

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL – RAU  
CURSO DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA**

**THIAGO KOSLOWSKI DE LARA NOERNBERG**

**ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS: UM EXEMPLO DE BALANCEAMENTO EM  
UMA LINHA DE MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS**

**JARAGUÁ DO SUL, SC  
JUNHO DE 2018**

**INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS JARAGUÁ DO SUL – RAU  
CURSO DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA**

**THIAGO KOSLOWSKI DE LARA NOERNBERG**

**ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS: UM EXEMPLO DE BALANCEAMENTO EM  
UMA LINHA DE MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do Câmpus Jaraguá do Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa Catarina, para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Professor orientador: Me. Alexandre Zammar

**JARAGUÁ DO SUL, SC  
JUNHO DE 2018**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
por meio do programa de geração automática do câmpus Rau, do IFSC

Noernberg, Thiago Koslowski De Lara

**Estudo de tempos e métodos: Um exemplo de balanceamento em uma linha de montagem de motores elétricos /** Thiago Koslowski De Lara Noernberg ; orientação de Alexandre Zammar. Jaraguá do Sul, SC, 2018.

75 p.

**Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul - Rau. Tecnologia em Fabricação Mecânica. .**  
Inclui Referências.

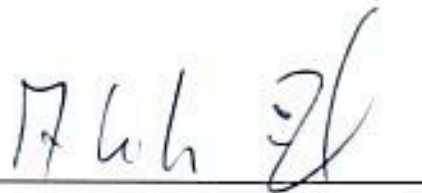
1. Tempos e métodos. 2. Balanceamento de linha.  
3. Layout. 4. Motor elétrico. 5. Demanda. I. Zammar, Alexandre.  
II. Instituto Federal de Santa Catarina. . III.  
Título.

THIAGO KOSLOWSKI DE LARA NOERNBERG

ESTUDO DE TEMPOS E MÉTODOS: UM EXEMPLO DE BALANCEAMENTO EM  
UMA LINHA DE MONTAGEM DE MOTORES ELÉTRICOS

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título em Tecnólogo em  
Fabricação Mecânica, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de  
Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo  
indicada.

Jaraguá do Sul, 22 de junho de 2018



Prof. Me. Alexandre Zammar

Orientador

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Me. Delcio Luis Demarchi

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Dr. Edson Sidnei Maciel Teixeira

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU

Dedico...

A minha esposa Samanta Grosskopf Noernberg que me apoiou muito e me ajudou a manter o foco nos momentos difíceis. Também dedico ao meu pai Márcio Rogério Noernberg e a minha mãe Marli Koslowski De Lara que apoiaram nesta jornada. E a meus amigos que me incentivaram nos estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço...

Primeiramente a Deus, pela saúde e força para realizar este trabalho;  
A minha família, pelo incentivo e compreensão durante toda essa etapa;  
Aos professores do Instituto-Campus Rau por auxiliarem nesta formação;  
A empresa WEG S/A, que me apoiou na busca de material de pesquisa;  
Ao meu professor orientador e amigo Alexandre Zammar, pelo apoio e dedicação para me guiar na realização deste trabalho.

A todos, o meu sincero obrigado!

*“Algumas pessoas querem que algo aconteça,  
outras desejam que aconteça,  
outras fazem acontecer. ”*

Michael Jordan

## RESUMO

Em uma linha de produção existem vários fatores que afetam a produtividade ou demanda diária de uma empresa, podendo se configurar em gargalos de produção em algum ponto específico, postos de trabalho mal distribuídos, entre outros. Uma das possíveis soluções para este problema é a aplicação do estudo de tempos e métodos. Este trabalho foi realizado em uma empresa multinacional localizada na região norte do estado de Santa Catarina, mais especificamente na linha de montagem de motores elétricos industriais, em que é aplicado o estudo de tempos e métodos, com a finalidade de otimizar o processo produtivo conforme a demanda de produção. A proposta de otimização foi realizada através do balanceamento da linha de produção juntamente com mudanças na disposição física da linha, com foco na melhoria. Primeiramente foram verificados o processo atual e a disposição do *layout*, e em seguida foram separados os elementos das atividades verificando-se a existência de gargalos na produção. Posteriormente foram cronometradas as atividades, que resultaram em um tempo padrão por atividade, mostrando-se assim ser suficiente para suprir a demanda diária de 65 motores por turno. A proposta de melhoria consistiu na realização do balanceamento da linha de produção, com as atividades agora niveladas e um novo tempo padrão definido. Ainda, foram sugeridas melhorias no *layout*, tornando possível o balanceamento da linha sem afetar a demanda atual.

Palavras-chave: Tempos e métodos, Balanceamento de linha, *Layout*, Motor elétrico, Demanda.



## **ABSTRACT**

In a production line there are several factors that affect the productivity or daily demand of a company, being able to be configured in production bottlenecks at some specific point, poorly distributed jobs, among others. One of the possible solutions to this problem is the application of the study of times and methods. This work was carried out in a multinational company located in the northern region of the state of Santa Catarina, specifically in the assembly line of industrial electric motors, in which the study of times and methods is applied, in order to optimize the production process according to production demand. The optimization proposal was made through the balancing of the production line together with changes in the physical layout of the line, with a focus on improvement. First, the current process and layout layout were verified, and then the activity elements were separated, verifying the existence of bottlenecks in production. Afterwards, the activities were timed, which resulted in a standard time per activity, thus proving to be sufficient to supply the daily demand of 65 engines per shift. The improvement proposal consisted of the realization of the production line balancing, with the activities now leveled and a new defined standard time. Also, improvements were suggested in the layout, making it possible to balance the line without affecting current demand.

Keywords: Timing and methods, Line balancing, Layout, Electric motor, Demand.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Visão geral do processo.....	25
Figura 2 - Processo dividido em atividades .....	25
Figura 3 - Atividade dividida em elementos .....	25
Figura 4 - Coeficientes para distribuição normal .....	26
Figura 5 - Coeficientes para calcular o número de cronometragens .....	26
Figura 6 - Motor elétrico .....	35
Figura 7 - Vista explodida do motor elétrico .....	36
Figura 8 - Cronômetro centesimal .....	37
Figura 9 - Processo produtivo do motor elétrico.....	39
Figura 10 - Atividades do processo produtivo do motor elétrico.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Componentes do motor elétrico.....	36
Tabela 2 - Pré-cronometragens .....	41
Tabela 3 - Fator de tolerância.....	42
Tabela 4 - Tempo padrão para montagem do motor completo .....	43
Tabela 5 - Balanceamento da linha .....	46
Tabela 6 - Elementos realocados .....	48

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Pré-cronometragem .....	26
Equação 2 - Tempo normal (TN) .....	28
Equação 3 - Tempo padrão (TP) .....	29
Equação 4 - Takt Time.....	29
Equação 5 - Tempo de ciclo (TC).....	30
Equação 6 - Número mínimo de operadores .....	30
Equação 7 - Eficiência do balanceamento .....	30
Equação 8 - Tempo total disponível por turno .....	44
Equação 9 - Capacidade produtiva diária por operador .....	44

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Demanda total .....	35
Gráfico 2 - Análise do tempo padrão .....	47

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	16
1.1. Objetivos.....	16
1.1.1. Objetivo geral .....	16
1.1.2. Objetivos específicos.....	17
1.2. Hipótese .....	17
1.3. Justificativa .....	17
1.4. Problema .....	18
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	19
2.1. Administração.....	19
2.1.1. Evolução da administração .....	19
2.1.2. Administração da produção.....	21
2.2. Estudo de tempos e métodos.....	21
2.3. Metodologia e Equipamentos para o Estudo de Tempos .....	22
2.4. Padronização da operação.....	22
2.5. Medida do trabalho.....	23
2.5.1. Método da Cronometragem.....	23
2.6. Divisão da operação.....	24
2.7. Pré-Cronometragem.....	25
2.8. Avaliação da Velocidade do operador .....	26
2.9. Determinação das Tolerâncias .....	27
2.9.1. Tolerância para necessidades pessoais .....	27
2.9.2. Tolerância para alívio da fadiga.....	27
2.9.3. Tolerância de espera .....	28
2.10. Determinação do tempo padrão .....	28
2.11. <i>Takt time</i> .....	29
2.12. Balanceamento de linha .....	29
2.13. Arranjo físico ( <i>layout</i> ).....	30
2.13.1. Tipos de arranjo físico ( <i>layouts</i> ).....	31
2.13.1.1. Arranjo por produto ou por linha .....	31
2.13.1.2. Arranjo por processo ou funcional.....	32
2.13.1.3. Arranjo celular .....	32
2.13.1.4. Arranjo por posição fixa.....	32
2.13.2. Melhoria de <i>layout</i> .....	33
3. METODOLOGIA.....	34

3.1. A empresa pesquisada .....	34
3.2. O produto .....	34
3.3. Materiais utilizados no estudo .....	37
4. DESENVOLVIMENTO .....	39
4.1. Análise inicial do processo produtivo .....	39
4.2. Divisão do processo em atividades e padronização.....	39
4.3. Divisão das atividades em elementos .....	40
4.4. Pré-cronometragem para o método atual.....	40
4.5. Obtenção do tempo padrão para o método atual .....	41
4.5.1. Cálculo do número de cronometragens necessárias .....	41
4.5.2. Cálculo do tempo normal (TN) .....	42
4.5.3. Cálculo do tempo padrão (TP) .....	42
4.6. Análise do <i>layout</i> atual .....	43
4.7. Tempo disponível da linha de montagem .....	44
4.8. Cálculo da capacidade produtiva (CP) .....	44
4.9. Proposta de melhoria do método com base no <i>Takt Time</i> .....	45
4.10. Proposta de melhoria no balanceamento .....	46
4.11. Proposta de mudanças no abastecimento.....	49
5. CONCLUSÃO.....	50
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	52
REFERÊNCIAS .....	53
APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DA SEQUÊNCIA DE MONTAGEM.....	55
APÊNDICE B - ATIVIDADES DIVIDIDAS EM ELEMENTOS .....	59
APÊNDICE C - PRÉ-CRONOMETRAGENS.....	64
APÊNDICE D - BALANCEAMENTO DE LINHA.....	69
APÊNDICE E – ABASTECIMENTO DA LINHA .....	73
ANEXO A - FOLHA DE CRONOMETRAGEM.....	75

## **1. INTRODUÇÃO**

A indústria de todos os segmentos de mercado vem sofrendo mudanças constantemente, modernizando cada vez mais seus processos de produção e se tornando muito mais competitiva, sempre visando qualidade e zero desperdício de matéria prima, pois é isso que influencia diretamente nos custos da produção. Então a busca pela melhoria do processo exige maiores estudos para o aumento da produtividade e eficiência.

Muitas operações realizadas dentro das empresas sofrem alterações frequentemente, como por exemplo, inclusões e exclusões de processo, mudanças no tempo de operação, variação da taxa de produção ou demanda, alterações nos produtos e nos mercados.

Desta forma, com o advento da globalização, as empresas têm grande interesse em exportar seus produtos, pelo fato de conseguir um alto rendimento de capital. Neste sentido a empresa objeto desta pesquisa é uma multinacional da região norte do estado de Santa Catarina onde localiza-se sua matriz.

O estudo baseou-se em uma linha montagem de motores elétricos industriais onde 95% dos motores fabricados são exportados. A linha de montagem sofre com as mudanças em seu processo, assim se faz necessário aplicar um método para que a eficiência da linha de montagem esteja com um bom aproveitamento dos recursos disponíveis, para que não ocorra o problema de tempo ocioso ou de sobrecarga em algum ponto específico.

Para este estudo de tempos e métodos será necessário o aprofundamento teórico que possibilitará identificar onde estão os gargalos para conseguir realizar o balanceamento na linha de montagem, e assim obter um fluxo produtivo contínuo, mais organizado e eficaz do que o atual.

### **1.1. Objetivos**

#### **1.1.1. Objetivo geral**

Realizar o balanceamento em uma linha de montagem de motores elétricos.



### 1.1.2. Objetivos específicos

- a) identificar como está organizado o *layout* atual da linha de montagem;
- b) verificar os tempos e os processos atuais de cada posto de trabalho;
- c) reorganizar os processos, visando em balancear os postos;
- d) avaliar se houve melhoria na produtividade diária.

### 1.2. Hipótese

Pode-se fazer a colocação da hipótese de acordo com Marconi e Lakatos (2003 pg.126):

Constituindo-se a hipótese uma suposta, provável e provisória resposta a um problema cuja a adequação (comprovação = sustentabilidade ou validade) será verificada através da pesquisa, interessa-nos o que é e como se formula um problema.

Assim pode-se formar a hipótese do presente trabalho, que aplicando o estudo de tempos e métodos juntamente com a melhoria do *layout*, o resultado esperado é uma proposta de balanceamento da linha de montagem, além de uma organização e disposição mais funcional dos postos de trabalho, fazendo com que a empresa consiga um fluxo produtivo contínuo.

### 1.3. Justificativa

Quando citado que o tempo de processo é importante para a produção, é necessária a análise de alguns fatores, tais como, a padronização da montagem de um produto e a utilização máxima do tempo para que não haja atrasos.

Sendo assim, as empresas vêm buscando manter um ritmo constante e cíclico na montagem de seus produtos, isso se dá através de um balanceamento dos processos, mas nem sempre é uma tarefa fácil de se aplicar pois é necessário um estudo científico sobre tempos e métodos, que deveria ser um dos assuntos mais procurados pelas empresas para melhoria em sua produção, em muitos casos chegando até a contratar terceiros para realizar e aplicar tal estudo.

Uma das premissas que justifica a realização do trabalho é a ideia que aplicando este estudo de tempos e métodos é possível obter uma proposta de melhoria na linha de montagem tanto na questão de produtividade quanto ao ritmo de

trabalho balanceado.

Com este trabalho deseja-se analisar se a aplicação dos métodos, resultará em ganhos ou perdas na produção, se o tempo de ciclo diminuiu ou aumentou comparado com o atual e o que pode ser melhorado no *layout* existente.

#### **1.4. Problema**

Analisando as diversas empresas existentes no mercado atual, nota-se que a maioria segue algum tipo de fluxo de produção, e para isso ser realizado depende de uma boa organização dos processos. O mercado se encontra cada vez mais competitivo e buscando cada vez mais produtividade e qualidade nos seus produtos, assim com as mudanças de processos, esta verificação dos tempos e métodos se torna cada vez mais frequente, isso faz com que a empresa consiga se manter no mercado, sempre visando melhorias em seu processo.

A empresa a ser estudada possui um problema em sua produção, muitas vezes não apresenta um fluxo contínuo do seu processo devido a gargalos e retrabalhos. Visto o problema é necessário realizar uma análise que envolve um estudo de tempos e métodos de trabalho para que esta linha de produção consiga um fluxo contínuo e uma padronização do seu processo.

Desta forma surge o problema a ser avaliado: Como este estudo de tempos e métodos vai agregar algum valor na produção e organização da linha de montagem?

Para responder a esta pergunta será pesquisado na literatura, as formas de estudo de tempos e métodos, e como aplicar utilizando os dados obtidos na empresa.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Na revisão da literatura estão apresentados os conceitos e as definições que darão a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento do trabalho.

### 2.1. Administração

Administração é o “processo de planejar, organizar, dirigir e controlar o uso dos recursos e competências organizacionais para alcançar determinados objetivos com eficiência e eficácia, por intermédio de um arranjo convergente” (CHIAVENATO, 2007, p. 4).

As práticas administrativas caracterizam-se pela busca dos objetivos através da otimização de recursos e das práticas de administração, tendo grande importância no processo decisório.

Já Maximiano (2009), define administração como o processo de tomada de decisões utilização de recursos para realização de objetivos. O processo de decisão deve apresentar uma estrutura. A utilização dos recursos disponíveis faz-se essencial para a tomada de decisão.

Outro conceito de administração colocado por Chiavenato (2004, p. 2) é:

*A administração nada mais é do que a condução racional das atividades de uma organização, seja ela lucrativa ou não-lucrativa. A administração trata do planejamento, da organização (estruturação), da direção e do controle de todas as atividades diferenciadas pela divisão de trabalho que ocorrem dentro da organização.*

Desta forma, a Administração contribui com suas práticas de gestão para a organização em geral, como também em setores específicos a alcançar seus objetivos de produtividade e eficiência.

#### 2.1.1. Evolução da administração

Os relatos sobre o surgimento da Administração são diversos e desconhecidos, porém foi a partir do século XX que suas práticas obtiveram desenvolvimento notável. A administração é uma das razões para o desenvolvimento

de uma organização. Visto que as organizações buscam constantemente condições para se manterem competitivas.

Os conceitos da administração surgiram de algumas influências, no entanto algumas delas destacaram-se, que foi Igreja Católica Romana e as Organizações Militares. Segundo Chiavenato (2011, p.33) “a Igreja Católica serviu de modelo para as demais organizações devido suas experiências bem-sucedidas. Assim, as demais organizações passaram a incorporar os princípios e normas utilizados pela Igreja”.

Portanto a Igreja Católica contribuiu significativamente com a evolução do pensamento administrativo. A Igreja possui uma organização mais formal, definiu claramente sua missão, objetivos, políticas e regulamentos exercendo influências também no comportamento pessoal dos seus seguidores.

Outra organização que influenciou a administração foi a Militar, onde a organização linear teve como princípio a unidade de comando, que é o núcleo central de todas as organizações militares.

Verifica-se nesse aspecto a técnica de princípios hierárquicos e também o “princípio de direção, que preceitua que todo soldado deve saber perfeitamente o que se espera dele e aquilo que ele deve fazer” (CHIAVENATO, 2011, p. 34).

Porém o marco para administração foi a Revolução Industrial, onde impactou no processo de produção, pois não havia divisão de trabalho e a produção era artesanal, organizada em corporações de ofício regidas por estatutos, sendo substituída pelo regime de produção por meio de máquinas, dentro de grandes fábricas (CHIAVENATO, 2011).

Nessa época muitos trabalhadores rurais migraram para a cidade em busca de trabalho. Porém, as condições eram precárias, baixos salários, horas exaustivas de trabalho, explorando ao máximo a capacidade do trabalhador.

Neste cenário surge a Teoria Clássica da Administração, com destaque para Frederick W. Taylor, que tinha a preocupação de eliminar o fantasma do desperdício e das perdas sofridas pelas indústrias e elevar os níveis de produtividade por meio da aplicação de métodos e técnicas da engenharia industrial (CHIAVENATO, 2011).

### **2.1.2. Administração da produção**

Moreira (2011), alega que a administração da produção está ligada a atividades que são conduzidas para a fabricação de um bem físico ou um serviço. Já Peinado e Graeml (2007), diz que para compreender o significado de administração da produção, deve-se ter uma harmonia entre três conceitos importantes sendo eles: das organizações, de administração e das atividades de produção.

Segundo Marques (2013), diz que para uma empresa realizar a função administração e ela seja eficaz, é imprescindível a utilização de recursos que satisfaçam o cliente final, sempre com visão em melhorias para o processo. Com este contexto pode-se dizer que as práticas administrativas realizadas dentro das empresas buscam métodos para chegar ao objetivo de alcançar as metas.

## **2.2. Estudo de tempos e métodos**

Barnes (1977) relata que o estudo de tempo começou por volta do ano de 1881, com Frederick Taylor, em uma usina que tinha um método de trabalho ineficiente, então, começou a estudar a eficiência dos operadores, com o tempo descobriu que fatores psicológicos afetavam muito mais que a questão dos materiais e maquinário.

Para Contador (2010) e Barnes (1977), a definição de estudo de tempos e métodos seria escolher qual é a melhor forma de se trabalhar, visando no menor custo, um processo padronizado e quanto tempo um operador treinado para exercer a função gastaria trabalhando em um ritmo normal.

Martins e Laugeni (2005), relatam que uma empresa que possui um sistema de produção todo automatizado quase não precisa deste estudo de tempos, mas quanto mais atividades que necessitam da intervenção humana, mais difícil é de controlar corretamente os tempos, pois cada operador tem forças, habilidades e vontades diferentes um dos outros.

Ainda Martins e Laugeni (2005) e Peinado e Graeml (2007), ressaltam que a medidas destes tempos padrões são muito importantes para:

a) avaliar o desempenho da montagem, comparando os tempos para

determinar a capacidade produtiva;

b) criar um padrão de montagem assim melhorando no planejamento e controle da produção;

c) fornecer dados para determinar os custos de um produto ou para levantar orçamentos;

d) aplicar os dados coletados nos futuros balanceamentos da montagem.

De acordo com Contador (2010); Moreira (2011) e Martins e Laugeni (2005), a cronometragem é o método mais utilizado para se medir o trabalho, e são divididas em duas técnicas que se completam conhecidas como “Estudo de tempos e métodos” e “Estudo de movimento e tempos”.

### **2.3. Metodologia e Equipamentos para o Estudo de Tempos**

Martins e Laugeni (2005) relatam que atualmente os métodos que são utilizados geralmente são escolhidos devido aos dados disponíveis, objetivos que desejam ser alcançados com a medição e até mesmo para o conhecimento da própria empresa. Os equipamentos mais utilizados para a determinação do tempo são:

a) cronômetro de hora centesimal (uma volta do ponteiro maior corresponde a 1min = 100 partes), ou cronômetro sexagesimal (1min = 60 partes);

b) filmadora onde pode ser gravado a operação para ser analisada com mais detalhes posteriormente;

c) prancheta para melhor organização dos dados obtidos pelo cronoanalista;

d) folha de observações é um documento onde serão anotados todos os tempos cronometrados e observações relativas a montagem.

### **2.4. Padronização da operação**

Segundo Barnes (1977), para se padronizar uma operação primeiramente tem que achar qual é o melhor método de trabalho para se executar certa tarefa, tudo que está envolvido naquele conjunto de movimentos do operador deve ser detalhado ao máximo, com a intenção de sempre utilizar a mesma metodologia, para manter

estes padrões deve haver um registro descrevendo passo a passo como a operação deve ser executada.

Martins e Laugeni (2005), relatam que para se achar o melhor método de se realizar uma operação, tem que reunir todos os envolvidos no estudo e discutir o tipo de trabalho a ser executado, afim de dividir cada tarefa em elementos, tomando o cuidado para não dividir a operação em muitas partes ou demasiadamente poucas, tem que obter um equilíbrio.

## **2.5. Medida do trabalho**

De acordo com Moreira (2011), medida do trabalho é o intervalo de tempo que um operador leva para realizar uma operação, e para cada operação é definido um tempo padrão. Existem quatro formas principais de se conseguir tirar o tempo padrão, sendo elas:

- a) estudo de tempos com cronômetros;
- b) tempos históricos;
- c) dados padrão pré-determinados;
- d) amostragem do trabalho.

Barnes (1977), afirma que apesar dos tempos históricos, dados pré-determinados e a amostragem serem métodos eficientes, o mais utilizado na indústria é a cronometragem, onde um operador relativamente treinado para a função é analisado trabalhando em um ritmo normal, consiga executar a operação sem problemas com o tempo determinado.

### **2.5.1. Método da Cronometragem**

Para Martins e Laugeni (2005), um processo que é fundamental para este tipo de método para se definir o tempo padrão é a realização de uma cronometragem preliminar, que serve para se definir a quantidade de cronometragens ou ciclos que serão efetuados, assim para conseguir o tempo médio (TM). Ainda levando em consideração deve-se avaliar o fator de ritmo, o tempo normal (TN), as necessidades pessoais e tolerâncias à fadiga do operador.

Barnes (1977), relata que existem três métodos mais comuns para registrar os dados com cronômetros sendo eles:

a) Leitura contínua: O observador inicia a contagem no início do primeiro elemento da operação e a mantém até o fim do processo;

b) Leitura repetitiva: O observador vai zerar o cronômetro e registrar o tempo no final de cada elemento, assim até o fim do processo;

c) Leitura acumulada: Neste caso será utilizado dois cronômetros interligados, quando um é parado o outro começa a contagem, isso facilita a marcação do tempo porque o ponteiro vai estar parado para o registro.

## **2.6. Divisão da operação**

Peinado e Graeml (2007), descreve que existem algumas regras a serem seguidas para realizar algum tipo de divisão na operação sendo elas:

a) Separar as atividades em elementos, sempre tentando dividir nos menores tempos, sendo suficientes para serem cronometradas, sendo assim os elementos devem ter no mínimo mais de 5 segundos;

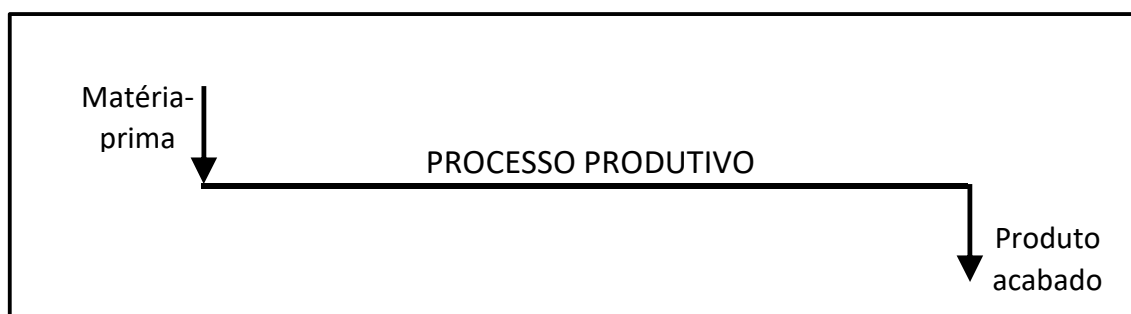
b) Deve separar as atividades feitas pelo operador e as feitas pelas máquinas, ou seja, estes tempos devem ser medidos separadamente;

c) Definir o tempo de atraso do operador separado do tempo das máquinas.

Segundo Contador (2010), o processo produtivo segue uma estrutura. Primeiramente temos a visão do processo como um todo, assim facilita identificar as prioridades do estudo, podemos ver na Figura 1. Definido onde é o foco geral a ser analisado, pode-se dividir este processo em atividades como mostra a Figura 2. Por fim as atividades são separadas em elementos para melhor detalhamento do tempo padrão pode ser visto na Figura 3.

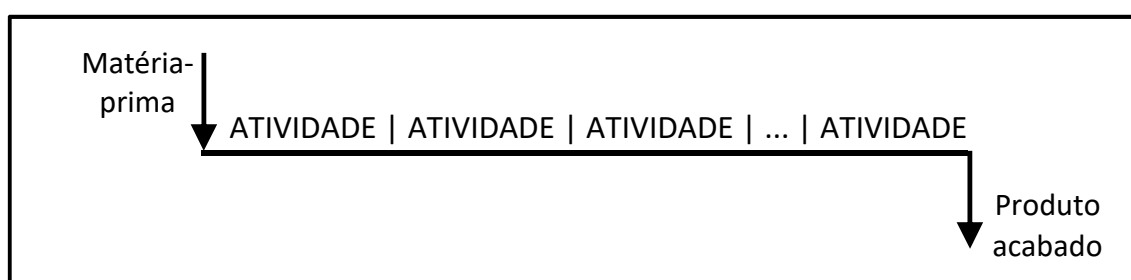


Figura 1 - Visão geral do processo



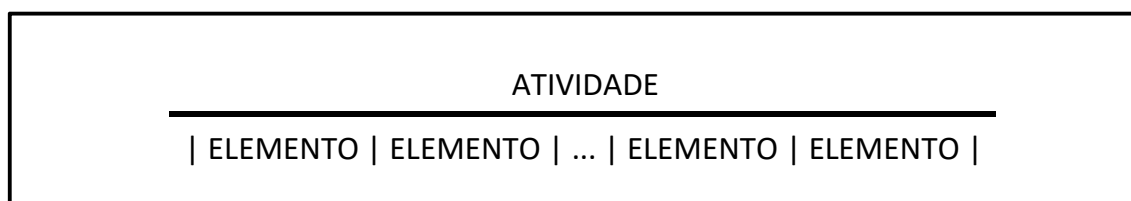
Fonte: Contador (2010, p.122).

Figura 2 - Processo dividido em atividades



Fonte: Contador (2010, p.122).

Figura 3 - Atividade dividida em elementos



Fonte: Contador (2010, p.122).

## 2.7. Pré-Cronometragem

Barnes (1977), relata que mesmo que o operador trabalhe constantemente, repetindo vários ciclos, sempre vai existir uma variação entre cada ciclo realizado. Isso torna a necessidade de serem realizados um número maior possível de cronometragens fazendo com que haja uma certa precisão dos tempos medidos.

Assim na concepção de Martins e Laugen (2005), esta pré-cronometragem é necessária para a obtenção de dados como a média da amostra e amplitude da amostra, para daí sim ser calculado a quantidade exata de  $n$  cronometragens ou ciclos, pode ser vista na Equação 1 da pré-cronometragem, onde atribui-se os dados das Figuras 4 e 5.

$$n = \left( \frac{z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Onde:

$n$  = número de ciclos a serem cronometrados;

$z$  = coeficiente da distribuição normal padrão para uma probabilidade determinada;

$R$  = amplitude da amostra;

$E_r$  = Erro relativo

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

$\bar{x}$  = média da amostra.

Em geral, segundo Martins e Laugeni (2005); Barnes (1977) e Peinado e Graeml (2007), é utilizado para o grau de confiabilidade das medições entre 90% e 95%, e o erro relativo de 5% a 10%. Existem tabelas cuja a determinação dos coeficientes ajuda no cálculo da distribuição normal e do número de cronometragens, sendo elas:

Figura 4 - Coeficientes para distribuição normal

Probabilidade (%)	90	91	92	93	94	95
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96

Fonte: Martins e Laugeni (2005, p.88) e Peinado e Graeml (2007, p.98).

Figura 5 - Coeficientes para calcular o número de cronometragens

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

Fonte: Martins e Laugeni (2005, p.88) e Peinado e Graeml (2007, p.98).

## 2.8. Avaliação da Velocidade do operador

Ainda seguindo as apreciações de Martins e Laugeni (2005), Peinado e Graeml (2007) e Barnes (1977), sugerem que para medir o ritmo de trabalho do

operador o observador deve determinar subjetivamente que o operador está trabalhando em uma velocidade normal de 100%, este valor é atribuído como referência na folha de observações, assim, podendo diferenciar o ritmo de cada operador se está trabalhando acima ou abaixo do normal.

## **2.9. Determinação das Tolerâncias**

Podemos seguir as concepções de Barnes (1977), que relata que é impossível que um operador trabalhe toda sua jornada de trabalho sem que haja alguma interrupção, seja ela por necessidades pessoais ou algum motivo que não está no seu controle, podem ser divididas em três fundamentos sendo elas: tolerância pessoal; tolerância para a fadiga e tolerância de espera.

### **2.9.1. Tolerância para necessidades pessoais**

Para Peinado e Graeml (2007), este tipo de tolerância é a levada mais em consideração dentro das empresas, por conta de se tratarem de necessidades fisiológicas das pessoas, também dependendo do local de trabalho e esforço do operador para executar suas tarefas, podendo variar de pessoa para pessoa.

Normalmente para uma jornada de trabalho de oito horas é reservado de 10 a 24 minutos ou 2% a 5% do tempo.

### **2.9.2. Tolerância para alívio da fadiga**

Do ponto de vista de Contador (2010), a fadiga pode ser observada na indústria sob três formas:

- a) devido a longos períodos de trabalho, o operador demonstra sensação de cansaço;
- b) certas mudanças fisiológicas resultam do trabalho, fazendo com que o operador tenha menos ação dos seus nervos e músculos;
- c) redução da capacidade de execução das atividades.

Já para Barnes (1977), a fadiga é o resultado de vários fatores como por

exemplo: ruído, iluminação, temperatura, umidade, vibrações e até mesmos as cores aplicadas nas paredes, no entanto, o que pode ser feito é fornecer um tempo de descanso necessário, geralmente é um no meio da manhã e outro no meio da tarde, sendo de 5 a 15 minutos cada um.

Mas atualmente Martins e Laugeni (2005), definem o fator de fadiga por tolerâncias com valores entre 10% e 50% do tempo, sendo respectivamente de um trabalho leve e um ambiente de trabalho em condições adequadas, e um trabalho pesado em condições inadequadas.

O fator de tolerâncias (FT), pode ser visto nas empresas, tanto no escritório quanto na fábrica, para os escritórios o valor adotado é  $FT = 1,05$  ou 5% e na fábrica este valor pode variar de 1,10 até 1,20 ou 10% até 20%, em condições consideradas boas do ambiente e por trabalhos onde o nível de fadiga é intermediário.

### **2.9.3. Tolerância de espera**

De acordo com Barnes (1977) e Peinado e Graeml (2007), este tipo de tolerância é ocasionada por imprevistos onde o operador não tem controle sobre ela, como por exemplo a quebra de alguma máquina ou ferramenta, no entanto o tempo perdido de espera não deve contabilizar no tempo padrão, mas deve ser subtraído do tempo de capacidade disponível na jornada de trabalho.

## **2.10. Determinação do tempo padrão**

Seguindo as teorias de Martins e Laugeni (2005) e Barnes (1977), após calculado a quantidade  $n$  de cronometragens válidas, calcula-se a média destes valores, resultando no tempo cronometrado (TC), ou tempo médio (TM). Assim com os valores pré-estabelecidos pode-se calcular o tempo normal (TN) na Equação 2 e por fim chegar no esperado tempo padrão (TP) na Equação 3.

$$TN = TC \times V \quad (2)$$

$$TP = TN \times FT \quad (3)$$

Onde:

V = velocidade do operador;

FT = fator de tolerância.

### 2.11. *Takt time*

Para Antunes (2008), este termo pode ser definido por um ritmo necessário de produção para atender certa demanda, considerando as limitações da linha ou célula de produção, ou seja, para se definir o *takt time* deve-se verificar o fator de ritmo utilizado para a produção de uma peça, a intenção desta teoria seria para analisar o comportamento do fluxo de materiais ao longo do processo para se conseguir uma redução no desperdício de tempo. E está diretamente relacionado com tempo de ciclo, que pode ser definido como o ritmo máximo possível, dentro das condições atuais. O *Takt time* pode ser definido através da Equação 4:

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ total\ disponível}{Demanda\ do\ produto} \quad (4)$$

### 2.12. Balanceamento de linha

Conforme Slack, Chambers e Jhonston (2009), praticamente é impossível de se conseguir o balanceamento com um tempo igual para todas as atividades, por conta de um desbalanceamento que resulta no aumento do tempo de ciclo efetivo da linha. Tratado como a eficiência das atividades dadas, pode ser chamada de perda de balanceamento, que é o tempo desperdiçado devido a distribuição desigual de tarefas dentro do tempo total disponível.

Segundo Peinado e Graeml (2007), afirmam que a sequência das tarefas a serem realizadas em uma linha de produção estão diretamente ligadas ao produto que será fabricado, e diante disso, surge a dificuldade de balancear as operações por conta de existir tarefas que são relativamente longas e não podem ser divididas e tarefas curtas que não podem ser agrupadas, daí que surgem os gargalos na

produção.

Martins e Laugeni (2005), definem que para se realizar o balanceamento tem que seguir algumas etapas, primeiramente deve-se calcular o tempo de ciclo (TC) na Equação 5, que é o intervalo de produção entre uma peça e outra.

$$TC = \frac{\text{Tempo de produção}}{\text{Quantidade de peças no tempo de produção}} \quad (5)$$

Com o tempo de ciclo determinado, o próximo passo é calcular o número mínimo de operadores na Equação 6, para atender a demanda pré-definida.

$$N = \frac{\text{Tempo total para produzir uma peça na linha}}{\text{Tempo de ciclo}} \quad (6)$$

Em seguida é analisado se o número mínimo de operadores será o suficiente para atender a demanda, se não é determinado o número real de operadores (NR), que é definido por simulação, sempre tentando conseguir alocar a menor quantidade possível, o tempo de cada trabalhador não deve ultrapassar o valor do tempo de ciclo (TC), após encontrar a solução do problema acima, deve-se calcular a eficiência do balanceamento (E) na Equação 7:

$$E = \frac{N}{NR} \quad (7)$$

### **2.13. Arranjo físico (*layout*)**

É definido por Sakai (2014), que basicamente um *layout* de uma empresa diz a respeito de onde ficam alocadas fisicamente todos os recursos existentes dentro dela, desde o maquinário, instalações, áreas de circulação até as pessoas.

Para Favaretto et al. (2011), o arranjo físico da empresa tem grande influência no desempenho da produção, e deve ser eficaz desde o começo do processo até a entrega final do produto. O estudo para tentar se definir qual o melhor tipo de arranjo físico que se deve escolher de acordo com o processo produtivo tem sido cada vez maior, ainda mais com as inovações da informática, onde podem ser

utilizados programas de auxílio para estes projetos.

Segundo Peinado e Graeml (2007), afirmam que um arranjo físico deve proporcionar bem-estar para os operadores, justamente pelo fato do aumento da produtividade, e a intenção destes arranjos é se tornar cada vez mais compactos com o intuito de ocupar menos espaço possível dentro da organização.

Conforme Slack, Chambers e Jhonston (2009), uma boa organização destes arranjos é muito importante, pois se houver alguma falha nos padrões de fluxo eles se tornam demorados e perdidos. O rearranjo necessita muitas vezes a interrupção da produção levando até a perdas. Para se definir um projeto que seja funcional deve-se focar nos objetivos em que se deseja alcançar.

Diante disso, surge a necessidade de se estudar a organização dos tempos e métodos para que permita a melhor utilização do espaço disponível, otimizando o processo para que se consiga buscar pela redução do tempo de fabricação e melhorar o fluxo da linha de montagem.

### **2.13.1. Tipos de arranjo físico (*layouts*)**

Slack, Chambers e Jhonston (2009), Martins e Laugeni (2005), Peinado e Graeml (2007), definem quatro tipos básicos de arranjos físicos:

- a) arranjo por produto ou por linha;
- b) arranjo por processo ou funcional;
- c) arranjo celular;
- d) arranjo por posição fixa.

#### **2.13.1.1. Arranjo por produto ou por linha**

Segundo Slack, Chambers e Jhonston (2009), cada produto ira seguir um roteiro predefinido de acordo com a sequência de atividades que serão realizadas ao longo do fluxo de produção, por isso este tipo de arranjo físico também é conhecido como arranjo em fluxo ou em linha. Para Peinado e Graeml (2007), afirmam que aplicando um arranjo físico por linha se consegue um fluxo muito mais rápido para os produtos que são padronizados, assim com o processo seguindo sempre o mesmo

ritmo os operadores ficaram cada vez mais aperfeiçoados.

#### **2.13.1.2. Arranjo por processo ou funcional**

Pode ser definido por Martins e Laugeni (2005), como um agrupamento de todos os processos e equipamentos semelhantes entre si, como o material é distribuído em diferentes processos este tipo de arranjo físico é bastante flexível e atente uma demanda de produtos diversificados, porém em uma escala de produção média.

Já Slack, Chambers e Jhonston (2009), dizem que é importante manter este agrupamento junto porque um produto será diferente do outro e irão percorrer roteiros diferentes devido as suas necessidades, isso faz com que este tipo de arranjo físico se torne bastante complexo em relação ao seu fluxo. Silva (2009), relata que este tipo de arranjo físico foi a primeira lógica a surgir sobre a disposição física das máquinas, mas mesmo com um fluxo limitado, ainda é bastante utilizado nas empresas do país.

#### **2.13.1.3. Arranjo celular**

De acordo com Slack, Chambers e Jhonston (2009), é onde todos os componentes são separados de acordo com a célula específica onde o produto vai ser produzido, com a necessidade de atender uma parte imediata da produção, assim trazendo mais organização para o fluxo. Martins e Laugeni (2005), ressaltam que seguindo estes conceitos é possível que este tipo de arranjo físico forneça um alto nível de qualidade e produtividade, porém serve apenas para uma família de produtos com funções similares.

Silva (2009), destaca que é importante a utilização de operadores que são multifuncionais, pois assim é possível implementar este tipo de arranjo físico, pois estes operadores além de fazer sua função nas máquinas, ainda pode ajudar na questão da qualidade do produto, organização e melhoria do processo.

#### **2.13.1.4. Arranjo por posição fixa**

Martins e Laugeni (2005), definem este arranjo onde o produto final irá ficar parado em um único local e os materiais e máquinas é que se deslocam executando



as operações, é muito utilizado em produções únicas e com produtos relativamente grandes para serem movidos. Alguns exemplos são: prédios, pontes, navios, aviões, etc.

### **2.13.2. Melhoria de *layout***

Conforme Shingo (1996), diz que para realizar a melhoria em um *layout*, existem várias etapas a serem seguidas como por exemplo as máquinas devem estar dispostas a favorecer o operador e o fluxo de processamento, podendo citar alguns tipos de disposição de *layout*.

a) linha de processo único: no geral é para a produção de um produto e modelo único, geralmente em grandes quantidades, no período de um mês;

b) linha de processo comum: utilizado quando a demanda de um produto único não é o suficiente no mês, porém os produtos a, b, c e d apresentam algumas semelhanças e podem ser organizados para serem produzidos juntos em um fluxo contínuo;

c) linha de processo similar: é a utilização de linhas parciais para produtos que tem processos em comum, como se fosse uma pré-montagem para posteriormente ir para a linha principal.

Ainda nas apreciações de Shingo (1996), a melhoria do *layout* traz benefícios para a empresa, sendo alguns deles:

a) eliminação ou a redução de horas-homem no transporte;

b) um respaldo ou *feedback* mais rápido com relação a qualidade do produto, ajudando a reduzir os defeitos em campo;

c) diminuição de horas-homem quando reduzido ou eliminado as esperas de lote ou de processos;

d) redução do ciclo de produção, ajudando na quantidade de estoque e acelerando a produção.

### 3. METODOLOGIA

Seguindo o referencial teórico pesquisado, deu-se início a aplicação da metodologia na forma de um estudo de caso, desde a identificação atual até a proposta final do problema.

O estudo de caso é um método que abrange tudo, desde a coleta dos dados até a análise dos resultados. Para Yin (2005), a diferença deste método comparado aos outros seria:

O estudo de caso é a estratégia escolhida ao se examinarem acontecimentos contemporâneos, mas quando não se podem manipular comportamentos relevantes. O estudo de caso conta com muitas das técnicas utilizadas pelas pesquisas históricas, mas acrescenta duas fontes de evidências que usualmente não são incluídas no repertório de um historiador: observação direta e série sistemática de entrevistas. Novamente, embora os estudos de casos e as pesquisas históricas possam se sobrepor, o poder diferenciador do estudo é a sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências - documentos, artefatos, entrevistas e observações - além do que pode estar disponível no estudo histórico convencional. Além disso, em algumas situações, como na observação participante, pode ocorrer manipulação informal.

#### 3.1. A empresa pesquisada

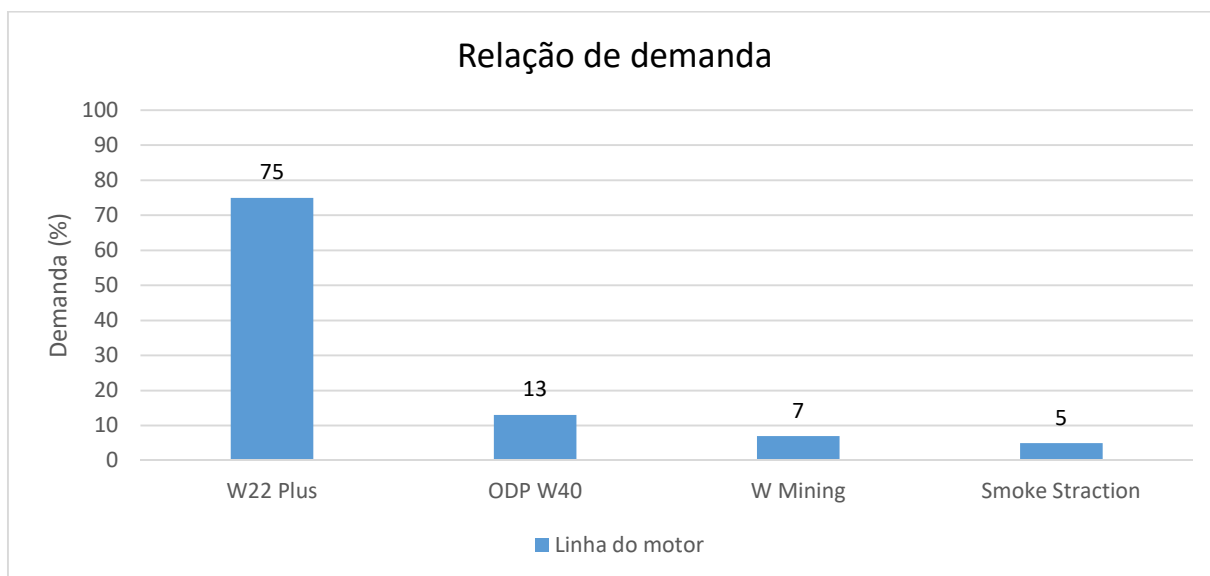
O estudo foi realizado na empresa WEG S/A que é uma multinacional da região norte do estado de Santa Catarina onde localiza-se sua matriz, conta com quase 30.000 funcionários em 29 países, atua em 5 segmentos sendo eles: motores, tintas e vernizes, transmissão e distribuição, energia e automação. O trabalho foi baseado em uma linha de montagem de motores elétricos industriais.

#### 3.2. O produto

O produto foi selecionado analisando os chamados *best sellers*, que são os produtos que apresentam o maior volume de produção, diante de uma família de produtos. Foi escolhido o que mais tem processos e componentes semelhantes, foi escolhido apenas 1 modelo para o estudo pois representa 75% da demanda da produção, assim, tornando-se ideal para o estudo.

O Gráfico 1 mostra a relação de demanda do produto escolhido com os demais produtos fabricados na linha de montagem.

Gráfico 1 - Demanda total



Fonte: A empresa do estudo de caso (2018).

O produto escolhido é um motor elétrico trifásico modelo W22 PLUS, potência de 75cv, tamanho da carcaça: 250S (250mm da ponta do eixo até a base do pé do motor), as principais aplicações deste motor são bombas, compressores, moinhos, britadores e talhas.

A Figura 6 apresenta a foto do produto do estudo:

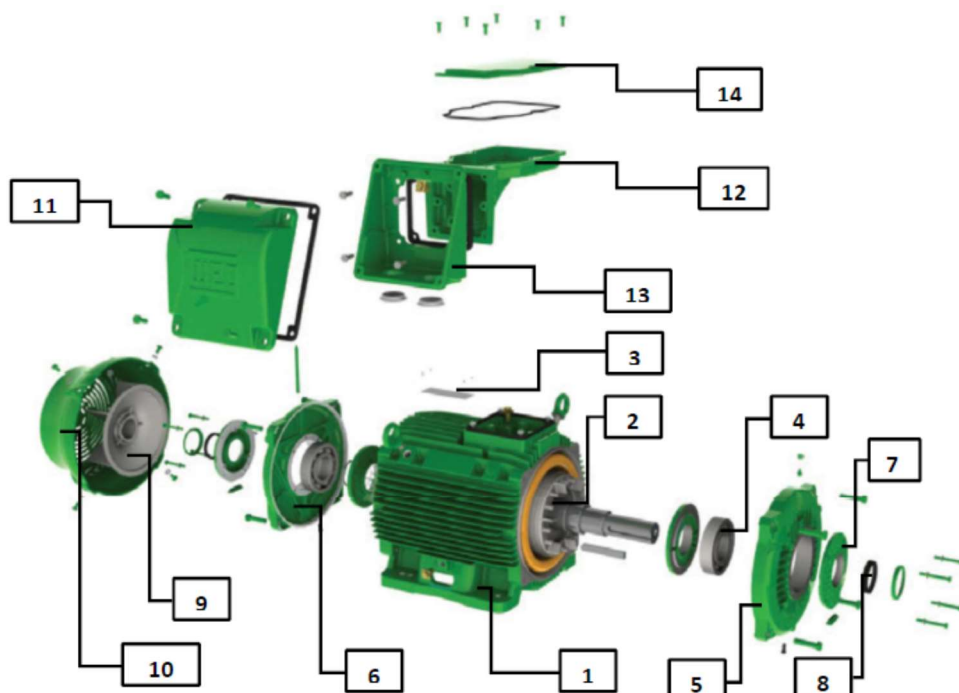
Figura 6 - Motor elétrico



Fonte: Catálogo WEG (2018).

Para um melhor entendimento de quais são as partes que compõem um motor elétrico, estas são apresentadas na Figura 7 e a lista de componentes na Tabela 1.

Figura 7 - Vista explodida do motor elétrico



Fonte: Catálogo WEG (2018).

Tabela 1 - Componentes do motor elétrico

Item	Componente
1	Carcaça
2	Rotor completo
3	Placa de identificação
4	Rolamento de esferas
5	Tampa dianteira
6	Tampa traseira
7	Anel de vedação
8	Anel borracha vedação
9	Ventilador
10	Tampa defletora
11	Tampa da caixa de ligação
12	Suporte da caixa de ligação
13	Caixa de ligação
14	Tampa do suporte

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

### 3.3. Materiais utilizados no estudo

Seguindo as concepções de Barnes (1977), o método mais utilizado para se medir o tempo nas empresas é a cronometragem, então, os materiais utilizados para registrar os tempos do método atual e coletar dados sobre a linha de montagem, foram um cronômetro centesimal mostrado na Figura 8 e uma folha de cronometragem que pode ser visualizada no **ANEXO A**.

Figura 8 - Cronômetro centesimal



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A situação atual da linha de montagem se mostra da seguinte maneira, 4 operadores um por posto de trabalho, o abastecimento de materiais é realizado por carrinhos fornecidos por um trem logístico, o tempo de *setup* é definido como sendo a demora que o operador leva para buscar o carrinho de material cheio e devolver o carrinho vazio fazendo o movimento a cada duas peças.

Observa-se no **APÊNDICE E**, que o posto 2 apresenta um acúmulo de tarefas, assim pode-se dizer que é um provável gargalo na produção, já no posto 3 existe um tempo ocioso fazendo com que venha a ser um ponto importante no balanceamento.

A cronometragem aplicada nas operações, foi realizada com o conhecimento prévio dos operadores da linha de montagem, sendo escolhido aqueles que tem treinamento para executar todas as tarefas. E para começar a análise do

método atual, todas as operações estavam preparadas e definidas em uma sequência adequada antes que iniciem as cronometragens.

O fluxograma da sequência de montagem que é praticada atualmente na linha pode ser visto no **APÊNDICE A**.

## 4. DESENVOLVIMENTO

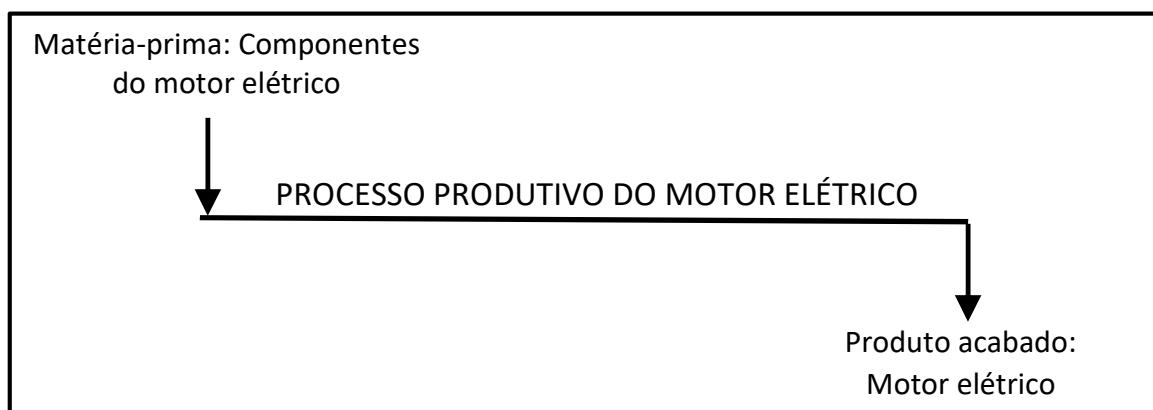
Neste capítulo, será realizado o estudo de tempos e métodos de acordo com a empresa do estudo de caso afim de determinar os tempos padrão e posteriormente executar o balanceamento na linha de montagem, juntamente com as propostas para o *layout* atual.

### 4.1. Análise inicial do processo produtivo

Seguindo Slack, Chambers e Jhonston (2009), entre os quatro tipos de arranjos físico fundamentados, o que mais adequa-se com o estudo é o arranjo por linha, que já é utilizado pela empresa do estudo de caso, justamente por possuir um fluxo produtivo que segue uma sequência de operações padronizadas.

Contador (2010), sugere a análise do processo produtivo como um todo, abaixo na Figura 9 é representado o motor elétrico.

Figura 9 - Processo produtivo do motor elétrico

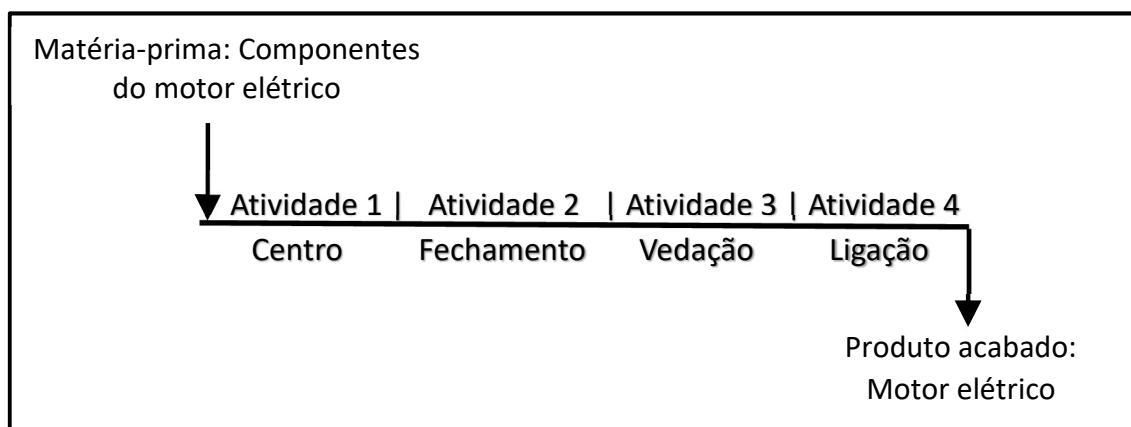


Fonte: Elaborado pelo autor (2018), adaptado de Contador (2010, p.122).

### 4.2. Divisão do processo em atividades e padronização

Ainda seguindo Contador (2010), sugere que o processo seja dividido em atividades para posterior padronização da montagem, conforme a Figura 10.

Figura 10 - Atividades do processo produtivo do motor elétrico



Fonte: Elaborado pelo autor (2018), adaptado de Contador (2010, p.122).

A primeira atividade do processo nomeada de “centro” é onde possui um maior fluxo produtivo, pois é ela que vai definir qual ritmo de trabalho que as atividades seguintes irão ser executadas. Já a atividade 2 nomeada de “fechamento”, é considerada o gargalo da produção, pois possui muitos elementos comparado com as outras. Ainda possui muitos elementos relativamente demorados, então será a base do estudo.

Continuando, a atividade 3, nomeada de “vedação”, é a que possui poucos processos, sendo assim, provavelmente irá apresentar o menor tempo entre todas, tornando-se muito importante para o balanceamento. Observando a atividade 4, nomeada de “ligação”, é a última antes do motor completo ser liberado, a inspeção de todas as outras atividades deve ser verificada para evitar os retrabalhos.

#### 4.3. Divisão das atividades em elementos

A divisão das atividades em elementos será realizada para todo o processo produtivo, no **APÊNDICE B**, têm-se o detalhamento dos elementos de todas as quatro atividades.

#### 4.4. Pré-cronometragem para o método atual

Após a divisão completa das atividades em elementos, é necessária uma tomada de tempos preliminar, com a orientação para o operador realizar a tarefa da forma que foi padronizada.



Inicialmente foram feitas 5 cronometragens em diferentes períodos da jornada de trabalho que o motor estava na linha de montagem, todas utilizando um fator de ritmo de 100%. Esta decisão foi tomada com base na experiência de considerar todos os operadores com o mesmo ritmo, pois trabalham a muitos anos nas mesmas operações. As coletas dos tempos foram realizadas na atividade “fechamento” que é a que possui mais elementos e que tem maior importância, o resultado obtido pode ser visto na Tabela 2:

Tabela 2 - Pré-cronometragens

Motor elétrico	Modelo W22	Fechamento
Pré-cronometragens (minutos e centésimos de minutos)		
Cronometragem C1		6
Cronometragem C2		6,08
Cronometragem C3		6,29
Cronometragem C4		6,39
Cronometragem C5		6,47
TOTAL		31,23
MÉDIA		6,25

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observação: O detalhamento das pré-cronometragens da atividade fechamento e seus tempos, pode ser visualizado no **APÊNDICE C**.

#### 4.5. Obtenção do tempo padrão para o método atual

##### 4.5.1. Cálculo do número de cronometragens necessárias

Martins e Laugeni (2005) e Peinado e Graeml (2007), apresentam na Figura 4, que para um grau de confiança de 95%, tem-se  $z = 1,96$ . E de acordo com a Figura 5, utilizando 5 cronometragens é adotado um coeficiente de  $d_2 = 2,326$ , e um erro relativo igual à  $E_r = 0,05$ . E a amplitude,  $R = C5 - C1$ , ou seja,  $R = 6,47 - 6 = 0,47$ . Assim pode-se aplicar os dados coletados na Equação 1:

$$n = \left( \frac{1,96 \times 0,47}{0,05 \times 2,326 \times 6,25} \right)^2 = 1,6061 \cong 2,0 \quad (1)$$

Com o número de cronometragens definido,  $n = 2$ , é necessário que sejam feitas mais 2 cronometragens complementares para uma média de valores mais exata. E seguindo os resultados obtidos nas pré-cronometragens e a sua média, pode ser aplicado para calcular o tempo normal.

#### 4.5.2. Cálculo do tempo normal (TN)

Com base em Martins e Laugeni (2005); Peinado e Graeml (2007) e Barnes (1977), e considerando a larga experiência dos operadores utilizou-se um fator de ritmo de 100%, é então calculado o tempo normal aplicando na Equação 2:

$$TN = TC \times V = 6,25 \times 100\% = 6,25 \text{ minutos} \quad (2)$$

#### 4.5.3. Cálculo do tempo padrão (TP)

O tempo padrão é calculado acrescentando o fator de tolerância (FT), considerando que o local de trabalho fornece um nível de fadiga intermediário, normalmente para uma jornada de trabalho de 8 horas é reservado de 10 a 24 minutos ou 2% a 5% do tempo, porém para a seção de montagem que tem uma jornada de trabalho de 9 horas, os valores de tolerância seguem de 5% para necessidades pessoais e de 10% para alívio de fadiga e de 3% para setup devido a movimentação dos carrinhos de materiais, pode ser visto na Tabela 3:

Tabela 3 - Fator de tolerância

Tempo total	Tolerâncias			TOTAL
	Pessoal	Fadiga	Setup	
490 minutos	5% 24,5 min.	10% 49 min.	3% 14,7 min.	88,2 minutos

Fonte: A empresa do estudo de caso (2018).

Seguindo a equação 3 do tempo padrão (TP), tem-se:

$$TP = TN + (TN \times FT\%) = 6,25 + (6,25 \times 0,18) = 7,38 \text{ minutos} \quad (3)$$

Este é o tempo da atividade fechamento, com o valor da tolerância já inserido. Com isto pode-se aplicar para as demais atividades na Tabela 4.

Tabela 4 - Tempo padrão para montagem do motor completo

Motor elétrico	Modelo W22	Motor Completo	Tempo normal (minutos e centésimos de minutos)	Tempo padrão (minutos e centésimos de minutos)
Atividade				
Centro			3,76	4,44
Fechamento			6,25	7,38
Vedação			2,38	2,81
Ligação			3,81	4,5
Tempo total			16,20	19,13

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observação: O detalhamento dos elementos das outras atividades e os tempos normais que caracterizam a montagem do motor completo, pode ser visualizado no **APÊNDICE B**.

#### 4.6. Análise do *layout* atual

O levantamento da disposição física, ocorre através do *layout* atual da linha de montagem como pode ser visto no **APÊNDICE E**, onde pode-se observar a movimentação dos operadores para produzir o motor elétrico, como estão dispostos o maquinário e as estantes de materiais e onde se localizam os postos de trabalho.

Observando o *layout* atual do processo, é possível verificar que os

carrinhos de materiais ficam organizados de uma forma confusa, facilitando o operador a montar de forma errada ou demorar para identificar qual é o carrinho correto para aquela ordem de produção, também se identifica a movimentação de cada operador, sendo algumas delas são desnecessárias e longas, diante desta análise, após realizado o balanceamento será possível otimizar e sugerir melhorias na disposição do espaço físico da linha.

#### 4.7. Tempo disponível da linha de montagem

O tempo de trabalho por turno é distribuído da seguinte maneira, o primeiro turno trabalha de segunda a sexta feira das 5:00h da manhã até as 14:18h da tarde e o segundo turno das 14:18h da tarde até 23:24h da noite. Sendo que cada turno tem 30 minutos de almoço, uma ginástica laboral de 18 minutos e uma reunião sobre produção de 20 minutos diariamente. Tornando a Equação 8 do tempo total disponível por turno de:

$$Tempo = 558 - 30 - 18 - 20 = 490 \text{ minutos/turno} \quad (8)$$

$$TP = 490 - (490 \times 0,18) = 401,8 \text{ minutos/turno} \quad (3)$$

#### 4.8. Cálculo da capacidade produtiva (CP)

O cálculo da capacidade produtiva diária por operador pode ser definido através da Equação 9:

$$CP = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{Tempo padrão motor}} = \frac{401,8 \frac{\text{minutos}}{\text{turno}}}{19,13 \frac{\text{minutos}}{\text{motor}}} = 21 \frac{\text{motor}}{\text{turno}} \quad (9)$$

Esta capacidade produtiva é relacionada com a linha de montagem com um operador, fazendo o cálculo com 22 dias úteis tem-se a capacidade produtiva mensal de:

$$CP = 21 \times 22 = 462 \frac{\text{motores}}{\text{mês}} \quad (9)$$

Utilizando o cálculo da capacidade produtiva mensal obtido na Equação 8, pode-se observar para os quatro operadores.

$$CP = 462 \times 4 = 1848 \frac{\text{motores}}{\text{turno}} \quad (9)$$

#### 4.9. Proposta de melhoria do método com base no *Takt Time*

Fundamentado por Antunes (2008), o termo *Takt Time* pode ser definido por um ritmo necessário de produção para atender certa demanda, considerando as limitações da linha ou célula de produção.

A realização do balanceamento dos postos de trabalho serve para adequar o tempo o mais equilibrado possível seguindo um fluxo contínuo de montagem, juntamente com uma organização dos pontos de abastecimentos da linha e sugestões de melhoria.

A demanda programada para a linha de montagem é 65 motores elétricos diariamente por turno, ou seja, 1430 motores elétricos mensais por turno. Seguindo estas informações pode-se calcular o *Takt Time* através da Equação 4:

$$Takt\ time = \frac{490\ minutos/turno}{65\ motores/turno} \cong 7,54\ minutos/motor \quad (4)$$

Assim comparando o *takt time* de 7,54 minutos por motor com o tempo padrão de 19,13 minutos, pode se verificar que existe uma capacidade acima do planejado. Entretanto para melhorar esta capacidade é necessário realizar um balanceamento de linha.

#### 4.10. Proposta de melhoria no balanceamento

A proposta consiste em reformular os elementos das atividades, assim conseguindo o balanceamento na linha e verificar se é possível eliminar ou agrupar algum elemento das atividades para que se adeque ao *Takt Time*. Na Equação 5 o tempo de ciclo fica igual ao tempo do *Takt Time*, para conseguir atender a demanda planejada.

$$TC = \frac{490 \frac{\text{minutos}}{\text{turno}}}{65 \frac{\text{motores}}{\text{turno}}} \cong 7,54 \frac{\text{minutos}}{\text{motor}} \quad (5)$$

Para confirmar quantos operadores são suficientes para atender a demanda atual pode ser aplicado o cálculo do número mínimo de operadores, Equação 6:

$$N = \frac{19,13}{7,54} = 2,53 \cong 3 \text{ operadores} \quad (6)$$

Verifica-se porem o melhor balanceamento deve ser realizado considerando os quatro operadores existentes.

Na Tabela 5 estão representados os tempos do balanceamento das atividades.

Tabela 5 - Balanceamento da linha

Balanceamento da linha de montagem				
Tempos	Atividade 1	Atividade 2	Atividade 3	Atividade 4
Tempo normal	3,93	3,93	3,91	4,02
Tempo padrão	4,64	4,64	4,61	4,75
Total tempo padrão novo	18,64			
Tempo padrão eliminado	0,49			
Tempo padrão antigo	19,13			

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Observação: O detalhamento do balanceamento da linha pode ser visualizado no **APÊNDICE D**.

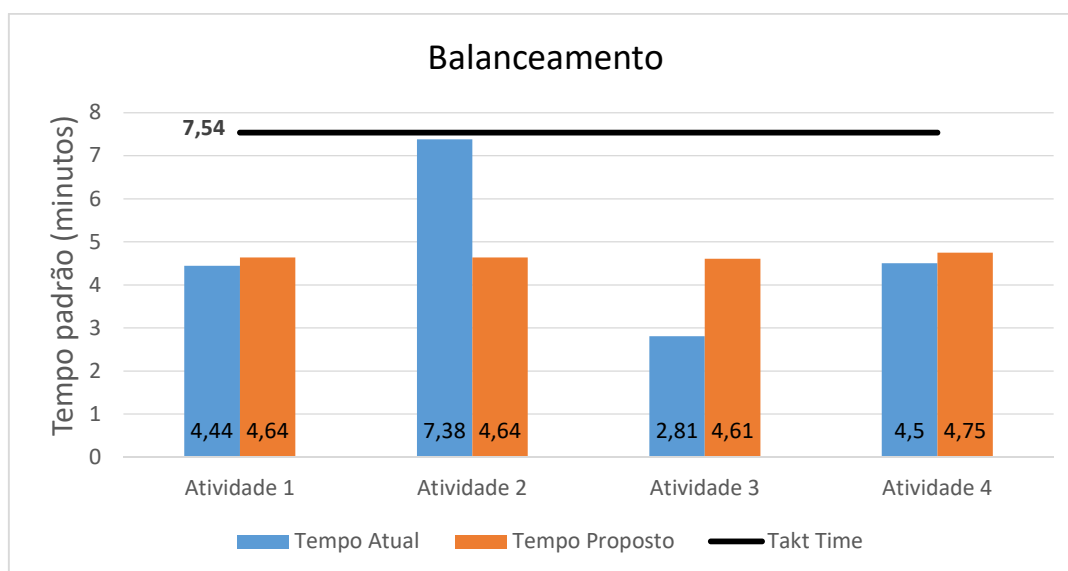
Com a realização do balanceamento foram eliminados dois elementos, assim consegue-se uma redução no tempo normal de 0,40 e no tempo padrão de 0,49.

O primeiro elemento eliminado foi da atividade 2: separar anéis e colocar em cima da linha (tempo reduzido de 23,23), este elemento foi eliminado pois vai ser atribuído diretamente na atividade 3, não sendo mais necessário separá-los em razão de já vir devidamente separado do almoxarifado de componentes.

A segunda mudança é na atividade 3: parafusar placa de bornes (tempo reduzido de 17,15), foi agrupado no elemento “parafusar suporte da placa de bornes”, vindo a placa do almoxarifado de componentes, previamente fixada no suporte, pois a mesma não interfere no processo.

Para comparar o novo tempo padrão após o balanceamento realizado com o tempo padrão atual, conforme o *Takt Time* definido para a demanda, observamos o Gráfico 2:

Gráfico 2 - Análise do tempo padrão



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Nota-se no Gráfico 2 que o resultado obtido após o balanceamento, que todos os tempos padrões apresentam valores abaixo do tempo de *Takt Time* definido

de 7,54 minutos/motor por operário, fazendo com que teoricamente a demanda seja atendida, já o tempo atual apresenta certa variação principalmente na atividade 2 que fica sobrecarregada e na atividade 3 que possui um tempo ocioso.

Os elementos que foram realocados em outras atividades podem ser observados na Tabela 6:

Tabela 6 - Elementos realocados

Elementos realocados	Posição atual	Posição proposta	Tempo min.
Parafusar suporte da caixa de ligação	Atividade 3	Atividade 1	37,46
Preparar anel traseiro	Atividade 2	Atividade 3	27,08
Parafusar anel traseiro	Atividade 2	Atividade 3	50,34
Preparar anel dianteiro	Atividade 2	Atividade 3	19,60
Parafusar anel dianteiro	Atividade 2	Atividade 3	51,89
Engraxar e posicionar anel V'ring dianteiro	Atividade 2	Atividade 3	30,94
Engraxar e posicionar anel V'ring traseiro	Atividade 2	Atividade 3	28,60
Fixar aterramento	Atividade 1	Atividade 4	20,93

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Aplicando novamente a Equação 9 do cálculo de capacidade produtiva utilizando o novo tempo padrão obtemos:

$$CP = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{Tempo padrão motor}} = \frac{401,8 \frac{\text{minutos}}{\text{turno}}}{18,64 \frac{\text{minutos}}{\text{motor}}} = 21,55 \cong 21 \frac{\text{motor}}{\text{turno}} \quad (9)$$

Com este estudo mostra que o balanceamento realizado na linha não altera o fluxo da montagem, ainda conseguindo atender a demanda diária da linha de montagem de 65 motores por dia/turno. Para a empresa do estudo caso futuramente venha a ter um aumento na sua demanda, pode-se utilizar o método proposto como base, podendo mudar o balanceamento da forma que mais se adequar, podendo adicionar mais um posto de trabalho, bem como organizar os pontos de abastecimento de materiais.



#### **4.11. Proposta de mudanças no abastecimento**

As mudanças e melhorias na disposição proposta da linha pode ser vista no **APÊNDICE E**, onde necessitam ser adequadas de acordo com o balanceamento e sugeridas algumas melhorias como a posição e marcação dos carrinhos de material, onde facilita ao operador a não misturar peças e assim evitar retrabalho, e na parte de movimentação dos operadores na linha a proposta traz uma redução da distância de cada operador, para fazer uma análise precisa, seria necessário aplicar esta proposta, teoricamente o tempo de cada atividade teria uma redução, assim melhorando ainda mais na produção diária da linha.

## 5. CONCLUSÃO

Os objetivos definidos no trabalho utilizando a situação atual foram alcançados, onde foi sugerido propostas de melhoria na linha de montagem de motores elétricos industriais, precedido de um método que envolve um balanceamento na linha e melhorias no *layout*, baseado em uma aplicação de estudo de tempos e métodos.

Com relação ao problema descrito no tópico da introdução, onde é tratado sobre a linha de produção não apresentar um fluxo contínuo de montagem, este foi resolvido como demonstrado no desenvolvimento das propostas de melhoria, assim confirmando que é possível obter um fluxo eficaz e balancear o processo, esta compreensão está relacionado diretamente com a seguinte pergunta de partida: Como este estudo de tempos e métodos vai agregar algum valor na produção e organização da linha de montagem?

Respondendo ao objetivo geral: Realizar o balanceamento em uma linha de montagem de motores elétricos.

O balanceamento de linha teve como proposta adequar as atividades em um ciclo de trabalho mais equilibrado possível, para assim produzir os motores de acordo com a demanda planejada. O *layout*, foi modificado em consequência do balanceamento realizado, e algumas sugestões de melhoria também foram propostos. Nos dois casos a demanda utilizada foi a mesma, porém, pode-se adequar demandas diferentes diante da proposta, realizando um balanceamento da linha e adequando o *layout* de acordo, assim mantendo a linha funcionando com um ciclo de produção contínuo e os processos com um bom sincronismo.

Respondendo ao primeiro objetivo específico: Identificar como está organizado o *layout* atual da linha de montagem. Este foi resolvido após uma análise e comparação com o *layout* no físico, sendo necessário uma adaptação por conta de estar desatualizado.

Continuando com os termos específicos, o segundo objetivo: verificar os tempos e os processos atuais de cada posto de trabalho, para atender este quesito que foi de grande utilidade para o estudo, onde as atividades foram divididas em elementos, facilitando no final a verificação do tempo normal e do tempo padrão de

cada posto de trabalho.

Continuando com os termos específicos, o terceiro objetivo: reorganizar os processos, visando em balancear os postos. O balanceamento da linha completa, foi realizado com foco em reorganizar as atividades, tentando deixar todas com um tempo de processo o mais próximo possível e abaixo do tempo de *Takt Time* para que a demanda diária fosse alcançada.

Finalizando os termos específicos, quarto objetivo: avaliar se houve melhoria na produtividade diária. Com um novo tempo padrão dos processos e a linha devidamente balanceada, foi possível manter a produção diária, trabalhando em um fluxo contínuo de montagem. Para um parecer da resposta provisória feita na hipótese, está foi concluída com êxito, pois o fluxo se mostrou bem equilibrado devido ao balanceamento.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A elaboração deste trabalho foi muito importante, na questão de experiência acadêmica possibilitou um aprendizado de pesquisa científica mais refinado e uma visão mais crítica quando se depara com um problema. Já para o crescimento profissional este trabalho teve a permissão da empresa do estudo, e existe o interesse da engenharia industrial em ver o resultado final e possivelmente realizar a experiência de aplicar na linha de montagem.

Como sugestão para trabalhos futuros, indica-se a inclusão de mais postos de trabalho e elevar a demanda diária, atualmente existem duas linhas de produção na fábrica, assim pode-se talvez juntar em uma linha apenas, assim ganhando em espaço físico, diminuiria a quantidade de carrinhos de materiais, porém seria necessário aplicar um novo estudo de tempos e métodos para deixar o processo balanceado.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, Junico et al. **Sistemas de produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008. 328 p.
- BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1977. 635 p.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 493 p.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Administração: teoria, processo e prática**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 403 p.
- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à teoria geral da administração**. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 640 p.
- CONTADOR, José Celso et al. **Gestão De Operações: A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2010. 543 p.
- FAVARETTO, Pablo Vinícius et al. **Projeto de layout Industrial para uma Empresa do Ramo Metal-Mecânico com Base nos Princípios da Produção Enxuta**. Revista Ciências Exatas e Naturais, Guarapuava, Paraná, v. 13, n. 1, p.46-53, jun. 2011.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos De Metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003. 311 p.
- MARQUES, Wagner Luís. **Produção**. 2. ed. Paraná: Cianorte, 2013. 134 p.
- MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562 p.
- MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Teoria Geral da Administração**. São Paulo: Atlas, 2009.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 624 p.
- PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: Operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicamp, 2007. 750 p.

SAKAI, Gustavo Katsumoto. **Estudo de tempos e métodos em uma linha de montagem de bicicletas ergométricas**. 2014. Trabalho de curso graduação em Engenharia de Produção – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2014.

SHINGO, Shigeo. **O sistema Toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia da produção**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996. 282 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703 p.

SILVA, A.L. (2009), **Desenvolvimento de um modelo de análise e projeto de layout industrial orientado para a Produção Enxuta**. 2009, 243p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

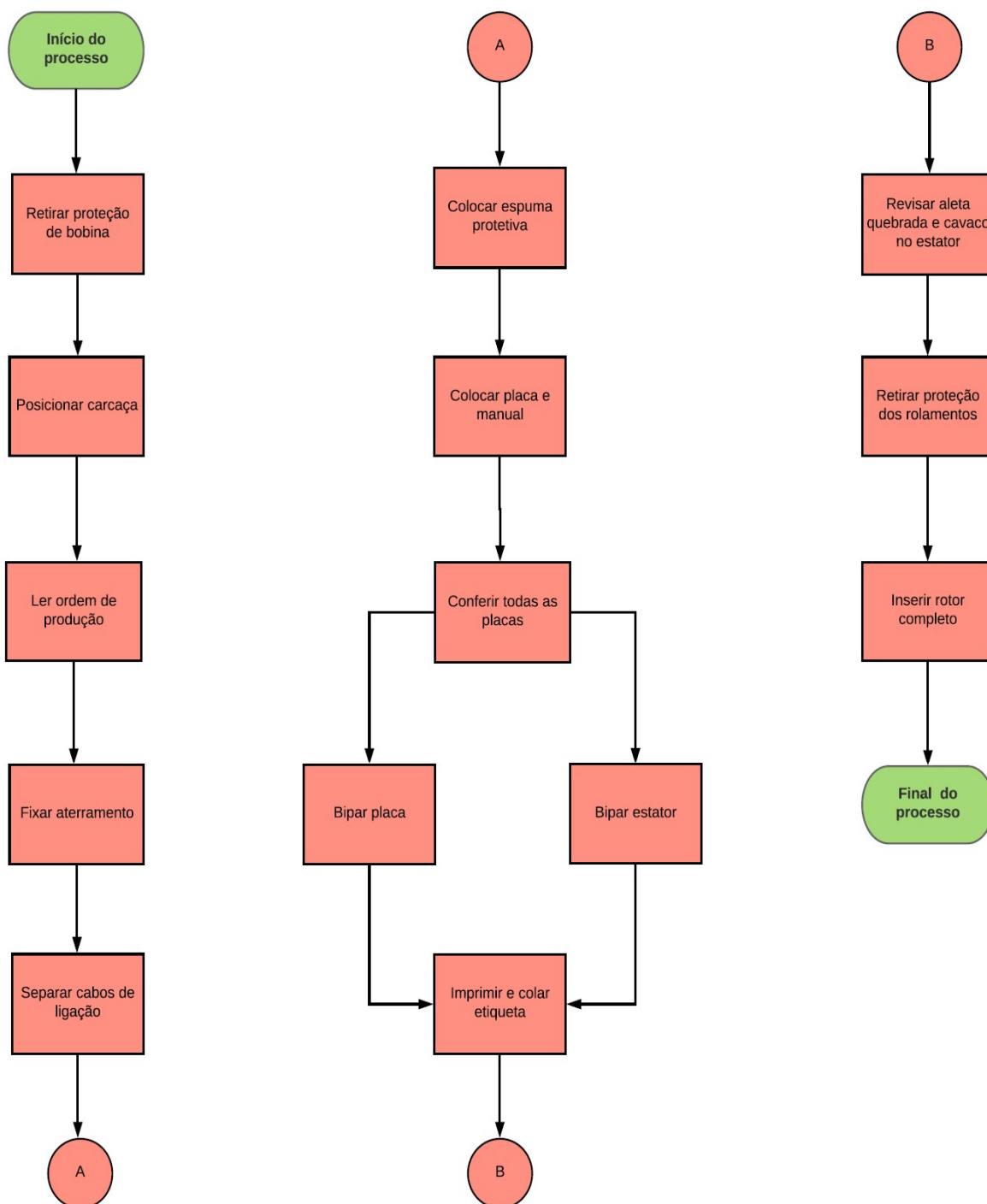
YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.

WEG, **Catálogo técnico mercado brasileiro**. Disponível em: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-motor-trifasico-tecnico-mercado-brasil-50023622-catalogo-portugues-br.pdf>. Acesso em 30 abril de 2018.

## APÊNDICE A – FLUXOGRAMA DA SEQUÊNCIA DE MONTAGEM

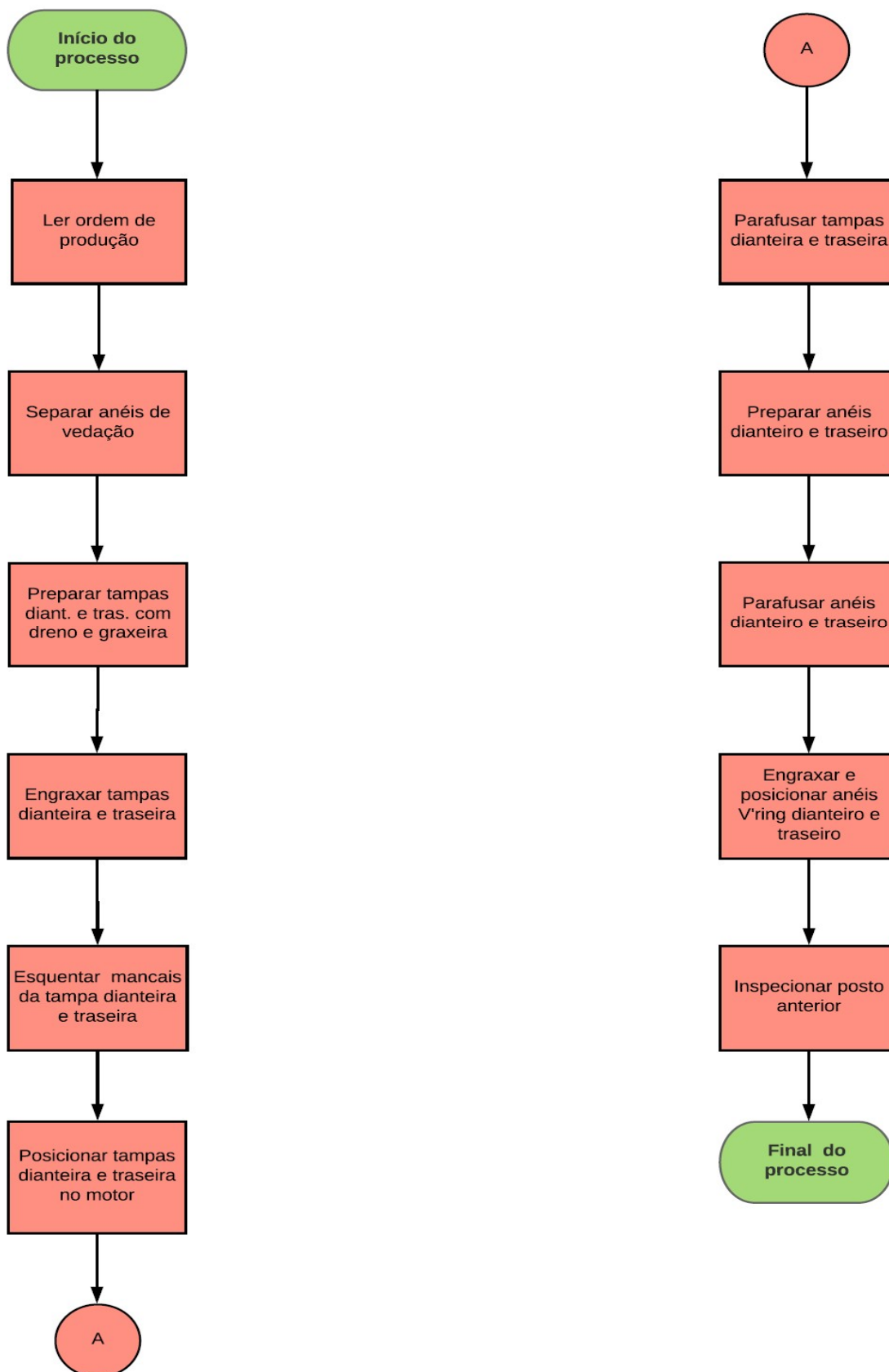
### SEQUÊNCIA DE MONTAGEM ATUAL DO PROCESSO

#### ATIVIDADE 1: CENTRO



## SEQUÊNCIA DE MONTAGEM ATUAL DO PROCESSO

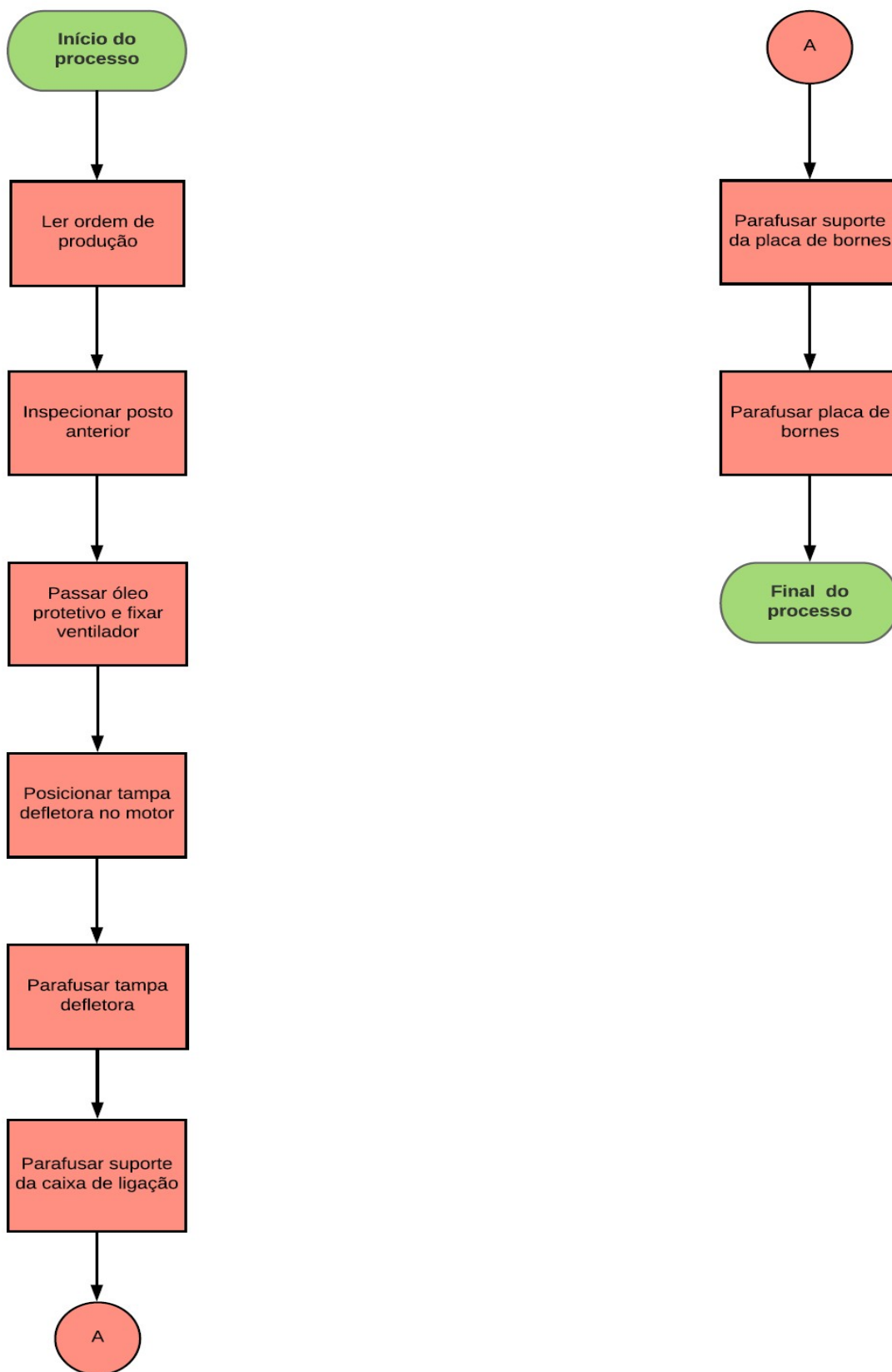
### ATIVIDADE 2: FECHAMENTO





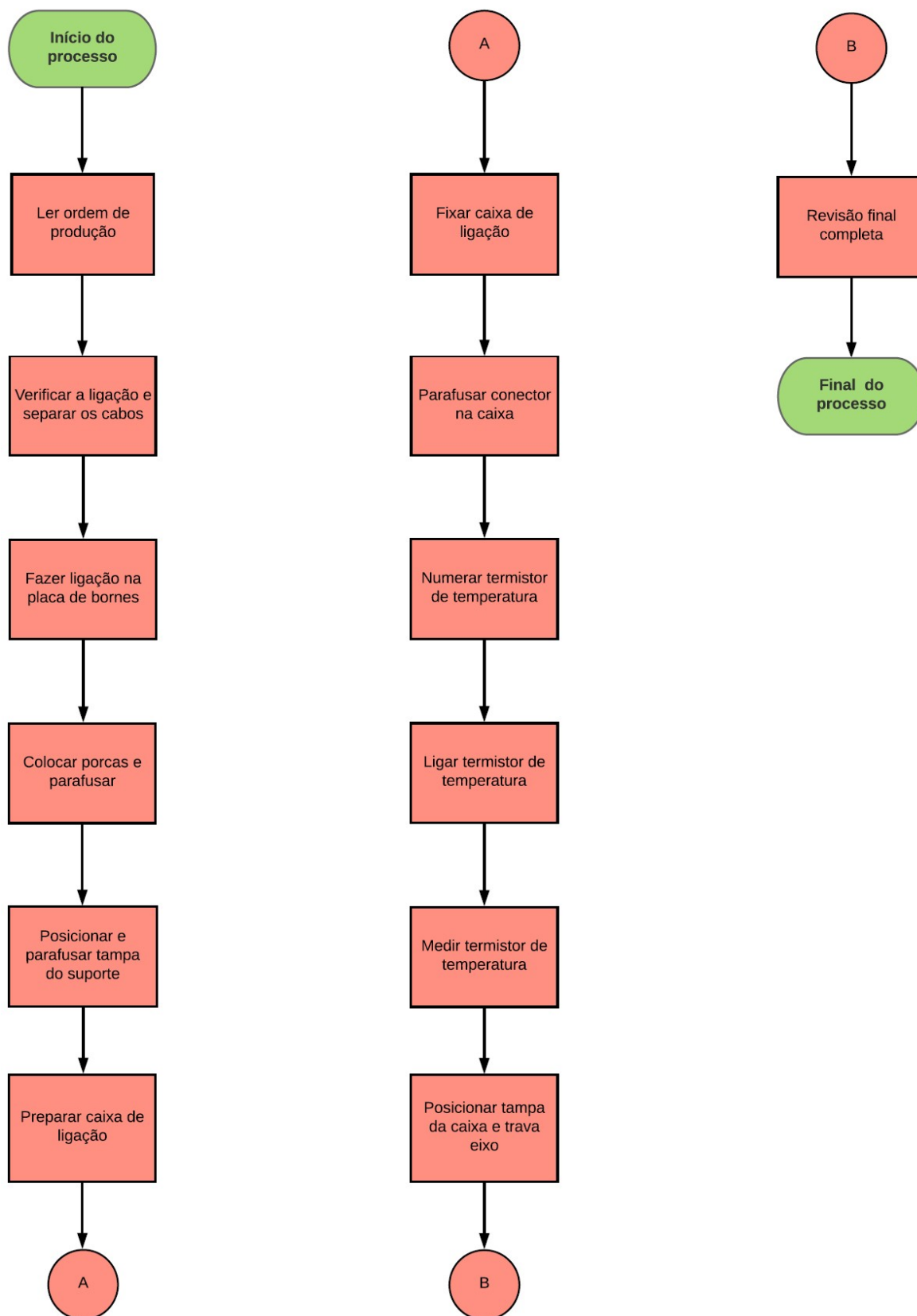
## SEQUÊNCIA DE MONTAGEM ATUAL DO PROCESSO

### ATIVIDADE 3: VEDAÇÃO



## SEQUÊNCIA DE MONTAGEM ATUAL DO PROCESSO

### ATIVIDADE 4: LIGAÇÃO



## APÊNDICE B - ATIVIDADES DIVIDIDAS EM ELEMENTOS

Abaixo estão representadas as tabelas das atividades divididas em elementos e seus tempos cronometrados.

Tabela 1: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 1: Centro	Tempo Normal (Centésimos de segundos)
Elementos:			
1	Retirar proteção de bobina		14,25
2	Posicionar carcaça sobre a linha		79,22
3	Ler ordem de produção		26,34
4	Fixar aterramento		20,93
5	Separar cabos de ligação		28,08
6	Colocar espuma protetiva		31,97
7	Procurar e colocar placa e manual		38,45
8	Conferir placa principal e placas e etiquetas adicionais		28,3
9	Bipar placa, estator e colar etiqueta		11,36
10	Revisar aleta quebrada e cavaco no estator		33,26
11	Retirar proteção dos rolamentos do rotor		11,45
12	Inserir rotor completo		52,7
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			376,31
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			3,76

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 2: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 2: Fechamento	Tempo Normal (Centésimos de segundos)
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		24,84
2	Separar anéis de vedação e colocar em cima da linha		23,23
3	Preparar tampa dianteira com dreno e graxeira		25,87
4	Engraxar tampa dianteira		8,39
5	Esquentar mancal da tampa dianteira		58,83
6	Posicionar tampa no motor		39,06
7	Parafusar tampa dianteira		42,82
8	Preparar tampa traseira com dreno e graxeira		27,28
9	Engraxar tampa traseira		8,78
10	Esquentar mancal da tampa traseira		60,22
11	Posicionar tampa no motor		38,76
12	Parafusar tampa traseira		42,39
13	Preparar anel traseiro		27,08
14	Parafusar anel traseiro		50,34
15	Preparar anel dianteiro		19,60
16	Parafusar anel dianteiro		51,89
17	Engraxar e posicionar anel V'ring dianteiro		30,94
18	Engraxar e posicionar anel V'ring traseiro		28,60
19	Inspeção do posto anterior		15,59
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			624,51
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			6,25

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 3: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 3: Vedação	Tempo Normal (Centésimos de segundos)
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		28,94
2	Inspeção do posto anterior		23,98
3	Passar óleo protetivo e fixar ventilador		28,08
4	Posicionar tampa defletora no motor		37,58
5	Parafusar tampa defletora		44,28
6	Parafusar suporte da caixa de ligação		37,46
7	Parafusar suporte da placa de bornes		20,13
8	Parafusar placa de bornes		17,15
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			237,6
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			2,38

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 4: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 4: Ligação	Tempo Normal (Centésimos de segundos)
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		30,12
2	Verificar a ligação e separar os cabos		23,67
3	Fazer ligação na placa de bornes		35,64
4	Colocar porcas e parafusar		44,15
5	Posicionar e parafusar tampa do suporte		24,87
6	Preparar caixa de ligação		23,98
7	Fixar caixa de ligação		39,57
8	Parafusar conector na caixa		25,92
9	Numerar termistor de temperatura		29,16
10	Ligar termistor de temperatura		34,07
11	Medir termistor de temperatura		9,29
12	Posicionar tampa da caixa e trava eixo		19,01
13	Revisão final completa		41,26
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			380,71
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			3,81

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 5: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	MOTOR COMPLETO	Tempo Normal (Centésimos de segundos)
Atividades			
1	Centro		376,31
2	Fechamento		624,51
3	Vedação		237,6
4	Ligação		380,71
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			1619,13
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			16,19

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## APÊNDICE C - PRÉ-CRONOMETRAGENS

Abaixo estão representadas as tabelas das Pré-cronometragens e seus tempos da atividade fechamento.

Tabela 6: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 2: Fechamento	Tempo (segundos)
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		23,65
2	Separar anéis de vedação e colocar em cima da linha		22,34
3	Preparar tampa dianteira com dreno e graxeira		23,46
4	Engraxar tampa dianteira		8,10
5	Esquentar mancal da tampa dianteira		56,78
6	Posicionar tampa no motor		40,02
7	Parafusar tampa dianteira		43,86
8	Preparar tampa traseira com dreno e graxeira		26,74
9	Engraxar tampa traseira		8,43
10	Esquentar mancal da tampa traseira		57,22
11	Posicionar tampa no motor		37,82
12	Parafusar tampa traseira		40,71
13	Preparar anel traseiro		25,63
14	Parafusar anel traseiro		50,49
15	Preparar anel dianteiro		19,54
16	Parafusar anel dianteiro		48,93
17	Engraxar e posicionar anel V'ring dianteiro		30,21
18	Engraxar e posicionar anel V'ring traseiro		28,46
19	Inspeção do posto anterior		15,14
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			607,53
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			6,08

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).



Tabela 7: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 2: Fechamento	Tempo (segundos)
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		24,93
2	Separar anéis de vedação e colocar em cima da linha		25,61
3	Preparar tampa dianteira com dreno e graxeira		26,47
4	Engraxar tampa dianteira		8,72
5	Esquentar mancal da tampa dianteira		57,93
6	Posicionar tampa no motor		40,19
7	Parafusar tampa dianteira		43,46
8	Preparar tampa traseira com dreno e graxeira		29,37
9	Engraxar tampa traseira		8,61
10	Esquentar mancal da tampa traseira		59,92
11	Posicionar tampa no motor		39,25
12	Parafusar tampa traseira		43,85
13	Preparar anel traseiro		27,45
14	Parafusar anel traseiro		52,38
15	Preparar anel dianteiro		20,17
16	Parafusar anel dianteiro		53,48
17	Engraxar e posicionar anel V'ring dianteiro		32,49
18	Engraxar e posicionar anel V'ring traseiro		29,67
19	Inspeção do posto anterior		14,73
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			638,68
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			6,39

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 8: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 2: Fechamento	Tempo (segundos)
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		22,43
2	Separar anéis de vedação e colocar em cima da linha		23,37
3	Preparar tampa dianteira com dreno e graxeira		26,84
4	Engraxar tampa dianteira		8,31
5	Esquentar mancal da tampa dianteira		63,26
6	Posicionar tampa no motor		39,65
7	Parafusar tampa dianteira		41,27
8	Preparar tampa traseira com dreno e graxeira		27,46
9	Engraxar tampa traseira		8,62
10	Esquentar mancal da tampa traseira		63,79
11	Posicionar tampa no motor		38,43
12	Parafusar tampa traseira		42,56
13	Preparar anel traseiro		28,34
14	Parafusar anel traseiro		47,38
15	Preparar anel dianteiro		18,41
16	Parafusar anel dianteiro		53,46
17	Engraxar e posicionar anel V'ring dianteiro		30,67
18	Engraxar e posicionar anel V'ring traseiro		28,58
19	Inspeção do posto anterior		16,35
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			629,18
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			6,29

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 9: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 2: Fechamento	Tempo (segundos)
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		25,54
2	Separar anéis de vedação e colocar em cima da linha		21,09
3	Preparar tampa dianteira com dreno e graxeira		24,65
4	Engraxar tampa dianteira		7,86
5	Esquentar mancal da tampa dianteira		58,73
6	Posicionar tampa no motor		37,09
7	Parafusar tampa dianteira		40,28
8	Preparar tampa traseira com dreno e graxeira		24,64
9	Engraxar tampa traseira		8,63
10	Esquentar mancal da tampa traseira		58,35
11	Posicionar tampa no motor		37,34
12	Parafusar tampa traseira		40,45
13	Preparar anel traseiro		25,53
14	Parafusar anel traseiro		48,72
15	Preparar anel dianteiro		18,94
16	Parafusar anel dianteiro		49,87
17	Engraxar e posicionar anel V'ring dianteiro		29,82
18	Engraxar e posicionar anel V'ring traseiro		26,62
19	Inspeção do posto anterior		16,15
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			600,3
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			6

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 10: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 2: Fechamento	Tempo (segundos)
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		27,63
2	Separar anéis de vedação e colocar em cima da linha		23,74
3	Preparar tampa dianteira com dreno e graxeira		27,89
4	Engraxar tampa dianteira		8,96
5	Esquentar mancal da tampa dianteira		57,45
6	Posicionar tampa no motor		38,33
7	Parafusar tampa dianteira		45,24
8	Preparar tampa traseira com dreno e graxeira		28,16
9	Engraxar tampa traseira		9,59
10	Esquentar mancal da tampa traseira		61,83
11	Posicionar tampa no motor		40,97
12	Parafusar tampa traseira		44,37
13	Preparar anel traseiro		28,43
14	Parafusar anel traseiro		52,70
15	Preparar anel dianteiro		20,91
16	Parafusar anel dianteiro		53,68
17	Engraxar e posicionar anel V'ring dianteiro		31,48
18	Engraxar e posicionar anel V'ring traseiro		29,66
19	Inspeção do posto anterior		15,54
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			646,56
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			6,47

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## APÊNDICE D - BALANCEAMENTO DE LINHA

Abaixo estão representadas as tabelas do balanceamento de linha e seus tempos reformulados.

Tabela 11: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 1: Centro	Tempo Normal
Elementos:			
1	Retirar proteção de bobina		14,25
2	Posicionar carcaça sobre a linha		79,22
3	Ler ordem de produção		26,34
4	Separar cabos de ligação		28,08
5	Colocar espuma protetiva		31,97
6	Procurar e colocar placa e manual		38,45
7	Conferir placa principal e placas e etiquetas adicionais		28,3
8	Bipar placa e estator e colar etiqueta		11,36
9	Revisar aleta quebrada e cavaco no estator		33,26
10	Parafusar suporte da caixa de ligação		37,46
11	Retirar proteção dos rolamentos do rotor		11,45
12	Inserir rotor completo		52,70
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			392,84
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			3,93

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 12: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 2: Fechamento	Tempo Normal
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		24,84
2	Preparar tampa dianteira com dreno e graxeira		25,87
3	Engraxar tampa dianteira		8,39
4	Esquentar mancal da tampa dianteira		58,83
5	Posicionar tampa no motor		39,06
6	Parafusar tampa dianteira		42,82
7	Preparar tampa traseira com dreno e graxeira		27,28
8	Engraxar tampa traseira		8,78
9	Esquentar mancal da tampa traseira		60,22
10	Posicionar tampa no motor		38,76
11	Parafusar tampa traseira		42,39
12	Inspeção do posto anterior		15,59
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			392,83
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			3,93

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 13: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 3: Vedação	Tempo Normal
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		28,94
2	Preparar anel traseiro		27,08
3	Parafusar anel traseiro		50,34
4	Preparar anel dianteiro		19,60
5	Parafusar anel dianteiro		51,89
6	Engraxar e posicionar anel V'ring dianteiro		30,94
7	Engraxar e posicionar anel V'ring traseiro		28,60
8	Inspeção do posto anterior		23,98
9	Passar óleo protetivo e fixar ventilador		28,08
10	Posicionar tampa defletora no motor		37,58
11	Parafusar tampa defletora		44,28
12	Parafusar suporte da placa de bornes		20,13
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			391,44
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			3,91

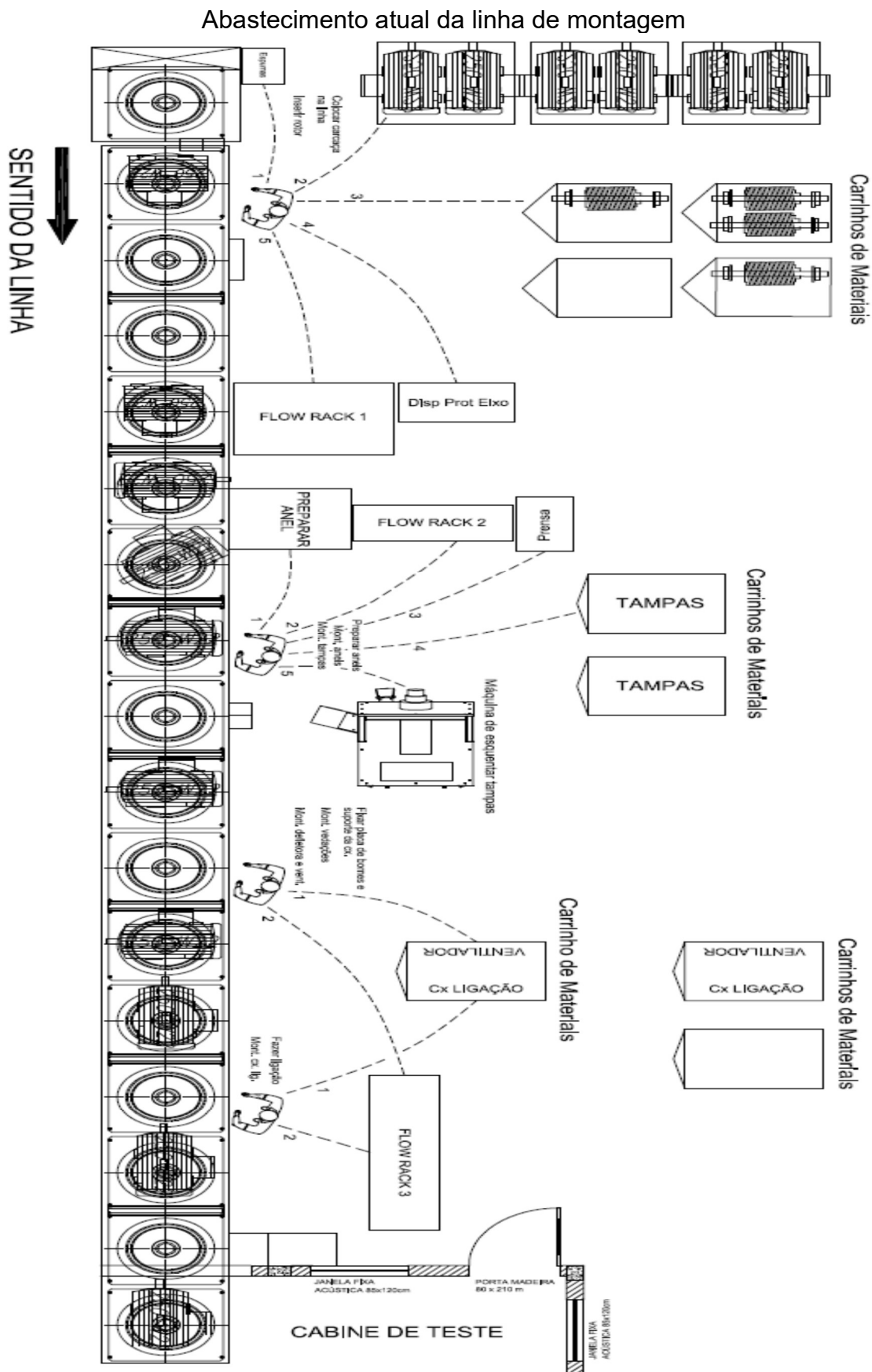
Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Tabela 14: Linha de montagem do motor elétrico			
Motor elétrico	Modelo W22	Atividade 4: Ligação	Tempo Normal
Elementos:			
1	Ler ordem de produção		30,12
2	Verificar a ligação e separar os cabos		23,67
3	Fazer ligação na placa de bornes		35,64
4	Colocar porcas e parafusar		44,15
5	Posicionar e parafusar tampa do suporte		24,87
6	Fixar aterramento		20,93
7	Preparar caixa de ligação		23,98
8	Fixar caixa de ligação		39,57
9	Parafusar conector na caixa		25,92
10	Numerar termistor de temperatura		29,16
11	Ligar termistor de temperatura		34,07
12	Medir termistor de temperatura		9,29
13	Posicionar tampa da caixa e trava eixo		19,01
14	Revisão final completa		41,26
Tempo total (segundos e centésimos de segundo)			401,64
Tempo total (minutos e centésimos de minutos)			4,02

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

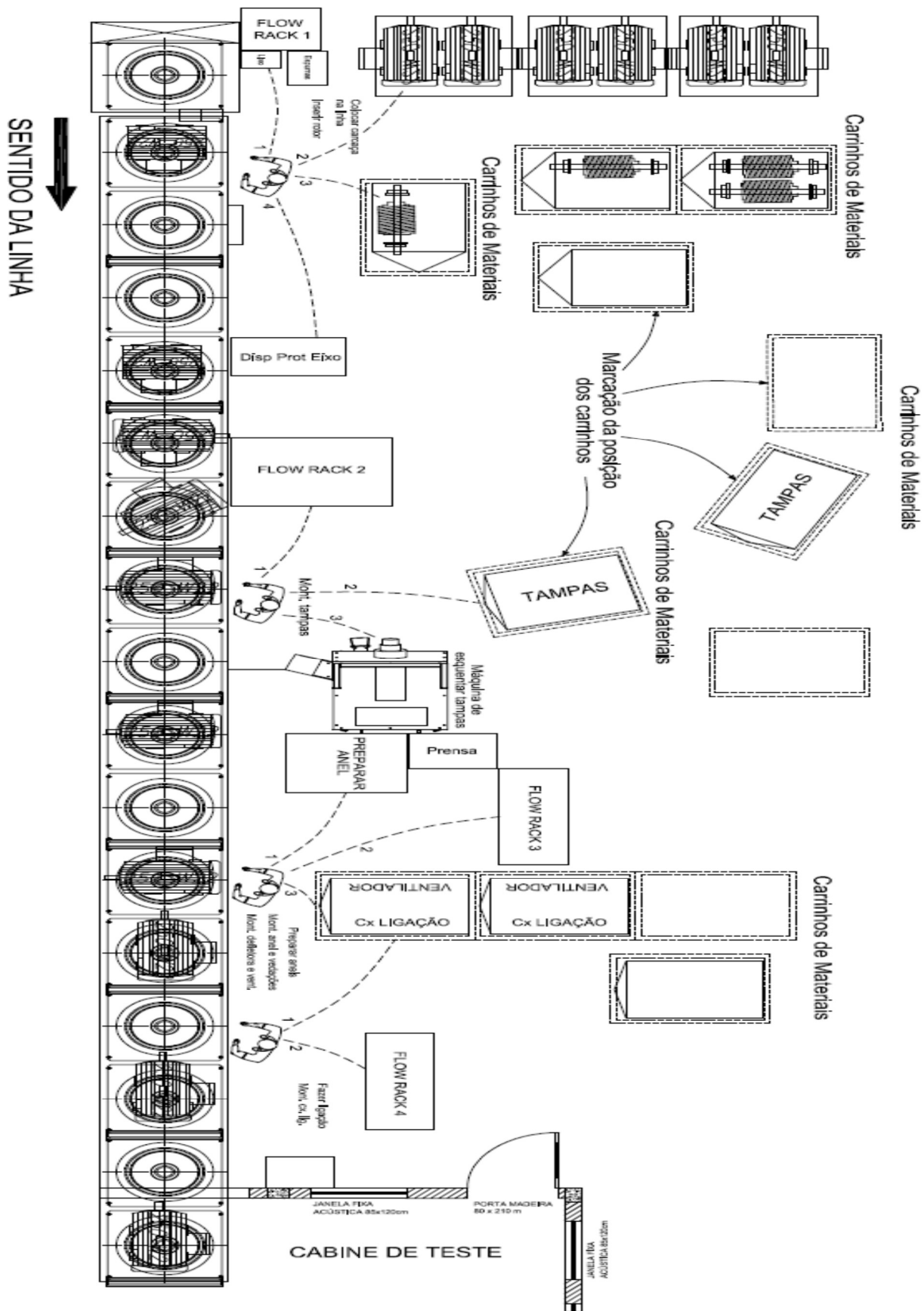


## APÊNDICE E – ABASTECIMENTO DA LINHA



Fonte: A empresa do estudo de caso, adaptado pelo autor (2018).

Abastecimento proposto da linha de montagem



Fonte: A empresa do estudo de caso, adaptado pelo autor (2018).

## ANEXO A - FOLHA DE CRONOMETRAGEM

FOLHA DE CRONOMETRAGEM												Data:					
Operador:	Turno:	Cron.:	Estudo:	Cód.Mat.:	Folha Nº:		01	de									
Produto:	Nº:	Material:	CT.:	Local:													
Operação:	Obs.:																
Nº	Elementos	Ciclos										T.C.	RIT	T.N.	Freq.	Fadiga	Tempo Básico
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
01	T																
	L																
02	T																
	L																
03	T																
	L																
04	T																
	L																
05	T																
	L																
06	T																
	L																
07	T																
	L																
08	T																
	L																
09	T																
	L																
10	T																
	L																
11	T																
	L																
12	T																
	L																
13	T																
	L																
14	T																
	L																
15	T																
	L																
Obs:			<b>Tempo Básico Total:</b>			min		<b>Produção Horária:</b>			pç/h		<b>Concessão:</b>				
			<b>Tempo Padrão:</b>			min											

Fonte: A empresa do estudo de caso (2018).