multiplicado o tempo normal pelo fator de fadiga. Os cálculos realizados podem ser observados na Tabela 17, logo abaixo:

**Tabela 17 – Determinação do tempo padrão**

Nº elemento	Sequência operacional	Tempo normal (min)	Fator de tolerância	Tempo padrão (min)
1	Amarrar o <i>big bag</i>	2,144	1,089	2,335
2	Preencher o <i>big bag</i>	31,078	-	31,078
3	Retirar e pesar o <i>big bag</i>	2,412	1,089	2,627
4	Completar o <i>big bag</i>	11,75	1,128	13,254
<b>Total</b>		47,384	-	49,294

Fonte: Autor.

Após realizado os cálculos, a parte do estudo de tempos é concluído com a determinação do tempo padrão para a operação de produção de *big bag* de *flake* PET, um dos objetivos deste trabalho. O valor para o tempo padrão fica sendo definido em 49,294 minutos.

#### 4.2.8 Takt time do processo

O tempo takt, como foi mencionado no referencial teórico, fornece a frequência com que o item deve ser produzido. Dessa forma, foi estabelecido que a demanda mensal média é de 472 *big bags* de *flake* PET, conforme dado fornecido pela empresa. Com isso, foi possível determinar o tempo necessário que cada *big bag* deve ser produzido, a fim de atender toda a demanda. Para isso, foi realizada a divisão do tempo operacional disponível pela demanda mensal a ser produzida, conforme a Equação 8.

Após efetuar o cálculo do *takt time*, foi possível verificar que é necessário produzir um *big bag* a cada 40,678 minutos, conforme demonstrado na Tabela 18, logo abaixo:

**Tabela 18 – Tempo calculado para o *takt time* do processo**

Produto	Demanda mensal	Tempo total (min)	Tempo Takt (min)
<i>Big bag</i> de <i>flake</i> PET	472	19.200	40,678

Fonte: Autor.

### 4.3 CAPACIDADE E EFICIÊNCIA

#### 4.3.1 Capacidade produtiva

Para determinar quantos *big bags* de *flake* PET a empresa é capaz de produzir mensalmente, foi realizado um estudo da capacidade produtiva. Inicialmente, foi feito o cálculo da capacidade disponível para ser definida a quantidade máxima que a empresa pode produzir dentro da jornada de trabalho disponível, desconsiderando qualquer tipo de perda. Os parâmetros utilizados para o cálculo foram:

- Jornada de trabalho de 8 horas diárias, de segunda à sexta, com uma hora a parte destinada para almoço;
- Existência de dois turnos produtivos, sendo o primeiro turno das 8h da manhã às 17h da tarde e o segundo turno das 21h da noite às 6h da manhã, totalizando 320 horas mensais;
- O tempo padrão calculado para produzir um *big bag* de *flake* PET é de 49,294 minutos. No entanto, como o elemento 4, completar o *big bag*, ocorre de maneira simultânea com o elemento 2, preencher o *big bag*, esse não será considerado no cálculo do *lead time* para a aplicação na capacidade produtiva. Dessa forma, o *lead time* a ser utilizado na capacidade produtiva é de 36,04 minutos.

Com estas informações e utilizando a Equação 9 apresentada no referencial teórico, conclui-se que a capacidade disponível é de 532 *big bags* de *flake* PET por mês.

A respeito da capacidade efetiva, a empresa realiza o plano de manutenção preventiva aos sábados, em período não produtivo. Dessa forma, o tempo para paradas programadas foi desconsiderado dos cálculos, e devido a isto a capacidade efetiva foi descartada do estudo.

Para o tempo de paradas não programadas foi realizada a coleta de tempos destinados às manutenções corretivas ocorridas nos meses de fevereiro, março, abril e maio de 2024 para determinar o tempo médio destinado às manutenções e seu valor correspondente em porcentagem. Vale ressaltar que um dos problemas para a empresa são as altas paradas para manutenção corretiva. Os dados podem ser verificados na Tabela 19, a seguir:

**Tabela 19 – Tempos de paradas para manutenção**

<b>Mês</b>	<b>Paradas para manutenção (min)</b>	<b>%</b>
Fevereiro	867	4,52
Março	507	2,64
Abril	802	4,18
Maio	759	3,95
<b>Total</b>	<b>2.935</b>	<b>-</b>
<b>Média</b>	<b>733,75</b>	<b>-</b>

Fonte: Autor.

Utilizando a Equação 11 foi possível determinar a capacidade realizada, sendo de 512 *big bags* de *flake* PET por mês.

Levando em consideração que o *lead time* para produzir um *big bag* de *flake* PET é de 36,04 minutos, desconsiderando a etapa de completar o *big bag*, e que em média é perdido 733,75 minutos mensalmente para manutenção corretiva, o que corresponde a aproximadamente 3,82% do tempo total da jornada de trabalho mensal, a empresa acaba deixando de produzir por mês 20 *big bags* de *flake* PET, o que vale a cerca de 10.000 Kg, considerando que todos os *big bags* sejam produzidos com peso de 500 Kg.

Como já foi mencionado anteriormente, em virtude das paradas para manutenção corretiva e da má qualidade e existência de contaminantes a um nível considerável presentes na matéria-prima utilizada, a empresa acaba por não atender a demanda mensal, fazendo com que ocorra reorganização do cronograma de produção. Dessa forma, a empresa acaba optando algumas vezes por seguir com a demanda de um cliente que estava mais adiante na programação devido a sua demanda ser menor e deixando a demanda de outro cliente para depois. Para isso, ocorre um alinhamento de um novo prazo com os clientes afetados.

Ademais, devido a estes imprevistos mencionados, a empresa decide, em algumas situações, produzir aos sábados, períodos que ocorrem a manutenção preventiva, com o intuito de tentar cumprir a produção programada. Todavia, a empresa muitas vezes sofre por não atender completamente algumas demandas semanais e, conseqüentemente, acaba não atendendo a demanda média mensal de 472 *big bags* de *flake* PET, tendo um custo de oportunidade recorrente. Dessa maneira, é imprescindível a aplicação de melhorias no setor para acabar ou minimizar os prejuízos que a empresa sofre.

#### 4.3.2 Eficiência do processo

Como pode ser visto no tópico 3.3, a produção média do é de 399 *big bags* de *flake* PET por mês. Após todo o estudo do mapeamento do processo e do estudo da cronoanálise, foi possível estabelecer a nova produção mensal de 512 unidades de *big bags*. Utilizando a Equação 12 referente a eficiência do processo, é constatado que o setor se encontrava em um nível de eficiência de 77,93%.

### 4.4 PROPOSTAS DE MELHORIAS

#### 4.4.1 Nova linha de produção

Como poder ser visto na Figura 4, o setor de produção da empresa consiste em dois setores, a área da esteira, correspondente a separação manual dos contaminantes e garrafas PET, e a área dos maquinários, que realizam os processos de moagem, lavagem e secagem. Nesta última área também se situa a parte de embalagem, onde ocorre o ensacamento do *flake* PET nos *big bags*, local de estudo do trabalho.

O setor estudado pode ser interpretado como um corredor, na qual menos de um terço deste local é ocupado pelos maquinários, a parte central corresponde a área de locomoção das empilhadeiras e funcionários e o restante do espaço é destinado para alocar uma parte dos *big bags* produzidos. Vale ressaltar que a empresa possui um setor de estoque fixo, correspondente a área 1 de estoque presente na Figura 4, e no ano de 2024 passou a utilizar uma área que antes era ocupada por fardos de garrafas PET para alocar os *big bags* produzidos, tornando este o setor de estoque atual com uma dimensão bem maior.

Dessa forma, a sugestão de melhoria é deixar de utilizar a área 2 de estoque, conforme a Figura 4, e desenvolver uma segunda linha produtiva. Utilizando também a área 1 de estoque, o espaço se torna suficiente para alocar os novos maquinários, não atrapalhando a área de circulação das empilhadeiras e funcionários. Para a concretização desta ideia, será preciso ocorrer um estudo no local, bem como realizar um planejamento eficiente, analisar o custo de compra dos maquinários, determinar o *payback*, analisar os custos com novos funcionários, reestruturação do *layout* de toda a área em volta, a viabilidade da proposta, dentre outros pontos.



Ademais, para a adição da nova linha de produção, além da compra maquinários, é sugerido o estudo de uma segunda alternativa, a alocação dos mesmos. A alocação de maquinários consiste em um contrato pelo qual uma empresa ou indivíduo cede o direito de uso de um equipamento a outra empresa ou indivíduo por um período determinado.

Com a alocação dos maquinários a empresa terá menos custos, por se tratar de uma opção muito mais econômica em relação à compra. Dentre as principais vantagens dessa alternativa, têm-se:

- **Economia de verdade:** O primeiro benefício é a economia com manutenção. Após o término da garantia, os custos de reparos de equipamentos podem ser significativamente mais altos em comparação com o custo-benefício de um contrato de locação, que cobre os reparos durante toda a vigência do acordo. Outro ponto positivo é que as mensalidades do contrato de locação são consideradas despesas operacionais, o que permite sua redução no Imposto de Renda;
- **Equipamentos novos e atuais:** A cada ano os fabricantes renovam seus produtos, adicionando novas funções e fabricando linha mais atualizadas. A depender do que acordado na contratação, com a locação de longo prazo, o cliente consegue atualizar os equipamentos de acordo com a necessidade e com as atualizações disponíveis;
- **Continuidade da produção:** Caso o equipamento apresente defeito a empresa determina o tempo que levará para o conserto e nesse período de reparo, o equipamento ainda é substituído por outro equivalente para a operação continuar.

Diante as oscilações de produção e das altas ocorrências de não cumprimento totais das demandas, fica claro a necessidade de um investimento para resolver tal problemática, sendo a implementação de uma nova linha uma sugestão já pensada pelo gerente de produção.

#### 4.4.2 Manutenção preventiva eficiente

Como já foi mencionado, a empresa gasta em média 733,75 minutos mensalmente, aproximadamente 12 horas e 13 minutos da jornada de trabalho

mensal, para manutenção corretiva, na qual ocorre a parada da linha de produção. Essas paradas geram uma perda produtiva para a empresa e, conseqüentemente, financeira. Ademais, o tempo médio mensal para manutenções corretivas sem a parada da linha de produção corresponde a aproximadamente 587,75 minutos.

De modo a diminuir as paradas para manutenções corretivas, é proposta a aplicação de sensores industriais e internet das coisas (IoT). Essas aplicações contribuirão significativamente para o aumento da produção, eficiência e lucro.

#### 4.4.2.1 Sensores industriais

A empresa objeto de estudo não possui nenhum tipo de automação, dispositivos inteligentes ou qualquer meio de coleta de dados automatizado. Mediante a isso, ocorrem constantes danificações, quebras e paradas nos maquinários de maneira repentina, de modo que não há uma forma de prever com antecedência tais ocorrências.

A melhoria proposta é a implementação de sensores industriais na linha de produção, ou seja, nos maquinários. De forma geral, os sensores industriais são dispositivos cuja função principal é converter variáveis físicas, como temperatura e velocidade, em dados que podem ser lidos e interpretados por um sistema ou por profissionais especializados.

Há vários tipos de sensores industriais, que podem ser categorizados com base na natureza do estímulo, do sinal ou dos dados que processam. A Tabela 20 a seguir apresenta alguns exemplos de sensores industriais sugeridos para a empresa.

**Quadro 2 – Sensores industriais**

<b>Tipo de sensor</b>	<b>Estímulo</b>	<b>Sinal</b>	<b>Dados</b>
Sensor de temperatura	Calor	Tensão elétrica	Graus Celsius; Graus Fahrenheit
Sensor de pressão	Força	Corrente elétrica	Pascal; Bar
Sensor de velocidade	Movimento	Frequência elétrica	Metro por segundo; Rotação por minuto

Fonte: Autor.

A implementação desses sensores irá desempenhar um papel crucial na aplicação da manutenção preventiva, permitindo o monitoramento e a extração de dados de forma contínua das máquinas e equipamentos. Com isso, será possível ter um controle eficaz sobre a linha e prever possíveis falhas futuras. Dessa maneira, o tempo para manutenções corretivas irá diminuir consideravelmente e,

consequentemente, reduzir o tempo de inatividade das máquinas, permitindo que a empresa trabalhe utilizando uma carga maior da jornada de trabalho, além de aumentar a eficiência e reduzir custos operacionais.

#### 4.4.2.2 Internet das coisas

De forma a contribuir com o monitoramento e coleta de dados em tempo real é sugerido a implementação da Internet das Coisas, mais conhecida como IoT. A Internet das Coisas refere-se a rede de dispositivos físicos interconectados, os quais possibilitam a coleta e compartilhamento de informações por meio da internet.

Com a aplicação da IoT, os sensores industriais poderão coletar e transmitir dados entre si e analisar dados em tempo real, permitindo monitoramento remoto, automação e tomada de decisões baseadas em dados. Para uma maior precisão dos dados coletados e ter uma análise mais eficiente também é sugerido a integração destes a um sistema de inteligência artificial e *machine learning*. Com a conexão de dispositivos inteligentes, a empresa conseguirá aumentar a produtividade e minimizar falhas e acidentes, conquistando economia de tempo e dinheiro.

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por finalidade aplicar o Estudo de Tempos e Métodos em uma empresa do ramo de fabricação de *flake* PET, em específico no setor de embalagem, localizada na cidade de Campina Grande, com o objetivo de determinar o tempo padrão, o *takt time* e realizar um estudo sobre a capacidade produtiva, uma vez que a empresa não detinha de tais conhecimentos, além de ocorrerem constantes oscilações nos tempos de produção e nas quantidades dos produtos produzidos.

A aplicação do Estudo de Tempos e Métodos é sem dúvidas uma das principais ferramentas para os processos industriais, pois através desta ferramenta é possível ter maior precisão nas tomadas de decisões, sendo estas realizadas de maneira racional e objetiva quanto aos tempos de execuções, capacidade produtiva e eficiência do processo.

Inicialmente, foi observado que o setor produtivo sofria de grandes variações na quantidade de produção diária e mensal, atrasos com entregas dos pedidos de *big bags* de *flake* PET, além de oscilações nos tempos de produção e muitas paradas destinadas a manutenções corretivas, o que justificou o estudo.

Com a aplicação das ferramentas de Fluxograma e Mapofluxograma, foi possível observar toda a cadeia produtiva de forma detalhada, bem como todo a dimensão de espaço do setor e o quanto é utilizada. Além disso, observou-se que uma parte da área do setor produtivo é utilizada para alocar parte dos *big bags* produzidos. Vale ressaltar que já existe uma área para o estoque, além de um novo espaço recém estruturado. Dessa forma, constatou-se que a área do setor utilizada para estoque poderia deixar de ter essa finalidade e ser implementado no local uma nova linha de produção no setor, o que traria grandes benefícios para a empresa, como maior produtividade, atendimento de todas as demandas, aumento da capacidade produtiva, dentre outros.

A partir do Estudo de Tempos e Métodos foi possível determinar o *lead time* do processo após a coleta de todas os dados necessários e das cronometragens dos elementos que compõem o processo, sendo o valor do tempo padrão encontrado de 49,294 minutos. Ademais, com base na demanda mensal média e no tempo padrão encontrado foi determinado o *takt time*, com valor de 40,678 minutos.

Por fim, definiu-se a verdadeira capacidade produtiva da empresa, sendo de 512 *big bags* de *flake* PET por mês. Com isso, foi possível observar que houve um

expressivo incremento da capacidade produtiva mensal de 28,32%, correspondente às 399 unidades de *big bags* de *flake* PET que eram produzidos mensalmente, para 512 *big bags* de *flake* PET. Tal resultado leva a determinação da eficiência do processo, sendo de 77,93%.

Como forma de contribuir ainda mais para o estudo e para a empresa em questão, foram propostas algumas melhorias. A primeira, como já foi mencionada, é a implementação de uma nova linha de produção, o que demandará maior estudo para de fato ser colocada em prática. Por último, foram sugeridas duas aplicações que contribuirão para a diminuição das ocorrências de manutenção corretiva e o aumento da eficiência da manutenção preventiva, sendo elas a aplicação de sensores industriais nos maquinários, com o objetivo de coletar informações a respeito da situação dos equipamentos e prever com antecedência possíveis quebras e falhas, e a aplicação da Internet das Coisas, de forma a garantir a coleta e o compartilhamento de dados em tempo real.

Com isso, conclui-se que o Estudo de Tempos e Métodos se mostrou bastante eficiente no que se propõem, trazendo resultados satisfatórios para o estudo realizado e atendendo aos objetivos propostos. Este trabalho contribuirá significativamente para o crescimento da empresa objeto de estudo, proporcionando resultados no faturamento, gestão de *lead time* de entregas dos produtos e na redução de custos. Ademais, a empresa poderá utilizar-se dos dados obtidos e dos métodos utilizados para realizar um planejamento do processo, identificar demais pontos de melhorias e garantir maior competitividade no mercado.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L. B. A. **A Cronoanálise e Suas Aplicabilidades na Indústria Têxtil.** / **Lúcio Breno Anjos de Andrade.** Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção, Centro Universitário Unifametro, Fortaleza, 2021.
- BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho.** 6ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977.
- CORREIA, K. S.; LEAL, F.; ALMEIDA, D. A. **Mapeamento de Processos: Uma Abordagem para Análise de Processos de Negócio.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22. Curitiba: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2002. P. 1-8.
- COSTA JÚNIOR, E. L. **Gestão em Processos Produtivos.** Curitiba: Ibplex, 1ª ed., 2008.
- DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: Um Guia para Entender o Sistema de Produção mais Poderoso do Mundo.** 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GAITHER, N; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações.** São Paulo: Pioneira, 2001.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2022.
- GONTIJO, F. E. K.; DIAS, A. M. P. **A logística Reversa de Ciclo Fechado para o Pet.** XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Belo Horizonte, p.2, 2011.
- LINS, B. F. E. **Ferramentas Básicas da Qualidade.** Revista IBICT. Rio de Janeiro. Vol. 22, nº 2, p.153-161, 1993.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade.** 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2004.
- PEINADO, J.; GRAEML, A.R. **Administração da Produção: Operações industriais e de Serviços.** Curitiba: UnicenP, 2007.
- PINHO, A. F.; LEAL, F.; MONTEVECHI, J. A. B.; ALMEIDA, D. A. **Combinação Entre Técnicas de Fluxograma e Mapa de Processo no Mapeamento de um Processo Produtivo.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27.

Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2007. P. 1-11.

PURCIDONIO, P. M. **Engenharia de Métodos**. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2021.

SANTANA, N. S.; SILVA, I. L.; MIRANDA, A. S.; FERREIRA, A. O.; RAMOS, N. C. **Engenharia de Métodos: Estudos dos Tempos e Movimentos na Melhoria da Preparação de Food Truck na Cidade de Redenção – PA**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 38. Maceió: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2018. P. 1-17.

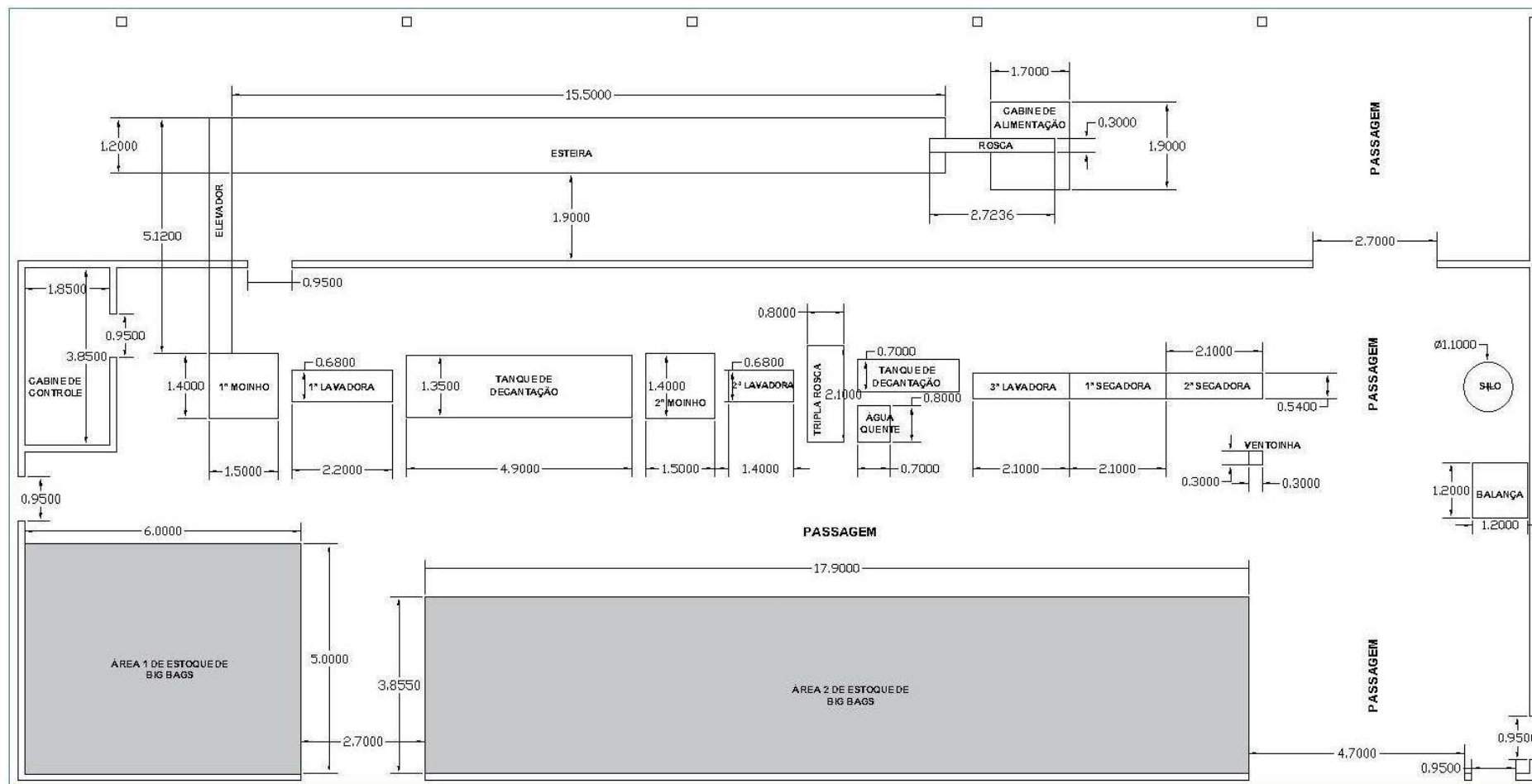
SILVA, A. V.; COIMBRA, R. R. C. **Manual de Tempos e Métodos: Princípios e Técnicas do Estudo de Tempos**. São Paulo: Hemus, 1980.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Tradução de Henrique Luiz Corrêa. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TEIXEIRA, M.; CIRINO, C.; LINO, D. **A Indústria de Transformados Plásticos**. 1ª ed. São Paulo: Sindicato dos Químicos de São Paulo, 2017. v. 2.

## ANEXOS

## ANEXO 1 – Layout atual do setor com cotas



Fonte: Autor.