

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS**

**CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL**

**CURSO DE TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**

**ISRAEL BECKMAN NOGUEIRA**

**AUMENTO DE EFICIÊNCIA PRODUTIVA E REDUÇÃO DE REJEITOS  
EM UMA FÁBRICA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

**MANAUS**

**2021**

**ISRAEL BECKMAN NOGUEIRA**

**EFICIÊNCIA E QUALIDADE DE PRODUÇÃO EM PROCESSOS DE  
GRAVAÇÃO E JUNTA LÍQUIDA EM UMA FÁBRICA DO POLO  
INDUSTRIAL DE MANAUS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
solicitado como requisito para a conclusão  
da graduação em Tecnologia em  
Mecatrônica Industrial sob a orientação do  
Prof. Vitor Bremgartner da Frota

MANAUS

2021

ISRAEL BECKMAN NOGUEIRA

# EFICIÊNCIA E QUALIDADE DE PRODUÇÃO EM PROCESSOS DE GRAVAÇÃO E JUNTA LÍQUIDA EM UMA FÁBRICA DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, no campus Distrito Industrial, submetida à aprovação da banca examinadora em 16/07/2021 composta pelos seguintes membros:



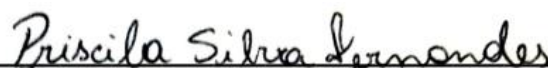
---

Orientador Prof<sup>o</sup> Dr. Vitor Bremgartner da Frota



---

Prof<sup>a</sup> MSc. Fernanda da Silva Alves



---

Prof<sup>a</sup> MSc. Priscila Silva Fernandes

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar força em minha caminhada durante o curso. Agradeço também aos meus mestres, que durante o curso puderam me orientar da melhor maneira fazendo de mim um profissional melhor.

Agradeço aos colegas de aula e colegas de trabalho que também com muita união auxiliaram bastante na coleta de informações.

Agradeço ao meu orientador, que me ajudou a lapidar e moldar este presente trabalho.

E, finalmente, agradeço a minha família: minha mãe Maria de Lourdes, que em nenhum momento deixou de soltar a minha mão durante a caminhada, e minha esposa Victoria, que sempre esteve ao meu lado nos momentos difíceis, principalmente durante a escrita deste trabalho, me dando apoio necessário para sempre seguir em frente.

## RESUMO

O presente trabalho trata em descrever sobre a atualização fabril de uma indústria importante no segmento de duas rodas em que o foco foi a redução de defeitos com a atualização da automação em dois processos distintos e que se tornaram um só, melhorando a eficiência e o índice de defeitos no produto final. Especificamente, fala sobre a unificação de uma máquina de aplicação de cola, usada no selamento entre duas carcaças e sobre uma máquina de gravação a laser e como sua unificação melhorou os índices de defeito e redução de custo com rejeitos. Ele nos mostra que a automação não é uma disciplina estática, e sim que ela pode ser constantemente atualizada, cada vez mais aumentando a eficiência produtiva, garantindo produtos de qualidade e mantendo a empresa altamente mais competitiva no mercado.

**Palavras-chave:** Indústria – Código VIN – Gravação a Laser – Aplicação de Cola – Unificação

## **ABSTRACT**

The present work is about describing the factory update of an important industry in the two-wheel segment that the focus was the reduction of defects with the automation upgrade in two different processes, which have become one, improving efficiency and defect rate in the final product. Specifically, it talks about the unification of a glue application machine used in the sealing between two housings and about a laser engraving machine and how its unification has improved defect rates and reduced cost with waste. It shows that automation is not a static discipline, but that it can be constantly updated, increasingly increasing production efficiency, ensuring quality products and keeping the company highly competitive in the market.

**Keywords:** Industry – VIN Code – Laser Recording – Glue Application – Unification

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Modelo de um sistema de automação de máquinas.....   | 22 |
| Figura 2 – Ilustração da codificação do código VIN.....   | 26 |
| Figura 3 – Exemplo da codificação do código VIN em um veículo automotor.....  | 27 |
| Figura 4 – Esquema simplificado de um sistema de controle e supervisão.....   | 31 |
| Figura 5 – Fluxograma da pesquisa científica.....   | 34 |
| Figura 6 – Carcaça esquerda do motor de um modelo 150 cilindradas.....  | 37 |
| Figura 7 – Ilustração da Máquina de gravação do número de série do motor.....   | 38 |
| Figura 8 – Interior da máquina de gravação durante o funcionamento do feixe de laser.....   | 39 |
| Figura 9 – Ilustração do desenho master da peça.....  | 39 |
| Figura 10 – Ilustração do Sistema de Bombeamento de Silicone.....   | 40 |
| Figura 11 - Processo de aplicação de junta líquida na carcaça esquerda do motor.....  | 41 |
| Figura 12 – Exemplo de não conformidade na gravação.....  | 43 |
| Figura 13 – (a) Ajuste da distância focal do laser. (b) Localização do ajustador, no interior da máquina.....   | 44 |
| Figura 14 – (a) Cavalete de gravação. (b) Representação dos pinos fixos dos 04 cavaletes de gravação.....   | 44 |
| Figura 15 – Exemplo de posicionamento não conforme, devido falha no atuador.....  | 45 |
| Figura 16 - Layout produtivo da Montagem do Motor .....   | 46 |
| Figura 17 – Análise de tempo dos três primeiros processos de fabricação do motor .....  | 46 |
| Figura 18 – Ilustração da disposição dos equipamentos no setor produtivo. (a) Layout das Máquinas de gravação e Junta Líquida. (b) Representação em 3D dos processos..... | 46 |
| Figura 19 – Ilustração da Proposta utilizando um robô manipulador.....  | 49 |
| Figura 20 – Ilustração da máquina de Aplicação de cola indexada à esteira.....  | 50 |
| Figura 21 – Ilustração da Proposta de unificação das máquinas de gravação e aplicação de cola.....  | 51 |
| Figura 22 – Apresentação do layout da unificação das máquinas – em 3D.....  | 52 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 23 – Projeto 3D da Máquina de Aplicação de Cola + Gravação do número série utilizando SOLID EDGE..... | 52 |
| Figura 24 - Ilustração da medição do corte na base da máquina.....   | 53 |
| Figura 25 – Ilustração do suporte do laser a ser utilizado na gravação da carcaça.....                       | 53 |
| Figura 26 – Desenho da estrutura do suporte do laser.....  | 54 |
| Figura 27 – Especificação do amortecedor de vibração.....  | 54 |
| Figura 28 – Instalação de dispositivos de segurança na máquina.....  | 55 |
| Figura 29 – Ilustração da base de apoio da carcaça esquerda.....   | 56 |
| Figura 30 – Base do dispositivo - dimensionamento.....   | 56 |
| Figura 31 – Apoios e guias do dispositivo.....   | 57 |
| Figura 32 – Distância focal da lente do laser, em relação a peça a ser gravada..                             | 57 |
| Figura 33 – Máquina de aplicação de Cola e Gravação da Carcaça.....  | 58 |
| Figura 34 – Sistema de supervisão e controle elipse.....   | 59 |
| Figura 35 – Janela de gravação do software Merlin.....   | 59 |
| Figura 36 – Sensor de Presença de peças.....   | 60 |
| Figura 37 – Decalque das carcaças do teste piloto.....   | 60 |
| Figura 38 – Amostra de análise de profundidade da gravação.....  | 61 |
| Figura 39 – Distribuição de Processos antes e depois da unificação dos equipamentos.....                     | 61 |



## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1 – Índice de rejeição interna da Montagem do Motor.....  | 41 |
| Gráfico 2 – Relação de itens problemáticos Montagem do Motor.....                                       | 42 |
| Gráfico 3 – Índice de peças rejeitadas - Montagem do Motor.....   | 42 |
| Gráfico 4 – Custo por peças Rejeitadas Montagem do Motor.....   | 43 |
| Gráfico 5 – Gráfico de Tempos por Processos Montagem do Motor.....                                      | 46 |
| Gráfico 6 – Taxa de ocupação x Ociosidade nos processos da Gravação do motor e aplicação de cola.....   | 47 |
| Gráfico 7 – Tempo total de processo dos operadores da gravação + junta líquida.....                     | 48 |
| Gráfico 8 – Operadores necessários para a realização dos processos de gravação e aplicação de cola..... | 48 |
| Gráfico 9 – Comparação do pessoal necessário Antes x Depois.....  | 62 |
| Gráfico 10 – Relação de itens problemáticos Montagem do Motor.....                                      | 62 |

|  |    |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....  | 12 |
| 1.1 APRESENTAÇÃO .....   | 12 |
| 1.2 PROBLEMATIZAÇÃO .....  | 13 |
| 1.3 JUSTIFICATIVA.....   | 14 |
| 1.4 OBJETIVOS.....   | 15 |
| 1.4.1 Objetivo geral .....   | 15 |
| 1.4.2 Objetivos específicos.....   | 15 |
| 1.5 DESCRIÇÃO DO TRABALHO .....  | 16 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO.....  | 18 |
| 2.1 AUTOMAÇÃO.....   | 18 |
| 2.2 DESENHO AUXILIADO POR COMPUTADOR (CAD).....  | 19 |
| 2.3 USINAGEM.....  | 21 |
| 2.4 C.L.P – Controlador Lógico Programável .....   | 22 |
| 2.5 SENSORES.....  | 23 |
| 2.6 ATUADORES.....   | 24 |
| 2.7 GRAVAÇÃO A LASER.....  | 24 |
| 2.8 GRAVAÇÃO DO NÚMERO DE SÉRIE DO MOTOR.....  | 25 |
| 2.9 ROBÔ CARTESIANO.....   | 28 |
| 2.10 NR12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS .....   | 29 |
| 2.11 MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA.....   | 29 |
| 2.12 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS.....   | 31 |
| 2.13 KAIZEN .....  | 33 |
| 3. METODOLOGIA.....  | 34 |
| 3.1. Propósitos da pesquisa .....  | 34 |
| 3.2. Natureza dos Resultados .....   | 35 |
| 3.3. Abordagem da Pesquisa .....   | 35 |
| 3.4. Procedimentos Técnicos .....  | 35 |
| 4. EXECUÇÃO DO PROJETO.....  | 37 |
| 4.1 Análise dos Equipamentos Utilizados nos Processos antes da Unificação das Máquinas e do Processo ..... | 37 |
| 4.1.1 Gravação do Número de Série do motor .....   | 37 |
| 4.1.2 APLICAÇÃO DE JUNTA LÍQUIDA.....  | 39 |
| 4.2 Estudos referentes ao histórico da situação problemática .....   | 41 |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 4.2.1      | Execução da nova abordagem proposta.....                               | 47        |
| 4.2.2      | Proposta 1 – Robô Manipulador.....                                     | 48        |
| 4.2.3      | Proposta 2 – Aplicação de Junta Líquida na Esteira Transportadora..... | 49        |
| 4.2.4      | Proposta 3 – Unificar a Máquina de Gravação com a Junta Líquida.....   | 50        |
| 4.2.5      | Proposta escolhida e justificativa.....                                | 51        |
| 4.3        | Desenvolvimento do projeto da Proposta 3.....                          | 52        |
| <b>5.</b>  | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>                                    | <b>60</b> |
| <b>5.1</b> | <b>PROPOSTAS PARA MELHORIAS FUTURAS.....</b>                           | <b>64</b> |
| <b>6.</b>  | <b>CONCLUSÃO.....</b>  | <b>65</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 APRESENTAÇÃO

O conceito de automação inclui a ideia de usar a potência elétrica ou mecânica para acionar algum tipo de máquina, e que esta, deve acrescentar à máquina algum tipo de inteligência para que ela execute sua tarefa com eficiência e com vantagens econômicas, ergonômicas e de segurança (RIBEIRO, 2003).

Automação, do latim *automatos*, que significa mover-se por si, é a aplicação de técnicas, softwares e/ou equipamentos específicos em uma determinada máquina ou processo industrial, com o objetivo de aumentar a sua eficiência, maximizar a produção com o menor consumo de energia e/ou matérias primas, menor emissão de resíduos de qualquer espécie, melhores condições de segurança, seja material, humana ou das informações referentes a esse processo, ou ainda, de reduzir o esforço ou a interferência humana sobre esse processo ou máquina (AMÉRICO; AZEVEDO; SOUZA, 2011).

Diante do preceito de melhorar continuamente os processos, as empresas que investem em inovação e automação vêm se destacando. “Para a Confederação Nacional da Indústria (CNI), o estímulo à inovação, que possui em um de seus pilares a automação, é a ferramenta fundamental para agregar valor e fazer a indústria brasileira tornar-se mais competitiva” (MONACO, 2013).

No cenário atual de intensa concorrência econômica, as organizações enfrentam grandes dificuldades para continuarem ativas no mercado. Diante de tantos desafios buscam aplicar a automação em seus processos produtivos, principalmente pela sua comprovada contribuição para redução de despesas de produção, eficácia e respostas rápidas às solicitações do mercado. A economia globalizada traz consigo acesso a diferentes produtos advindos dos mais diversos locais do mundo e neste sentido, o consumidor está cada vez mais exigente no que diz respeito à qualidade e agilidade do processo (VASCONCELLOS, 2012).

A inovação tecnológica, segundo Reis et al. (2004), é o principal agente de mudanças no mundo atual, sendo que é através da inovação que diversos países e organizações obtêm vantagens competitivas e conseqüentemente, um crescimento significativo e desenvolvimento sustentável. Através de inovações

contínuas as organizações mantêm seus clientes já existentes fidelizados e conseguem captar novos clientes atingindo uma maior lucratividade.

## **1.2 PROBLEMATIZAÇÃO**

Em sua base, a indústria é caracterizada por diversas atividades que convertem matéria prima em produtos que serão transformados e consumidos. No início do século XIX, houve a transição do capitalismo comercial para o capitalismo industrial, utilizando para isso força humana, máquinas e energia. A consequência disso foi a evolução dos processos e das necessidades da humanidade, e por isso houve a necessidade de criar e modernizar tecnologias para os processos de fabricação.

Analisando os processos de fabricação e montagem de uma empresa de fabricação de motocicletas no Polo Industrial de Manaus, mais especificamente na montagem do motor, foram identificados postos de trabalho em que se fazia necessário um estudo para melhorias com a automação, pois os mesmos possuíam baixa eficiência, elevando o custo com horas extra, alto custo com manutenção, ou riscos ergonômicos, exigindo movimentos repetitivos e pouco espaço para movimentação dos trabalhadores. Dois postos de trabalho em questão chamaram atenção pois já são semiautomatizados: a gravadora do número de série e o de aplicação de cola na carcaça.

O processo de gravação consiste em aplicar uma gravação à laser em uma área específica da carcaça, a qual consiste no número de série do motor. Este número é único e deve obedecer às legislações de trânsito brasileira. Até meados de 2008 esse processo era feito por prensagem, porém, o processo de gravação à laser se mostrou mais eficiente e moderno, além de ser um processo mais rápido. A aplicação de junta líquida utiliza de um robô cartesiano para aplicar silicone resistente a altas temperaturas. A aplicação é feita na superfície de união das carcaças e tem por objetivo a vedação do motor, evitando vazamentos de óleo após a montagem final. Antes do robô cartesiano, o processo era efetuado de forma manual, o que aumentava o tempo de processo e abria possibilidades de falha, interferindo na qualidade final do produto. No entanto, mesmo com auxílio dos equipamentos, foi evidenciado através dos indicadores de qualidade um alto índice

de rejeição, o que alertou a equipe técnica e a equipe de gestão da produção, onde se iniciou o estudo para diminuir os impactos destes dois processos.

Após analisar os processos e os equipamentos utilizados, a solução a ser implementada foi escolhida considerando que parte dos materiais necessários para o desenvolvimento do sistema já estavam disponíveis na empresa, minimizando os custos envolvidos no projeto além de diminuir os riscos para os funcionários ativos neste posto.

Esse projeto garante a diminuição de custos e aumento do lucro empresarial através da redução de peças não conformes e custo com manutenção, além de melhorar o ambiente e segurança no local de trabalho, com reajustes no layout e diminuição de riscos de acidente.

### **1.3 JUSTIFICATIVA**

Cada tipo de indústria necessita de condições específicas para existir e atuar. A saúde financeira de qualquer indústria depende de um mercado consumidor, de preços competitivos e do custo final de produção, que é responsável por estabelecer o preço final que o consumidor pagará: quanto mais barato o processo de produção, mais acessível ao consumidor será o produto.

O investimento em inovação e modernização de equipamentos contribui para a eficiência produtiva, mas ela também pode ser alcançada com uma boa gestão de recursos. A automação melhora o desempenho operacional, que ocorre com a eliminação das operações manuais da planta e permite estabilizar o processo produtivo com o uso da tecnologia. O ganho mais evidente é o aumento da produtividade, mas a melhora qualitativa também é significativa em razão da precisão de execução, incluindo a redução de desperdícios e melhora da qualidade do produto final.

No polo de duas rodas, mais precisamente na montagem do motor, pode-se observar um certo grau de automação, que visa o aumento da eficiência e melhorias ergonômicas com várias máquinas e equipamentos que auxiliam na montagem e garantem a qualidade dos motores produzidos.

Embora um processo já esteja automatizado, é justificado buscar mais eficiência através da melhoria contínua. No ambiente fabril, existem várias ferramentas de análise com as quais se fazem estudos de viabilidade da melhoria, abrangendo vários aspectos: Qualidade, Custos, Distribuição, Mão de obra, Segurança e Ergonomia. Mesmo obtendo bons resultados em todos os aspectos, o foco deste trabalho é mostrar em como a simplificação de dois processos automatizados conseguiu diminuir o índice de rejeição de motores, melhorando o quesito de Qualidade do produto e aumentando o lucro.

É válido ressaltar que, visto a pouca bibliografia disponível, houve certa dificuldade de conseguir referenciais teóricos sobre o assunto, principalmente porque foi um trabalho voltado para a indústria, então um dos motivos para este trabalho existir é manter o enfoque na hibridização de maquinário para otimização dos processos e melhor aproveitamento dos recursos, o que pode ser muito útil para trabalhos similares no futuro. Ressaltando que o trabalho partiu de uma iniciativa de uma empresa do pólo de duas rodas (que não autorizou a divulgação de seu nome), e toda a coleta de dados faz referência a arquivos internos gerados nos anos de 2017 com o maquinário antigo até a atualização do maquinário em 2020.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo geral**

Demonstrar o aumento de eficiência produtiva, utilizando um modelo de automação já existente na área fabril que aumente a eficiência e qualidade do produto final.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Identificar as principais variáveis de dois processos distintos: processo de aplicação de cola e do processo de gravação do número de série do motor;
- Facilitar os dois processos citados anteriormente por meio de sua unificação;
- Analisar as possíveis melhorias após a unificação dos processos de gravação do número de série e aplicação de cola

## 1.5 DESCRIÇÃO DO TRABALHO

Estudando processos de fabricação em uma empresa de montagem de motocicletas com o foco na produção da montagem do motor, foram verificados os indicadores setoriais de eficiência e qualidade e, com base nesses estudos, foram evidenciados que os processos de aplicação de junta líquida e o de gravação de número de série apresentavam altos índices de rejeição de peças e alto tempo de processo que fazia com que, para atender o tempo de montagem, tornou-se necessária a adição de mais colaboradores, deixando o *layout* reduzido e causando certo desconforto durante os processos, além dos custos com a manutenção.

Analisando estes pontos de melhoria, idealizou-se um sistema que fosse de fácil instalação e que oferecesse o melhor custo benefício. Visto que os dois postos em questão já possuíam certo nível de automação, a união das duas máquinas utilizadas poderia promover uma melhora significativa na eficiência diminuindo o tempo de deslocamento das peças entre os postos e reduziria as chances de danificar as mesmas durante a montagem, baixando o índice de rejeição, portanto, apresentando menos falhas de processo e, possivelmente, aumentando os lucros da empresa.

Apesar de as melhorias aplicadas tenham melhorado os processos em vários aspectos, o presente trabalho limita-se a demonstrar o aumento de eficiência produtiva com diminuição de postos de trabalho e de operadores por postos – que podem ser remanejados para outros processos – e aumento na qualidade do produto através da diminuição de peças não conformes.

Sendo assim, os procedimentos metodológicos para a execução deste trabalho foram:

- 1) Escolha do tema, que foi direcionado pela necessidade da linha de montagem em entender e solucionar problemas de montagem que afetavam a eficiência do processo e qualidade do produto de forma negativa;
- 2) Definição do Projeto, feito após o levantamento de dados de quais os processos mais críticos, que necessitavam de melhoria imediata, e como seriam solucionados os problemas encontrados;



- 3) Pesquisa bibliográfica e documental, desenvolvida com base em livros, artigos e manuais técnicos, além da documentação da própria empresa para aprofundamento do problema;
- 4) Referencial teórico, que utiliza os aspectos teóricos e estudos referentes ao tema e que auxiliam no entendimento do desenvolvimento do projeto;
- 5) Estudo dos processos, para entender a necessidade da aplicação do projeto e qual serão os focos de melhoria, e os benefícios que as alterações irão proporcionar;
- 6) Desenvolvimento da solução apresentada e testes.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, é apresentado o referencial teórico que fundamenta este trabalho abordando os conteúdos que servem de embasamento para o entendimento e aplicação do projeto de unificação das máquinas de gravação de número de série e da máquina de aplicação de cola.

### 2.1 AUTOMAÇÃO

Um processo de automação, segundo Schneider (2014), consiste na “diminuição de esforços, e da mão de obra para a obtenção de determinadas tarefas”. Os processos automatizados utilizam-se de softwares e equipamentos eletrônicos aplicados em máquinas que, adicionadas ao processo, tem por finalidade aumentar a eficiência e maximizar a produção e qualidade final do produto, minimizando o esforço ou a interferência humana sobre esse processo (OTÁVIO, 2019)

O setor industrial é extremamente disputado e exigente no que diz respeito aos processos internos. Isso significa que algumas alterações são necessárias, e a automação industrial é um dos recursos para alcançar isso.

A automatização nos processos permite uma organização melhor para a indústria, otimiza processos e traz mais segurança e eficiência para a linha de produção.

Devido os avanços constantes no campo da automação industrial, os profissionais precisam adaptar-se, pois, com indústrias cada vez mais autônomas, novas demandas irão surgir ao passo que muitas deixarão de existir. Trabalhos manuais e repetitivos já são substituídos pela automatização, e com o tempo isso atingirá áreas mais técnicas, se tornando uma tendência nas indústrias.

Normalmente, os sistemas de controle que constituem um equipamento automatizado são compostos por um grupo de dispositivos eletrônicos e componentes cujo propósito é oferecer estabilidade, precisão e eliminar transições prejudiciais em processos produtivos. Para a sua aplicação, emprega-se um programa de instruções combinando-os com um sistema de controles que executam as instruções utilizando variadas fontes de energia visando a substituição do

trabalho humano, eliminando atividades desnecessárias e adquirir resultados mais eficazes

A automação empregada nos processos produtivos suprime parte da interferência humana, permitindo também monitorar todo ou parte da produção.

O aumento da qualidade do produto final, a diminuição dos funcionários envolvidos no processo, o crescimento da capacidade produtiva, são itens de alta relevância para se conseguir uma redução de custos significativa, e conseqüentemente obter valores mais rentáveis, tanto econômicos como produtivos, assim, criando um círculo favorável para a empresa (MARADONA, 2012).

Quando um processo não é automatizado e o trabalho é ainda realizado pelo ser humano, a energia desperdiçada para realizar cada parte do processo é inconstante e muitas vezes desnecessária, o que ocasiona perdas de energia. Com a instalação de equipamentos para realização dessas atividades, pode-se controlar de forma mais assertiva a quantidade de energia que é necessária para a realização de cada tarefa.

Hoje, há um desejo da sociedade por produtos que sejam mais baratos, mais eficientes e com boa qualidade funcional e visual. Para atender a uma demanda cada vez mais crescente, é pertinente possuir processos de fabricação mais ágeis, com poucas rejeições, com tempo ocioso de máquina e processos parados cada vez menores. As indústrias modernas, que investem cada vez mais em tecnologia e automação, estão se destacando mais e mais através de uma maior integração de sistemas e processos cada vez mais automatizados em diversos pontos da cadeia produtiva.

## **2.2 DESENHO AUXILIADO POR COMPUTADOR (CAD)**

O desenho técnico é um tipo de representação gráfica rigorosa e tem como principal função ser o elo entre o projetista e as pessoas que vão executar o objeto. A linguagem de comunicação do engenheiro com outros agentes envolvidos em determinado projeto é, principalmente, o desenho técnico. Mesmo que a forma como representamos essa linguagem não tenha se modificado de forma

significativa, mesmo hoje em dia, o ferramental para produção do desenho técnico foi completamente alterado após a difusão do uso de computadores. Hoje produzimos nossos desenhos com o auxílio deles.

Segundo Martins (2014), CAD é a abreviação de *Computer Aided Design* ou, traduzindo para o português como Desenho Auxiliado por Computador. É um sistema geométrico que, em sua tecnologia, permite representar o desenho técnico, ou mesmo projetar, no computador, através de linhas, arcos e polígonos. O Desenho Auxiliado por Computador (CAD), possui bastante relevância para a indústria da automação em geral devido aos fatores relacionados com a concepção, projeto e fabricação de produtos, a que estas ferramentas podem dar contribuição importante. Em geral, é possível efetuar a modelagem tridimensional em cada uma das peças do conjunto além da possibilidade de obtenção de desenhos de confecção bidimensional – cotagem das dimensões – da peça a ser fabricada, a visualização de montagem dos conjuntos com a checagem de ajustes e interferências em diferentes peças, obtenção automática das listas de peças utilizadas no conjunto e a exibição de modelos fotorrealistas para divulgações comerciais.

Com ferramentas vantajosas disponíveis, o CAD apresenta uma maior produtividade no projeto pois há melhor utilização dos recursos existentes e diminuição erros de projeto pois os sistemas CAD interativos evitam erros, desenho ou mesmo documentação escrita. Neste sentido, as ferramentas de revisão de projeto são importantes. Os utilitários do CAD possibilitam maior precisão nos cálculos de projeto e a padronização de procedimentos e desenho já que normalmente os sistemas CAD dispõem de sintaxes normalizados em seu interior, o que evita eventuais equívocos. O CAD garante que um trabalho pronto possa ser alterado sem que se destrua as versões anteriores e sem ter que refazer todos os traçados pois o projeto estará digitalizado na memória do computador, portanto poderá ser copiado.

O CAD é uma poderosa ferramenta de trabalho para a execução de desenhos técnicos. Um sistema CAD contém, entre seus inúmeros recursos, um editor gráfico com capacidade de criar e editar elementos gráficos, textos e símbolos que irão constituir o desenho final. Os desenhos são salvos em arquivos de computador, o que torna seu manuseio fácil e seguro, além de poder proporcionar ao usuário uma forma organizada e

com históricos anteriores das revisões de toda documentação. (STRANIERI, 2008)

O projeto e produção uma peça ou dispositivo envolve normalmente muitos recursos e uma série de métodos de fabricação interdependentes. Assim, se o desenho não for corretamente elaborado, o resultado pode ser desastroso. Além disso, se a peça estiver muito divergente do ciclo produtivo, será maior o custo de uma eventual mudança de projeto. Isso mostra como é importante projetar corretamente.

### **2.3 USINAGEM**

A usinagem é um dos mais importantes processos de fabricação da indústria mecânica. Ela está presente em todos os segmentos industriais, principalmente o de metal mecânica. Nestes processos de fabricação, peças metálicas – fundidas ou forjadas – são submetidas a processos de cisalhamento que retiram material da peça, conhecido como cavaco. Segundo Ferraresi (1970), “usinagem é a operação que atribui forma a peça, dimensão ou acabamento, ou mesmo a combinação de qualquer destas operações, que ao final, produzem cavaco”.

Algumas peças, na maioria das vezes as metálicas, quando fabricadas por processos de fabricação convencionais (forjamento, fundição, etc.), normalmente apresentam superfícies grosseiras e que necessitam de certo acabamento (CHIAVERINNI, 1986). No processo de usinagem, a remoção do material possui a função de dar a forma desejada a peça, e podem ser feitos vários processos como obtenção de formas como furos, saliências, roscas e reentrâncias e também um melhor acabamento superficial.

Rocha (2009) afirma que a usinagem tem ainda a peculiaridade de ser um processo essencialmente prático e que envolve um elevado número de variáveis. É um processo relativamente simples, mas é necessário estudar alguns aspectos como o material utilizado, velocidade de corte e avanço, e qual ferramenta a ser utilizada para se obter bons resultados de trabalho devido à quantidade de variáveis envolvidas. Tendo em mente esses aspectos, deduz-se que qualquer melhoria

visando a diminuição nas perdas de tempo ocasionadas durante a fabricação das peças, aumenta-se a produtividade de maneira significativa a ponto de manter e/ou tornar a empresa mais competitiva no mercado, reduzindo custos com a diminuição de rejeitos ou evitando a compra de novos equipamentos.

## 2.4 C.L.P – Controlador Lógico Programável

Automatizar uma máquina, equipamento ou processo é utilizar dispositivos mecânicos, eletrônicos ou eletroeletrônico de forma que sua execução precise de uma intervenção cada vez menor do ser humano.

A figura 1, mostra de forma simplificada uma forma de sistema de controle básico para automação.

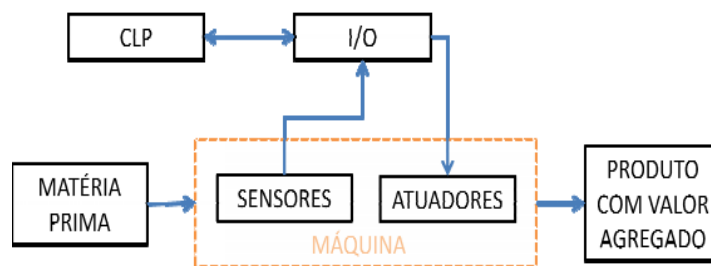


Figura 1 - Modelo de um sistema de automação de máquinas  
Fonte: ROSÁRIO, 2012

O CLP – Controlador Lógico Programável - é um equipamento eletrônico digital com hardware e software compatíveis com aplicações industriais. É um aparelho eletrônico digital que utiliza uma memória programável para armazenar internamente instruções e para implementar funções específicas, tais como lógica, sequenciamento, temporização, contagem e aritmética, controlando, por meio de módulos ou expansões de entradas e saídas, vários tipos de processos ou periféricos.

Um CLP é o controlador do sistema todo e sua função é torná-lo o mais automatizado possível de forma que a intervenção humana no processo de transformação seja mínima. O funcionamento de um CLP se dá de forma sequencial, fazendo um ciclo de varredura em várias etapas. Segundo STURARU (2009), o funcionamento de um CLP se dá em quatro etapas. Quando cada etapa do ciclo é executada, as outras etapas ficam inativas. Na primeira etapa, há a verificação do funcionamento da CPU, memórias, circuitos auxiliares, estados das chaves, existência de um programa de usuário, nessa etapa ele desativa todas as saídas e em caso de falha ele emite um aviso de erro. Na segunda etapa ele faz a varredura, verificando todas as entradas, verificando se houve acionamento. Na

terceira etapa há a verificação do programa do usuário, onde há a leitura das instruções do usuário sobre qual ação tomar em caso de acionamento das entradas. A última etapa é a atualização das saídas são acionadas ou desativadas conforme a determinação da CPU. Um novo ciclo é iniciado.

Os CLP's são equipamentos muito versáteis e graças ao seu custo e simplicidade de programação, podem ser utilizados em diversas outras áreas, tais como automação predial, telecomunicações, transportes, armazenamento, e sistemas de segurança de trabalho.

## **2.5 SENSORES**

Os sensores são os componentes que basicamente detectam e respondem à estímulos físico/químicos como calor, pressão, movimento, luz e outros. Após a recepção desse estímulo, sua função é a de emitir um sinal que deverá ser recebido e convertido para outros dispositivos. São esses dispositivos que têm a função de informar ao CLP ou a qualquer outro equipamento, a ocorrência de um evento, a mudança de um estado, posição ou variação contínua de uma determinada grandeza. Existem vários tipos de sensores, mas os principais utilizados pela indústria são: sensor de nível, pressão, posição e presença (THOMAZINI, 2007).

Na automação industrial, o sensor possui grande importância, uma vez que ele pode substituir o monitoramento humano e uma intervenção manual, minimizando falhas e diminuindo a probabilidade de acidentes em processos potencialmente perigosos. Quanto a classificação, poderemos classificar os sensores em dois tipos: sem contato e com contato.

São sensores de contato quando há necessidade de contato físico com a peça, normalmente definindo um fim de curso; sensores sem contato, quando devemos evitar o contato com a peça desejada. Como não há interferências com a peça, este tem uma vida útil maior. Também podemos classificar os sensores como digitais e analógicos.

Um sensor digital pode assumir dois estados apenas, desligado ou ligado. São usados para detectar proximidade de objetos, pulsos de contagem, ou diferença entre materiais. Os sensores digitais são largamente usados nas indústrias por conta da fácil implementação (THOMAZINI, 2009). Os principais sensores dessa categoria são os sensores capacitivos, indutivos, ópticos e sensores de feixe de luz (barreira).

Já os sensores analógicos também chamados sensores de saída linear ou transdutores, fornecem uma informação contínua da variação de alguma grandeza no processo, que podem ser temperatura, vazão, pressão e nível. Os principais tipos de sensores utilizados são os termopares e sensores de pressão.

## 2.6 ATUADORES

Atuador é um dispositivo que converte a energia de entrada, que pode ser elétrica, pneumática ou hidráulica em energia cinética, ou seja, em movimento mecânico. Segundo THOMAZZINI (2009, pg.17), “um atuador pode ser um equipamento, que modifica uma variável controlada, recebendo um sinal proveniente de um controlador e agindo sob um sistema controlado”. Os atuadores podem criar um movimento linear (solenóides e cilindros), um movimento giratório (motor), ou movimento oscilatório, isto é, eles podem criar um movimento numa direção, num movimento circular ou em direções opostas em intervalos regulares.

Os atuadores são diversos e versáteis podendo ser aplicados de diferentes formas. Os atuadores podem ser hidráulicos, utilizando-se de um líquido que se desloca por um duto com uma pressão adequada, geralmente óleo ou água, segundo HERMINI (2007). Já os atuadores pneumáticos utilizam gás pressurizado, normalmente ar comprimido. Os atuadores elétricos são acionados por energia elétrica. Seus usos são diversificados, e é até comum em um mesmo circuito encontrar atuadores com diferentes tipos de acionamento, dependendo da aplicação e vantagens que podem oferecer.

## 2.7 GRAVAÇÃO A LASER

Laser, de *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (amplificação da luz por emissão estimulada de radiação), é a amplificação de um feixe luminoso de alta potência até o aquecimento de um material em um ponto determinado onde o feixe de luz incida.

O corte a laser é um processo que utiliza um feixe de luz de alta potência para derreter o material de uma peça permitindo o corte e gravação sendo assim um processo bem versátil. Efetuando ajustes no feixe de luz, pode ser utilizado para



processar os mais diversos materiais: madeira, papel, papelão, tecidos, plásticos e diversos outros materiais podem ser gravados ou cortados a laser. Na gravação a laser, o feixe luminoso é tão denso que o material superaquece e, dependendo do tempo de exposição, há modificação de cor com a criação de um contraste, ou o material evapora ou queima. A gravação a laser obtida é permanente e muito resistente à abrasão.

Desde o surgimento do primeiro laser, centenas de tipos de laser foram criados, inclusive mostrando sua viabilidade técnica em laboratório. Porém, somente algumas dezenas se mostraram viáveis comercialmente e passaram a ser fabricados industrialmente.

Atualmente, o mercado oferece três principais tipos de laser para corte e gravação: gás laser ou laser de CO<sub>2</sub>, uma mistura de dióxido de carbono com outros gases como nitrogênio e hélio, o qual é estimulado eletricamente, sendo esse o tipo de laser mais usado, e é compatível para corte de diversos materiais como o acrílico, madeira, vidro, papel, têxteis, chapas e películas, couro e até pedra; o laser de fibra, um pouco mais complexo: este é um laser de estado sólido onde é gerado um feixe de laser inicial e, logo depois, amplificado com fibras de vidro especiais. Sua intensidade é 100 vezes mais que o laser de CO<sub>2</sub>, o que possibilita maior precisão no corte. Devido sua alta potência, esse laser é indicado para corte de metais, mas também pode cortar outros materiais não metálicos. Já o Laser de Diodos é baseado no princípio de radiação de recombinação. Os semicondutores possuem uma banda de valência e uma banda de condução. No estado inicial, a banda de valência está completamente preenchida e a banda de condução está completamente vazia, correspondendo a um estado de energia. A energia gerada pela excitação da recombinação dos elétrons das camadas de valência para a camadas de condução ocorre na forma e luz e calor.

## **2.8 GRAVAÇÃO DO NÚMERO DE SÉRIE DO MOTOR**

O número de série do motor, está atrelado ao NIV - Número de Identificação do Veículo ou VIN – (*Vehicle Identification Number*) que é a forma de registro universal dos veículos automotivos produzidos. Ele fornece dados importantes sobre o veículo, como o tipo de veículo, o local onde foi fabricado, o ano

e o modelo, entre outras informações úteis. Sua combinação é alfanumérica, tornando cada veículo único, promovendo um registro individual que servirá para além de identificação e codificação, também sendo utilizado para auxiliar órgãos de segurança pública no combate a roubos e fraudes. Essa codificação é utilizada também para outros tipos de controle e, até mesmo quando a montadora realiza uma convocação de *recall*, é pelo número do chassi que ela consegue verificar se o veículo está ou não dentro dessa convocação.

O código VIN é um padrão mundial desde 1983, regulamentado pela resolução 4030 da ISO e no polo de duas rodas, toda motocicleta produzida deve ter o número de chassi e o número de motor gravado, conforme o determinado na resolução nº24/98 do CONTRAN e no artigo 114, parágrafo 1 do CTB (Código de Trânsito Brasileiro) que diz:

Art. 114. O veículo será identificado obrigatoriamente por caracteres gravados no chassi ou no monobloco, reproduzidos em outras partes, conforme dispuser o CONTRAN.

§ 1º A gravação será realizada pelo fabricante ou montador, de modo a identificar o veículo, seu fabricante e as suas características, além do ano de fabricação, que não poderá ser alterado.

No Brasil, a identificação veicular é regulamentada pela norma técnica 6066 da ABNT, que estabelece a localização, a fixação e/ou gravação do número de VIN, padronizando a codificação de identificação dos veículos rodoviários em 17 caracteres, estruturados em 3 seções de forma que pelos caracteres, seja possível obter o identificador internacional do fabricante – WMI (*World Manufacturer Identifier*), VDS (*Vehicle Descriptor Section*), seção indicadora do veículo – VIS (*Vehicle Indicator Section*), conforme ilustrado na figura 2.

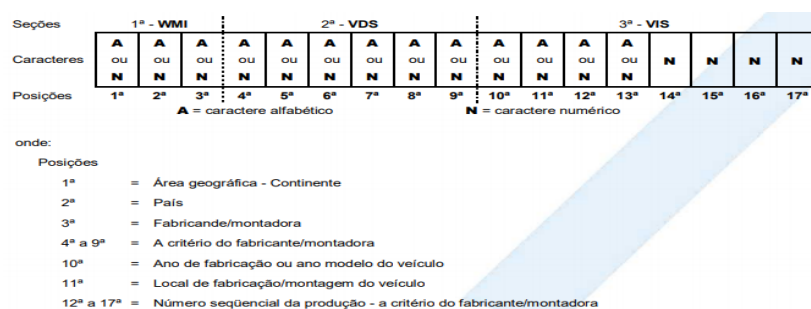


Figura 2 – Ilustração da codificação do código VIN  
Fonte: ABNT, NBR 6066

O WMI (*World Manufacturer Identifier* ou identificador de fabricante mundial) é identificado como: o primeiro caractere indica a área geográfica onde foi fabricado (América Latina, Ásia etc.), o segundo indica o país e o terceiro dígito indica o fabricante/montadora (G = General Motors, F = Ford, W = Volkswagen etc.). Já o segundo bloco de números, que vai do 4º ao 9º caractere, é chamado de VDS (*Vehicle Description Section* ou seção descritiva do veículo). Suas informações são definidas de acordo com o padrão criado por cada montadora e geralmente é utilizado para classificar o modelo dos veículos. O terceiro bloco, denominado VIS (*Vehicle Identification Section*) ou seção indicadora do veículo, vai do 10º ao 17º e divide-se de forma que o décimo caractere pode ser representado por letras ou números e identifica o ano do veículo; o 11º mostra a fábrica e local em que o fabricante montou o veículo e do 12º em diante está a numeração de série do veículo, que é padronizada por cada fabricante. A figura 3 exemplifica a codificação VIN em veículos automotores.



Figura 3 – Exemplo da codificação do código VIN em um veículo automotor

Fonte: <https://revistacarro.com.br/entenda-o-que-significam-e-para-que-servem-os-numeros-do-chassi-do-veiculo/>

Somente algarismos arábicos e letras romanas podem ser utilizadas na composição do código VIN, com exceção das letras I, O e Q, que não devem ser utilizadas, possivelmente para evitar que sejam confundidas com os caracteres 1 e 0.

## 2.9 ROBÔ CARTESIANO

A origem do termo “robô” tem origem tcheca e nasceu da palavra *robota* (operário), e apareceu pela primeira vez na década de 20, no livro *Robos Universais* de Rossum, do escritor Karel Kapek. Mas esses autômatos já saíram da literatura, para se tornarem reais no cotidiano, principalmente no campo de automação industrial. As indústrias modernas estão cada vez mais automatizadas e dinâmicas para atender ao mercado. Devido a características como flexibilidade e adaptação aos sistemas de manufatura, o robô industrial tornou-se um elemento importante, segundo Romano (2002). Para aumentar sua produtividade, manter a um alto grau de padronização e manter a qualidade dos produtos, a indústria moderna buscou automatizar a produção. Uma das formas mais utilizadas seria uso de robôs manipuladores para realizar tarefas repetitivas onde, na cadeia produtiva, pode-se ganhar mais velocidade e precisão.

Após a segunda guerra mundial, com a retomada econômica e uma segunda revolução industrial, segundo Telmo (2013), os robôs começaram a ser utilizados de forma mais frequente nas indústrias, área onde encontraram maior aplicação, substituindo trabalho braçal por estruturas mecânicas sobre bases fixas, braços mecânicos ou braços manipuladores. Um dos robôs manipuladores mais utilizados é o robô cartesiano, também chamado de robô linear. É um robô industrial cujos três principais eixos de controle são lineares, não possuindo giros, formando um ângulo reto a relação de cada eixo. Segundo Craig apud Oliveira (1989):

Manipuladores cartesianos são possivelmente a configuração mais simples de robôs, compostos de 1 a 3 juntas prismáticas, mutuamente ortogonais que correspondem aos vetores X, Y e Z do plano cartesiano, o que garante que sua cinemática inversa seja trivial.

Essa geometria limita seu volume de trabalho à um paralelepípedo, que é o produto das distâncias dos seus três eixos. Apesar de ser uma área de trabalho menor em comparação a manipuladores semelhantes, sua construção lhe confere elevado grau de rigidez mecânica e grande exatidão na localização do atuador. Outra vantagem seria seu controle simples uma vez que seus eixos possuem apenas movimentos lineares e devido ao momento de inércia da carga ser fixo por toda a área de atuação.

## **2.10 NR12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS**

Criada em 8 de junho de 1978 pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), a Norma Regulamentadora número 12, ou simplesmente NR 12, possui o propósito de garantir que máquinas e equipamentos sejam seguros para o uso do trabalhador.

Esta NR abrange desde as medidas de proteção coletiva, que envolvem a implantação de proteções físicas fixas nas áreas de risco como o enclausuramento de sistemas de transmissão por correias e polias, ou outros pontos rotativos da máquina. Também inclui o circuito de parada de emergência, que envolve o botão de parada, até mesmo cortinas de segurança. Cada tipo de máquina ou sistema de operação possui um tipo de proteção coletiva.

A NR 12 exige também que, além do bom funcionamento dos sistemas de segurança e medidas de proteção, os funcionários devem estar capacitados sendo que o treinamento deve ser periódico e devidamente documentado, com instruções sobre os procedimentos internos e riscos da atividade.

Por isso, a NR 12 exige informações completas sobre todo o ciclo de vida de máquinas e equipamentos, incluindo transporte, instalação, utilização, manutenção e até mesmo sua eliminação ao final da vida útil (FILIPPE, 2017). A empresa deve ainda adotar uma política de manutenção preventiva de seus equipamentos, diminuindo a probabilidade de falhas

## **2.11 MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA**

O Motor de combustão interna ou de explosão é uma máquina térmica, que segundo BRUNETTI (2012, pg. 27), são dispositivos que transformam calor em trabalho, sendo que a energia térmica pode ser obtida por diferentes fontes. Os motores de motocicleta em sua maioria obtêm a combustão através de reações químicas vindas da queima de combustíveis, em energia mecânica.

Existem várias configurações de motor de combustão interna. Uma configuração mais simples é o motor de 4 tempos e consiste nos seguintes componentes:

- no bloco, que é a maior parte do motor e que suporta e protege o restante dos componentes;
- o cabeçote, que fecha o bloco pela parte superior e onde estará alojada as válvulas de entrada e saída da mistura ar/combustível e onde ocorre a combustão dos mesmos;
- manivela ou virabrequim, possui um mancal de centro que fica montado ao bloco e um mancal excêntrico onde ficará montado o pistão. É este componente que recebe absorve a energia cinética vinda da explosão e transforma em movimento do motor;
- cilindro, que possuem um tubo cilíndrico, denominado “camisa”, por onde o pistão desliza durante seu movimento;
- pistão ou êmbolo, que recebe o movimento proveniente da expansão dos gases após a explosão.

O funcionamento de um motor a explosão, de 4 tempos segundo o ciclo Otto, funciona nas seguintes quatro fases:

- Admissão, onde a válvula de admissão se abre, permitindo a entrada da mistura ar/combustível enquanto o pistão desce. A válvula de escape está fechada;
- Compressão, onde as válvulas de admissão e escape estão fechadas. Devido ao giro da manivela, o pistão sobe, comprimindo a mistura. Quando o pistão se encontra no ponto morto superior (PMS), uma centelha inicia a combustão da mistura ar/combustível, que se expande devido à explosão;
- Combustão, em que o pistão desce, devido a força de expansão da queima dos gases. A força é transmitida ao virabrequim, ocasionando assim o giro e movimento do motor;
- Escape, em que nesse momento a válvula de escape se abre e o cilindro sobe, expulsando os gases resultantes. O final do ciclo se dá quando o

pistão desce até o ponto morto inferior (PMI), e a válvula de escape se fecha, pronta para iniciar mais um ciclo de combustão.

## 2.12 SISTEMAS SUPERVISÓRIOS

Entre as décadas de 70 e 80, com o significativo avanço da eletrônica e dos primeiros microprocessadores, o computador se tornou um elemento essencial em vários setores industriais. Com esse avanço, surgiram também os primeiros sistemas supervisórios. Os sistemas supervisórios ou SCADA (do inglês – *SUPERVISORY CONTROL AND DATA AQUISITION*), tem como objetivo o monitoramento de dados importantes para o processo produtivo, e tudo de forma autônoma. Os Sistemas supervisórios permitem que as informações de um processo produtivo sejam monitoradas, rastreadas e armazenadas, sendo que esses dados são analisados, manipulados e posteriormente, apresentados ao usuário. Isso permite que o operador mantenha a atenção nos fatores relevantes do processo, sem perder informações importantes e tudo em tempo real. A figura 4, é um exemplo de um esquema bem simples de um sistema supervisório.

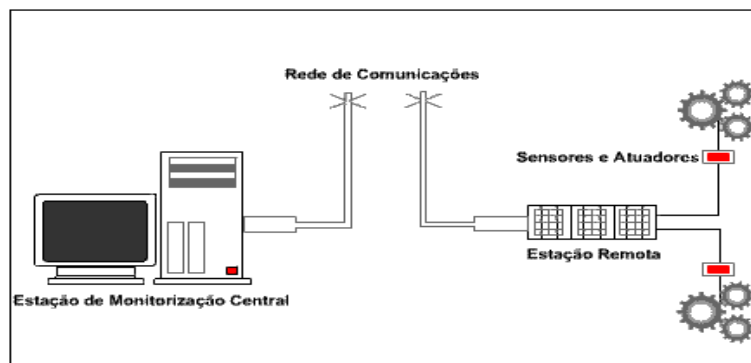


Figura 4 – Esquema simplificado de um sistema de controle e supervisão  
 Fonte: <https://kb.elipse.com.br/o-que-sao-sistemas-supervisorios/>

Segundo Martins (2012):

Os sistemas supervisórios podem ser considerados como o nível mais alto de IHM, pois mostram o que está acontecendo no processo e permitem ainda que se atue neste. A evolução dos equipamentos industriais, com a introdução crescente de sistemas de automação industrial, tornou complexa a tarefa de monitorar, controlar e gerenciar esses sistemas.

O funcionamento de um Sistema Supervisório pode ser explicado através de seus principais componentes. Os sensores e atuadores são dispositivos ligados aos equipamentos supervisionados do sistema sendo que os sensores são dispositivos conectados aos equipamentos controlados e monitorados e são responsáveis em converter parâmetros físicos, tais como temperatura, pressão, nível em sinais analógicos ou digitais que serão enviados para a estação remota. Os atuadores exercem ações sobre o processo, ligando, desligando, ou movimentando determinados equipamentos. Nas estações remotas é onde o processo de aquisição e controle de dados se inicia. Para isto, utilizam-se os CLPs (Controlador Lógico Programável) ou RTUs (*Remote Terminal Units*), que são dispositivos eletrônicos que permitem a comunicação entre a estação central com os equipamentos monitorados. Esses dispositivos interpretam os dados obtidos pelos sensores, executam os cálculos e fornecem sinais de saídas para os atuadores. Também tem por função armazenar os dados obtidos no processo. Se faz necessário uma rede de comunicações, que será responsável pelo fluxo de informações que fluem dos CLPs/RTUs para o sistema SCADA.

De acordo com os requisitos e distância do sistema, podem ser utilizados cabos de fibra ótica, cabos Ethernet, linhas *dial-up* ou até redes sem fio. As estações de monitoramento central têm por função o monitoramento e supervisão do sistema, sendo responsáveis por recolher a informação gerada pelas estações remotas e agir em conformidade com os eventos detectados. Essas estações podem ser centralizadas em um único computador ou distribuídas por uma rede de computadores, através de uma rede que permita o compartilhamento de dados.

Os sistemas supervisórios são capazes de proporcionar vários benefícios para a área produtiva, que vão além da qualidade do produto e otimização do processo, pois sua importância agrega valor estratégico, uma vez que os dados obtidos podem ser utilizados para uma melhor tomada de decisão, maximizando a produção. Há a redução de custo com mão de obra, pois há diminuição da necessidade de operadores no monitoramento da produção, informando de maneira automática todos os status relacionados ao processo. O número de paradas torna-se reduzido e o controle de produção é mais eficiente, já que toda a operação pode ser feita remotamente.



### 2.13 KAIZEN

*Kaizen* é uma palavra em japonês que significa “mudança para melhor” e sua aplicação como filosofia de melhoria contínua em geral. Surgiu após o fim da Segunda Guerra Mundial, na década de 50 – quando o Japão passava por sérias dificuldades devido aos custos e perdas na guerra. O Kaizen, se tornou uma metodologia que promove a melhoria contínua, seja de processos, serviços ou produtos. Na realidade, o sentido moderno de Kaizen foi originado nas fábricas da Toyota, que é o exemplo mais famoso de empresa que criou um sistema de gestão de melhoria contínua.

O Kaizen visa melhorias em produtividade baseando-se em projetos que não exijam grandes investimentos, eficácia, segurança e redução de desperdícios. Segundo BRIALES (2005), esta filosofia se baseia na eliminação de desperdícios em três pontos-chave: qualidade, custo e entrega dos produtos/serviços, visando constantemente torná-los melhores a preços menores. Como pode ser aplicada em qualquer área da empresa, todos os colaboradores podem ter participação, identificando falhas, “gargalos” e pontos de ineficiência, e sugerir melhorias para os pontos identificados

### 3. METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho, conforme o objetivo apresentado no Capítulo 1.3. Neste capítulo também está descrito o planejamento da realização da pesquisa, e como alcançou os objetivos propostos. A figura 5, trata-se de um fluxograma que visa facilitar a orientação, ilustrando cada etapa da pesquisa científica utilizada neste trabalho. Para melhor entendimento, os blocos em azul indicam a orientação da pesquisa, sendo explicada melhor nos tópicos abaixo.

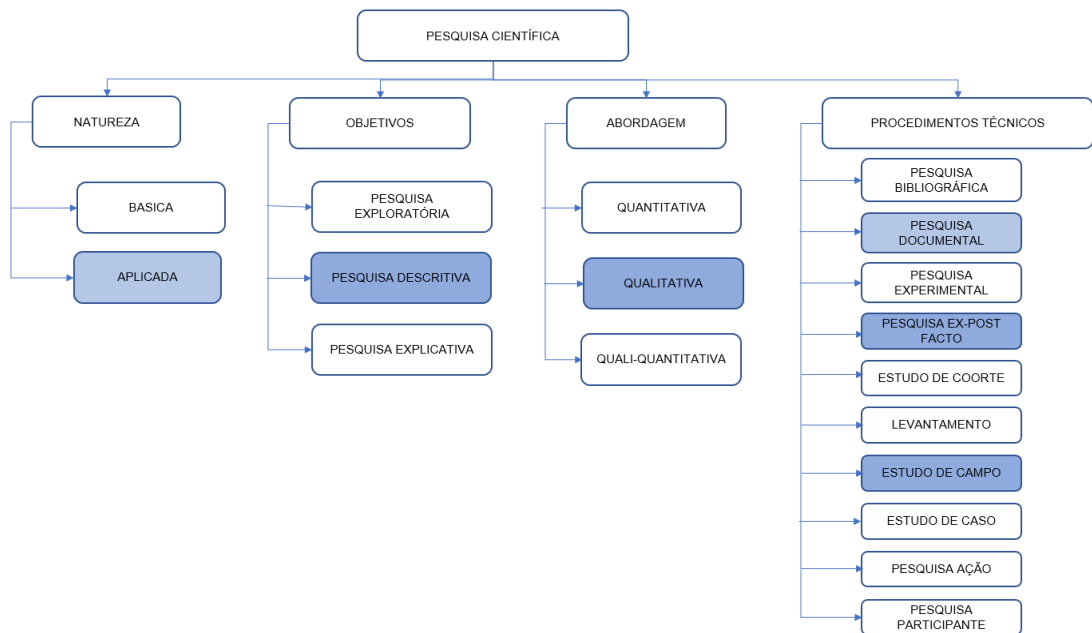


Figura 5 – Etapas da pesquisa científica  
Fonte: Autor

#### 3.1. Propósitos da pesquisa

Compreender a finalidade da pesquisa é importante etapa para determinar quais métodos e ferramentas empregar na coleta de dados. De acordo com Gil, (2002, p.41):

É sabido que toda e qualquer classificação se faz mediante algum critério. Com relação às pesquisas, é usual a classificação com base em seus objetivos gerais. Assim, é possível classificar as pesquisas em três grandes grupos: exploratórias, descritivas e explicativas.

Neste trabalho, como os fatos são observados, registrados, analisados, classificados e interpretados, sem que o pesquisador interfira sobre eles, podemos classificar que a pesquisa desenvolvida neste trabalho é de propósito descritiva.

### **3.2. Natureza dos Resultados**

De acordo com PREDANOV (2013), quanto à natureza dos resultados, uma pesquisa pode ser classificada como aplicada ou básica. A pesquisa desenvolvida nesse trabalho é de propósito aplicada, uma vez que a solução estudada neste trabalho possui aplicação prática no processo produtivo, que necessita de soluções específicas.

### **3.3. Abordagem da Pesquisa**

Os métodos de coletas de dados são fundamentais no campo de pesquisa. Dependendo do problema, a pesquisa pode classificar-se como abordagem qualitativa e abordagem quantitativa. Segundo Ganga (2010, p.252), a abordagem quantitativa quantifica e confirma estatisticamente as relações de causa e efeito entre as variáveis de uma pesquisa. Já a abordagem qualitativa deve-se obter informações sobre o ambiente a ser estudado, observando e coletando dados que ajudem a interpretar o ambiente, em que o problema se encontra (GANGA 2012). Como a intenção deste trabalho é a observação do fenômeno diretamente no ambiente natural deste, obtendo informações sem a preocupação em quantificá-las, então será classificado como qualitativo

### **3.4. Procedimentos Técnicos**

Para iniciar o trabalho, foi primeiro necessário efetuar uma pesquisa de campo que se deu em uma empresa importante no setor de duas rodas (nome não divulgado a pedido da empresa), para entender processos que necessitavam de melhorias de eficiência e qualidade.

Segundo Gil (2002, pg. 53):

No estudo de campo, o pesquisador realiza a maior parte do trabalho pessoalmente, pois é enfatizada importância de o pesquisador ter tido ele mesmo uma experiência direta com a situação de estudo. Também se exige do pesquisador que permaneça o maior tempo possível na comunidade,

pois somente com essa imersão na realidade é que se podem entender as regras, os costumes e as convenções que regem o grupo estudado.

Estudando o ambiente, para desenvolver este trabalho foi necessária primeiramente uma coleta de dados do setor produtivo na linha de produção da montagem de motores da empresa. Para esta avaliação foram utilizados indicadores de qualidade, custo, produção e pessoal.

No item qualidade, foram coletados dados sobre a rejeição interna do setor de montagem do motor e os itens problemáticos que geravam mais defeitos. Os indicadores de produção abrangem a eficiência na montagem do motor e uma análise na quantidade de paradas de linha. Para a coleta de dados do indicador custo, foi levado em consideração as peças que não possuem reposição ou ajuste após falha na produção. Com base nesses indicadores, foi selecionado o processo de gravação do número de série do motor. O indicador pessoal refere-se ao tempo de processos e a quantidade de pessoas necessárias para efetuar os processos da montagem do motor. Esse indicador foi fundamental para escolher a unificação das máquinas, visando assim a redução de processos e ganho de eficiência.

## 4. EXECUÇÃO DO PROJETO

Este presente trabalho relata um estudo de caso e pesquisa de campo para conhecer as atividades que envolvem o processo de aplicação de cola e gravação do número de série, na fabricação do motor, em uma importante empresa do segmento de duas rodas.

Para o desenvolvimento deste projeto, inicialmente foi levantada uma coleta de dados no setor produtivo da empresa que, por motivos éticos, não citaremos o nome da mesma. Levando em conta os processos onde haviam mais paradas de linha e os processos que mais apresentavam baixa eficiência e perda produtiva, foram utilizados documentos padrão avaliativos da própria empresa, onde são levados em consideração índices de rejeição interna.

### 4.1 Análise dos Equipamentos Utilizados nos Processos antes da Unificação das Máquinas e do Processo

Este capítulo aborda sobre as máquinas utilizadas nos processos de gravação de número de série, e aplicação de junta líquida, e seu funcionamento em modelo anterior a atualização proposta por este trabalho.

#### 4.1.1 Gravação do Número de Série do motor

O processo de gravação do número de série da carcaça, inicia-se quando o carro de transporte, contendo 100 carcaças esquerda é levado até o processo de gravação. A figura 6 ilustra a peça carcaça esquerda, peça a qual por padrão, recebe o número de série do motor.

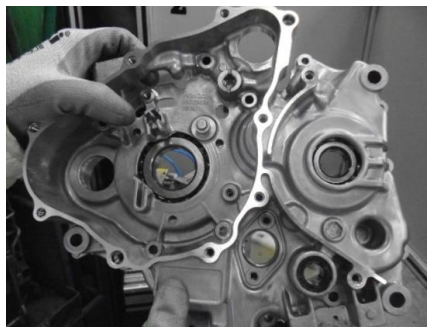


Figura 6 –Carcaça esquerda do motor de um modelo 150 cilindradas  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

São necessários dois operadores por máquina. As peças a serem gravadas são posicionadas em um suporte de fixação em uma mesa giratória que possui capacidade para quatro suportes. A mesa de gravação utiliza um cilindro rotativo que, segundo Bonacorso (1997), é um cilindro que possui uma haste do êmbolo com perfil dentado que aciona uma engrenagem, transformando o movimento linear em rotativo, executando ângulos exatos e definidos, como por exemplo: 90°, 180°, 270° e 360°. A figura 7 é a representação em desenho 3D da máquina de gravação do número de série.

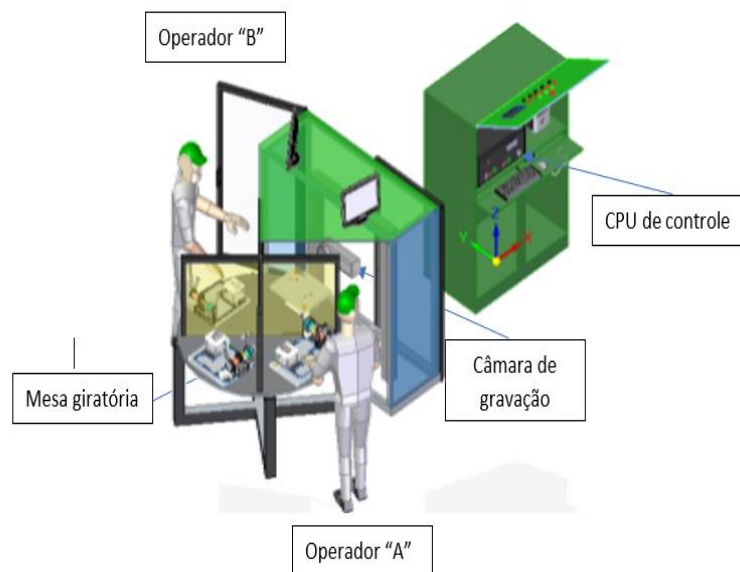


Figura 7 – Ilustração da Máquina de gravação do número de série do motor  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

O operador "A" no primeiro posto posiciona a carcaça no suporte e a fixa no dispositivo, efetua a leitura da etiqueta de identificação que contém o número a ser gravado na carcaça e, após o reconhecimento pelo programa, este mesmo operador libera a carcaça para a gravação. Esse processo leva 18,2 segundos para ser executado. Após a liberação, a mesa giratória efetua um quarto de volta e a carcaça entra na câmara de gravação, onde se encontra uma gravadora à laser, e tem a sua base elevada para que a área de gravação fique na direção do foco do laser. O processo de gravação dura aproximadamente 12 segundos, tempo necessário para efetuar a gravação dos 13 dígitos, com 0,1mm de profundidade, conforme a legislação de trânsito vigente. Porém, o tempo de processo total do segundo operador ficou cronometrado em 21,97 segundos.

A figura 8 mostra o processo de gravação do número de série no motor, em que o feixe de raio laser efetua a “queima” do material com os números sequenciais do motor.



Figura 8 –Interior da máquina de gravação durante o funcionamento do feixe de laser  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Terminada a gravação o elevador desce, aguardando a liberação do operador “B” que verifica a gravação por um monitor de vídeo, e efetua a retirada da carcaça e posicionando na esteira, para o processo seguinte.

#### 4.1.2 APLICAÇÃO DE JUNTA LÍQUIDA

Após a gravação do motor, as carcaças são encaminhadas para a aplicação de junta líquida, que é um adesivo resistente à temperatura e tem por objetivo selar as carcaças direita e esquerda durante seu fechamento. A máquina de aplicação de junta líquida consiste em um robô cartesiano que possui um bico extrusor e que aplica a cola conforme o desenho indicado na carcaça. A figura 9 nos mostra o desenho máster da peça, com o padrão de aplicação do vedador líquido em sua superfície.

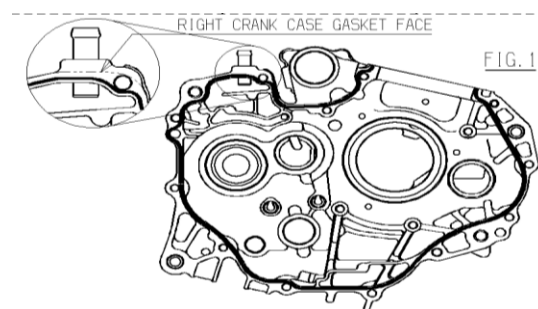


Figura 9 - Ilustração do desenho master da peça  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

O percurso a ser percorrido pelo aplicador é feito através da programação dos eixos X e Y do robô cartesiano e, sendo que essa mesma programação controla a abertura e fechamento do bico. Já o dispensador de cola, que é acoplado ao robô cartesiano, é um dispositivo pneumático que é composto pelo tambor, que normalmente possui capacidade para 20 kg de junta líquida; um cilindro para comprimir o tambor; uma válvula reguladora de fluxo, para manter a aplicação da cola com pressão e velocidade constante; e as mangueiras de alta pressão, que levam a junta líquida até o bico extrusor. A aplicação da cola é feita pelo controlador IA – XSEL de 3 eixos, cujo sistema de leitura e acionamentos é do tipo NPN, sendo que suas saídas transistorizadas fornecem até 100mA, da fabricante **Threebond**, que gerencia a abertura e fechamento do bico extrusor, e o percurso em que a cola é aplicada. A figura 10, se trata do sistema de bombeamento de cola, fornecido pela empresa Threebond.



Figura 10 - Ilustração do Sistema de bombeamento de Silicone  
Fonte: Manual do Fabricante

O processo ocorre quando o operador posiciona a carcaça na base da máquina de aplicação de cola, e esta, através de um sensor capacitivo, reconhece a presença ou não da peça. Ao pressionar a botoeira bi-manual, o controlador atua e começa a aplicação da cola que dura aproximadamente 10 segundos. A figura 11 nos mostra a carcaça esquerda, já posicionada na base da máquina, e em processo de aplicação de junta líquida.





Figura 11 – Processo de aplicação de junta líquida na carcaça esquerda do motor  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2017

Nesse tempo de funcionamento da máquina, o operador está efetuando outras submontagens enquanto finaliza o ciclo da máquina. Após o fim do ciclo de aplicação, o operador retira a carcaça, e a posiciona na esteira, encaminhando-a para o processo seguinte. O tempo total deste processo é de 18,7 segundos.

## 4.2 Estudos referentes ao histórico da situação problemática

Primeiramente, a coleta de dados foi feita junto ao setor de inspeção final, verificando o índice de rejeição interna do setor da montagem do motor no período de janeiro a agosto de 2017, conforme o gráfico abaixo:

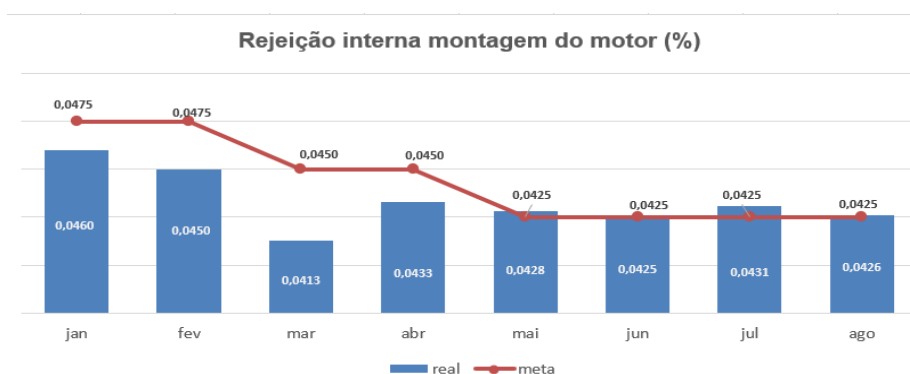


Gráfico 1 – Índice de rejeição interna da Montagem do Motor  
Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa - 2017

Nota-se duas coisas com este gráfico. A primeira é a partir de abril, que quando é estipulado a meta de rejeição interna para 0,0425%, a curva real de produção praticamente estabilizou com a meta, não sendo possível a diminuição, e que em maio, julho e agosto, não foi possível alcançar a meta estipulada.

Efetuando um levantamento entre os meses de janeiro e agosto de 2017, verificamos pelo gráfico abaixo, quais foram os itens mais problemáticos em relação a esse período.

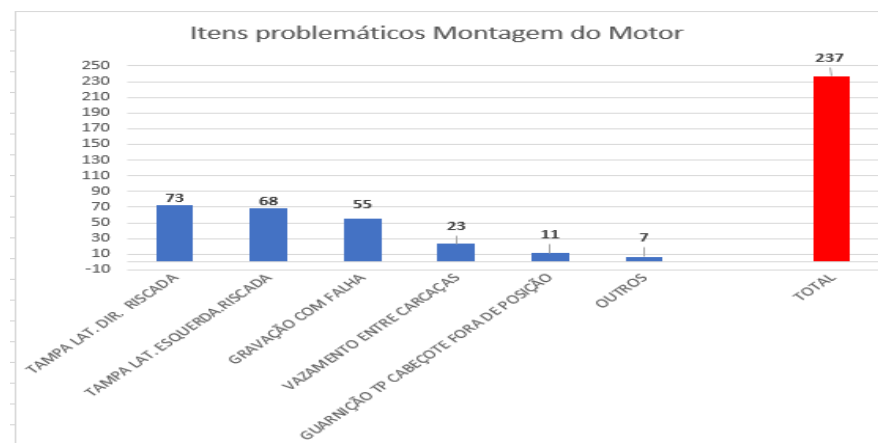


Gráfico 2 – Relação de itens problemáticos Montagem do Motor  
Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa - 2017

No gráfico abaixo, observamos que o problema relacionado a gravação com falha se destaca pelo índice de peças rejeitadas (que não possuem recuperação) e, portanto, deverão ser descartadas.

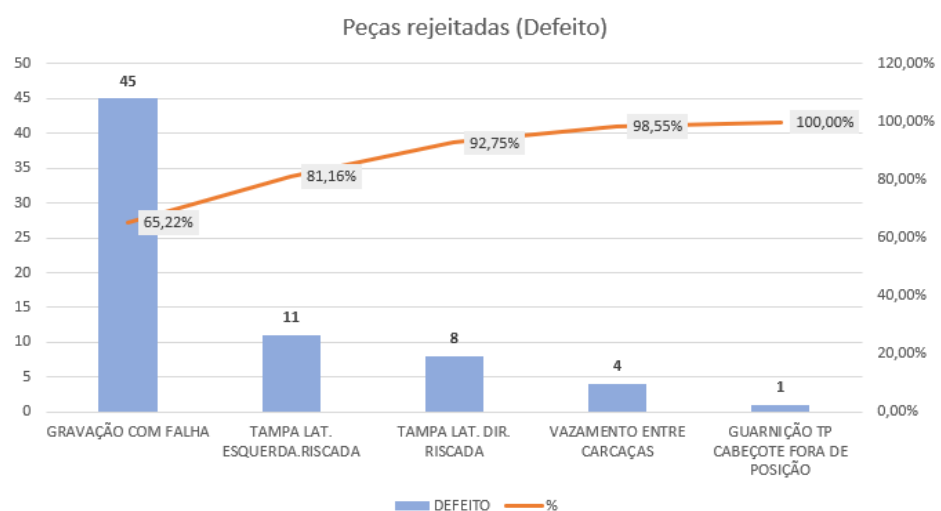


Gráfico 3 – Índice de peças rejeitadas - Montagem do Motor  
Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa – 2017

Selecionando o item problemático da gravação do número de série foi feito o estudo de custo em relação aos itens inutilizados por defeitos de processo.

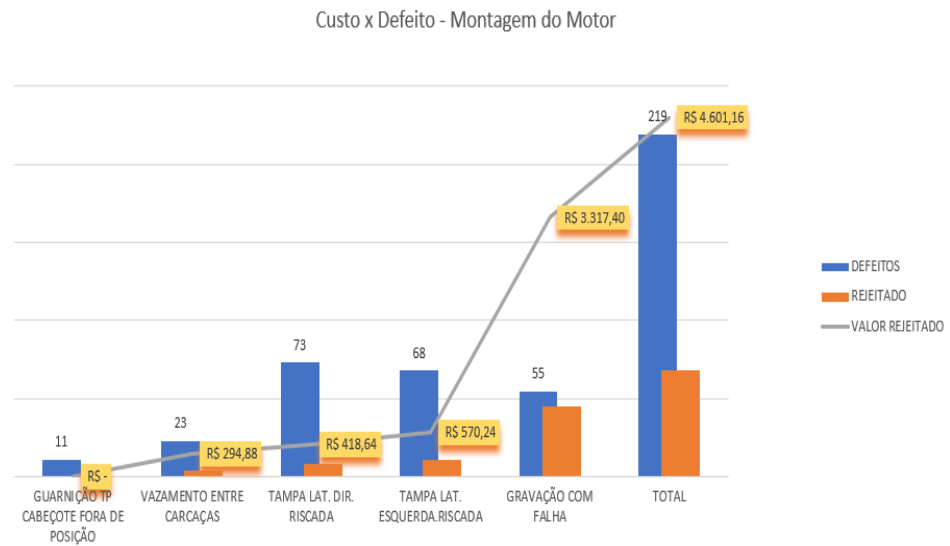


Gráfico 4 – Custo por peças Rejeitadas Montagem do Motor  
Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa - 2017

Dentre os defeitos referentes a gravação, o principal é a quando a peça é gravada fora de foco, que é perceptível pela profundidade da gravação na peça. A figura 12 é um exemplo de uma não conformidade, onde a carcaça esquerda está com a área de gravação danificada, inutilizando a peça.



Figura 12 – Exemplo de não conformidade na gravação  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2017

A equipe técnica apontou algumas causas prováveis desse problema com base no histórico de manutenções efetuadas. A primeira causa provável seria pelo erro de ajuste na distância da lente, que deve ser de 180,5, mas é ajustada de forma manual devido as variações de cada modelo. A figura 13, ilustra o dispositivo de ajuste de foco do laser, e sua localização na máquina de gravação

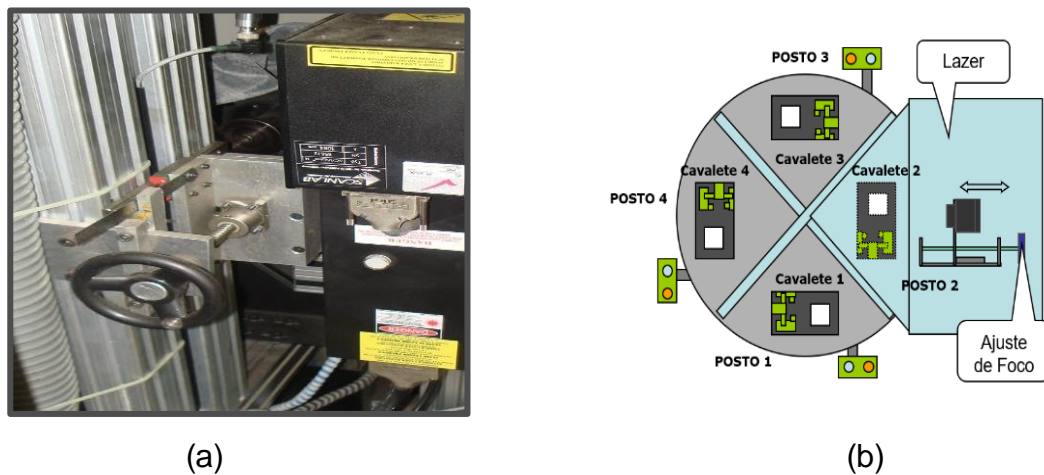


Figura 13 – (a) Ajuste da distância focal do laser. (b) Localização do ajustador, no interior da máquina  
 Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Outro problema comum seria o desgaste irregular dos cavaletes de fixação da peça, que geravam problemas intermitentes, mas pontuais em um dos quatro cavaletes específicos. A figura 14 ilustra que um desgaste nos pinos de fixação de um cavalete pode dar uma diferença de 1 mm (ou mais) no foco, o que pode prejudicar severamente a gravação.

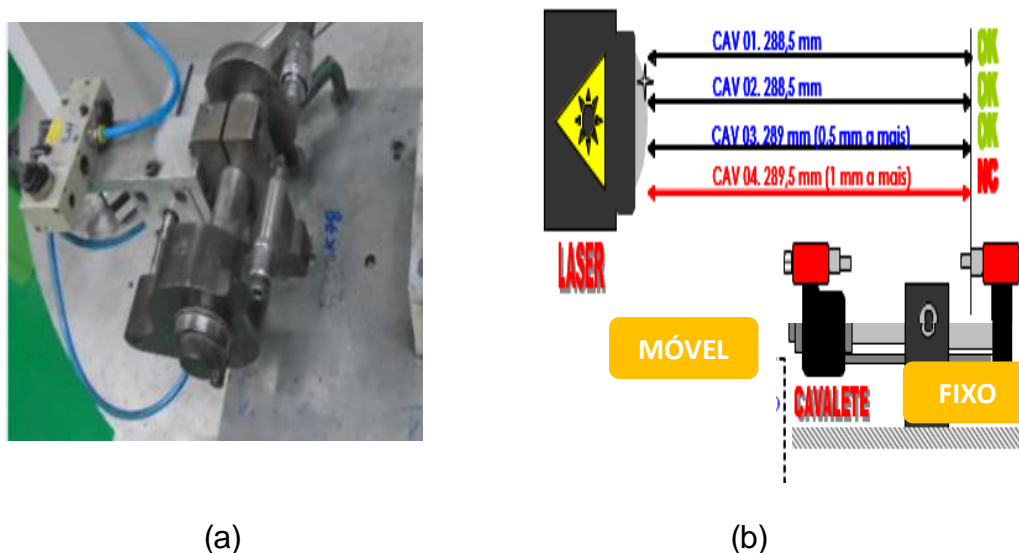


Figura 14 – (a) Cavalete de gravação.  
 (b) Representação dos pinos fixos dos 04 cavaletes de gravação.  
 Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Outro problema, porém, não tão comum, mas ainda assim relevante, é a perda de sincronismo entre os atuadores da máquina, em que o atuador que

posiciona a carcaça não sobe, fazendo com que o número de série seja gravado em pontos aleatórios da carcaça.

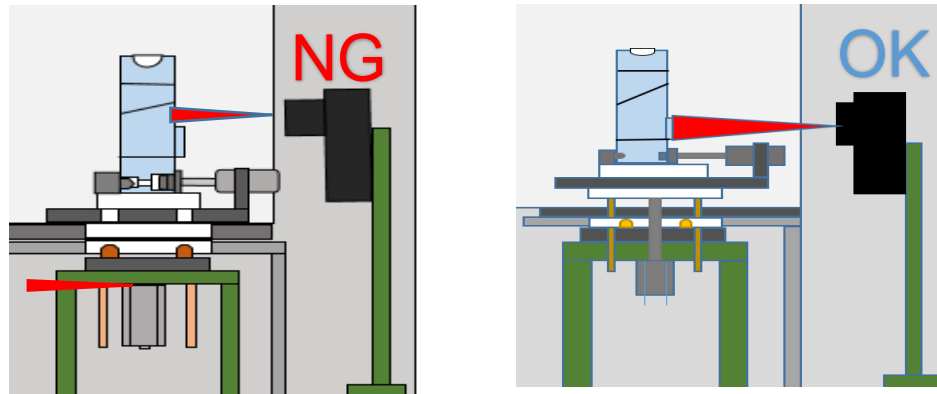


Figura 15 – Exemplo de posicionamento não conforme, devido falha no atuador  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Inicialmente foi necessário estudar o *layout* produtivo da montagem do motor, para entender onde são efetuadas as montagens de cada componente do motor. A figura 16, é uma ilustração representativa em CAD, do layout da produção de motores da empresa.

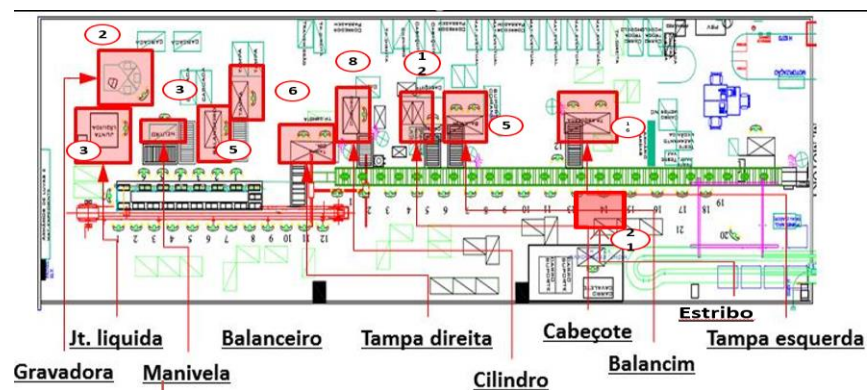


Figura 16 – *Layout* produtivo de uma linha de Montagem do Motor  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Foi necessário efetuar um levantamento com os tempos de execução cada processo da montagem do motor e que foi evidenciado que o posto 2 – Gravação do número de série está com o tempo de montagem, demonstrando que este processo necessita ser melhorado. O gráfico abaixo ilustra a análise de tempos e processos da cadeia produtiva.

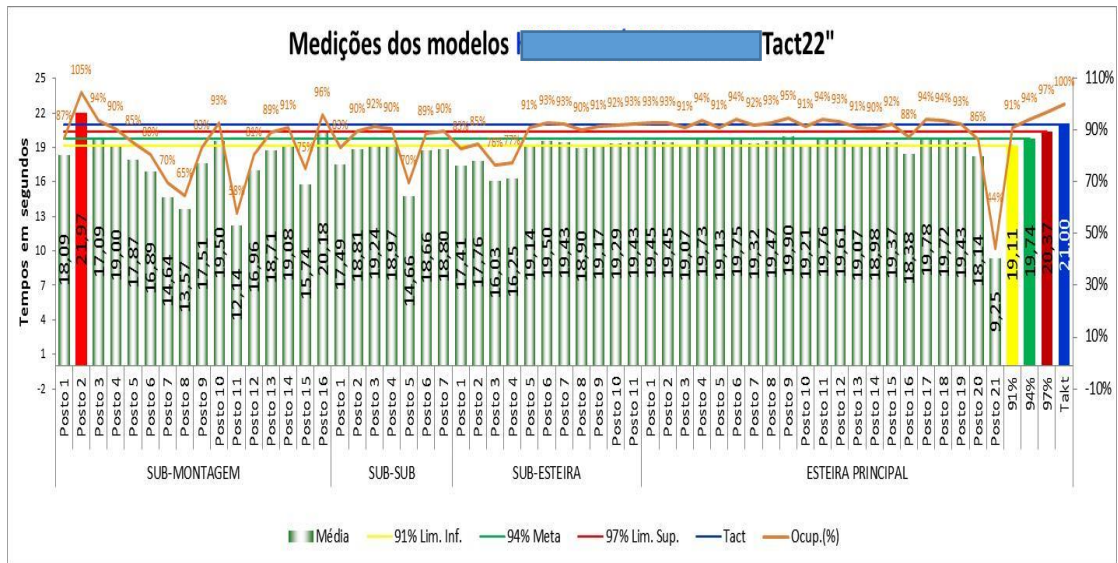


Gráfico 5 – Gráfico de Tempos por Processos Montagem do Motor  
 Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa) - 2018

A figura 17, representa uma tabela com o passo a passo dos processos mais críticos, em que fica evidenciada uma sobrecarga em um dos processos, o que levantou uma necessidade de melhoria.

|  |         |    |  |      |       |
|--|---------|----|--|------|-------|
| GRAVAÇÃO DA CARÇAÇA ESQUERDA                     | POSTO 1 | 1  | RETIRAR A CARÇAÇA DO CARRO DE ALIMENTAÇÃO E POSICIONA NA BANCADA             | 2,00 | 18,35 |
|  |         | 2  | PEGAR 01 PARAFUSO DO DRENO + 01 ARRUELA DE VEDAÇÃO 12mm E PRÉ-MONTAR         | 2,56 |       |
|  |         | 3  | POSICIONAR PARAFUSO DO DRENO + ARRUELA NA CARÇAÇA                            | 2,42 |       |
|  |         | 4  | POSICIONAR CARÇAÇA NA MESA DE GRAVAÇÃO (INCLUI GRAMPEAMENTO)                 | 2,13 |       |
|  |         | 5  | EFETUAR A LEITURA DA ETIQUETA COM CÓDIGO DE BARRAS                           | 1,30 |       |
|  |         | 6  | POSICIONAR ETIQUETA NA CARÇAÇA   | 1,49 |       |
|  |         | 7  | PRESSONAR BOTÃO PARA GIRO DA MESA  | 0,87 |       |
|  |         | 8  | TEMPO DE GIRO DA MESA DE GRAVAÇÃO  | 1,25 |       |
|  |         | 9  | PRESSONAR BOTÃO PARA LIBERAR GRAVAÇÃO (TEMPO DE MÁQUINA 12 S)                | 0,90 |       |
|  |         | 10 | RETIRA CARRO VAZIO / ORGANIZA PEÇAS  | 3,43 |       |
| MONTAGEM DO INTERRUPTOR DO NEUTRO                | POSTO 2 | 1  | CONFERIR A GRAVAÇÃO NA TELA / AGUARDAR FIM DA GRAVAÇÃO                       | 3,24 | 22,18 |
|  |         | 2  | PRESSONAR BOTÃO PARA GIRO DA MESA  | 0,81 |       |
|  |         | 3  | RETIRAR A CARÇAÇA DE GRAVAÇÃO  | 2,40 |       |
|  |         | 4  | LIBERAR MESA PARA GIRO   | 0,87 |       |
|  |         | 5  | POSICIONAR A CARÇAÇA ESQUERDA NO DISPOSITIVO                                 | 2,24 |       |
|  |         | 6  | PEGAR 01 INTERRUPTOR DO NEUTRO + 01 O'RING E PRÉ-MONTAR                      | 2,52 |       |
|  |         | 7  | PEGAR 02 PARAFUSOS FLANGE 6X16   | 1,64 |       |
|  |         | 8  | MONTAR INTERRUPTOR DO NEUTRO NA CARÇAÇA ESQUERDA                             | 3,43 |       |
|  |         | 9  | POSICIONAR 02 PARAFUSOS FLANGE 6X16 E FIXAR INTERRUPTOR DO NEUTRO NA CARÇAÇA | 3,25 |       |
|  |         | 10 | RETIRAR CARÇAÇA ESQ. DO DISPOSITIVO E POSICIONAR NA ESTEIRA                  | 1,78 |       |
| APLICAÇÃO DE JUNTA LÍQUIDA+ MONTAGEM DA MANIVELA | POSTO 3 | 1  | APERTAR PARAFUSO DO DRENO  | 1,20 | 18,21 |
|  |         | 2  | POSICIONAR CARÇAÇA ESQUERDA NA MÁQ DE JUNTA LÍQUIDA                          | 2,34 |       |
|  |         | 3  | ACIONAR A BOTOEIRA (TEMPO DE MÁQUINA 10,72s)                                 | 0,84 |       |
|  |         | 4  | RETIRAR (01) VIRABREQUIM DO CARRO E POSICIONAR NO DISPOSITIVO                | 1,40 |       |
|  |         | 5  | CHECAR DUTO DE ÓLEO COM BICO DE AR   | 1,26 |       |
|  |         | 6  | EFETUAR TESTE PNP NA BIELA   | 0,88 |       |
|  |         | 7  | PEGAR CHAVETA LUA 4mm  | 1,33 |       |
|  |         | 8  | PRENSAR (MARTELO) A CHAVETA 4mm NA MANIVELA (LADO DO ROTOR GERADOR)          | 4,74 |       |
|  |         | 9  | LUBRIFICAR MUNIÇÃO COM ÓLEO MoS2   | 0,94 |       |
|  |         | 10 | RETIRAR CARÇAÇA ESQ. DO DISPOSITIVO E POSICIONAR NA ESTEIRA                  | 1,78 |       |
|  |         | 11 | RETIRAR MANIVELA E POSICIONAR NA ESTEIRA                                     | 1,50 |       |

Figura 17 – Análise de tempo dos três primeiros processos de fabricação do motor  
 Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2017

A pedido da gestão produtiva, a equipe técnica levantou dados sobre o tempo de funcionamento das máquinas envolvidas nestes processos, com a intenção de atualização das mesmas, modernizando o processo de fabricação.

Abaixo, o gráfico 6 foi extraído juntamente com a equipe de cronoanálise, indicando que, apesar do tempo de processo estar em 18 segundos, o tempo ocioso, que na verdade é o tempo em que o operador aguarda a máquina finalizar o ciclo elevando o tempo total de processo para quase 22 segundos.

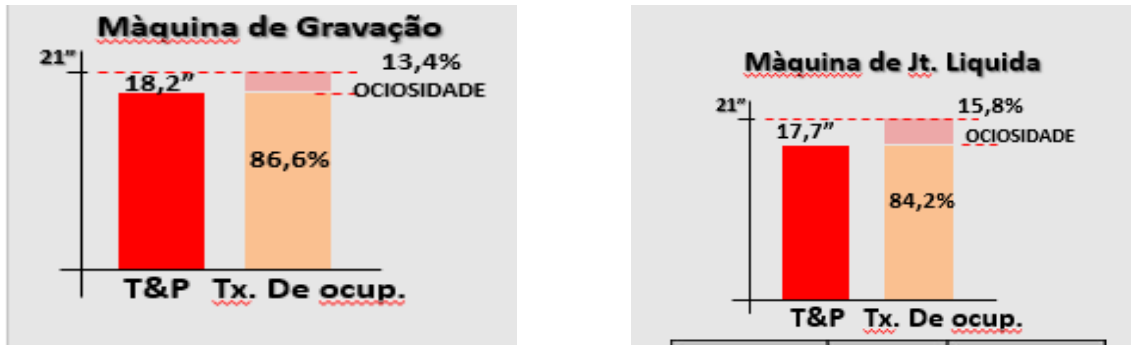


Gráfico 6 – Taxa de ocupação x Ociosidade nos processos da Gravação do motor e aplicação de cola

Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa - 2018

#### 4.2.1 Execução da nova abordagem proposta

Para aprovação do projeto, foram primeiramente elaboradas três propostas para tentar resolver o problema. A disposição dos equipamentos na linha se encontrava conforme a figura 18.

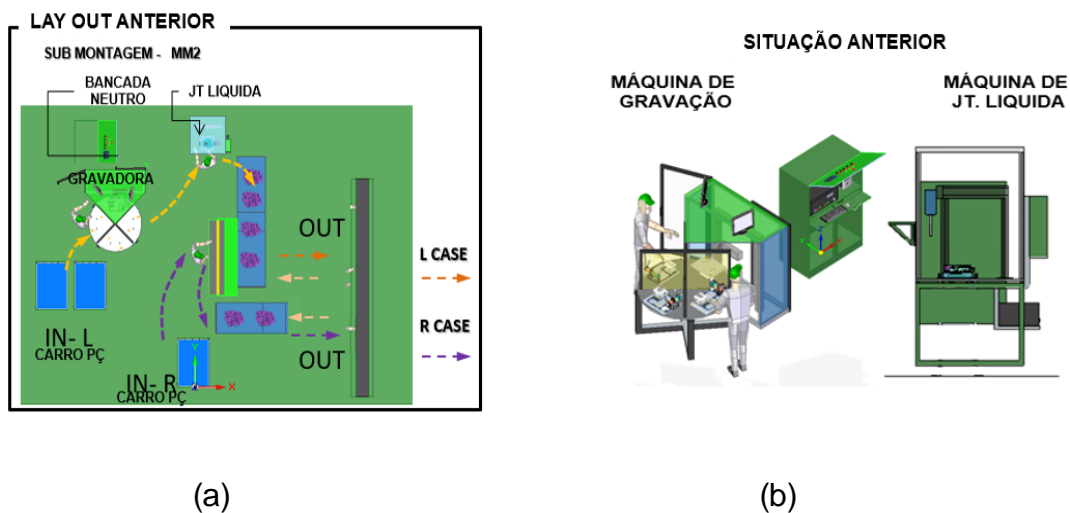


Figura 18 – Ilustração da disposição dos equipamentos no setor produtivo. (a) *Layout* das Máquinas de gravação e Junta Líquida. (b) Representação em 3D dos processos

Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018



O gráfico 7, nos mostra o tempo gasto pelos operadores nos processos da gravação do número de série e da junta líquida.

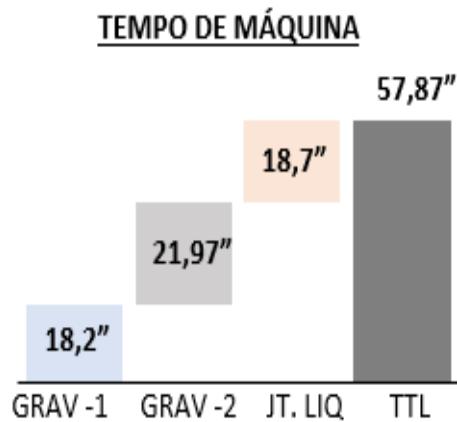


Gráfico 7 – Tempo total de processo dos operadores da gravação + junta líquida

Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa – 2018

O gráfico 8, nos mostra a quantidade total de operadores destes processos, levando em consideração o primeiro e o segundo turno

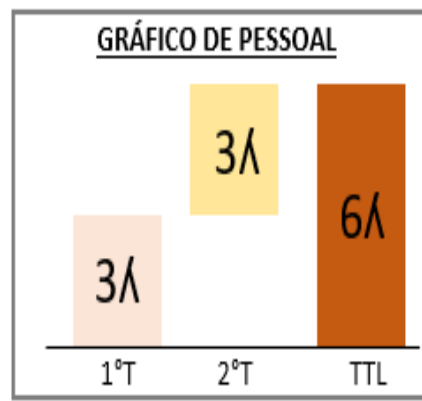


Gráfico 8 – Operadores necessários para a realização dos processos de gravação e aplicação de cola

Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa – 2018

#### 4.2.2 Proposta 1 – Robô Manipulador

A figura 19 ilustra a proposta, que consiste na ideia de um robô manipulador, que realizaria a movimentação das carcaças entre as máquinas.



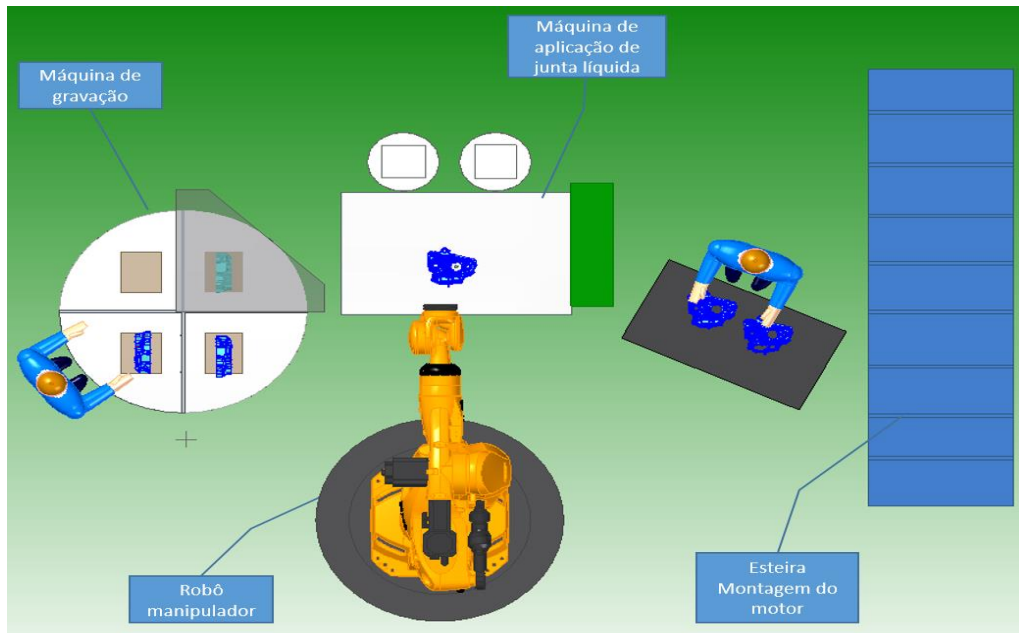


Figura 19 – Ilustração da Proposta utilizando um robô manipulador  
 Fonte: O autor - 2021

Essa proposta atenderia em eficiência, e garantiria a reutilização das máquinas atuais, porém haveria custo adicional com a aquisição de equipamento e treinamento da manutenção do equipamento, não atenderia os problemas referentes à variação de foco, além da ocupação de boa parte da área útil da produção.

#### 4.2.3 Proposta 2 – Aplicação de Junta Líquida na Esteira Transportadora

Nesta proposta, a ideia é a indexação da máquina de aplicação de junta líquida na esteira transportadora das carcaças, aplicando o adesivo assim que o operador retirasse a carcaça da máquina de gravação. A figura 20 é a representação feita no Software Solid Edge, da Siemens, para apresentar de forma simplificada a proposta, com a intenção de mostrar a disposição dos equipamentos e o *layout*.

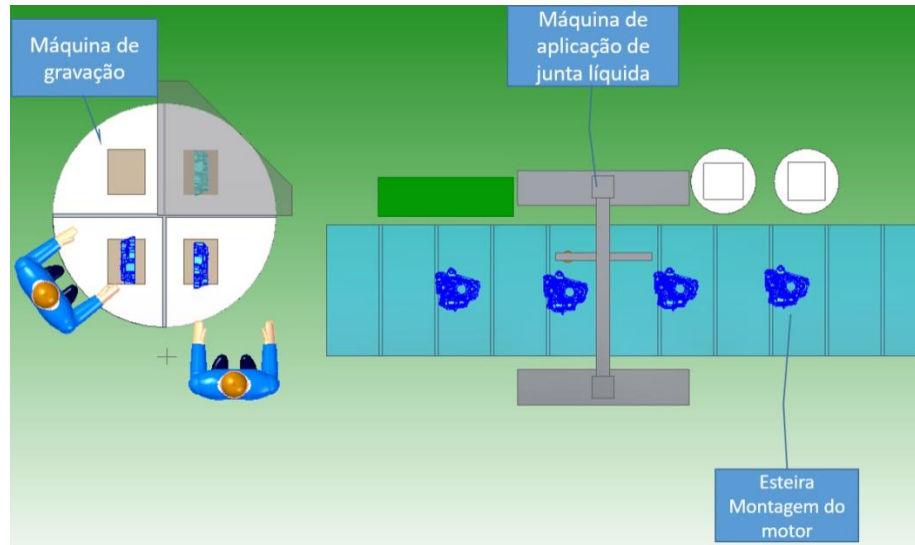


Figura 20 – Ilustração da máquina de Aplicação de cola indexada à esteira  
 Fonte: O autor - 2021

Esse formato garante a reutilização dos equipamentos sem custo adicional com treinamentos pois são máquinas as quais a equipe de manutenção e produção já estão familiarizados e ocuparia o mesmo espaço que a situação atual, porém, o colaborador não teria um controle eficiente da aplicação de cola já que o mesmo está distante da máquina e com a possibilidade de mandar peças não conformes para a linha de montagem.

#### 4.2.4 Proposta 3 – Unificar a Máquina de Gravação com a Junta Líquida

A proposta é a desativação da estrutura giratória da gravadora, realocando o cabeçote do laser na parte inferior da máquina de aplicação de cola, onde ela pode efetuar a gravação de baixo para cima. O equipamento ficaria mais compacto e mais eficiente no sentido de redução da mão de obra necessária para operar a máquina, além da redução de defeitos por falha de foco. A figura 21 representa o esquema proposto, desenhado de forma simplificada com a ajuda do software Solid Edge, da Siemens.

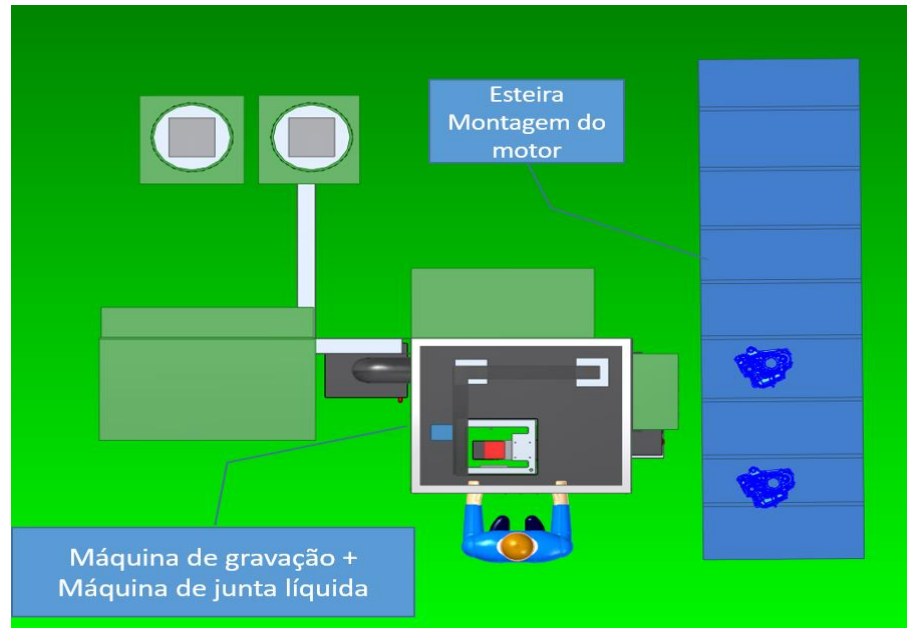


Figura 21 – Ilustração da Proposta de unificação das máquinas de gravação e aplicação de cola  
 Fonte: O autor - 2021

Essa foi a proposta que mais se adequou a premissa de garantir eficiência e reutilização dos dois equipamentos, além de garantir o sincronismo necessário na produção e reduzir a área utilizável, com ganho de espaço para os colaboradores.

#### 4.2.5 Proposta escolhida e justificativa

Após as propostas passarem pela análise da gestão, a que mais se adequou a proposta de ganho de eficiência e redução de defeitos foi a proposta 3, em que a máquina de gravação seria unificada a máquina de aplicação de cola. O tema foi escolhido pela redução de colaboradores utilizados no processo e redução na quantidade de defeitos uma vez que, com apenas uma base fixa, a variação de distância focal do laser seria eliminada, sendo um ajuste único para qualquer peça trabalhada no equipamento. Além disso, haveria o ganho em tempo de processo, já que haveria a redução de tempo ocioso das máquinas uma vez que o processo de gravação e aplicação de cola seriam executados ao mesmo tempo. A figura 22 mostra a proposta final de unificação das máquinas.

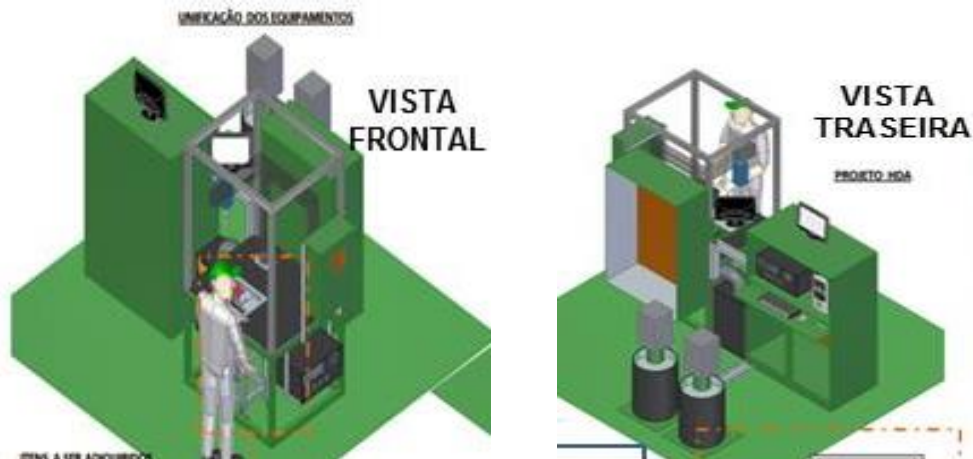


Figura 22 – Apresentação do layout da unificação das máquinas – em 3D  
 Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

### 4.3 Desenvolvimento do projeto da Proposta 3

Todo o projeto baseado na Proposta 3 foi feito com o auxílio de ferramentas CAD, para ajudar na visualização de resultados finais de cada parte do novo equipamento. Inicialmente foi elaborado o desenho 3D da estrutura mecânica da máquina de aplicação de junta líquida, com o auxílio programa Solid Edge da Siemens. Essa estrutura é a que irá dar suporte para o CLP da antiga máquina de gravação, e do controlador da máquina de junta líquida. A figura 23 ilustra a tela do programa Solid Edge, com o projeto da máquina de gravação e aplicação de cola.

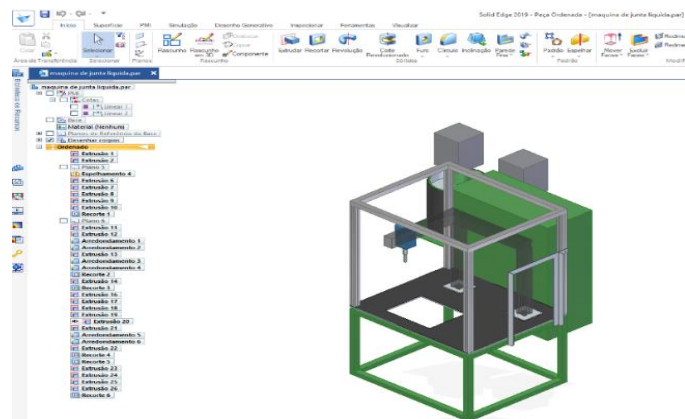


Figura 23 – Projeto 3D da Máquina de Aplicação de Cola + Gravação do número série utilizando SOLID EDGE

Fonte: Acervo de ilustrações da empresa – 2018

Inicialmente foi dimensionado onde deveria ser feito o corte na base da máquina de aplicação de junta líquida, onde a lente da gravadora à laser poderia ter

acesso a carcaça e levando em consideração a área de atuação do robô cartesiano, aplicador de junta líquida, conforme mostra a figura 24.

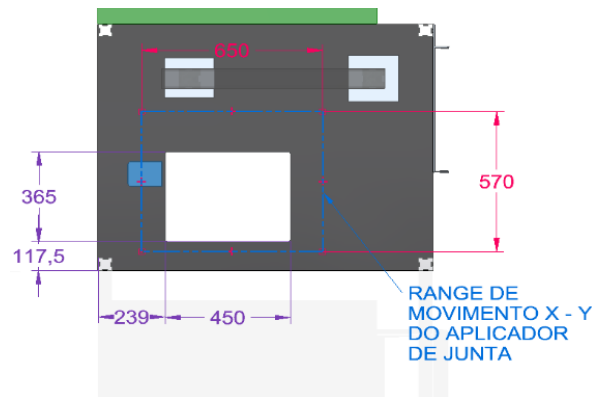


Figura 24 – Ilustração da medição do corte na base da máquina  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Para a adaptação do laser, foi necessário construir uma estrutura de aço, com perfil de metalon 40x40 soldado juntamente com uma chapa de aço SAE1045, conforme a figura 25:

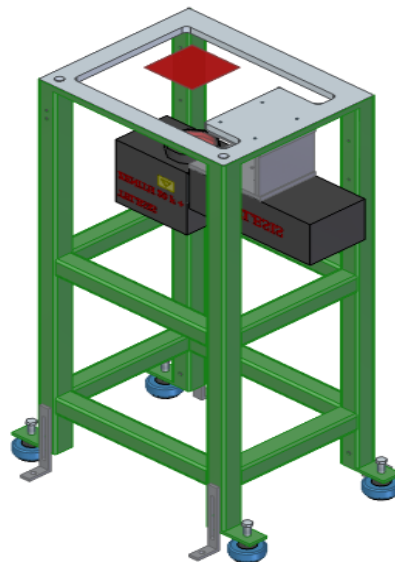


Figura 25 – Ilustração da estrutura de suporte do laser a ser utilizado na gravação da carcaça  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

nde as medidas devem obedecer rigorosamente ao especificado nos seguintes desenhos, que possuem as cotas necessárias para a fabricação do dispositivo, exemplificado na figura 26.

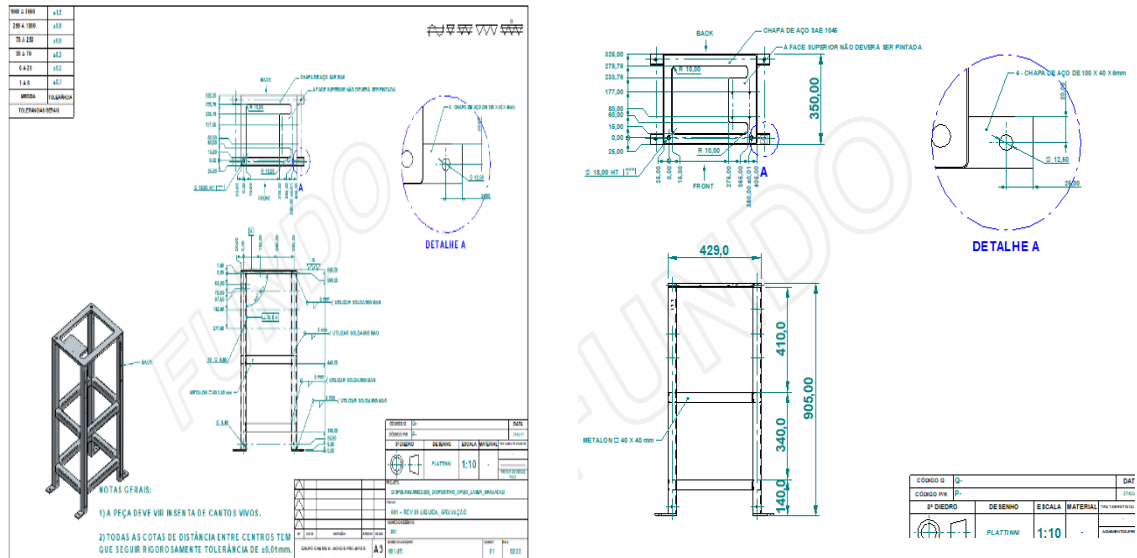


Figura 26 – Desenho da estrutura do suporte do laser  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

O suporte foi projetado com quatro amortecedores de impacto e vibração, importante para manter o feixe de laser estável durante o seu funcionamento, enquanto o robô cartesiano executa o movimento de aplicação de junta líquida. A figura 27 ilustra o amortecedor selecionado, de 3/8'' da marca VIBRASTOP.

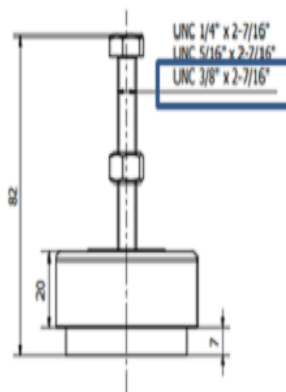


Figura 27 – Especificação do amortecedor de vibração  
Fonte: Catálogo de peças da VIBRASTOP (2015)

O passo seguinte consiste no enclausuramento da unidade de gravação a laser e do controlador do robô cartesiano e também na confecção dos suportes da

CPU onde será instalado o programa supervisorio da gravação à laser utilizando estruturas metálicas fabricadas na própria planta.

Com isso outra etapa de grande importância se torna necessária e consiste na instalação de dispositivos de segurança, como fotocélula e botoeira bimanual, conforme previsto na NR12.

Segundo a NR12:

Um dos sistemas de segurança nas zonas de prensagem ou trabalho aceitáveis seria o enclausuramento da zona de prensagem, com frestas ou passagens que não permitem o ingresso dos dedos e mãos nas zonas de perigo, conforme item A, do Anexo I, desta Norma, e podem ser constituídos de proteções fixas ou proteções móveis dotadas de intertravamento, conforme itens 12.38 a 12.55 e seus subitens desta Norma.

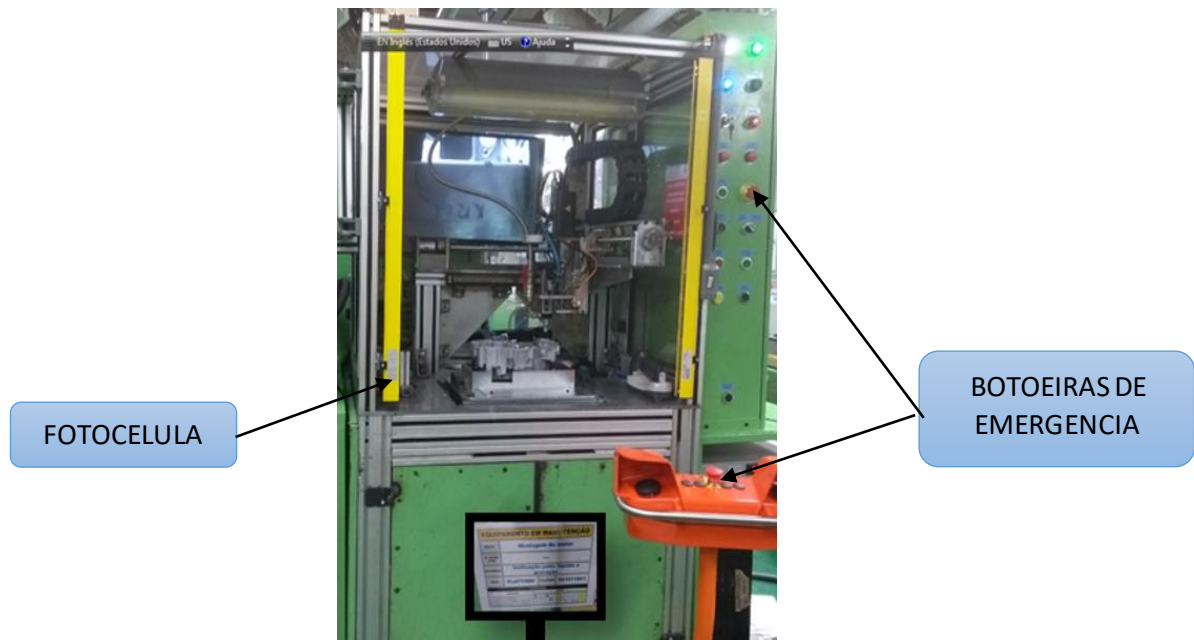


Figura 28 – Instalação de dispositivos de segurança na máquina  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Para o correto posicionamento da carcaça foi necessário o projeto e confecção de bases de apoio com o intuito de manter a área de gravação da carcaça a uma distância de  $180,5 \pm 0,5$  mm, distância que permite que o feixe de laser efetue uma gravação com a profundidade especificada para o processo. A figura 29 é a representação 3D do projeto de base de apoio da carcaça para a gravação do número de série.

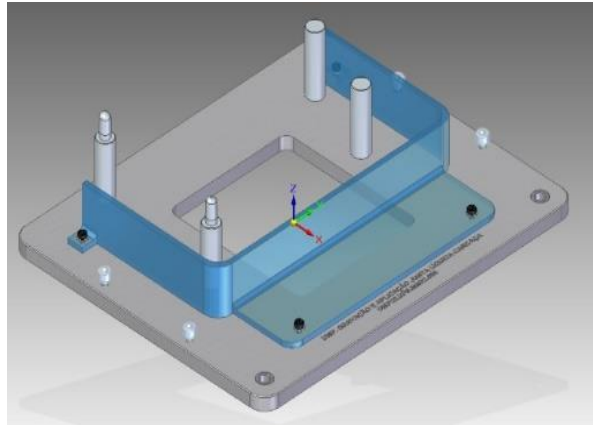


Figura 29 – Ilustração da base de apoio da carcaça esquerda  
 Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Para a construção das bases de apoio foram utilizadas máquinas e ferramentas de usinagem, materiais disponíveis no setor Grupo Técnico da empresa. Uma chapa de aço VB 40 previamente retificada com a espessura de uma polegada (12,7mm), e dimensões 430mm x 350mm foi utilizada como base do dispositivo (figura 30) e utilizando uma furadeira de coluna e brocas foi efetuada perfurações enquanto que para o desbaste na parte central da base – onde passará o feixe de luz do laser – foi utilizado a fresadora.

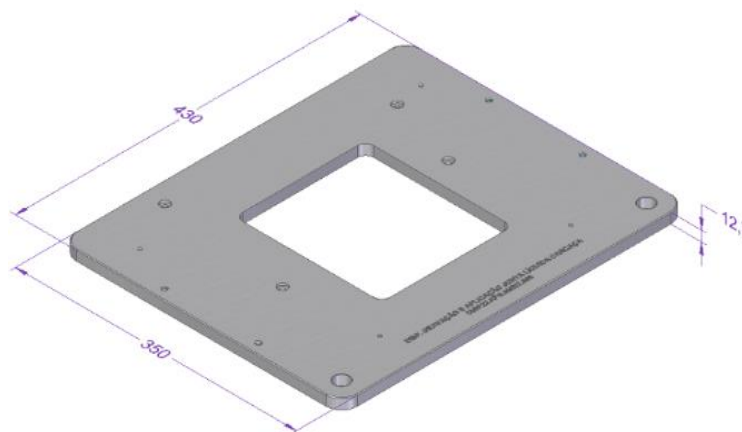


Figura 30 – Base do dispositivo - dimensionamento  
 Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018



Já para a fabricação dos pinos guia e apoios (figura 31) foram utilizados tarugos VB 40 como matéria prima, e as usinagens executadas utilizando torno e a Furadeira de Bancada.

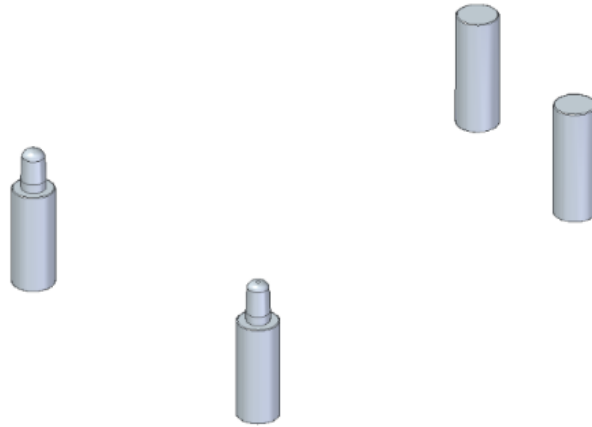


Figura 31 – Apoios e guias do dispositivo  
Fonte: Acervo de ilustrações da empresa - 2018

Lembrando que a dimensão dos pinos é o ponto mais importante deste dispositivo, pois são eles que garantem a altura e distanciamento correto entre a lente e a área de gravação da carcaça, que deve ser de 185 mm, como mostra a figura 32.

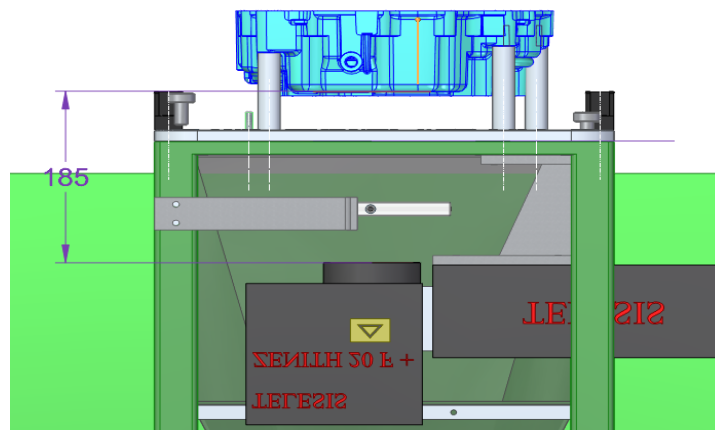


Figura 32 – Distância focal da lente do laser, em relação a peça a ser gravada  
Fonte: O autor - 2019

A figura 33 apresenta o resultado final da construção da máquina de gravação de número de série, integrada a aplicação de junta líquida na carcaça esquerda.



Figura 33 – Máquina de aplicação de Cola e Gravação da Carcaça  
Fonte: O autor - 2019

O controle da gravação do número de série será feito por dois supervisórios: o Elipse e o Merlin. Lembrando que eles já eram utilizados na versão antiga da máquina de gravação, portanto não houveram muitas alterações, somente a adaptação para apenas um posto de trabalho. O Elipse, programa fornecido pela MFLUES é o Sistema Supervisório que auxilia no monitoramento da gravação. É ele que faz a interface Homem Máquina, deixando o controle e operação da operação mais intuitivo. Ele coleta os dados de uma etiqueta de código de barras emitido pelo setor de PCP – Planejamento e controle de Produção, que contém as informações do modelo/versão mais o número de série a ser gravado no motor e projeta na tela de maneira que o operador possa acompanhar o processo de gravação.

O Elipse permitirá efetuar o backup produtivo e na sua programação ele irá sinalizar distorções como etiqueta ou gravação repetida, ou etiqueta de outro modelo, minimizando assim possíveis falhas de gravação. Como houve a simplificação do maquinário, com a remoção de vários atuadores a lógica do processo de gravação e portanto da Interface Homem Máquina será simplificada, uma vez que o CLP só precisará gerenciar o comando da gravação, apenas após iniciar o processo de aplicação de cola na peça.



Figura 34 – Sistema de supervisão e controle Elipse  
Fonte: O autor - 2019

Já o Merlin programa fornecido pela TELESIS, é o programa que cria os programas de gravação e controle do laser, como a intensidade do feixe e quantidade de passos e caracteres a serem gravados. É ele que faz a ponte entre o CLP e o elipse, onde o Elipse coleta os dados que servirão de entrada, comunicando-se com o Merlin que por sua vez enviará os comandos para o CLP. Sua interface é simples e permite a rápida criação de programas de gravação para vários modelos. No momento em que for feita a leitura de código de barras, o Elipse chamará a janela de gravação criada no Merlin, correspondente ao código lido na etiqueta

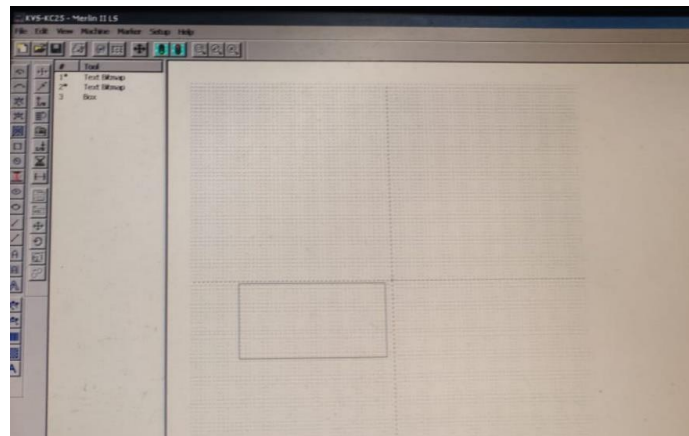


Figura 35 – Janela de gravação do software Merlin  
Fonte: O autor - 2019

Com o intuito de prevenir o acionamento da máquina sem a peça, o que poderia danificar o laser, foi instalado um sensor capacitivo, para detecção de peças, sendo permitida a operação somente quando o operador posicionar a carcaça na base, como na figura 36.



Outra maneira de demonstrar que a experiência obteve resultado foram as análises de profundidade obtidas junto ao setor de controle de qualidade, em que é feita a análise da profundidade da gravação, como mostra a figura 38.

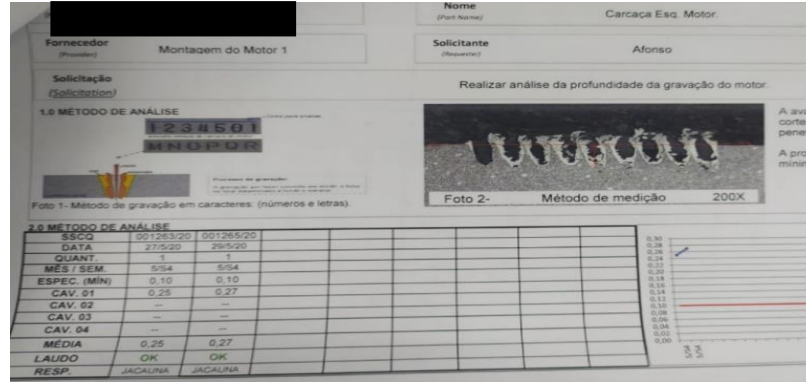


Figura 38 – Amostra de análise de profundidade da gravação  
 Fonte: Acervo de relatórios técnicos da empresa – 2019

Outro aspecto positivo foi em relação ao ganho de eficiência, uma vez que houve a fusão de dois processos, e também a quantidade necessária de operadores de 6 para 4, sendo que os dois colaboradores excedentes puderam ser realocados em outros processos. Com a figura 39, temos a comparação da distribuição de tempos e processos

| Distribuição Antes                               |    |  | Distribuição Depois |  |   |  |      |
|--|----|--|---------------------|--|---|--|------|
| GRAVAÇÃO DA CARÇAÇA ESQUERDA                     | 1  | RETIRAR A CARÇAÇA DO CARRO DE ALIMENTAÇÃO E POSICIONA NA BANCADA             | 2,00                | MONTAGEM DO PARAFUSO DO DRENO + INTERRUPTOR DO NEUTRO    | 1   | RETIRAR A CARÇAÇA DO CARRO DE ALIMENTAÇÃO E POSICIONA NO DISPOSITIVO         | 2,00 |
|  | 2  | PEGAR 01 PARAFUSO DO DRENO + 01 ARRUELA DE VEDAÇÃO 12mm E PRÉ-MONTAR         | 2,58                |  | 2   | PEGAR 01 PARAFUSO DO DRENO + 01 ARRUELA DE VEDAÇÃO 12mm E PRÉ-MONTAR         | 2,58 |
|  | 3  | POSICIONAR PARAFUSO DO DRENO + ARRUELA NA CARÇAÇA                            | 2,42                |  | 3   | POSICIONAR PARAFUSO DO DRENO + ARRUELA NA CARÇAÇA                            | 1,20 |
|  | 4  | POSICIONAR CARÇAÇA NA MESA DE GRAVAÇÃO (INCLUI GRAMPEAMENTO)                 | 2,10                |  | 4   | APERTAR PARAFUSO DO DRENO  | 1,20 |
|  | 5  | EFEITUAR A LEITURA DA ETIQUETA COM CÓDIGO DE BARRAS                          | 1,30                |  | 5   | PEGAR 01 INTERRUPTOR DO NEUTRO + 01 SPRING E PRÉ-MONTAR                      | 2,52 |
|  | 6  | POSICIONAR <b>ETIQUETA</b> NA CARÇAÇA  | 1,49                |  | 6   | PEGAR 02 PARAFUSOS FLANGE 6X16   | 1,64 |
|  | 7  | PRESSONAR BOTÃO PARA GIRO DA MESA  | 0,87                |  | 7   | MONTAR INTERRUPTOR DO NEUTRO NA CARÇAÇA ESQUERDA                             | 3,43 |
|  | 8  | TEMPO DE GIRO DA MESA DE GRAVAÇÃO  | 1,25                |  | 8   | POSICIONAR 02 PARAFUSOS FLANGE 6X16 E FIXAR INTERRUPTOR DO NEUTRO NA CARÇAÇA | 3,25 |
|  | 9  | PRESSONAR BOTÃO PARA LIBERAR GRAVAÇÃO (TEMPO DE MÁQUINA 12 S)                | 0,90                |  | 9   | RETIRAR CARÇAÇA ESQ. DO DISPOSITIVO E POSICIONAR NA ESTEIRA                  | 1,78 |
|  | 10 | RETIRA CARRO VAZIO / ORGANIZA PEÇAS  | 3,43                |  |   |  |      |
| MONTAGEM DO INTERRUPTOR DO NEUTRO                | 1  | CONFERIR A GRAVAÇÃO NA TELA / AGUARDAR FIM DA GRAVAÇÃO                       | 3,24                | GRAVAÇÃO DO NÚMERO DE SÉRIE + APLICAÇÃO DE JUNTA LÍQUIDA | 1   | PEGAR A CARÇAÇA ESQUERDA E POSICIONAR NA MAQ GRAVAÇÃO + JUNTA LÍQUIDA        | 2,58 |
|  | 2  | PRESSONAR BOTÃO PARA GIRO DA MESA  | 0,81                |  | 2   | EFEITUAR A LEITURA DA ETIQUETA COM CÓDIGO DE BARRAS                          | 1,30 |
|  | 3  | RETIRAR A CARÇAÇA DE GRAVAÇÃO  | 2,40                |  | 3   | POSICIONAR <b>ETIQUETA</b> NA CARÇAÇA  | 1,49 |
|  | 4  | LIBERAR MESA PARA GIRO   | 0,87                |  | 4   | ACIONAR A BOTOEIRA DA MÁQUINA DE JUNTA LÍQUIDA (TEMPO DE MÁQUINA 116s)       | 0,84 |
|  | 5  | POSICIONAR A CARÇAÇA ESQUERDA NO DISPOSITIVO                                 | 2,24                |  | 5   | RETIRAR (01) VÍRABEQUM DO CARRO E POSICIONAR NO DISPOSITIVO                  | 1,40 |
|  | 6  | PEGAR 01 INTERRUPTOR DO NEUTRO + 01 SPRING E PRÉ-MONTAR                      | 2,52                |  | 6   | CHECAR DUTO DE ÓLEO COM BICO DE AR   | 1,28 |
|  | 7  | PEGAR 02 PARAFUSOS FLANGE 6X16   | 1,64                |  | 7   | EFEITUAR TESTE <b>PMP</b> NA BIELA   | 0,88 |
|  | 8  | MONTAR INTERRUPTOR DO NEUTRO NA CARÇAÇA ESQUERDA                             | 3,43                |  | 8   | PEGAR CHAVETA LUJA 4mm   | 1,33 |
|  | 9  | POSICIONAR 02 PARAFUSOS FLANGE 6X16 E FIXAR INTERRUPTOR DO NEUTRO NA CARÇAÇA | 3,25                |  | 9   | PRESSONAR (MARTELO) A CHAVETA 4mm NA MANIVELA (LADO DO ROTOR GERADOR)        | 4,74 |
|  | 10 | RETIRAR CARÇAÇA ESQ. DO DISPOSITIVO E POSICIONAR NA ESTEIRA                  | 1,78                |  | 10  | LUBRIFICAR MUNIÇÃO COM ÓLEO <b>MsS2</b>                                      | 0,94 |
| APLICAÇÃO DE JUNTA LÍQUIDA+ MONTAGEM DA MANIVELA | 1  | APERTAR PARAFUSO DO DRENO  | 1,20                | 11   | RETIRAR CARÇAÇA ESQ. DO DISPOSITIVO E POSICIONAR NA ESTEIRA | 1,78   |      |
|  | 2  | POSICIONAR CARÇAÇA ESQUERDA NA MÃO DE JUNTA LÍQUIDA                          | 2,34                | 12   | RETIRAR MANIVELA E POSICIONAR NA ESTEIRA                    | 1,50   |      |
|  | 3  | ACIONAR A BOTOEIRA (TEMPO DE MÁQUINA 10,72s)                                 | 0,84                |  |   |  |      |
|  | 4  | RETIRAR (01) VÍRABEQUM DO CARRO E POSICIONAR NO DISPOSITIVO                  | 1,40                |  |   |  |      |
|  | 5  | CHECAR DUTO DE ÓLEO COM BICO DE AR   | 1,28                |  |   |  |      |
|  | 6  | EFEITUAR TESTE <b>PMP</b> NA BIELA   | 0,88                |  |   |  |      |
|  | 7  | PEGAR CHAVETA LUJA 4mm   | 1,33                |  |   |  |      |
|  | 8  | PRESSONAR (MARTELO) A CHAVETA 4mm NA MANIVELA (LADO DO ROTOR GERADOR)        | 4,74                |  |   |  |      |
|  | 9  | LUBRIFICAR MUNIÇÃO COM ÓLEO <b>MsS2</b>                                      | 0,94                |  |   |  |      |
|  | 10 | RETIRAR CARÇAÇA ESQ. DO DISPOSITIVO E POSICIONAR NA ESTEIRA                  | 1,78                |  |   |  |      |
|  | 11 | RETIRAR MANIVELA E POSICIONAR NA ESTEIRA                                     | 1,50                |  |   |  |      |

Figura 39 – Distribuição de Processos antes e depois da unificação dos equipamentos  
 Fonte: Acervo de relatórios técnicos da empresa - 2020

Ainda na questão da diminuição de colaboradores necessários para o processo, temos o gráfico 9, que compara a quantidade de pessoal do primeiro e segundo turnos de trabalho, necessário para a execução do processo, antes e depois da atualização das máquinas de aplicação de cola e de gravação do número serial.

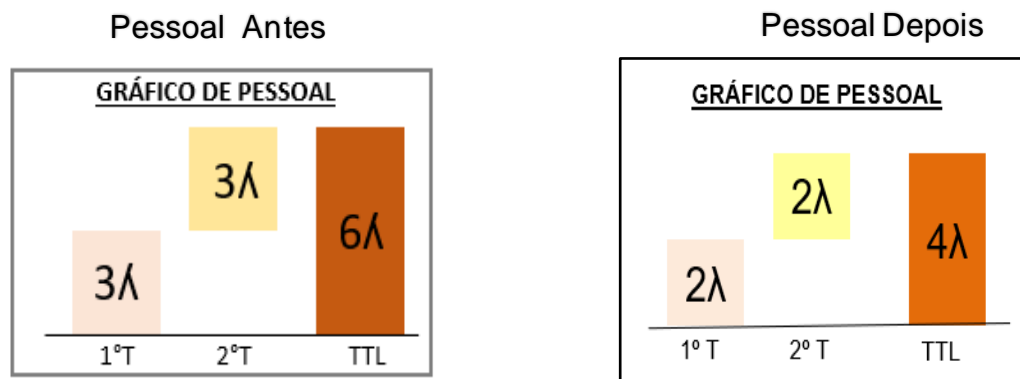


Gráfico 9 – Comparação do pessoal necessário Antes x Depois

Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa – 2020

Como a configuração de cavaletes da antiga máquina – que antes eram em quatro – se tornou apenas uma base fixa na máquina, foi eliminada a variação da distância de foco do laser, diminuindo drasticamente a quantidade de defeitos mensais referentes à gravação, diminuindo a quantidade de carcaças que seriam descartadas, levando a diminuição de desperdício e redução de custos com peças rejeitadas.

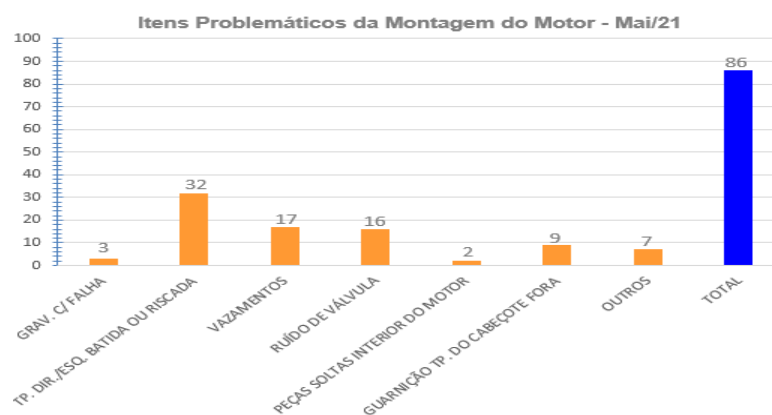


Gráfico 10 – Relação de itens problemáticos Montagem do Motor

Fonte: Registros de relatórios técnicos da empresa – 2021

Concluimos que com um estudo aprofundado de automação industrial foi possível garantir uma melhoria na eficiência produtiva com a redução da quantidade

de equipamentos, utilizando a automação de uma maneira mais inteligente e enxuta, reduzir o custo com pessoal necessário para o processo, e mesmo assim, garantir a montagem no tempo estipulado para manter a cadeia produtiva em perfeita sincronia.

Em relação ao primeiro objetivo específico, identificar as principais variáveis dos processos de aplicação de cola e do processo de gravação do número de série do motor, esse procedimento foi o ponto chave do estudo, pois somente analisando o ambiente fabril e coletando os dados necessários foi possível entender não só onde a linha de montagem necessitava de melhoria, mas também, com análises posteriores, foi possível demonstrar onde o mesmo evoluiu.

Quanto ao segundo objetivo específico, que se tratava do desenvolvimento do projeto de unificação dos processos de aplicação de cola e de gravação do número de série, só foi possível pois boa parte da tecnologia existente já era utilizada de forma que só necessitou alteração na estrutura física das máquinas. O uso de softwares de Desenho Auxiliado por Computador foi essencial pois, graças a isso, foi possível visualizar e planejar as alterações que iriam refletir nos aspectos tanto físicos quanto do ambiente de trabalho, das máquinas alteradas e do projeto das bases. Porém, para adequar o processo, foi necessário desenvolver junto ao grupo técnico uma base fixa para cada modelo, o que só se tornou possível graças as máquinas ferramentas existentes no setor, materiais metalúrgicos, como tarugos, chapas e variados perfis de aço, isso somado a conhecimentos de usinagem para a confecção dessas mesmas bases.

E, finalizando os objetivos específicos, que era a avaliação total dos resultados – que consistia na comparação da qualidade final da peça e no ganho de eficiência produtiva – foram feitos vários testes com as peças enquanto era feita a aplicação simultânea de cola junto com a gravação à laser, testes visuais e mais o mais importante, testes de laboratório confirmando a profundidade da gravação de forma equalizada. Como se tratava somente de um dispositivo e a distância da lente não teria mais variação com a área de gravação, praticamente não existiria mais a falha pelo fato laser estar fora de foco. Paralelo a isso, dois processos complexos foram transformados em um efetuando a comparação de tempos de processos de antes da unificação e depois da unificação, logo concluiu-se que além de diminuir a quantidade de processos, houve um aproveitamento do espaço útil uma vez que

houve um ganho de 13m<sup>2</sup> de área produtiva e além da diminuição da quantidade necessária de operadores que era de seis para quatro.

Com a conclusão dos objetivos específicos, finalmente pode-se afirmar que o objetivo principal deste trabalho foi atingido, e que conseguiu-se aumentar a eficiência produtiva através do ganho da qualidade no produto final.

### **5.1 PROPOSTAS PARA MELHORIAS FUTURAS**

Com as metas estipuladas atingidas, e ainda com o conceito de melhoria contínua, temos em mente sempre procurar novas tecnologias para ganhar cada vez mais eficiência no processo. É impossível ignorar os avanços da indústria 4.0, portanto, como ambiente fabril precisamos nos adequar a evolução e com isso aplicar em nossa manufatura. Como sugestão para trabalhos futuros, considera-se interessante conectar a máquina de gravação e aplicação de junta líquida em uma rede de monitoramento, onde tanto a gestão fabril como o grupo técnico/manutenção possam coletar informações em tempo real, sem a necessidade de parar o equipamento atrás de informações armazenadas internamente. Como adição, a máquina poderá, em caso de falhas, sinalizar os setores responsáveis pela manutenção, e em alguns casos, resolver os problemas de forma remota, sem a necessidade de ir ao local. Embora isso possa exigir qualificação, os benefícios superam os custos com qualificação.



## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho possibilitou e amplificou os conceitos aprendidos durante a fase acadêmica, principalmente conhecimentos de automação, a utilização de desenhos CAD, pneumática e sistemas de supervisão, além das noções de usinagem. Apesar do pouco material bibliográfico referente ao assunto, a leitura de manuais técnicos dos equipamentos só é possível devido ao que aprendemos em sala de aula, sendo que também a experiência em processos produtivos foi ampliada.

Mesmo com pouco material para referência, uma vez que o projeto é pioneiro e específico para o setor produtivo, foi possível desenvolvê-lo e entender que a eficiência produtiva não está só em automatizar processos, mas, sim, em como aplicar a automação de uma forma mais enxuta, de maneira que não possa agregar custos elevados, e ainda proporcionar o bem-estar para os trabalhadores.

Este trabalho poderá vir a servir como ponto de partida para trabalhos futuros, pois é importante que sejam explorados assuntos que não estão no escopo do projeto. Como a preocupação desde o início foi com a descrição e desenvolvimento da unificação de duas máquinas a partir de seus softwares e da sua implantação, ele não propõe uma análise aprofundada dos softwares nem de instalações elétricas ou dos dispositivos pneumáticos.

A importância deste se deve por se tratar de um estudo para um processo único descrevendo diretrizes e soluções para o tema abordado e contribuindo assim para o desenvolvimento da cadeia produtiva. Dessa forma, conclui-se que o projeto de unificação das máquinas de gravação do número de série e de aplicação de junta líquida, foi eficiente e eficaz, além de ser economicamente viável, portanto, que os objetivos foram alcançados.

## Referências Bibliográficas

BESSA, Mauro Sérgio do Carmo Marques. **Metodologia Para Avaliação do Nível de Automação em Sistemas de Produção Enxuta**. Dissertação de Mestrado. PUC-PR. Curitiba. 2004. Anais eletrônicos. Acesso em 14 jul 2020. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/5552052-Metodologia-para-a-avaliacao-do-nivel-de-automacao-em-sistemas-de-producao-enxuta.html>>

BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna**: Volume 1. Blucher. 2012. São Paulo.

CAVALCANTE, Marcos Filipe Tavares; CASTRO JÚNIOR, Paulo de Souza. **Estudo da Aplicação da Automação Industrial em Processos Produtivos do PIM**. Monografia. 52p. Manaus. 2015. Centro Universitário do Norte/Uninorte. *Cópia impressa cedida pelos autores*.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica**: Volumes 1 ao 3. McGraw-Hill. 2. ed. São Paulo. 1986.

COELHO, Reginaldo Teixeira; SILVA, Márcio Bacci da. **Teoria da Usinagem de Metais**. Blucher. São. Paulo. 2009.

DANTAS, Murilo Gomes; TÁVORA JÚNIOR, José Lamartine. **Planejamento estratégico da automação industrial em uma perspectiva de alinhamento estratégico**. Artigo. XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção. Ouro Preto/MG. 2003. Anais eletrônicos. Acesso 18 jul 2020. Link: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003\\_tr0702\\_1694.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2003_tr0702_1694.pdf)>

FERRANESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos Metais**. Blucher. São Paulo. 1970.

GANGA, Gilberto Miller Devós. **Metodologia Científica e Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)**: um guia prático de conteúdo e forma. 2011. UAFSCar

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo. Atlas. 2002.

GHINATO, Paulo. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente *just-in-time*. EDUCS. 1996. Caxias do Sul/RS.

GROOVER, Mikell P. **Automação Industrial e Sistemas de Fabricação**. 2015. Ed. Pearson. Anais eletrônicos. E-book.

HERMINI, Helder Anibal. **Engenheiro Elétrico/Instrumentação**. 103p. Atuadores. Unicamp. 2007. Guia Promimp. Petrobrás.

LUZ, Gilberto Barbosa da; KUIAWINSKI, Darci Luíz. **Mecanização, Automação e Automação – Uma Revisão Conceitual e Crítica**. Artigo. 2006. Anais eletrônicos. XIII SIMPEP. Bauru/SP. Acesso em 18 jul 2020. Link: <[https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/1210.pdf](https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1210.pdf)>

MACHADO, Álisson Rocha; ABRÃO, Alexandre Mendes; COELHO, Reginaldo Teixeira; SILVA, Márcio Bacci da. **Teoria da Usinagem de Materiais**. Ed. Blucher. 2009. São Paulo/SP.

MARAFON, Carine; SERVELIN, Thaísa; ANSCHAU, Cláudia Teresinha; SCHNEIDER, Andresa; PAULA, Ronise de. **BENEFÍCIOS DO INVESTIMENTO EM AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE EMPACOTAMENTO DE FARINHA DE TRIGO**. 2018. Artigo. UCEFF. Chapecó/SC. Anais Eletrônicos, Engenharia de Produção. Acesso em 26 jul 2020. Link:

PRODANOV, Cleber Cristiano. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo. Feevale. 2013.

RIBEIRO, Marco Antônio. **Fundamentos da Automação**. 1. ed. 221p. 2003. Salvador/BA.

SANTOS, Elton Ricardo dos; BONKOSKI, Rodrigo. **Desenvolvimento de Dispositivo Automático para Corte de Pescoço em Linha de Produção de Perus**. 2012. Monografia. Pato Branco/PR. UTFPR. Anais eletrônicos. Acesso 23 jul 2020. Link: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/575/1/PB\\_COMIN\\_2012\\_1\\_01.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/575/1/PB_COMIN_2012_1_01.pdf)>

SHINGO, Ghigeo. **O Sistema Toyota de Produção:** do ponto de vista da engenharia de produção. 1996.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores Industriais:** fundamentos e aplicações, funcionamento e especificações, tipos de sensores e aplicações na indústria. 224p. Érica. 8. Ed. 2009.

JUNIOR, Otávio Ribeiro de Barros. **Automação de Alarme Mapeado.** 2015. TCC. Cornélio Procópio /PR. UTFPR. Anais eletrônicos. Acesso 02mar 2021. Link: <CP\_COAUT\_2015\_1\_04.pdf (utfpr.edu.br)>

MARTINS, Paola Caliarri Ferrari. **Desenho Auxiliado por Computador.** 313p. NT Editora. Ed. 2014

BRIALES, Julio Aragon. **Melhoria Contínua Através do Kaizen: Estudo de Caso Daimlerchrysler do Brasil.** 2005. Dissertação de Mestrado. Niterói /RJ. UFF. Anais eletrônicos. Acesso 02mai 2021. Link: <cp020450.pdf (livrosgratis.com.br)>

ORTIZ, Maurício Soares. **Fundamentos de Automação: Conceito, Histórico e Considerações Gerais. Curso de Automação Industrial.** Rio Grande /RS. IFECTRS. Anais Eletrônicos. Acesso 05 mar 2021. Link: <https://docplayer.com.br/storage/26/9047102/1615952145/7x9Zs8rZtz4PSpnEqnq05w/9047102.pdf>

SANTOS, Diego Maradona dos. **Projeto de Automação de uma Máquina de Transversinas para Carrocerias de Caminhões (TCCA) Para Empresa de Carrocerias São Miguel LTDA.** 2012. Caçador /SC. UAVRP. Anais Eletrônicos. Aceso 04 mar 2021. Link: <http://extranet.uniarp.edu.br/acervo/Biblioteca%20Digital%20PDF/Engenharia%20de%20Controle%20e%20Automa%C3%A7%C3%A3o/TCC/Projeto%20de%20automa%C3%A7%C3%A3o%20de%20uma%20m%C3%A1quina%20de%20transversinas%20para%20carroceria%20de%20caminh%C3%A3o.%20Diego%20Maradona%20dos%20Santos.%202012.pdf>

THREE-BOND. **Manual de Aplicador de Junta Líquida Three-Bond:** 02-170. Documento Oficial. S/D.

STURARO, André Zelioli. **Automação de Bombas Dosadoras com Auxílio de Controlador Lógico Programável.** 2009. Campinas /SP Universidade São

Francisco. Monografia. Anais Eletrônicos. Acesso 06/mai 2021. Link: <  
<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2892.pdf>>

ROSÁRIO, João Maurício. **Automação Industrial**. 1. ed. 517p. 2012. São Paulo/SP.