

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA - CAMPUS JARAGUÁ DO SUL - RAU  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM FABRICAÇÃO MECÂNICA

EDINO JOSÉ TEIXEIRA DE OLIVEIRA

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIA DO MÉTODO DE PRODUÇÃO E  
*LAYOUT* DE UMA CÉLULA DE FABRICAÇÃO DE ROTORES

JARAGUÁ DO SUL  
JULHO DE 2020

EDINO JOSÉ TEIXEIRA DE OLIVEIRA

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIA DO MÉTODO DE PRODUÇÃO E  
*LAYOUT* DE UMA CÉLULA DE FABRICAÇÃO DE ROTORES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do Campus Jaraguá do Sul – Rau, do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do diploma de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Orientador: Alexandre Zammar, Me

JARAGUÁ DO SUL  
JULHO DE 2020

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

Oliveira, Edino José Teixeira de  
PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIA DO MÉTODO DE PRODUÇÃO  
E LAYOUT DE UMA CÉLULA DE FABRICAÇÃO DE ROTORES / Edino  
José Teixeira de Oliveira ; orientação de Alexandre  
Zammar. Jaraguá do Sul, SC, 2020.

55 p.

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

1. Proposta de melhoria. 2. Relatório A3. 3. Layout.  
I. Zammar, Alexandre. II. Instituto Federal de Santa  
Catarina. . III. Título.

EDINO JOSÉ TEIXEIRA DE OLIVEIRA

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIA DO MÉTODO DE PRODUÇÃO E  
LAYOUT DE UMA CÉLULA DE FABRICAÇÃO DE ROTORES

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, 02 de julho de 2020



Prof. Me. Alexandre Zammar

Orientador

IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU



Prof. Dr. Edson Sidnei Maciel Teixeira

IFSC – Campus Jaraguá do Sul – RAU



Prof. Esp. Josué Vogel

IFSC – Campus Jaraguá do Sul – RAU

À minha família e também à minha  
esposa Daniele Luíse Alberton, pelo apoio  
nestes anos, ajudando a manter o foco  
nos momentos difíceis.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pela minha saúde, pela força e tranquilidade nos momentos em que necessitei.

À minha família, que sempre apoiou as minhas decisões e sempre incentivou a jamais desistir de um objetivo.

À minha esposa Daniele Luíse Alberton, pela paciência e apoio na elaboração deste trabalho de conclusão de curso.

Ao Prof. Alexandre Zammar, pela orientação e colaboração no desenvolvimento deste trabalho, fundamentalmente pelo apoio nesta etapa final de conclusão do curso.

À empresa WEG Equipamentos Elétricos, que forneceu todos os recursos necessários para realização deste estudo.

Aos demais professores, funcionários e alunos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Campus Jaraguá do Sul - Rau, que colaboraram de forma direta e indireta nesta etapa de minha formação.

Muito obrigado!

“A mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará ao seu tamanho original”.

Albert Einstein

“Educação não transforma o mundo.  
Educação muda as pessoas.  
Pessoas transformam o mundo”.

Paulo Freire

## RESUMO

Este trabalho objetivou apresentar proposta de melhoria para redução do tempo das operações em dois postos de trabalho: de inserção de bobinas e ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz, numa empresa multinacional da região norte do estado de Santa Catarina, utilizando relatório A3 e cronoanálise, ferramentas da *Lean Manufacturing*. A metodologia utilizada teve base em fundamentos bibliográficos sobre o tema e dados coletados na área produtiva, caracterizando a pesquisa como exploratória de natureza qualitativa e quantitativa. Para investigar os gargalos nos tempos gastos nas atividades de movimentação dos operadores nestes dois postos de trabalho, utilizou-se a filosofia da *Lean Manufacturing*, com aplicação da ferramenta relatório A3, que auxilia na identificação de desperdícios em qualquer processo produtivo. Desse modo, foi elaborada uma proposta de melhoria para a mudança do *layout* com estado atual e futuro das operações, desenvolvendo um projeto final do *layout* dos dois postos de trabalho. Entre os benefícios que poderão ser obtidos pela empresa, caso venha a implantar a proposta de melhoria no *layout* nos postos de trabalho pode-se citar a redução do tempo de deslocamento dos operadores, eliminação de atividades que não agregam valor, melhor disposição de máquinas e equipamentos e de entrada e saída dos materiais, ganho de tempo e espaço, ambiente mais seguro, maior produtividade e maximização da competitividade. Também é possível prever outros resultados: fluxo do processo mais lógico, onde operadores, ferramentas e materiais serão posicionados de forma que as movimentações sejam o mínimo possível, maior organização, reduzindo a poluição visual e atendendo a filosofia *Lean Manufacturing*.

Palavras-Chave: Proposta de melhoria. Relatório A3. *Layout*.

## **ABSTRACT**

This work aimed to present an improvement proposal to reduce the time of operations in two workstations: insertion of coils and connection, mooring and testing of the exciter rotor, in a multinational company in the northern region of the state of Santa Catarina, using report A3 and chronoanalysis, Lean Manufacturing tools. The methodology used was based on bibliographic foundations on the theme and data collected in the productive area, characterizing the research as exploratory of a qualitative and quantitative nature. To investigate the bottlenecks in the time spent on the operators' movement activities at these two workstations, the Lean Manufacturing philosophy was used, with the application of the A3 report tool, which helps in identifying waste in any production process. In this way, an improvement proposal was elaborated to change the layout with the current and future status of the operations, developing a final design of the layout of the two workstations. Among the benefits that may be obtained by the company, if the proposal to improve the layout of the workstations is implemented, it is possible to mention the reduction of travel time for operators, elimination of activities that do not add value, better disposition of machines and equipment and material entry and exit, time and space savings, safer environment, greater productivity and maximizing competitiveness. It is also possible to predict other results: more logical process flow, where operators, tools and materials will be positioned in such a way that movements are as little as possible, greater organization, reducing visual pollution and meeting the Lean Manufacturing philosophy.

Keywords: Improvement proposal. A3 report. Layout.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do processo do relatório A3.....	24
Figura 2 – Alternador.....	29
Figura 3 - Vista explodida do alternador.....	30
Figura 4 – Postos de trabalho .....	31
Figura 5 – Inserção de bobinas .....	32
Figura 6 – Ligação de bobinas .....	34
Figura 7 – Posto de trabalho de ligação de bobinas .....	35
Figura 8 – Relatório A3.....	37
Figura 9 - Esboço <i>layout</i> atual.....	38
Figura 10 - Esboço <i>layout</i> futuro .....	39
Figura 11 - Projeto final <i>layout</i> .....	41
Figura 12 – Inserção de bobinas.....	44
Figura 13 – Estoque de materiais para inserção de bobinas.....	45

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronoanálise das atividades de inserção de bobinas .....	33
Quadro 2 - Cronoanálise das atividades de ligação, amarração e teste .....	35
Quadro 3 - Resultado após melhorias no posto de inserção de bobinas .....	43
Quadro 4 - Resultado após melhorias no posto de ligação de bobinas .....	46
Quadro 5 – Tempos disponível por turno por operador .....	48

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Análise dos tempos de processo dos 2 postos de trabalho .....	48
Gráfico 2 – Análise da capacidade produtiva por turno .....	49

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>15</b>
1.1.1 Objetivo geral .....	15
1.1.2 Objetivos específicos.....	15
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
<b>2.1 Sistemas de Produção</b> .....	<b>17</b>
2.1.1 <i>Layout</i> – Arranjo físico .....	17
2.1.1.1 Tipos de <i>layout</i> .....	18
2.1.2 Tempos e Movimentos.....	19
2.1.2.1 Balanceamento .....	20
<b>2.2 Lean Manufacturing</b> .....	<b>21</b>
<b>2.3 Desperdício</b> .....	<b>25</b>
<b>2.4 Just in Time</b> .....	<b>26</b>
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
<b>4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
<b>4.1 Postos de Trabalho da Fabricação de Rotor da Excitatriz</b> .....	<b>31</b>
4.1.1 Inserção de bobinas .....	32
4.1.2 Ligação, amarração de bobinas e teste final .....	33
<b>4.2 Proposta de Melhoria para os Postos de Trabalho</b> .....	<b>36</b>
4.2.1 <i>Layout</i> atual.....	38
4.2.2 <i>Layout</i> futuro .....	39
<b>4.3 Resultados a Serem Obtidos com a Implantação da Proposta de Melhoria</b> .....	<b>40</b>
4.3.1 Inserção de bobinas .....	42
4.3.2 Ligação, amarração de bobinas e teste final .....	45
4.3.3 Avaliação dos resultados .....	48
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>52</b>
<b>APÊNDICE 1 – Solicitação de Autorização para a Pesquisa</b> .....	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente por conta da demanda produtiva, para uma empresa obter maior produtividade, a redução do tempo nos processos produtivos nos postos de trabalho é fundamental, pois quanto mais ajustados forem os métodos de trabalho, menor será o tempo disponibilizado para a execução dos processos.

Considerando que a qualidade é uma estratégia básica para a competitividade, analisar a capacidade produtiva das rotinas de trabalho tendo como base ferramentas da filosofia *Lean manufacturing*, é uma forma de potencializar melhorias a fim de eliminar desperdícios, pois sabe-se que nas atividades industriais a melhoria da produtividade é fundamental para a maximização do desempenho.

Dentre as ferramentas da filosofia *Lean manufacturing*, o relatório A3 facilita o alinhamento da organização, uma vez que integra a solução de problemas com a tomada de decisão. Sobek II e Smalley (2010), definem o relatório A3 como uma ferramenta que auxilia na compreensão de um problema, proporcionando uma solução efetiva através de novas ideias, onde os resultados obtidos são tão importantes quanto a resolução do problema, buscando sempre o aprendizado.

Assim, ao observar os tempos gastos nas atividades desenvolvidas nos postos de trabalho para a fabricação do rotor da excitatriz de uma empresa multinacional da região norte do estado de Santa Catarina, verificou-se a necessidade da adaptação no *layout* desta linha de produção, a fim de reduzir desperdícios de movimentação do operador, pois com a implantação do relatório A3 para a adaptação do posto de trabalho, acredita-se que é possível elevar o nível de qualidade e otimizar os processos produtivos.

Diante disso, formulou-se a seguinte situação problema para a pesquisa: A otimização do tempo das operações e a reorganização do *layout* nos postos de trabalho de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz impactarão numa melhor organização e maior produtividade para a empresa?

O estudo justifica-se porque busca proporcionar para empresa maior produtividade, devido a redução dos tempos nas atividades desenvolvidas nos postos de trabalho. Conseqüentemente a maximização da competitividade, uma vez que é uma empresa referência no segmento industrial e por isso está sempre em busca de maior eficiência em suas operações e processos.

Liker e Houseus (2009), descrevem que um dos aspectos mais relevantes na manufatura enxuta, refere-se à quantidade de atividades que são integradas e sincronizadas em um curto espaço de tempo.

Desse modo, a partir da implantação da ferramenta relatório A3 da filosofia *Lean manufacturing*, é possível propor melhorias para problemas quanto ao tempo das operações que não incrementam valor aos produtos, para os postos de trabalho de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz da empresa em estudo.

Sobre isso, Takashima (1999), diz que num sistema produtivo o estudo dos tempos das operações fornece subsídios para a identificação de informações quanto a forma de tratar a produtividade e a qualidade dentro de uma linha produtiva, buscando a eliminação de desperdícios e de custos desnecessários, por conta de atividades que não geram valor agregado para a produção.

Portanto, para melhorar continuamente, é preciso considerar que as atividades que geram desperdício ou ainda, que não agregam valor, devem ser analisadas, onde todos os envolvidos no processo possam argumentar, identificando questões importantes a serem melhoradas, valorizando o trabalho em equipe.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Apresentar proposta de melhoria para otimização do tempo das operações em postos de trabalho de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz, numa empresa multinacional da região norte do estado de Santa Catarina, utilizando relatório A3 e cronoanálise, ferramentas da *Lean Manufacturing*.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Avaliar os postos de trabalho de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz, quanto as atividades de movimentação dos operadores e os tempos gastos em processos que não agregam valor ao produto.

- Propor melhorias nos dois postos de trabalho utilizando relatório A3 e cronoanálise, ferramentas da *Lean Manufacturing*, para mudanças do *layout*, com estado atual e futuro das operações.
- Destacar os resultados que poderão ser obtidos com a implantação da proposta de melhoria com o projeto final do *layout* dos postos de trabalho, para otimização dos métodos de produção.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Sistemas de Produção

“Um sistema é um conjunto de partes interrelacionadas que realiza um ou mais processos para atingir objetivos específicos” (HANSEN; MOWEN, 2013 p. 55).

Um sistema de produção envolve atividades interrelacionadas para a produção de bens ou serviços, descreve Moreira (2000), onde as indústrias são consideradas como um sistema transformador de matéria prima em produto acabado, as quais adotam um tipo de sistema para a sua produção, que pode ser os sistemas de produção contínua ou fluxo em linha, onde os produtos são padronizados, caracterizados por uma alta eficiência devido ao grande volume de produção. Esse sistema pode ser subdividido em produção em massa, para linhas de montagem de produtos mais variados possível, e produção contínua, produtos com elevado grau de padronização.

Para Borges (2017), um sistema produtivo a criação de postos de trabalho, padronização de produtos e processos, treinamento da mão de obra, planejamento e controle de produção, são características de um sistema de produção industrial.

Assim, para as empresas manterem-se competitivas no mercado, precisam adaptarem-se rapidamente às necessidades do mercado e de seus consumidores. Para tanto, buscam, metodologias e ferramentas que possam consolidar seus sistemas produtivos, como por exemplo a filosofia *Lean Manufacturing* e obter maior qualidade nos produtos, por meio de processos produtivos mais estruturados.

#### 2.1.1 *Layout* – Arranjo físico

O *layout* tem influência direta na eficiência dos processos produtivos. Slack; Brandon-Jones e Johnston (2018), dizem que o *layout* de setor produtivo, refere-se ao posicionamento físico dos recursos de transformação. É a forma de como estão alocadas todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoas relacionadas à produção. Assim a otimização de *layout*, é fundamental para o fluxo de materiais e para a movimentação dos operadores de um processo produtivo.

Para Gaither e Frazier (2001), a finalidade de planejar ou modificar um *layout* é minimizar os custos de processamento, de logística e de estocagem, dessa forma,

o objetivo no planejamento do *layout* de um setor produtivo é reduzir custos, para facilitar o gerenciamento dos processos. E também, completam Slack; Brandon-Jones e Johnston (2018, p. 219), “controlar a segurança, atratividade, flexibilidade e eficiência de uma operação”. Determinando o modo como os recursos transformados: materiais, informação e clientes, devem fluir, em qualquer tipo de arranjo físico, relevante a todas as operações produtivas.

Villar e Nóbrega (2004), também enfatizam os objetivos do *layout* que visam incrementar a produção; reduzir tempos e custos; economizar espaço; reduzir o manuseio; aumentar a utilização do equipamento e mão-de-obra; reduzir o material em processo, entre outros, contemplando princípios fundamentais de integração nos fluxos das operações, evitando retrocessos, interrupções e cruzamentos na sequência produtiva.

#### 2.1.1.1 Tipos de *layout*

Mudanças relativamente pequenas no local, podem influenciar no fluxo das operações, porque, se o *layout* estiver errado, pode provocar longos tempos de processo, operações inflexíveis, altos custos entre outros, ocasionando perdas de tempo na produção. Os tipos mais práticos de arranjos físicos (*layout*), segundo Slack; Brandon-Jones e Johnston (2018), são:

- Arranjo físico de posição fixa (posicional): os recursos transformados não se movem entre os recursos de transformação, ou seja, equipamento, maquinário, instalações e pessoas movem-se na medida do necessário, quem sofre o processamento fica no lugar. Esse tipo de *layout* é utilizado quando o produto é relativamente grande para ser movido de forma conveniente, ou ainda muito delicado para ser movimentado.
- Arranjo físico funcional: os recursos ou processos estão localizados juntos. Produtos, informações ou clientes fluem pela operação e percorrem um roteiro de atividade a atividade.
- Arranjo físico celular: recursos transformados que entram são pré-selecionados e os recursos de transformação estão localizados para atender às necessidades de processamento. Após serem processados numa determinada célula, os recursos transformados passam para outra célula, de maneira ordenada dentro da complexidade de um fluxo.

- Arranjo físico em linha (ou por produto): cada produto segue um roteiro predefinido, numa sequência de atividades que coincide com a sequência dos processos arranjados fisicamente. Os recursos transformados seguem um fluxo numa linha de processos.
- Arranjo misto: que combinam elementos de alguns ou todos os tipos básicos de arranjo físico, em diferentes partes da operação.

O tipo de *layout* escolhido, vai depender das necessidades da empresa e de seu fluxo de processos, que também depende do seu volume e variedade das operações. Olivério (1985), diz que para se alcançar um processo produtivo eficiente evitando desperdícios, o arranjo físico deve ser otimizado, indispensável para aproveitar de forma ideal o espaço físico da empresa, organizando máquinas, equipamentos, pessoas, informação e departamentos.

### 2.1.2 Tempos e Movimentos

Cada vez mais, as empresas estão buscando excelência nas suas atividades operacionais, a fim de otimizar seus recursos, bem como o tempo de execução dos processos produtivos, almejando melhores resultados, em que o estudo dos tempos e movimentos segundo Costa *et al.*, (2008), tem como objetivo determinar a capacidade produtiva de um setor ou de uma linha de produção, local onde os operadores executam atividades para transformar matéria-prima em produtos.

Os tempos gastos nesses processos e os métodos de trabalho empregados, podem agregar ou não valor ao produto. Desse modo, a análise detalhada de todos os movimentos que o operador realiza suas atividades e a maneira como estas são efetuadas, é fundamental, descrevem Peinado e Graeml (2007).

Trata-se de uma técnica de medição de tarefas para registrar os tempos e o ritmo de trabalho de uma tarefa realizada sob condições especificadas. (SLACK; BRANDON-JONES; JOHNSTON, 2018).

Nesse sentido, obter informações sobre a execução de uma atividade operacional, contribui na forma de administrar a produtividade e a qualidade. Assim, o estudo dos tempos e métodos, conforme Araújo (2016), é importante porque verifica a capacidade produtiva de uma empresa, uma vez que envolve técnicas para a análise de uma determinada atividade, para eliminar movimentação desnecessária e encontrar o melhor e mais eficiente modo para executá-la. Contribuindo para sua

eficiência através da determinação do tempo ideal para realização da atividade, reduzindo o tempo de trabalho e otimizando a produção.

Martins e Laugeni (2005), explicam que os tempos de produção são influenciados pelo fluxo de material dentro da empresa, bem como pelo processo escolhido, pela tecnologia utilizada e pelas características do trabalho.

Desse modo, o estudo dos tempos e movimentos é importante para a determinação de um método de trabalho ideal, explica Moreira (2000), possibilitando, a determinação do custo industrial do produto gerado pela operação e avaliar melhorias no método de trabalho.

Martins e Laugeni (2005), salientam que quanto maior a intervenção humana em um processo, maior será a dificuldade de determinar o tempo padrão de produção, por conta das diferentes habilidades de cada operador, bem como também, devido a fatores como o fluxo de material na empresa, o tipo de processo escolhido, a tecnologia utilizada e outras características inerentes ao trabalho.

De acordo com Barnes (2001), o estudo de métodos e tempos, é empregado para definir o tempo padrão que uma pessoa gasta para executar normalmente a sua atividade, a fim de eliminar qualquer aspecto desnecessário à operação que possa aumentar os custos do processo. Com a determinação do tempo padrão, é possível programar e planejar as operações dos processos produtivos, determinando também o melhor e mais eficiente método de execução.

No estudo de tempos e métodos, a cronoanálise torna-se relevante, pois proporciona dados úteis para a tomada de decisão, que conforme Toledo (2004), por meio de parâmetros para o planejamento e racionalização de um processo produtivo.

#### 2.1.2.1 Balanceamento

Em um sistema produtivo, balancear a linha de produção, é uma forma para otimizar e sincronizar os recursos necessários para a fabricação de um produto. Conforme Peinado e Graeml (2007) e Moreira (2014), o balanceamento, é um meio pela qual a carga de trabalho é dividida entre postos de trabalho, numa distribuição uniforme entre os mesmos, onde é coletado o tempo total para fabricação ou montagem de um produto. A distribuição desse tempo nos postos, minimiza ou elimina gargalos ou ociosidades, mantendo a quantidade produzida.

Moreira (2014), diz que a linha de produção representa o fluxo de operações de um sistema produtivo, onde o produto é dividido em operações que devem ser distribuídas nos postos de trabalho, numa sequência pré-estabelecida. Essa linha de produção pode se mostrar eficiente ou não, dependendo da disponibilidade das operações nos postos de trabalho e o tempo disponível para cada atividade.

Portanto, balancear a linha de produção é maximizar as operações nos postos de trabalho, a partir da distribuição uniforme de tempos e movimentos para a execução de um produto. Esse processo de balanceamento, segundo Peinado e Graeml (2007), consiste nas seguintes etapas:

- Separar as operações do posto de trabalho para serem analisadas individualmente;
- Cronometrar o tempo das operações dos postos de trabalho;
- Elaborar a sequência das operações;
- Elaborar um diagrama com as etapas das operações;
- Calcular o tempo e a quantidade de postos de trabalho necessários;
- Definir as operações para cada posto de trabalho, numa sequência lógica para a linha de produção;
- Fazer o balanceamento da linha onde carga de trabalho em cada posto de trabalho seja uniforme;
- Verificar tempos ociosos e a eficiência da linha de produção.

Para Tubino (2009, p. 103), “o sequenciamento em linhas de montagem tem por objetivo fazer com que os diferentes centros de trabalho [...] tenham o mesmo ritmo, e que esse ritmo seja associado a demanda.” Assim, o balanceamento numa linha de produção contribui para a melhoria dos processos produtivos, pois conforme descreve Moreira (2014), o principal objetivo do balanceamento, é atingir a máxima eficiência ou o mínimo de tempo ocioso. Proporcionando também um método linear das atividades nos postos de trabalho.

## **2.2 Lean Manufacturing**

O termo *Lean Manufacturing* surgiu em 1990, resultado de um estudo comparativo entre produção em massa e produção flexível, conhecido por Toyota Production System, descrevem Womack e Jones (2004), em que Taichii Ohno e

Shigeo Shingo, a partir de conceitos introduzidos por Henry Ford e adaptados à realidade japonesa, desenvolveram um sistema produtivo para a eliminação de desperdícios, otimizando o uso de todos os recursos de uma empresa a partir de princípios, metodologias e ferramentas sendo consolidados numa nova abordagem aos sistemas produtivos, o *Lean Manufacturing*.

O *Lean Manufacturing* é muito utilizado nas organizações, em que o sistema produtivo tem como objetivo eliminar ou minimizar atividades que não agregam valor ao produto. Trata-se de uma filosofia que segundo Dennis (2008, p. 31), “representa fazer mais com menos: menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinaria, menos material”. É um método que visa eliminar totalmente os desperdícios, uma vez que não agregam valor, apenas custos para as empresas.

Refere-se a uma cultura de eliminação de perdas e otimização dos sistemas produtivos no chão de fábrica descreve França (2013), voltada para empresas industriais, em que o desperdício e ineficiências são facilmente identificadas. Para Araújo (2010), o *Lean Manufacturing* consiste na gestão de trabalho, na redução do tempo de parada dos processos, garantia da eficácia do trabalho, com práticas que otimizem o trabalho, criação e aplicação de medidas de desempenho, análise de dados de controle dos processos e garantia da qualidade.

Womack e Jones (2004), afirmam também que essa filosofia torna o trabalho mais satisfatório, uma vez que possibilita *feedback* imediato quanto aos esforços para transformar desperdícios em valor.

O sistema *Lean Manufacturing* segundo Liker (2005), reduz estrategicamente o *lead time*, a fim de manter flexíveis as linhas de produção e assim garantir melhor qualidade, produtividade e utilização de equipamentos e espaço.

Por ser uma abordagem referente à práticas de gestão, elimina fontes de desperdício por meio de procedimentos simples e almeja a perfeição dos processos, baseado na melhoria contínua. Desse modo o *Lean Manufacturing* envolve práticas gerenciais que conforme Shah e Ward (2003) citados por Silva e Sasaki Jr. (2011), incluem *just in time*, sistemas de qualidade, manufatura celular, entre outras as quais devem trabalhar de maneira sinérgica para criar um sistema produtivo com qualidade, uma vez que, completa Ohno (1997), não é prático produzir com desperdício, pois não é adequado às necessidades de uma empresa.

Porém, vale salientar o expressado por Womack e Jones, (2004), de que antes de identificar os desperdícios, é importante pensar nas atividades

desempenhadas na produção do valor de um produto. Dessa forma o *Lean Manufacturing* deve ser percebido pelas empresas explicam Liker e Hoseus (2009), como uma filosofia em que é possível alinhar na melhor sequência, ações que criam valor, desempenhando-as sem interrupção, de maneira cada vez mais eficiente.

### 2.2.1 Relatório A3

O relatório A3 trata-se de uma ferramenta utilizada para definir problemas, identificar soluções e desenvolver e documentar ações para implementação de melhorias. Definido por Rodrigues (2014), como uma ferramenta dinâmica de informação, a qual é utilizada para reunir informações relevantes, com início, meio e fim de uma análise para a solução de problemas.

Sobek II e Smalley (2010) descrevem o relatório A3 como uma ferramenta que estabelece uma estrutura concreta para a compreensão mais profunda de um determinado problema ou oportunidade, proporcionando novas ideias sobre como incidir sobre o problema.

O termo relatório A3, é assim designado devido ao tamanho da folha utilizada para o registro do projeto de melhoria. Segundo descreve Shook (2009) citado por Silva e Sasaki Jr. (2011), para desenvolver projetos de melhoria, o relatório A3 é composto pela seguinte sequência de etapas:

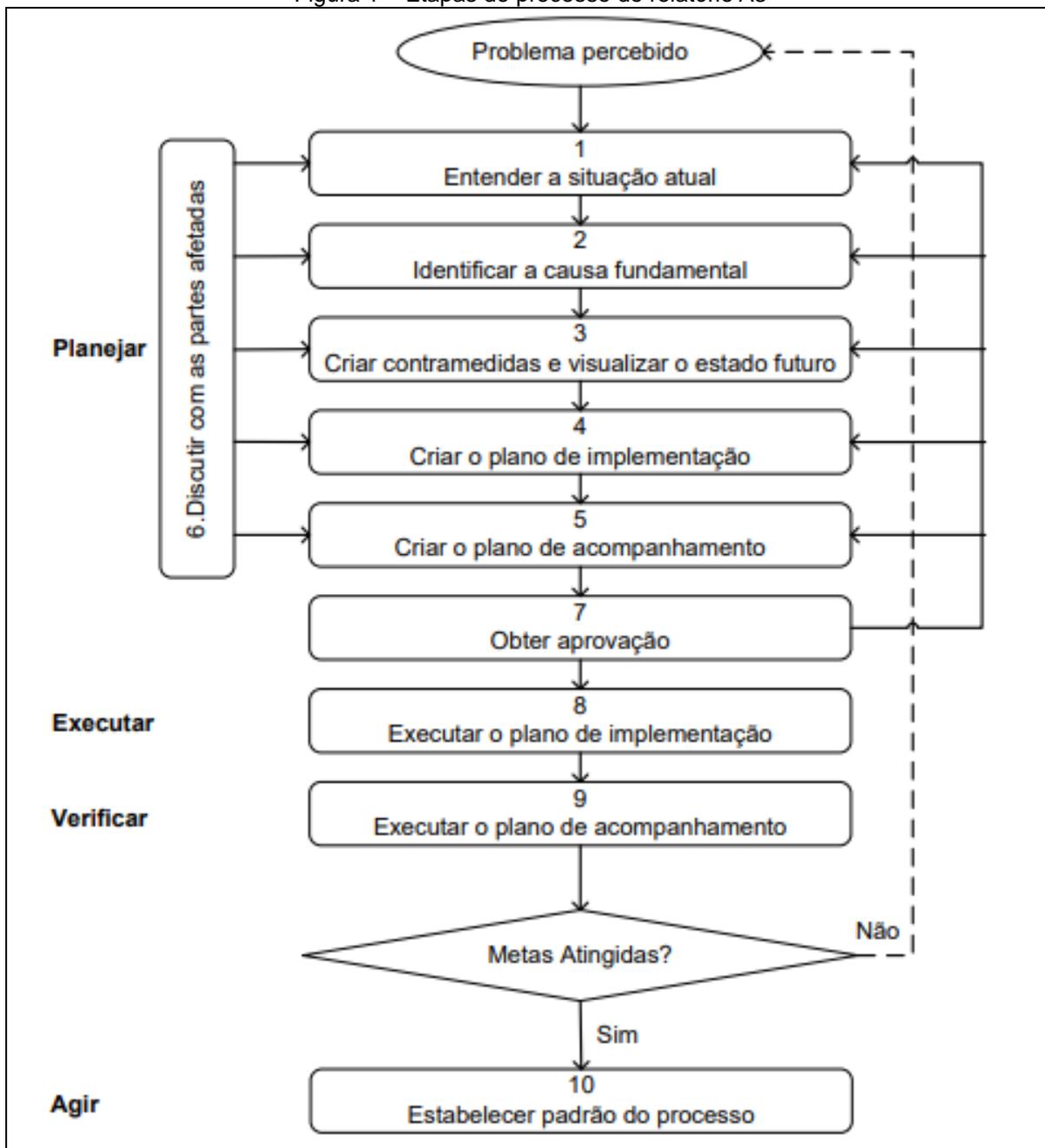
- 1) Estabelecer o contexto do trabalho e a importância de um problema.
- 2) Descrever as condições atuais do problema.
- 3) Identificar o resultado desejado.
- 4) Analisar a situação para estabelecer suas causas.
- 5) Propor contramedidas.
- 6) Prescrever um plano de ação.
- 7) Mapear o processo de acompanhamento.

Assim, de acordo com Ribeiro (2012), o relatório A3 visa identificar a situação atual, o problema, as contramedidas possíveis, as maneiras de colocá-las em prática e a evidência da efetiva solução para o problema.

Nodari e Oliveira (2010), enfatizam que o desenvolvimento do relatório A3 baseia-se no ciclo PDCA (Planejar, Fazer, Verificar e Agir), facilitando a compreensão mais profunda do problema. Na percepção de Sobek II e Smalley (2010) para abordar um problema, é preciso estabelecer um processo incorporando

etapas, conforme demonstrado na Figura 1 a seguir, relacionando elementos específicos, sequenciando os fatos e informando as causas.

Figura 1 – Etapas do processo do relatório A3



Fonte: Sobek II e Smalley (2010, p. 43)

Cada etapa é descrita em sequência, explica Shook (2008), o contexto e a importância do problema; a sua situação atual; os resultados almejados; as relações causais; as contramedidas sugeridas; as ações para correção e; o delineamento do processo, definindo uma metodologia documentada e sistematizada.

Shook (2008), Nodari e Oliveira (2010) e Rother (2010), discorrem que o relatório A3 é de fácil utilização, com registro no local onde acontece o problema; contribuição das pessoas nos locais de trabalho, sem necessidade de treinamentos; proporciona representação mais próxima dos sistemas reais, de forma sucinta das etapas da solução do problema; agrupa o espírito do debate participativo, com entendimento e consenso de como o trabalho deve acontecer; com clareza e precisão de informações, variando a forma conforme o propósito, o tema e objetivo.

### 2.2.2 Cronoanálise

A cronoanálise tem sua origem no estudo de tempos e métodos. É uma técnica que investiga um tempo padrão que determina o tempo de produção, tendo como base parâmetros relativos à produtividade. Para tanto, segundo Toledo (2004), utiliza-se da cronometragem para obter os tempos de processos que, numa análise mais completa se tornará a própria cronoanálise.

Fellipe *et al.*, (2012), explicam que a cronoanálise é relevante para o setor produtivo porque é uma ferramenta que, além de definir o tempo padrão, auxilia na organização dos processos, acompanhando a evolução contínua das melhorias.

É uma ferramenta utilizada para avaliação e registro dos tempos gastos na área de produção, identificando uma sequência lógica do fluxo operacional mais eficiente ao trabalho, possibilitando identificar a existência de gargalos na produção. Assim, segundo Rocha e Navarro (2014), a cronoanálise contribui para a análise da tomada de tempo quanto a métodos, materiais, ferramentas e instalações utilizadas para a execução de um trabalho de forma confiável, para então definir um tempo padrão e aplicar alterações necessárias a fim de garantir o balanceamento de linha e atender as necessidades da empresa.

## 2.3 Desperdício

Perdas ou desperdícios de acordo com Antunes (2008), estão relacionados a atividades que geram custo e não agregam valor ao produto, portanto devem ser eliminados de um processo produtivo.

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), descrevem que na filosofia *Lean Manufacturing*, a eliminação de desperdício, ou seja, tudo que não agrega valor nas atividades operacionais, deve ser eliminado, onde os autores relacionam sete tipos de desperdícios:

1. Superprodução: produzir mais do que é necessário. É a maior fonte de desperdício.
2. Tempo de espera: eficiência da máquina e da mão de obra em produzir estoques desnecessários.
3. Transporte: movimentação excessiva do material, não agrega valor.
4. Processo: pode haver fontes de desperdício devido algumas operações possuírem um projeto ruim de componentes ou manutenção.
5. Estoque: todo estoque deve ser eliminado, reduzir estoques pela eliminação de suas causas, para ter estoque zero.
6. Movimentação: atividade do trabalhador pode ser fonte de desperdícios, algumas vezes nenhum valor está sendo agregado na sua função.
7. Produtos defeituosos: custos totais da qualidade são significativos, o mais importante é atacar as causas de tais custos.

Desse modo, conforme as palavras de França (2013), a identificação e eliminação destes desperdícios ou ineficiências conduz à redução de custos, bem como minimiza a variabilidade e eleva a qualidade dos produtos, otimizando o tempo de entrega do produto final.

Como gerador custos, o desperdício deve ser eliminado em qualquer processo produtivo, o que implica em alterações nos processos de toda a fábrica, bem como toda a gestão da produção. Slack; Brandon-Jones e Johnston (2018), completam dizendo que ao identificar e retirar ineficiências dos processos, é possível produzir com maior qualidade e eficiência, em menor tempo e assim, atender a demanda e alcançar os resultados pretendidos pela organização.

## **2.4 Just in Time**

O conceito *Just in Time* - JIT é uma filosofia que segundo Martins e Laugeni (2005), visa eliminar desperdícios, mas também colocar o componente certo, no lugar certo e na hora certa, proporcionando à empresa obter maiores ganhos, com redução de custos e de estoques, para o aumento da qualidade.

A sua principal característica é puxar a produção de acordo com a demanda, visando individualidades do processo produtivo que não agregam valor à produção (CORRÊA; CORRÊA, 2012).

A disposição das instalações no sistema JIT, ainda segundo Corrêa e Corrêa (2012), propõe um *layout* de equipamentos flexível, diferente do *layout* dos processos tradicionais, eliminando os desperdícios de movimentação do operador, reduzindo estoque de produtos em processo, com melhor controle visual das operações, com menos tempos para preparação das máquinas e flexibilidade para responder às variações da demanda.

Na percepção de Moreira (2000), produzir com qualidade e atender em tempo o processo produtivo, também é importante na filosofia JIT. Desse modo, as operações devem ser executadas conforme a necessidade de produção, considerando aspectos de gestão de matérias-primas, qualidade, organização física dos meios produtivos, organização do trabalho entre outros, respondendo ao processo produtivo, com produtos que seguem padrões de qualidade, sem ineficiências, na quantidade certa, no momento certo e com o menor custo possível.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como exploratória de natureza qualitativa e quantitativa, uma vez que teve como base os dados coletados diretamente na área produtiva de fabricação do rotor da excitatriz da empresa em estudo.

A pesquisa exploratória para Gonçalves (2004), tem como finalidade investigar o problema apontado para atender aos objetivos traçados para um determinado estudo, baseado em fundamentos bibliográficos, exploração de campo, para captar pontos relevantes de investigação. Sendo que a pesquisa qualitativa, na definição do mesmo autor, é utilizada para conhecer a extensão do objeto de estudo. E, a pesquisa quantitativa, para a investigação de valores, atitudes, percepções do que se deseja pesquisar.

Então, o presente estudo foi realizado numa empresa multinacional da região norte do estado de Santa Catarina, mais especificamente em dois postos de trabalho: de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz.

Para que a pesquisa tenha embasamento teórico fez-se o levantamento bibliográfico sobre os temas sistema de produção, *Lean Manufacturing*, desperdício, *Just in Time*, arranjo físico (*layout*) tempos e movimentos, relatório A3, que foram pesquisados em livros, artigos e sites especializados.

Em seguida, fez-se a coleta de dados com a solicitação de autorização para a realização da pesquisa (Apêndice 1), nos dois postos de trabalho durante o mês de março de 2020. Para tanto, inicialmente os processos foram avaliados visualmente pelo pesquisador, sendo que o mesmo também realizou filmagens das atividades realizadas pelos operadores nos dois postos de trabalho. Também foi utilizado um cronômetro para a medição dos tempos por cronometragem e o *software* Excel para elaborar planilhas e gráficos com a identificação dos tempos gastos nas operações, com cronoanálises das atividades de fabricação do rotor da excitatriz.

Todas as informações obtidas foram registradas no relatório A3, ferramenta da filosofia *Lean manufacturing*, destacando interpretações e conclusões quanto as atividades de movimentação executadas pelos operadores.

O relatório A3 bem como as cronoanálises são apresentados no capítulo 4 deste estudo, com análise descritiva conforme os objetivos traçados, com a proposta de melhoria que apresenta o projeto de *layout* final dos processos de fabricação do rotor da excitatriz.

## 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

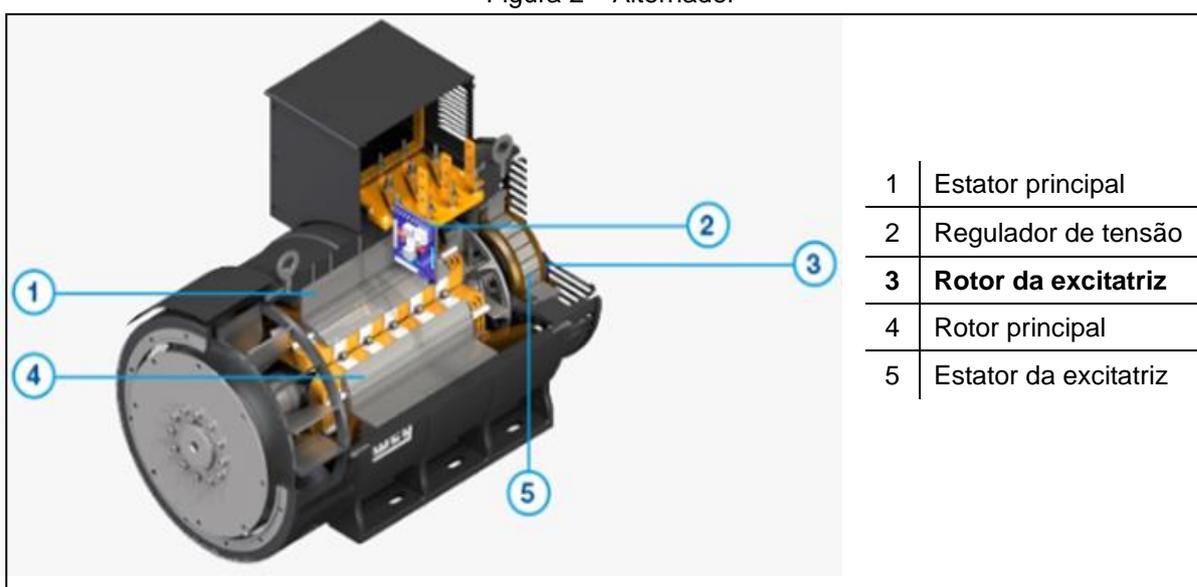
Num sistema produtivo, conforme descreve Hayes *et al.*, (2008), utilizar ferramentas da *Lean Manufacturing* com a finalidade de agilizar processos e reduzir deficiências para tornar as atividades mais eficientes, é fundamental.

No sistema produtivo da empresa em estudo, mais especificamente na célula de fabricação do rotor da excitatriz, é possível perceber a oportunidade de melhoria quanto ao *layout* de dois postos de trabalho, que no ano de 2012 já foi realizada mudança do parque fabril, no entanto, a área (atual), ainda é muito menor que área anterior, fato que justifica o desenvolvimento desta pesquisa a fim de otimizar o fluxo do processo produtivo e *layout*.

Assim, neste capítulo apresenta-se o estudo dos postos de trabalho: de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz, quanto ao *layout*, tempos e métodos das atividades desenvolvidas, tendo como referência a revisão bibliográfica realizada anteriormente, a fim de apresentar proposta de melhoria para a redução do tempo das operações nesses postos de trabalho.

Um dos produtos que recebe o componente rotor da excitatriz, é o Alternador AG10, conforme demonstra a Figura 2, composto também por estator principal, regulador de tensão, rotor principal e estator da excitatriz

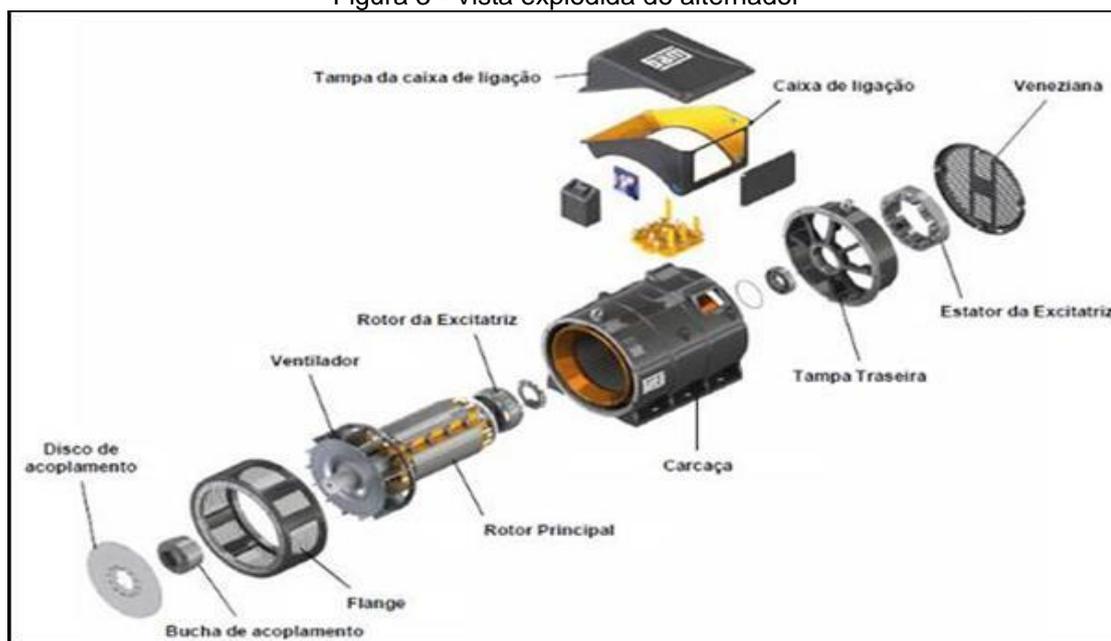
Figura 2 – Alternador



Fonte: autoria própria (2020).

Os tamanhos de carcaça dos alternadores produzidos na empresa em estudo são 160, 200, 250, 315 e 355mm. O alternador representado na vista explodida da Figura 3 é um AG10250 (250mm ponta do eixo até a base do pé do alternador). Esta característica pode variar em função da distância entre o centro da ponta do eixo até a base do alternador, devido aos vários formatos de base mais altos ou baixos.

Figura 3 - Vista explodida do alternador



Fonte: da empresa em estudo (2020).

Conforme observa-se na Figura 3, o alternador possui vários componentes, dentre eles, o rotor da excitatriz. Quando o alternador entra em operação (acionado geralmente por motor diesel) o rotor da excitatriz acoplado ao rotor completo, gira numa velocidade de 1800 RPM em frequência de 60HZ.

Com este movimento o estator da excitatriz com seus ímãs permanentes irá induzir uma tensão alternada nas bobinas do rotor da excitatriz, porém, para alimentar o rotor principal, a corrente alternada precisa ser retificada pela ponte de diodos, transformando-a em corrente contínua.

O rotor da excitatriz é laminado com ranhuras que protegem um enrolamento trifásico ligado em estrela, onde de cada ponto dessa ligação em estrela saem dois fios para os retificadores girantes: um fio é ligado ao retificador positivo e o segundo fio no suporte negativo.

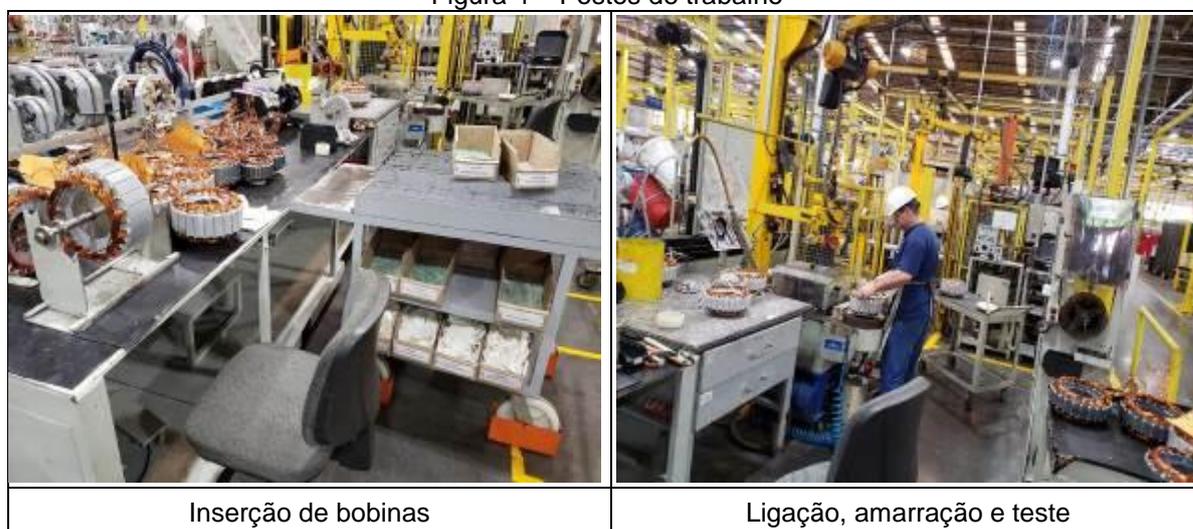
#### 4.1 Postos de Trabalho da Fabricação de Rotor da Excitatriz

Um posto de trabalho, é uma unidade produtiva, geralmente envolvendo um homem e seu local de trabalho, envolvendo também o ambiente em que está inserido. Desse modo, cada posto de trabalho deve estar em condições para que o trabalho seja possível, onde ferramentas e equipamentos para a realização das atividades devem estar disponíveis para que os processos sejam mais ágeis e eficientes (IIDA, 2005).

Na célula de fabricação do rotor da excitatriz, existem postos de trabalho onde são realizados os processos de montagem de pacote; fabricação de bobinas; inserção de bobinas; ligação e amarração de bobinas; teste final e impregnação.

Para este estudo, somente serão avaliados os postos de trabalho de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz, conforme demonstra a Figura 4, avaliando as atividades de movimentação dos operadores e os tempos gastos em processos ou operações que não agregam valor ao produto.

Figura 4 – Postos de trabalho



Fonte: autoria própria (2020).

Após observação realizada na célula de fabricação do rotor da excitatriz, constatou-se que os postos de trabalho de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste, são os que apresentam maior gargalo, causando atrasos na produção e sobrecarga aos operadores. Então, foi realizada filmagem nesses dois postos de trabalho para medir os tempos gastos pelos operadores na execução de suas atividades, a fim de cronometrar os tempos e analisar os resultados.

#### 4.1.1 Inserção de bobinas

As atividades do posto de trabalho de inserção de bobinas (Figura 5), é realizada por 2 operadores na seguinte ordem: selecionar o pacote de chapas de acordo com o sequenciamento de produção e montar no dispositivo; pegar etiqueta com a ordem de produção e colar no pacote de chapas; selecionar materiais e ferramentas para a bobinagem; inserir isolantes fundo de ranhura nas 24 ranhuras; encontrar a ranhura para iniciar a bobinagem conforme esquema de bobinagem e iniciar a inserção das bobinas.

Figura 5 – Inserção de bobinas



Fonte: autoria própria (2020).

Esse processo de inserção de bobinas, exige maior habilidade do operador, por ser extremamente manual. O operador deve inserir as bobinas, cortar as sobras do isolante e fazer o fechamento com as estecas, ao finalizar a bobinagem, é preciso retirar o rotor do suporte de bobinagem e desmontar o dispositivo.

Os tempos das atividades dos operadores quanto a inserção de bobinas do rotor da excitatriz, estão no Quadro 1 com a descrição da cronoanálise das atividades realizadas para esse processo.

Quadro 1 - Cronoanálise das atividades de inserção de bobinas

Inserção de bobinas rotor da excitatriz			
ATIVIDADES	Tempo (atividade)	Tempo (acumulado)	NAV
Selecionar pacote e montar dispositivo	35	35	*
Identificar ordem de produção	30	65	*
Preparar material	66	131	*
Colocar isolantes fundo de ranhura	99	230	
Inserção de bobinas + estecas	$1089/24 = 45$	1319	
Desmontagem do dispositivo	35	1354	*
** Tempo total de processo 22 minutos e 34 segundos, 2 operadores			
Nota: <b>NAV</b> - atividade que não agrega valor			

Fonte: autoria própria (2020).

Conforme pode-se observar no Quadro 1, as atividades realizadas neste posto de trabalho são executadas por dois operadores. Neste caso, o tempo total do processo de inserção é de que a cada 1354 segundos são bobinados 2 rotores da excitatriz.

Conforme cronoanálise realizada neste posto de trabalho, o tempo desta atividade é elevado e, mesmo sendo um processo extremamente manual, exige técnica especializada e habilidade do operador. Nesse sentido, a empresa está em constante busca por melhorias, a fim de reduzir ainda mais os tempos gastos na execução destas atividades.

A partir da observação e análise das atividades nesse posto de trabalho, pode-se dizer que a cronometragem de tempos foi fundamental para medir o desempenho dos operadores e obter subsídios para a elaborar o projeto final do *layout*. A etapa seguinte avaliou os tempos gastos para realizar as atividades no posto de trabalho de ligação e da amarração de bobinas e teste.

#### 4.1.2 Ligação, amarração de bobinas e teste final

Neste posto de trabalho, a ligação, amarração de bobinas e teste, é realizado por 1 operador por turno. Nessa atividade é necessário conformar as bobinas do 1º lado com martelo de borracha; preparar e posicionar na máquina de amarrar; amarrar 1º lado; retirar rotor da máquina de amarrar e posicionar sobre dispositivo de *nylon* na bancada.

Depois conformar o 2º lado com martelo de borracha (lado com cabos); fazer a ligação dos cabos neutros; preparar os cabos; conectar os cabos de saída do rotor; vestir o equipamento de proteção individual para a solda dos cabos; preparar maçarico e soldar conexões; tirar o equipamento de proteção individual; preparar tubos isolantes e isolar as soldas; organizar os cabos para a amarração do 2º lado; amarrar 2º lado (lado com cabos de ligação); retirar da máquina de amarrar e posicionar na prensa para fazer a prensagem final.

Em seguida, acondicionar sobre banda de teste para fazer a conformação e verificação final das bobinas; descascar 3 pontas em um dos lados de saída dos cabos; conectar cabos do aparelho de tensão aplicada para avaliar a isolação das bobinas aplicando 1500 volts; conectar os cabos do ôhmímetro para medir a resistência ôhmica do rotor. Os valores medidos devem estar conforme especificação eletromecânica. Se o rotor estiver aprovado no teste, acondicionar o rotor na bancada de rotores liberados para a impregnação, é o próximo processo. A Figura 6 a seguir, demonstra a ligação das bobinas.

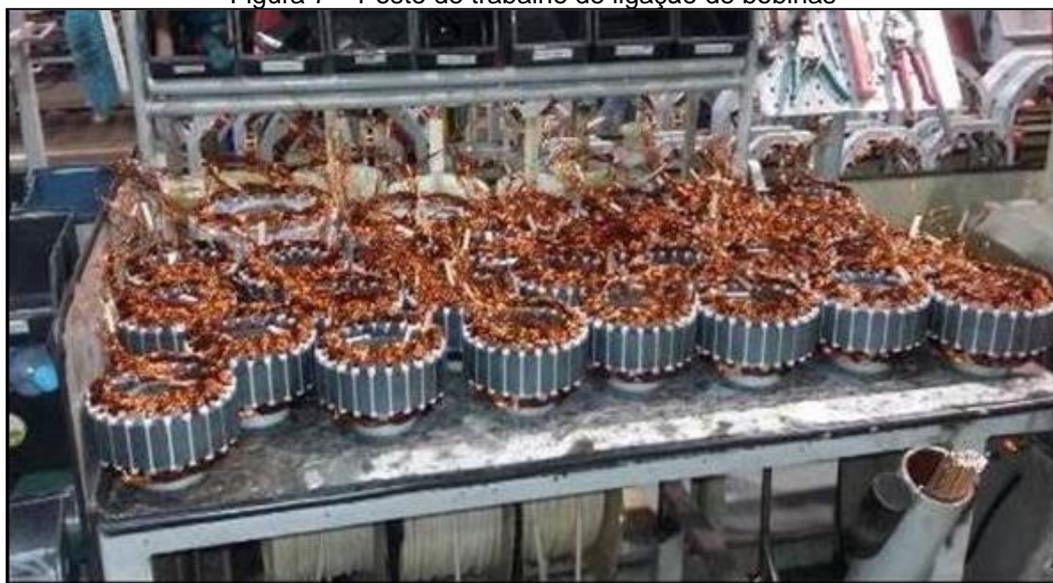
Figura 6 – Ligação de bobinas



Fonte: da empresa em estudo (2020).

Um dos problemas observados é que o fluxo do processo neste posto de trabalho, os operadores precisam se deslocar inúmeras vezes para pegar materiais e ferramentas. Assim, não conseguem produzir no mesmo ritmo do posto de trabalho anterior (inserção de bobinas), causando acúmulo de rotores na entrada do processo conforme demonstrado na Figura 7.

Figura 7 – Posto de trabalho de ligação de bobinas



Fonte: da empresa em estudo (2020).

Com a filmagem dos tempos gastos neste posto de trabalho, foi possível identificar e analisar os tempos relacionados as atividades de ligar, amarrar e testar as bobinas de inserção, conforme pode-se observar no Quadro 2, com a descrição da cronoanálise das atividades para esse processo.

Quadro 2 - Cronoanálise das atividades de ligação, amarração e teste

<b>Ligar/amarrar/testar</b>			
<b>ATIVIDADES</b>	<b>Tempo (atividade)</b>	<b>Tempo (acumulado)</b>	<b>NAV</b>
Conformar (1)	10	10	
Preparar + posicionar	18	28	*
Costurar lado sem cabos	42	70	
Posicionar + Conformar (2)	33	103	
Ligação e preparação dos cabos	44	147	
Preparar cabo EPR	55	202	*
Conectar cabo EPR	53	255	
Vestir EPI's	40	295	*
Preparar solda	30	325	*
Soldar	70	395	
Tirar EPI	20	415	
Preparar tubo isolante	31	446	*
Isolar solda	116	562	
Preparar para costura (2)	22	584	*
Costurar lado com cabos	125	709	
Posicionar + conformar prensa	20	729	

Conformação final	28	757	
Verificação	13	770	*
Descascar 3 pontas de cabos	21	791	*
Teste (1) – Aplicar tensão 1500V	17	808	
Teste (2) – Medir resistência ôhmica	27	835	
Liberar	10	845	*
** Tempo total de processo 14 minutos e 05 segundos, 1 operador			
Nota: <b>NAV</b> - atividade que não agrega valor			

Fonte: autoria própria (2020).

Conforme o Quadro 2, o tempo do processo neste posto de trabalho é menor que o posto de inserção de bobinas, o qual possui 2 operadores. Neste caso, a cada 1354 segundos são produzidas 2 peças, enquanto que no posto de trabalho de ligação, amarração e teste, com 1 operador é produzido 1 peça a cada 845 segundos. Esta diferença no tempo do processo causa acúmulo de peças na entrada do processo de ligação, amarração e teste.

Estas informações são relevantes para identificar e corrigir os tempos de cada operação. Como melhoria para estes postos de trabalho, a seguir apresenta-se uma proposta utilizando o relatório A3, ferramenta da *Lean Manufacturing*, para mudanças do *layout*, com estado atual e futuro das operações, visando a otimização dos métodos de trabalho, com um projeto final do *layout*.

## 4.2 Proposta de Melhoria para os Postos de Trabalho

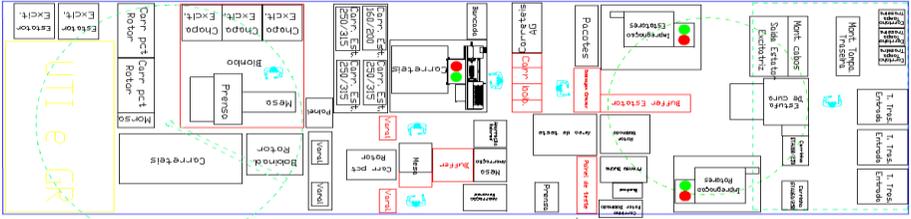
Para otimizar os postos de trabalho e o movimento entre eles, se propõem a mudança do *layout*. De acordo com Womack e Jones (2004), é possível reduzir movimentos entre os postos e estações de trabalho quando as atividades, que não agregam valor ao produto, são eliminadas.

Para tanto, o relatório A3 é uma ferramenta da filosofia *Lean Manufacturing* que segundo o já expressado por Sobek II e Smalley (2010), proporciona maior compreensão quanto ao problema e suas oportunidades de melhoria, por meio de ações eficazes para resolver o problema identificado.

Assim, com o objetivo de propor melhorias nas operações dos postos de trabalho da célula de fabricação do rotor da excitatriz, utilizou-se o relatório A3 (Figura 8), para determinar o problema e organizar as informações com preenchimento correto em todos os campos, para a análise dos processos.

Fonte: autoria própria (2020).

Figura 8 – Relatório A3

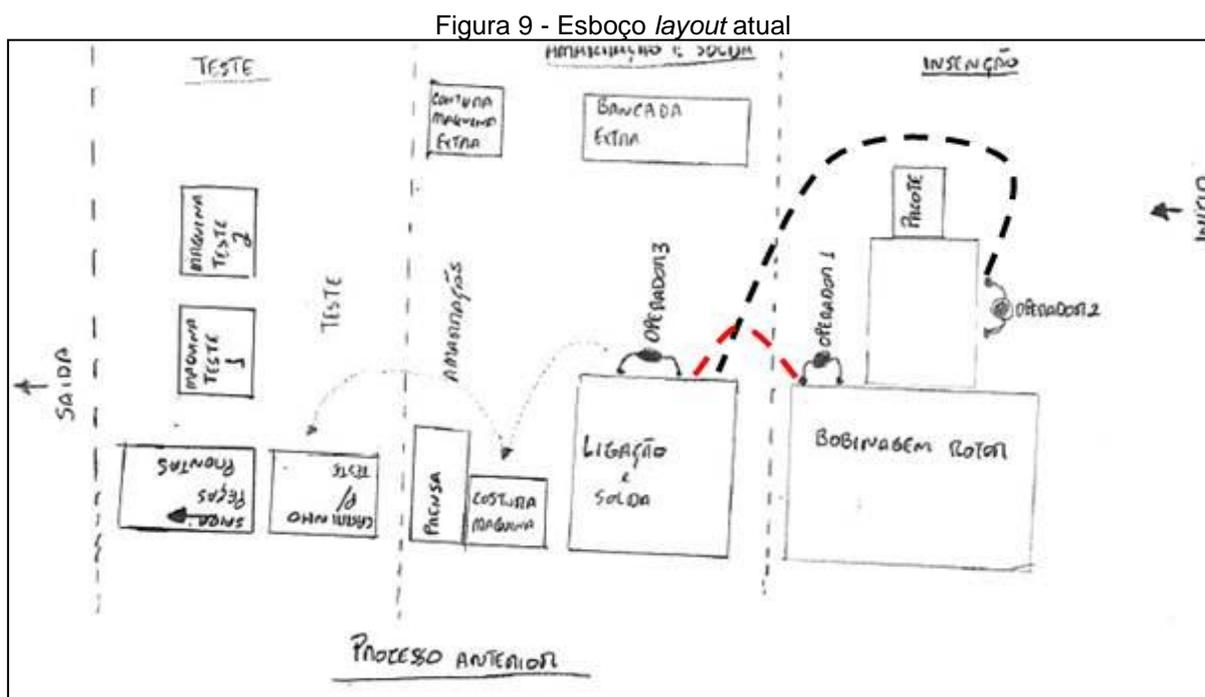
Coordenador: Edino José Teixeira de Oliveira Departamento: Alternadores Data: 20/05/2020		<h2>A3 - MELHORIA</h2>		N° WMS	xxxxxxx	
<b>1 - TÍTULO DO TRABALHO</b> Otimização do método de produção e layout através da implantação de ferramentas da <i>lean manufacturing</i>		<b>2 - EQUIPE</b> Edino		<b>7- CAUSA RAIZ IDENTIFICADA</b> DESCRIÇÃO DA CAUSA RAIZ DO PROBLEMA OBSERVADO Layout inadequado para o fluxo do processo e desbalanceamento entre os postos de trabalho		
<b>3 - PERDA ATACADA</b> Atividades que não agregam valor e desbalanceamento de atividades		<b>4 - VALOR TOTAL DA PERDA</b>		RELAÇÃO DA CAUSA - 6M + 1D <input checked="" type="checkbox"/> MÉTODO <input type="checkbox"/> MAQUINA <input type="checkbox"/> MATÉRIA PRIMA <input type="checkbox"/> MÃO DE OBRA <input type="checkbox"/> MEIO AMBIENTE <input type="checkbox"/> MEIO DE MEDIÇÃO <input type="checkbox"/> PROJETO DE PRODUTO		
<b>5 - DESCRIÇÃO DO PROBLEMA (5W + 1H)</b> DESCRIÇÃO DO PROBLEMA ANTES DO 5W+1H Desperdício de recursos de mão de obra com atividades que não agregam valor						
O QUE? Muitas atividades que não agregam valor e layout inadequado para o fluxo do processo	QUANDO? jun/20	QUEM? Edino José Teixeira de Oliveira	ONDE? Inserção, ligação e teste do rotor da excitatriz	<b>8- PROPOSTA DA SOLUÇÃO PARA ELIMINAÇÃO DA CAUSA RAIZ</b> DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO PARA ELIMINAÇÃO DA CAUSA RAIZ * Melhoria no layout e balanceamento das atividades entre os postos de trabalho; Realocação de algumas atividades; Implantação de Kits para os materiais.		
DETALHAMENTO DO CÁLCULO DO GANHO Custo hora do CC (R\$) = 100,34 $((((130 + 236) * 45 * 22 * 12) / 60) / 60) * 100,34 = \mathbf{R\$121.190,65}$ Redução de 1.273,8 (h) no ano Custo da hora no Centro de custo (R\$) = <b>R\$100,34</b> Ganho potencial CC (R\$) = <b>R\$121.190,65</b> Cálculo do ganho = $100,34 * 1.207,8 = \mathbf{R\$121.190,65}$						
QUAL? É possível verificar visualmente que existe um desbalanceamento entre os postos de trabalho inserção de bobinas e ligação, amarração e teste.	COMO? Fazendo alterações do layout e balanceamento das atividades.	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA DEPOIS DO 5W+1H COM 5G Foi avaliado que o layout não é o mais adequado para o processo e que existem desbalanceamento entre os postos de trabalho.				
<b>6 - IMAGEM/DESCRIÇÃO DO PROBLEMA OU FENÔMENO FÍSICO QUE GERA O PROBLEMA (DESENHO, FOTO...)</b>						
						
<b>9- PLANO DE AÇÃO</b>						
#	ACÇÃO	INVESTIMENTO	RESPONSÁVEL	PRAZO	STATUS	
1	Filmar atividades	R\$ -	Edino		Concluído	
2	Analisar atividades filmadas	R\$ -	Edino		Concluído	
3	Montar plano de ação para implantação das melhorias	R\$ -	Edino		Concluído	
4	Desenvolver layout mais adequado para o processo	R\$ -	Edino		Concluído	
5	Implantar melhorias para balanceamento das atividades	R\$ -	Edino		Andamento	
<b>10- ANÁLISE FINANCEIRA DO PROJETO</b>						
INVESTIMENTO TOTAL		R\$	1	BENEFÍCIO / CUSTO (B/C)		121190,7
GANHO TOTAL		R\$	121.191	PAYBACK		0,000
DURAÇÃO DO PROJETO EM MESES						5
<b>11- INDICADOR PARA ACOMPANHAMENTO E VALIDAÇÃO DO PROJETO</b>						
INDICADOR	ANTES	DEPOIS	STATUS			
Melhorias foram padronizadas? Qual o documento (nº procedimento, norma, etc)						
Esta melhoria pode ser usada em outra área/equipamento? Qual?						
<b>WMS - AVALIAÇÃO DAS PERDAS:</b>						
Pilar	Ganho Potencial ou Real	Redução (R\$)				
ORGANIZAÇÃO DO POSTO DE TRABALHO (WO)	Potencial	R\$	121.190,65			
Ganho Potencial	R\$	121.191	Ganho Real	R\$	-	
<b>12 - OUTRAS APROVAÇÕES RECOMENDADAS</b>			<b>13 - APROVAÇÃO</b>			
<input type="checkbox"/> Comissão de Layout	<input type="checkbox"/> Comissão de Estoques	GERENTE ÁREA	Nome:			
<input type="checkbox"/> Comissão Des. Mod. Produto	<input type="checkbox"/> Comissão de Qualidade	GERENTE COMISSÃO	Nome:			
<input type="checkbox"/> Comissão Administrativa	<input type="checkbox"/> Outro:	DIRETOR	Nome:			

Para o preenchimento do relatório A3, inicialmente foi estabelecido o problema e seu contexto, descrevendo a situação atual da célula de fabricação do rotor da excitatriz e de seus dois postos de trabalho: de inserção de bobinas e de ligação, amarração de bobinas e teste final. Em seguida, ao identificar os resultados quanto aos tempos gastos pelos operadores nas atividades de movimentação, foi descrita e analisada a situação com a identificação dos tempos que apresentam maior gargalo, causando atrasos na produção e sobrecarga aos operadores.

Dessa forma, foram traçadas contramedidas, para mudanças do *layout*, com estado atual e futuro das operações, desenvolvendo um projeto final do *layout* dos dois postos de trabalho. Vale ressaltar que se trata apenas de uma proposta de melhoria e, cabe a empresa a sua análise e implantação, para que os processos produtivos nos postos de trabalho sejam otimizados, obtendo maior produtividade.

#### 4.2.1 *Layout* atual

Um dos problemas observados nos postos de trabalho é que o *layout* atual, não é o mais adequado para o fluxo do processo, os operadores precisam se deslocar inúmeras vezes para pegar materiais e ferramentas. Para melhor compreensão, apresenta-se um esboço à mão livre (Figura 9), do *layout* atual do fluxo das atividades nos postos de inserção de bobinas e ligação, amarração e teste.



Fonte: autoria própria (2020).

No posto de trabalho de inserção 2 operadores executam esta atividade, que são fornecedores do operador 3 do posto de ligação, amarração e teste.

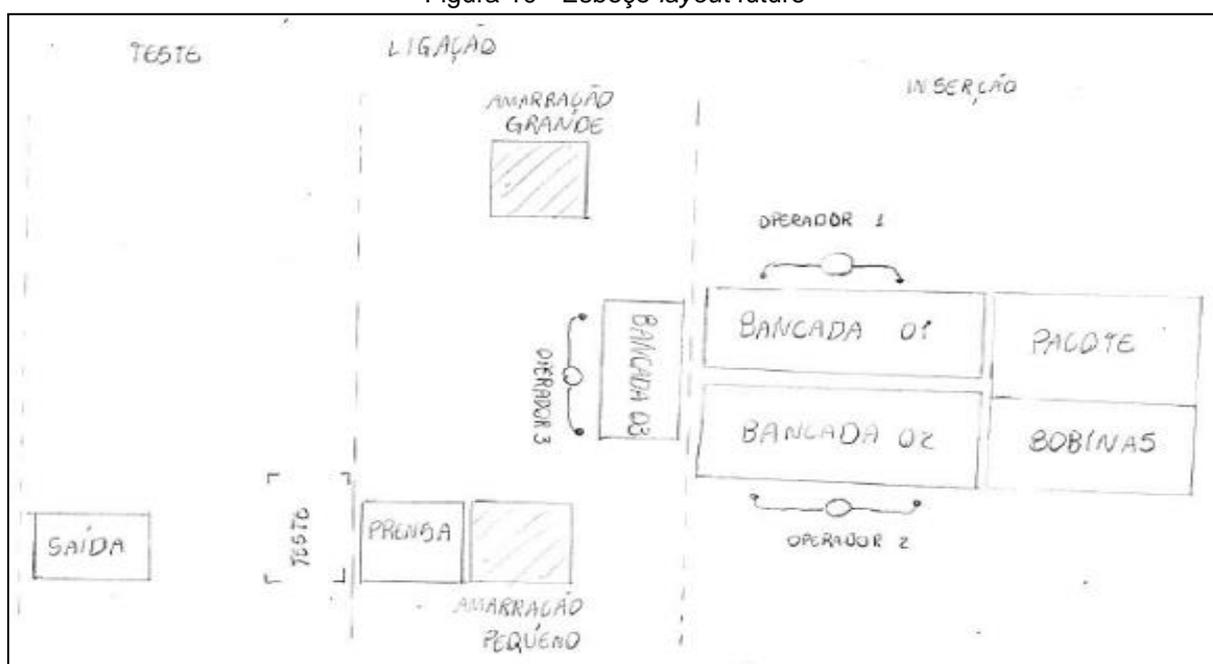
Conforme pode-se observar na Figura 9, o operador 1 e o operador 2 não estão posicionados de maneira correta: o operador 2 precisa se deslocar uma distância muito maior para entregar os rotores para o posto de ligação do que o operador 1. Os pacotes dos rotores e materiais para bobinar o rotor da excitatriz estão posicionados atrás do operador 1, o que também gera desperdício de tempo para selecionar e pegar os materiais necessários para a atividade de inserção.

Também, o operador 3 do posto de ligação, amarração e teste, não está posicionado da melhor forma, considerando os fornecedores e equipamentos, constatando então que o *layout* atual, mesmo modificado há tempos atrás, ainda não é uma opção adequada para as atividades nos dois postos de trabalho, prejudicando o fluxo dos processos e movimentação dos operadores. Desse modo, a proposta é redesenhar os postos de trabalho, para maior agilidade nas atividades.

#### 4.2.2 Layout futuro

Para tornar o fluxo das atividades mais eficientes, a seguir apresenta-se o esboço à mão livre (Figura 10), do *layout* futuro nos dois postos de trabalho: de inserção de bobinas e ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz.

Figura 10 - Esboço *layout* futuro



Fonte: autoria própria (2020).

Conforme pode-se observar na Figura 10 sobre o esboço da proposta de *layout* nos dois postos de trabalho, para conseguir obter o melhor aproveitamento no fluxo dos processos e reduzir o tempo das atividades realizadas pelos operadores, é preciso mudar a posição do operador 1 e do operador 2, para que os mesmos fiquem um de frente para o outro.

Quanto a entrada de materiais e dos pacotes dos rotores, deve ficar à direita, já as bancadas de inserção e o operador 3, devem ser posicionados no lado esquerdo, de maneira que fiquem centralizados em relação a todos os equipamentos utilizados em seu posto de trabalho, reduzindo desperdício de tempo com deslocamentos desnecessários.

Esta alteração proporcionará um ciclo de produção com uma redução significativa nos tempos de processo e balanceamento entre as atividades, pois ao elaborar o *layout* futuro, foi considerado todas as oportunidades de melhoria possíveis para a otimização dos processos produtivos e também a disposição das máquinas e equipamentos, bem como o nível dificuldade de movimentação dos operadores.

Sobre isso, Oliveira (2007, p. 343), afirma que “o arranjo físico adequado proporciona para a empresa maior economia e produtividade, com base na boa disposição dos instrumentos de trabalho e do fator humano alocado”.

#### **4.3 Resultados a Serem Obtidos com a Implantação da Proposta de Melhoria**

Analisando criticamente o relatório A3 e o esboço do *layout* atual e futuro, foi possível desenvolver o projeto final do *layout* dos dois postos de trabalho: de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz.

A implantação da proposta de melhoria, quanto a alteração de *layout* irá proporcionar uma redução no deslocamento dos operadores, eliminando assim, atividades que não agregam valor ao produto, possibilitando também uma melhor disposição das máquinas e equipamentos, conseqüentemente maior ganho de espaço e tempo. A Figura 11 a seguir apresenta o projeto final do *layout* para os dois postos de trabalho.



Conforme pode-se observar a Figura 11 apresenta-se o projeto final do *layout* proposto com todos os processos dos postos de trabalho e equipamentos da célula de fabricação de rotor e estator da excitatriz, com a inclusão dos postos de inserção de bobinas e ligação, amarração e teste.

O projeto final de *layout* proporcionará um melhor arranjo físico para os equipamentos e redução no deslocamento dos colaboradores, com isso será possível obter um ambiente mais seguro e agradável para o trabalho dos operadores. Nesta proposta também foi avaliado a melhor disposição para a entrada e saídas dos materiais necessários para execução das atividades.

Shingo (1996) e Rocha (1995), destacam que as melhorias no *layout* podem proporcionar alguns benefícios e vantagens tais como:

- Eliminação de horas quanto a transporte.
- *Feedback* de informação, para reduzir os defeitos.
- Redução de horas ao eliminar esperas de lote ou de processo.
- Redução do ciclo de produção.
- Melhor utilização do espaço disponível.
- Redução das movimentações de materiais, produtos e pessoas.
- Proporciona maior supervisão e obtenção da qualidade.

Também é possível prever outros resultados que poderão ser obtidos pela empresa, caso venha a implantar a proposta de melhoria no *layout* dos dois postos de trabalho: possibilidade de obter um fluxo das etapas do processo mais lógico, pois os operadores, ferramentas e materiais serão posicionados de forma que as movimentações sejam o mínimo possível. Com a melhoria no *layout* também será possível obter uma organização mais adequada no posto de trabalho, reduzindo a poluição visual e atendendo a filosofia *Lean Manufacturing*.

#### 4.3.1 Inserção de bobinas

Destaca-se a possibilidade de balancear as atividades de inserção de bobinas e ligação, amarração e teste. Conforme pode-se verificar nas análises no posto de trabalho de inserção de bobinas do rotor da excitatriz descritas no Quadro 3, serão produzidos 2 rotores a cada 1224 segundos com 2 colaboradores.

Quadro 3 - Resultado após melhorias no posto de inserção de bobinas

Inserção de bobinas do rotor da excitatriz					
ATIVIDADES		Tempo (atividade)	Tempo (acumulado)	Tempo (reduzido)	Proposta para redução do tempo
1	Pegar pacote e montagem de dispositivo	35	35	25	Dispositivo pneumático + <i>layout</i>
2	Identificar ordem de produção	30	65	30	Rotor já vira identificado
3	Preparar material	66	131	50	Implantar preparação de kit
4	Colocar fundos	99	230		
5	Inserção de bobinas + estecas	$1089/24 = 45$	1319		
6	Desmontagem do dispositivo	35	1354	25	Dispositivo pneumático + <i>layout</i>
Tempo total de processo			<b>1354</b>		<b>Tempo em horas (00:22:34)</b>
Tempo total de processo após melhorias sugeridas			<b>1224</b>		<b>Tempo em horas (00:20:24)</b>
Total redução tempo de processo em segundos			<b>130</b>		
** Os tempos serão divididos por 2, pois neste posto de trabalho tem 2 operadores					
Tempo total de processo			<b>677</b>		<b>Tempo em horas (00:11:17)</b>
Tempo total de processo após melhorias sugeridas			<b>612</b>		<b>Tempo em horas (00:10:12)</b>

Fonte: autoria própria (2020).

Para obter uma análise mais detalhada do balanceamento dos postos de trabalho, o tempo total do processo de inserção de bobinas foi dividido por 2, pois neste posto, trabalham 2 operadores e a cada ciclo do processo, é realizado a inserção de 2 rotores de excitatriz. Sendo que no posto de trabalho de ligação, amarração e teste, apenas 1 operador executa as atividades.

Com a implantação das melhorias propostas será possível reduzir em 130 segundos o tempo total do processo para cada rotor bobinado. Neste posto de trabalho, a atividade com maior tempo agregado é a inserção de bobinas e estecas, conforme pode-se observar na Figura 12 a seguir, o qual é um processo totalmente manual e pela avaliação nesta atividade, para que haja melhoria do processo, é preciso efetuar a aquisição de equipamento para inserção de bobinas automatizada.

Figura 12 – Inserção de bobinas



Fonte: autoria própria (2020).

Desse modo, para as atividades descritas no Quadro 3 do posto de trabalho de inserção de bobinas, pode-se citar algumas das melhorias a serem realizadas e seus benefícios:

- **Atividade 1 e 6:** desenvolver um sistema pneumático para acoplar o pacote do rotor e eliminar o tempo desperdiçado para rosquear e desrosquear as peças do dispositivo, conforme apresentado anteriormente na Figura 11. A alteração de *layout* reduzirá os movimentos e conseqüentemente o tempo de processo.
- **Atividade 2:** realocar a atividade de identificação do rotor, receber o rotor com a etiqueta de identificação da ordem de produção colada. Com essa melhoria, será eliminada a atividade 2 do processo de inserção de bobinas.
- **Atividade 3:** montar um sistema de preparação de kits de materiais e receber todos os materiais necessários para a inserção de cada rotor separadamente. Já existe este posto de preparação de outros materiais, é necessário acrescentar somente este processo. Assim, será possível obter maior redução de tempo, pois, atualmente os materiais estão

armazenados e espalhados pelo setor, dificultando para o operador encontrar cada um deles, causando perda de tempo, conforme Figura 13.

Figura 13 – Estoque de materiais para inserção de bobinas



Fonte: autoria própria (2020).

Conforme observa-se na Figura 13, atualmente os materiais estão armazenados embaixo do carrinho dos pacotes do rotor, sendo que para selecionar os materiais, os colaboradores precisam se deslocar do posto de trabalho.

Outro fator agravante, é a questão ergonômica devido a necessidade de se abaixar para selecionar os materiais. Por isso a importância da necessidade de implantar a melhoria na atividade 3, que é a adequação do processo de preparação do material para o posto de trabalho de inserção de bobinas.

#### 4.3.2 Ligação, amarração de bobinas e teste final

No posto de ligação, amarração e teste será produzido 1 rotor a cada 609 segundos com 1 colaborador. Neste caso o colaborador conseguirá fazer o processo de ligação, amarração e teste de 2 rotores em 1218 segundos, conforme demonstra o Quadro 4 a seguir.

Quadro 4 - Resultado após melhorias no posto de ligação de bobinas

<b>Ligar/amarrar/conformar/testar</b>					
<b>ATIVIDADES</b>		<b>Tempo (atividade)</b>	<b>Tempo (acumulado)</b>	<b>Tempo (reduzido)</b>	<b>Proposta para redução do tempo</b>
1	Conformar (1)	10	10	10	Realocação na atividade anterior (bobinagem)
2	Preparar + Posicionar	18	28		
3	Costurar (1)	42	70		
4	Posicionar + Conformar (2)	33	103	33	Avaliar possibilidade de receber conformado BOB
5	Ligação e preparação dos cabos	44	147		
6	Preparar cabo EPR	55	202	55	Atividade realocada
7	Conectar cabo EPR	53	255		
8	Vestir EPI's	40	295	20	Fazer 2 ou mais peças ao mesmo tempo
9	Preparar solda	30	325	15	Fazer 2 ou mais peças ao mesmo tempo
10	Soldar	70	395	0	Fazer 2 ou mais peças ao mesmo tempo
11	Tirar EPI	20	415	10	Fazer 2 ou mais peças ao mesmo tempo
12	Preparar tubo isolante	31	446	21	Implantar preparação de kit
13	Isolar solda	116	562	5	
14	Preparar para costura (2)	22	584		
15	Costurar (2)	125	709		
16	Posicionar + conformar prensa	20	729		
17	Conformação final	28	757	28	Desenvolver dispositivo de conformação
18	Verificação	13	770		
19	Descascar 3 pontas de cabos	21	791	21	Atividade realocada
20	Teste (1)	17	808		
21	Teste (2)	27	835	15	Posicionar ôhmímetro na área de teste
22	Liberar	10	845	3	Mudar <i>layout</i> da bancada de teste
Tempo total de processo			<b>845</b>	<b>Tempo em horas (00:14:05)</b>	
Tempo total de processo após melhorias			<b>609</b>	<b>Tempo em horas (00:10:09)</b>	
Total redução tempo de processo em segundos				<b>236</b>	

Fonte: autoria própria (2020).

Com a implantação das melhorias propostas será possível reduzir em 236 segundos no tempo total do processo conforme apresentado no Quadro 4. A empresa em estudo, terá uma redução significativa nos custos desse processo.

Para as atividades executadas no posto de trabalho de ligação, amarração de bobinas e teste final, conforme apresentado no Quadro 4, pode-se citar algumas das melhorias a serem realizadas e seus benefícios:

- **Atividade 1 e 4:** realocar as atividades de conformação de bobinas para o posto de inserção de bobinas. Ao realizar a atividade de inserção é possível conformar as bobinas e entregar o rotor com as bobinas conformadas para a ligação.
- **Atividade 6:** realocar a atividade de preparar os cabos, descascar o meio e decapar as pontas, alocar na atividade de preparação de kits de materiais. Essa atividade sendo realocada vai reduzir significativamente o tempo total no processo de ligação, amarração e teste.
- **Atividade 8, 9, 10 e 11:** fazer 2 peças ou mais de cada vez. Com esta melhoria no processo o tempo gasto para vestir, retirar os EPI's e preparar o maçarico para soldar será diluído pela quantidade de peças soldadas.
- **Atividade 12:** Os tubos isolantes devem ser entregues juntos com o kit de materiais, facilitando assim a execução desta atividade eliminando o tempo gasto para procurar os tubos.
- **Atividade 17:** desenvolver dispositivo *Poka yoke* para serem prensadas as cabeças de bobinas. Assim, as mesmas já ficam com a conformação correta.
- **Atividade 19:** realocar a atividade para a preparação de kits, o operador irá receber o kit de material com os cabos com as pontas decapadas. Assim, será possível reduzir o tempo gasto para decapagem dos cabos.
- **Atividade 21:** reposicionar o ôhmímetro dentro da área de teste. Com isso se reduz o tempo de teste da resistência ôhmica das fases.
- **Atividade 22:** mudar o *layout* da bancada de teste, numa posição mais acessível. Isso facilitará para o operador, a entrega dos rotores para o próximo processo.

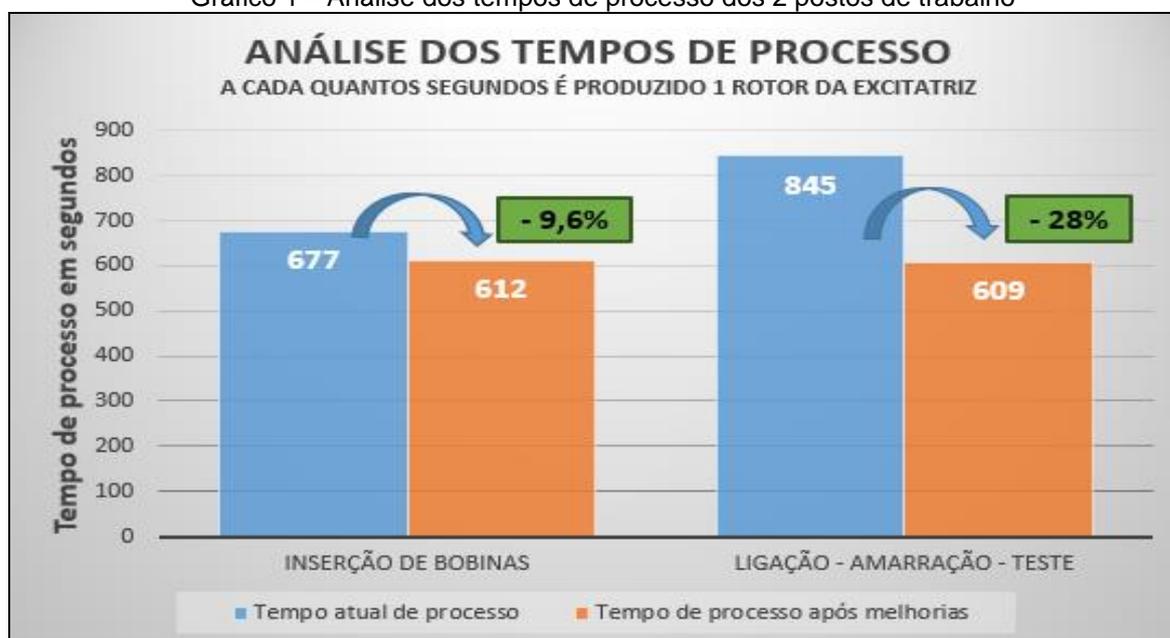
Como pode-se verificar, com a implantação das ações propostas no estudo, será possível obter uma redução significativa no tempo total do processo e consequentemente, uma redução de custo, considerando somente para o tempo de processo de 1 rotor, parece pouco, mas ao comparar com a produção anual da empresa em estudo, é possível verificar um ganho expressivo.

### 4.3.3 Avaliação dos resultados

Como avaliação dos resultados, pode-se dizer que a maior redução no tempo de processo será no posto de trabalho de ligação, amarração e inserção, conforme verifica-se no Gráfico 1 a seguir, pois será possível obter uma redução de 28%.

As atividades, ficarão com os tempos de processo balanceados, evitando o acúmulo de peças na entrada do posto de trabalho, reduzindo os riscos de problemas de qualidade causados por possíveis bobinas batidas e fios arranhados, o que é um fator crítico quando se trata de um componente elétrico.

Gráfico 1 – Análise dos tempos de processo dos 2 postos de trabalho



Fonte: autoria própria (2020).

No Quadro 5 a seguir é apresentado o tempo disponível por operador e por turno. Com estes dados é possível fazer uma análise sobre o aumento da capacidade produtiva, que as melhorias implantadas proporcionarão.

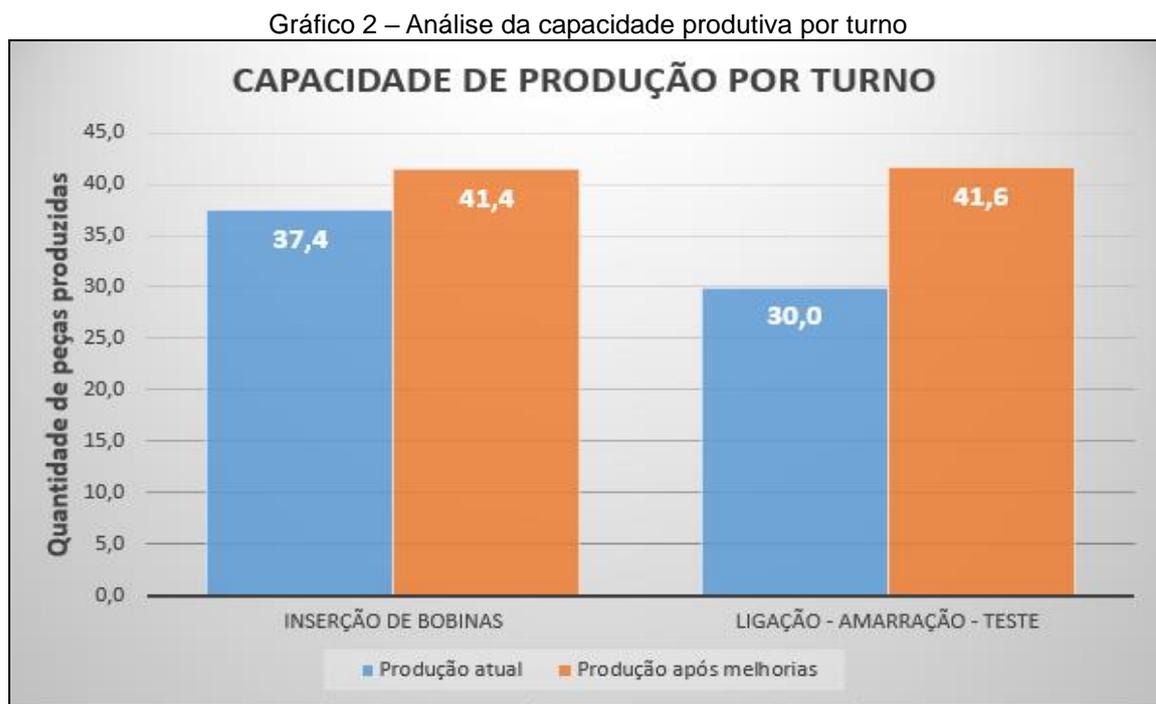
Quadro 5 – Tempos disponível por turno por operador

Tempo disponível por operador/turno		
Horas	Minutos	Segundos
08:48:00	528	31680
Tempo disponível por operador/turno 80% da capacidade		
Horas	Minutos	Segundos
07:02:00	422	25344

Fonte: autoria própria (2020).

Para que os valores encontrados fiquem o mais próximo do realizado na prática, deve ser considerado apenas 80% do tempo disponível. Este cálculo é necessário para desconsiderar o tempo que os colaboradores utilizam para ir ao banheiro, tomar água, treinamentos, ginástica, reuniões diversas, entre outros.

O Gráfico 2 a seguir, apresenta-se a produção atual e a possibilidade de produção após as melhorias serem implantadas nos postos de trabalho por turno.



Fonte: autoria própria (2020).

Observa-se no Gráfico 2, que se as melhorias propostas forem implantadas, a quantidade de peças produzidas pelos 2 postos de trabalho ficará balanceado, mantendo no posto de inserção de bobinas, 2 operadores e no posto de ligação, amarração e teste 1 operador, com capacidade produtiva de 41 rotores por turno.

Fica evidente que para maior produtividade numa linha de produção, é imprescindível reduzir e padronizar o tempo de produção. Um *layout* adequado favorece a estabilidade nas atividades desenvolvidas pelos operadores em seus postos de trabalho, com rotinas de operações sincronizadas conforme o tempo determinado para cada operação.

## 5 CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste estudo foi possível constatar que a partir da filosofia *Lean Manufacturing*, uma empresa consegue melhorar efetivamente, a capacidade produtiva de seus processos de maneira prática e dinâmica, a fim de obter maior eficiência nos postos de trabalho e assim, maximizar a produtividade.

Assim, o estudo do *layout* e dos tempos e métodos das atividades desenvolvidas nos postos de trabalho de inserção de bobinas e ligação, amarração de bobinas e teste final do rotor da excitatriz, foi fundamental para identificar os desperdícios existentes quanto a movimentação dos operadores e execução de atividades que não agregam valor aos produtos, nos referidos postos de trabalho.

Dessa forma, os objetivos definidos para a realização da pesquisa, foram alcançados, pois foi possível propor um novo *layout* para o melhor aproveitamento da mão de obra e realocação de algumas atividades com melhorias em seus processos, a fim de realizar o balanceamento de carga e reduzir o tempo total das atividades desenvolvidas pelos operadores.

Ficou constatado que com o balanceamento de carga nos postos de trabalho será possível reduzir o tempo de processo em 9,6% na inserção de bobinas e 28% no processo de ligação, amarração e teste em cada turno. Conseqüentemente, proporcionará para a empresa, um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

Portanto, pode-se dizer que com a implantação desta proposta de melhoria no posto de trabalho de ligação, amarração e teste, a capacidade produtiva aumentará de 30 para 41,6 rotores da excitatriz por turno. Resultado que poderá impactar diretamente nos indicadores da empresa em estudo.

Diante do exposto, conclui-se que a proposta de melhoria com base na filosofia *Lean Manufacturing* nos postos de trabalho de fabricação do rotor da excitatriz, poderão gerar resultados significativos, uma vez que os postos ficarão equalizados, possibilitando aumento da capacidade produtiva, redução de erros de processo, melhor utilização da mão de obra e de recurso disponível e, redução do custo industrial dos alternadores, tornando a empresa ainda mais competitiva.

Vale salientar também, que houve certa dificuldade durante o estudo quanto a definição do projeto final do *layout* para os postos de trabalho, devido ao tamanho e formato da área para alocar os materiais e equipamentos.

No entanto, a pesquisa contribuiu de maneira significativa para o aprendizado e desenvolvimento profissional, uma vez que teve a participação dos colaboradores, dos postos de trabalho de inserção de bobinas e ligação, amarração de bobinas e teste final do rotor da excitatriz, bem como chefes e encarregados, que aprovaram o desenvolvimento da pesquisa.

Profissionais que validaram a medição dos tempos das atividades, a partir das análises dos processos, para obtenção dos resultados apresentados e a conclusão quanto a viabilidade da implantação da melhoria na empresa, proporcionando maior confiabilidade deste Trabalho de Conclusão de Curso.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. Sistemas de produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.

ARAÚJO, L. C. G. Organizações, sistema e métodos e as novas tecnologias de gestão organizacional. São Paulo: Atlas, 2016.

ARAÚJO, S. M. F. Implementação de um sistema de manutenção Lean na SNA Europe Industries, S.A. Dissertação. 2010. 61f. Universidade do Porto, 2010. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/59417/1/000143355.pdf>>. Acesso em: 24 out 2019.

BARNES, Ralph M. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. 6 ed. São Paulo: E. Blücher, 2001.

BORGES, Sérgio Luiz Ferreira. A evolução do sistema de produção e a implementação do balanceamento multifuncional para pequenos volumes. In: Revista ESPACIOS. Vol. 38; nº 01: 2017. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a17v38n01/a17v38n01p13.pdf>>. Acesso em: 24 out 2019.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações: planejamento estratégico. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2012.

COSTA, F. N. *et al.* Determinação e análise da capacidade produtiva de uma empresa de cosméticos através do estudo de tempos e movimentos. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2008. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2008. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_069\\_496\\_10717.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_069_496_10717.pdf)>. Acesso em: 22 abr 2020.

DENNIS, Pascal. Produção *lean* simplificada. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FELLIPE, A. D. *et al.* Análise descritiva do estudo de tempos e métodos: uma aplicação no setor de embaladeira de uma indústria têxtil. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2012. Rio de Janeiro: SEGET, 2012. Disponível em <<http://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/22316596.pdf>>. Acesso em: 22 abr 2020.

FRANÇA, Sara Valente de Sá. Implementação de ferramentas de Lean Manufacturing e Lean Office indústria metálica, plástica e gabinete de contabilidade. 2013. Dissertação de mestrado. 82f. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto: FEUP, 2013. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/69320/1/000155465.pdf>>. Acesso em: 22 abr 2020.

GAITHER, N.; E FRAZIER, G. Administração da produção e operações. São Paulo: Pioneira, 2001.

GONÇALVES, Carlos Alberto. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 2004.

HANSEN, D. R.; MOWEN, M.M. Gestão de Custos: contabilidade e controle. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

HAYES, R. *et al.* Produção, estratégia e tecnologia: em busca da vantagem da vantagem competitiva. Porto Alegre: Bookman 2008.

IIDA, Itiro. Ergonomia: projeto e produção. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

LIKER, J. K.; HOUSEUS, M. A Cultura Toyota. Rio de Janeiro: Bookman, 2009.

LIKER, J. K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto alegre: Bookman, 2005.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da produção. 2 ed. São Paulo, Saraiva, 2005.

MOREIRA, Daniel Augusto. Administração da produção e operações. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

MOREIRA, D. A. Administração da produção e operações. 5 ed. São Paulo: Pioneira, 2000.

NODARI C. T.; OLIVEIRA, N. H., Metodologia do relatório A3 para solução de problemas. Porto Alegre: UFRGS, 2010.

OHNO, T. O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala. Bookman, Porto Alegre, 1997.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Sistemas, organizações e métodos: uma abordagem gerencial. 17 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

OLIVÉRIO, J. L. Projeto de fábrica: produtos, processos e instalações industriais. São Paulo: IBLC. 1985.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicenp, 2007.

RIBEIRO, P. M. F. Aplicação da metodologia A3 como instrumento de melhoria contínua em uma empresa da indústria de linha branca. Trabalho de Conclusão de Curso. 2012. 86f. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <[http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-06082012-100317/publico/Ribeiro\\_Pedro\\_Figueiredo.pdf](http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-06082012-100317/publico/Ribeiro_Pedro_Figueiredo.pdf)>. Acesso em: 25 out 2019.

ROCHA, J. A. V. NAVARRO, A. A importância da capacidade produtiva e cronoanálise para empresas do polo moveleiro de UBÁ. IX Simpósio Acadêmico de Engenharia de Produção. Viçosa, MG, 2014. Disponível em: <<http://www.saepro.ufv.br/wp-content/uploads/2014.15.pdf>>. Acesso em: 21 abr 2020.

ROCHA, D. Fundamentos técnicos da produção. São Paulo: Makron Books, 1995.

RODRIGUES, M. V. Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de produção *Lean Manufacturing*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ROTHER, M. Toyota Kata: gerenciando pessoas para melhoria, adaptabilidade e resultados excepcionais. Porto Alegre: Bookman, 2010.

SHINGO, S. O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 1996.

SHOOK, J. Gerenciamento para o aprendizado: usando um processo de gerenciamento A3 para resolver problemas, promover alinhamento, orientar e liderar. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2008

SILVA, Carlos Eduardo Sanches; SASAKI Jr., Osvaldo Hiroshi. Análise de projetos de melhoria contínua desenvolvidos pelo método A3. XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Inovação tecnológica e propriedade intelectual: desafios da engenharia de produção na consolidação do Brasil no cenário econômico mundial. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_TN\\_STP\\_136\\_864\\_19097.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_136_864_19097.pdf)>. Acesso em: 24 out 2019.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. Administração da produção. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SOBEK II, D. K.; SMALLEY, A. Entendendo o pensamento A3 Toyota. Porto Alegre: Bookman. 2010.

TAKASHINA, Newton Tadachi. Indicadores da qualidade e do desempenho. Rio de Janeiro. Quaitymark, 1999.

TOLEDO, I. F. B. Cronoanálise. São Paulo: Assessoria Escola, 2004.

TUBINO, D. F. A Produtividade no chão de fábrica. Porto Alegre: Bookman, 2009.

VILLAR, A. M.; NÓBREGA Jr., C. L. Planejamento das instalações industriais. João Pessoa: Manufatura, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, T. J. A mentalidade enxuta nas empresas. *Lean Thinking*. São Paulo: Elsevier, 2004.

## APÊNDICE 1 – Solicitação de Autorização para a Pesquisa



### Solicitação de Autorização para Pesquisa

Jaraguá do Sul, 15 de julho de 2020

Eu, **Edino José Teixeira de Oliveira**, responsável principal pelo projeto de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) denominado preliminarmente de PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DE MELHORIA DO MÉTODO DE PRODUÇÃO E LAYOUT DE UMA CÉLULA DE FABRICAÇÃO DE ROTORES, do Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica do IFSC – Campus Jaraguá do Sul - RAU, venho pelo presente, solicitar autorização da [REDACTED] para a realização da coleta de dados em sua empresa no período de 02/2020 a 06/2020, com o objetivo de apresentar proposta de melhoria para otimização do tempo das operações em postos de trabalho de inserção de bobinas e da ligação, amarração e teste do rotor da excitatriz. Esta pesquisa está sendo orientada pelo Prof. Alexandre Zammar, pesquisador do IFSC.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, solicito autorização para a realizar a coleta de dados que consistirá de análise do ambiente, entrevistas individuais com funcionários e imagens através de fotos e vídeos. Saliento que as coletas serão tratadas de forma anônima e confidencial, isto é, em nenhum momento será divulgado o nome de um funcionário e da empresa, em qualquer fase do estudo. As imagens serão divulgadas somente nesta pesquisa e os resultados divulgados em eventos e/ou revistas científicas, tomando o cuidado de não identificar pessoa, marca ou produto da empresa.

Contando com a autorização desta instituição, agradecemos e coloco-me à disposição para qualquer esclarecimento.

  
Edino José Teixeira de Oliveira - Pesquisador Principal  
edinooliveira1981@gmail.com  
47 99942-3847

Autorizo:

