

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

GUSTAVO HENRIQUE RODRIGUES PEREIRA

**AUTOMAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE MONTAGEM E TESTE DE  
ENTUPIMENTO DE CONDENSADORES VEICULARES**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA  
2018

GUSTAVO HENRIQUE RODRIGUES PEREIRA

**AUTOMAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE MONTAGEM E TESTE DE  
ENTUPIMENTO DE CONDENSADORES VEICULARES**

Monografia de Especialização,  
apresentado ao Curso de Especialização  
em Automação Industrial, do  
Departamento Acadêmico de Eletrônica,  
da Universidade Tecnológica Federal do  
Paraná – UTFPR, como requisito parcial  
para obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof. D.r Guilherme Alceu  
Schneider

CURITIBA  
2018



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Curitiba

DIRPPG  
DAELN  
CEAUT



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **AUTOMAÇÃO DE UMA MÁQUINA DE MONTAGEM E TESTE DE ENTUPIMENTO DE CONDENSADORES VEICULARES**

por

**GUSTAVO HENRIQUE RODRIGUES PEREIRA**

Esta Monografia foi apresentada em 22 de fevereiro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Automação Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. D.r Guilherme Alceu Schneider  
Orientador

---

Prof. Ubiradir Mendes Pinto  
Membro titular

---

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas  
Coordenador do Curso

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, a minha família pelo apoio nos momentos em que precisei, e também aos meus colegas de classe que estão juntos na busca dessa conquista. Agradeço aos meus professores que sempre estiveram dispostos a me ajudar e especialmente ao professor D.r Guilherme Alceu Schneider que me acompanhou neste projeto, me ajudando e me instruindo em todos os momentos, caminhando comigo mostrando os caminhos que deveria trilhar para chegar ao final dessa jornada.

## RESUMO

PEREIRA, Gustavo Henrique Rodrigues. **Automação de uma máquina de montagem e teste de entupimento de condensadores veiculares**. 2018. 46 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Esta monografia apresenta o desenvolvimento da automação de um equipamento de montagem e teste de entupimento de condensadores veiculares e tem como objetivo desenvolver oportunidades de melhoria previamente listadas em duas etapas do processo de fabricação em uma multinacional japonesa. Para ser possível o desenvolvimento dessas atividades, foram utilizados conhecimentos em CLP, sistemas supervisórios, IHM (Interface homem máquina) e instrumentação. Objetivando a qualidade exigida do condensador fabricado nessa empresa e sua competitividade de mercado, algumas melhorias foram desenvolvidas e aplicadas ao processo para que resultados fossem obtidos. Junto ao objetivo geral desta monografia, alguns ganhos extras também foram atingidos, como redução do tempo de ciclo do processo e otimização de mão de obra aplicada.

**Palavras chave:** Automação. Processo. CLP. IHM. Tempo de ciclo.

## **ABSTRACT**

PEREIRA, Gustavo Henrique Rodrigues. **Automation of a machine for assembling and testing of clogging of vehicular condenser**. 2018. 46 f. Monografia (Curso de Especialização em Automação Industrial), Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

This monograph presents the development of the automation of an equipment for assembly and test of clogging of vehicle condenser and aims to develop improvement opportunities previously listed in two stages of the manufacturing process in a Japanese multinational. In order to be able to develop these activities, were used knowledge in PLC, supervisory systems, HMI (human machine interface) and instrumentation. Aiming at the required quality of the condenser manufactured in this company and its market competitiveness, some improvements were developed and applied to the process in order to obtain results. Along with the general objective of this monograph, some extra gains were also achieved, such as reduction of process cycle time and optimization of applied labor.

**Keywords:** Automation. Process. PLC. HMI. Cycle time.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de ar condicionado automotivo .....	12
Figura 2 – Fluxo projetado para o Condensador automotivo .....	17
Figura 3 – Chave BCD utilizada para seleção de modelo .....	18
Figura 4 – Sequência de montagem do condensador .....	20
Figura 5 – Torquímetro utilizado para confirmação de torque final .....	21
Figura 6 – Medição de altura e largura para reconhecimento de modelo .....	23
Figura 7 – Ligação dos sensores no CLP .....	24
Figura 8 – Sensor fotoelétrico a Laser .....	24
Figura 9 – Inversão na sequência de processos .....	25
Figura 10 – Painel indicador de resultado OK e NG .....	26
Figura 11 – IHM monocromática simples .....	26
Figura 12 – Sensor barreira ótica com led de sinalização .....	27
Figura 13 – Led sinaliza baia correta .....	28
Figura 14 – Identificação de posição incorreta .....	28
Figura 15 – Parafusadeira eletrônica .....	29
Figura 16 – Unificação dos processos .....	30
Figura 17 – Gráfico de quantidade de peças refugadas por falha de montagem .....	33
Figura 18 – Gráfico de tempos de ciclo .....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de modelos e limites de pressão .....	19
Tabela 2 – Exemplo de modelos e sequência de montagem .....	20



## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS**

CLP	Controlador Lógico Programável
PLC	Programmable Logic Controller
IHM	Interface Homem-Máquina
HMI	Human Machine Interface
HVAC	Heating Ventilation and Air Conditioning
LED	Light Emitting Diode

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1	PROBLEMA .....	14
1.2	OBJETIVOS.....	15
1.2.1	Objetivo Geral .....	15
1.2.2	Objetivos Específicos .....	15
1.3	JUSTIFICATIVA.....	15
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2</b>	<b>PROCESSO A SER MELHORADO .....</b>	<b>17</b>
2.1	TESTE DE ENTUPIMENTO DO CONDENSADOR .....	17
2.1.1	SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO DO PROCESSO DE TESTE .....	18
2.2	MONTAGEM DO TAMPÃO.....	19
2.2.1	SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO DO PROCESSO DE MONTAGEM.....	19
2.3	PONTOS FALHOS .....	21
2.3.1	PONTOS FALHOS NO PROCESSO DE TESTE.....	21
2.3.2	PONTOS FALHOS NO PROCESSO DE MONTAGEM .....	22
<b>3</b>	<b>ALTERAÇÕES REALIZADAS NOS PROCESSOS.....</b>	<b>23</b>
3.1	SELEÇÃO DE MODELO.....	23
3.2	TAMPÃO PROVISÓRIO .....	25
3.3	LIMITAÇÃO DE INFORMAÇÃO .....	25
3.4	SEQUÊNCIA DE MONTAGEM OU FALTA DE COMPONENTES.....	27
3.5	TEMPO DE CICLO .....	29
3.6	UNIFICAÇÃO DOS PROCESSOS.....	29
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>35</b>

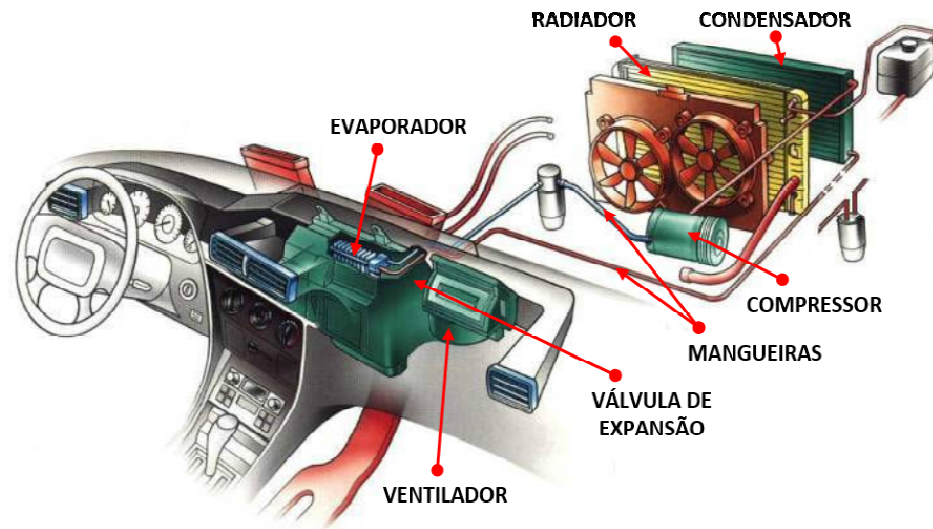
# 1 INTRODUÇÃO

O sistema de climatização automotivo é um dispositivo capaz de modificar as condições no interior de um veículo independente das condições do ambiente externo, e é conhecido como ar condicionado, ou sistema HVAC (*Heating Ventilation and Air Conditioning*). Basicamente ele é composto por um subsistema de ventilação e direcionamento, um de aquecimento, outro de refrigeração e desumidificação do ar. Com a aplicação do sistema ar condicionado em um veículo, é possível controlar temperatura, velocidade e direcionamento do escoamento de ar, garantindo assim condições adequadas para o conforto dos ocupantes do veículo. Além do conforto, esse sistema também implica na segurança durante a condução do veículo, devido facilitar e acelerar o processo de desembaçamento do para-brisa e demais vidros, muito útil nos períodos chuvosos e de frio intenso. O sistema de ar condicionado automotivo ainda contribui para a conservação da saúde dos ocupantes, pois filtra a entrada de poeira e fuligem e também devido sua capacidade de evitar que gases tóxicos liberados do escapamento dos veículos possam poluir o ambiente interno do carro (BICALHO, 2009).

Até pouco tempo atrás o ar condicionado era considerado um acessório de luxo, mas no mercado atual de veículos esse sistema se tornou praticamente obrigatório, sendo que alguns modelos já possuem esse sistema como equipamento de série. Isso nos mostra que os consumidores estão cada vez mais exigentes quando se trata de conforto veicular. As pessoas passam cada vez mais tempo dentro de um automóvel devido à necessidade de enfrentar grandes engarrafamentos, por exemplo, tornando assim fundamental que os veículos proporcionem conforto e prazer ao dirigi-los (BICALHO, 2009).

O ar condicionado automotivo funciona através do princípio de troca de calor entre o ambiente e o sistema de refrigeração. O sistema é composto por ventilador, compressor, evaporador, condensador, tubos e mangueiras, conforme exemplifica a Figura 1. O ventilador faz com que o ar do ambiente circule pelo sistema de ar condicionado. Primeiramente o ar passa por uma serpentina chamada de evaporador, que possui internamente uma substância refrigeradora chamada R134a. Essa substância em estado líquido no interior do evaporador está em baixa

temperatura (7°C), e quando o ar passa pela serpentina gelada, ocorre a troca de calor (MUNDO ESTRANHO, 2017).



**Figura 1 – Sistema de ar condicionado automotivo**  
**Fonte: Bicalho, 2009.**

Ao trocar calor com o ar, o R134a muda de estado e vira gás, sendo necessário então que esse seja comprimido pelo compressor e vire um gás quente a 52°C, o gás entra em outra serpentina, dessa vez o condensador, que o resfriará um pouco, transformando-o em estado líquido novamente. O R134a em estado líquido passa pela válvula de expansão que diminui a pressão do mesmo bruscamente, fazendo com que o R134a volte a sua condição inicial, líquido à 7°C, reiniciando o ciclo de troca com o ambiente (Mundo Estranho, 2017).

No ambiente industrial, como em qualquer outro, devemos utilizar o tempo da forma mais produtiva possível, não podemos desperdiçá-lo ou perder uma oportunidade de aproveitá-lo melhor.

Uma das formas de melhorar o aproveitamento é através da realização de KAIZEN, que de acordo com Imai (1994, p. 3) significa “[...] melhoramento. Mais ainda, KAIZEN significa contínuo melhoramento, envolvendo todos, inclusive gerentes e operários. A filosofia do KAIZEN afirma que nosso modo de vida – seja no trabalho, na sociedade ou em casa – merece ser constantemente melhorado”.

O recado de estratégia de KAIZEN é que nenhum dia deve passar sem que algum tipo de melhoramento tenha sido feito em algum lugar da empresa (IMAI, 1994).

É com esse pensamento que esse trabalho estuda um processo em uma empresa multinacional japonesa voltada ao ramo de autopeças. Nessa empresa foi observado um processo que pode ser mudado e melhorado em diferentes aspectos, como evitar modos de falha, garantindo a qualidade, redução do tempo de ciclo e a possibilidade de transformar duas etapas separadas, sendo necessário um operador para cada, em um processo único com apenas um operador.

Toda essa alteração será estudada e analisada aos olhos da automação, nesse caso considerada de complexidade média, que significa: “de âmbito médio, tais como sistemas transportadores industriais e portuários, manufaturas, processos químicos, térmicos, gerenciadores de energia e de edifícios etc. Podem realizar-se bem com o emprego dos Controladores Lógicos Programáveis e seus softwares aplicativos” (MORAES et al., 2007, p. 17).

Para evitar falhas em produtos como o condensador automotivo é possível utilizar a automação. “O uso de sensores para detectar anormalidades nas operações essenciais e auxiliares elimina a necessidade de controladores humanos para monitorarem as máquinas. As fadigas física e mental podem ser significativamente reduzidas, porque tudo o que os trabalhadores têm a fazer é agir quando problemas são detectados automaticamente” (SHINGO, 1996, p. 34).

Outro ponto considerado nesse trabalho é a redução do tempo de ciclo do processo que de acordo com Bockerstette (1995, p. 5) pode fornecer a empresa uma maior vantagem competitiva, devido aos tempos de ciclo menores resultarem em custos menores, reduzir a necessidade de previsão de vendas, aumento da flexibilidade e capacidade produtiva, entre outros. As mudanças relatadas nesse trabalho estudam a transformação de duas etapas em uma operação multiprocesso. Ainda de acordo com Shingo (1996, p. 34) a operação multiprocesso “é usada quando um operador é responsável pela operação de vários tipos de máquinas no fluxo do processo”.

“Passar operações executadas por trabalhadores para máquinas naturalmente libera tempo livre para os trabalhadores, o que permite que um só trabalhador opere mais de uma máquina” (SHINGO, 1996).

De nada adianta todo o investimento para desenvolver um bom produto e o processo de fabricação desse produto possuir falhas que interferem na qualidade dele. Por isso garantir um processo produtivo seguro, livre de falhas é tão

importante, zelando pela qualidade do processo você garante a qualidade do produto fabricado.

## 1.1 PROBLEMA

Para a garantia da qualidade e competitividade de uma empresa, evitar falhas em produtos é imprescindível, e para evitar que um condensador fora dos padrões de qualidade exigido pela empresa chegue ao cliente final, utiliza-se do teste de entupimento, ou teste de fluxo como também é conhecido, o qual é aplicado em diversos processos na indústria. Por exemplo, no processo de fabricação do condensador automotivo, é necessário que haja um fluxo definido, onde o produto tem um ponto de entrada de gás de refrigeração e um ponto de saída. O gás entra no condensador e percorre um caminho projetado para que ocorra a perda de carga definida e ocorra a troca de calor. Para garantir a qualidade do produto é de extrema importância que o gás percorra esse caminho projetado, ou então pode haver baixo rendimento do condensador. Para isso deve-se garantir que condensador não tenha nenhum vazamento externo ou que a passagem do gás esteja entupida.

Para que essa condição seja garantida em uma empresa multinacional japonesa, todos os condensadores produzidos são submetidos ao teste de entupimento após a conclusão de sua montagem.

Na etapa de montagem dos componentes do condensador foram encontradas algumas oportunidades de melhoria que afetam diretamente na eficiência do processo, como a possibilidade de ocorrer identificação incorreta de modelo e sequência de montagem de componentes incorretas ou até mesmo a falta de montagem de componentes.

Na etapa onde esses condensadores são testados, também foram encontradas falhas, ocasionando uma instabilidade na garantia da qualidade e funcionalidade do produto. Essa etapa também apresentou o risco de identificação incorreta de modelo e alguns outros problemas, como não confiabilidade do teste, devido ao mesmo não ser feito com o produto em suas condições finais e a limitação de informação dos resultados do teste.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Automatizar uma máquina de montagem dos componentes e teste de entupimento de condensadores veiculares implantando melhorias no processo de fabricação buscando assegurar a qualidade do produto final.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Estudar pontos de melhoria na forma de identificação de modelo a ser processado;
- Estudar pontos para alteração na sequência do processo a fim de eliminar etapas desnecessárias;
- Garantir a qualidade do processo e produto através de poka-yokes;
- Estudar forma de reduzir mão de obra aplicada ao produto;

## 1.3 JUSTIFICATIVA

Com o desenvolvimento desse trabalho será possível analisar mais a fundo as duas etapas da linha de produção do condensador automotivo, que são o processo de montagem dos componentes e o teste de entupimento do condensador, e estudar os pontos faltosos desses processos, a fim de eliminar tais falhas e garantir que o produto fabricado nessa linha esteja dentro dos parâmetros exigidos de qualidade. A qualidade dos processos de fabricação desse produto é fundamental para assegurar seu perfeito funcionamento e rendimento no sistema de ar condicionado automotivo e satisfação do consumidor final.

A busca do KAIZEN (melhoria contínua, em japonês) é o combustível de crescimento para grandes empresas, e é o que incentiva o autor do projeto a alcançar o objetivo do trabalho.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto de quatro capítulos. O capítulo 1 dá introdução ao tema do trabalho, a problemática, os objetivos, as justificativas e sua estrutura. No capítulo 2 é apresentado o processo a ser melhorado e suas particularidades. O terceiro capítulo relata as alterações realizadas nos processos estudados. O capítulo 4 aborda os resultados obtidos com as alterações executadas no processo citado no capítulo 3. O quinto e último capítulo encerra o trabalho apresentando as conclusões, resultados e objetivos alcançados no desenvolvimento do trabalho e atividades que serão analisadas no futuro.

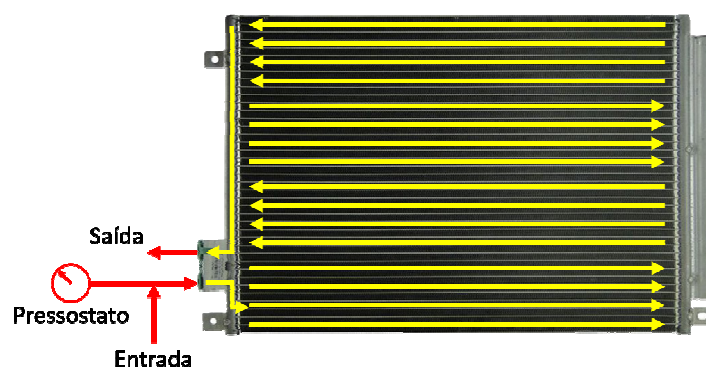


## 2 PROCESSO A SER MELHORADO

Numa empresa multinacional japonesa, existe um processo de fabricação do condensador automotivo, que possui doze etapas desde início até o final da fabricação. Duas etapas específicas foram estudadas nesse trabalho, o teste de entupimento do condensador e a montagem do tampão no mesmo condensador. No decorrer desse capítulo serão estudados os dois processos e suas particularidades, como pontos falhos que podem vir a trazer problemas à empresa em questão. Na seção 2.1 é apresentado a sequência do processo de teste de entupimento, na seção 2.2 apresenta-se a sequência do processo de montagem dos componentes do condensador e na seção 2.3 são estudos dos pontos falhos desses dois processos.

### 2.1 TESTE DE ENTUPIAMENTO DO CONDENSADOR

O teste funciona da seguinte maneira: no ponto de entrada de gás é injetado gás Nitrogênio com pressão ajustada e calibrada. A Figura 2 mostra que a construção do condensador irá aplicar uma resistência à passagem do gás Nitrogênio que por sua vez irá gerar uma pressão na linha testada. No mesmo ponto onde é injetado o gás para teste, é mensurado a pressão que é gerada pela resistência à passagem do fluxo, essa pressão é medida em mmCA (milímetros coluna água).



**Figura 2 – Fluxo projetado para o Condensador automotivo**  
Fonte: Autoria própria

Se a pressão medida estiver dentro dos limites exigidos pela engenharia de processo, a peça é aprovada. Caso a pressão medida esteja fora dos limites

determinados, a peça é descartada. A pressão acima do limite máximo indica maior resistência à passagem do gás, que pode ser gerado por uma interrupção, ou entupimento na linha testada e a pressão medida abaixo do limite inferior indica que a peça testada não apresentou resistência esperada e que pode possuir um vazamento para o ambiente externo.

### 2.1.1 SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO DO PROCESSO DE TESTE

O processo de montagem ocorre na seguinte sequência de operação. O operador recebe a peça do processo anterior e posiciona o condensador na bancada. Visualmente reconhece o modelo de condensador e seleciona o modelo a ser testado pela máquina através de uma chave seletora BCD, conforme apresenta a Figura 3.



**Figura 3 – Chave BCD utilizada para seleção de modelo**  
**Fonte: OMRON, 2017.**

Após a seleção do número do modelo a ser testado, o operador encaixa um tampão provisório no condensador e em seguida o conector de teste, que aplica e mede a pressão no interior da peça. A máquina avalia a pressão medida e julga se está dentro ou não dos parâmetros definidos para esse modelo, e realiza a sinalização através de lâmpada verde para peça aprovada e vermelha para reprovada.

A Tabela 1 exemplifica os limites de pressão para alguns modelos testados nesse processo.

Tabela 1 – Exemplo de modelos e limites de pressão

Fonte: Autoria própria

MODELO A SER TESTADO	PRESSÃO MÍNIMA (mmCA)	PRESSÃO MÁXIMA (mmCA)
1	250	400
2	595	860
3	270	440
4	750	1060
5	570	750

## 2.2 MONTAGEM DO TAMPÃO

O processo de montagem do tampão no condensador consiste em realizar uma sequência de montagem de alguns componentes no interior do tanque *modulator* do condensador. Esses componentes são: o dissecante, o filtro e o tampão propriamente dito. Cada um desses componentes possui suas características e funções: eliminar a umidade do gás R134a, filtrar impurezas oriundas do sistema e estancar a peça para não haver vazamento de gás, respectivamente. Uma falha de montagem nesse processo pode gerar o mau funcionamento do sistema de ar-condicionado.

### 2.2.1 SEQUÊNCIA DE OPERAÇÃO DO PROCESSO DE MONTAGEM

O processo de montagem consiste na seguinte sequência de operação. O operador recebe a peça do processo anterior, no caso o teste de entupimento, posiciona o condensador na bancada e visualmente reconhece o modelo de condensador para que possa identificar a sequência de montagem e suas características, como exemplifica a Tabela 2.

Tabela 2 – Exemplo de modelos e sequência de montagem

Fonte: Autoria própria

MODELO A SER MONTADO	TAMPÃO	QUANTIDADE DE ETAPAS
1	Plástico	3
2	Alumínio	4
3	Plástico	3
4	Alumínio	4
5	Plástico	3

Existem duas sequências de montagem que são definidas pelo modelo de condensador, conforme Figura 4, onde os modelos mais velhos utilizam uma sequência com um tampão de alumínio e os modelos mais novos um tampão de plástico.

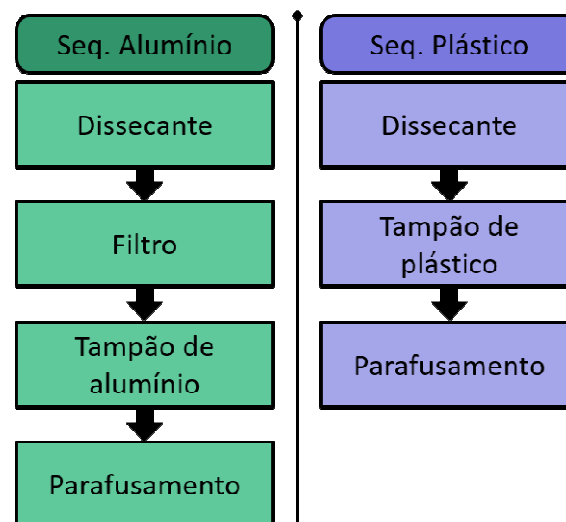


Figura 4 – Sequência de montagem do condensador  
Fonte: Autoria própria

A montagem da sequência do tampão de alumínio é composta por quatro etapas, a inserção do dissecante, do filtro, o parafusamento do tampão e a

confirmação de torque com o torquímetro. Já a montagem do tampão de plástico consiste numa sequência com três etapas, a inserção do dissecante, o parafusamento do tampão de plástico e a confirmação de torque com a utilização do torquímetro conforme mostra a Figura 5.



**Figura 5 – Torquímetro utilizado para confirmação de torque final**  
**Fonte: Autoria própria**

Após a conclusão de todas as etapas de montagem, o condensador está pronto para seguir para o próximo processo.

## 2.3 PONTOS FALHOS

Durante avaliação da linha de fabricação do condensador, foram encontrados diversos pontos falhos nos processos de teste de entupimento e na montagem do tampão do produto condensador.

### 2.3.1 PONTOS FALHOS NO PROCESSO DE TESTE

No processo de teste de entupimento os pontos falhos encontrados foram:

- a) Possibilidade de seleção incorreta do modelo de condensador – O teste de entupimento é julgado de acordo com os parâmetros ajustados para cada modelo individualmente. Se o operador se confundir no momento da seleção do modelo, pode-se informar o modelo errado a ser testado para a máquina, e então a mesma pode reprovar uma peça boa, ou no pior caso, aprovar uma peça ruim.
- b) Possibilidade de alteração da peça pelo uso do tampão provisório – Para execução do teste, a peça chega ainda sem tampão algum, e então o operador utiliza um tampão provisório para realizar o teste da peça. A peça irá receber seu tampão definitivo somente no próximo

processo, que se não for montado corretamente, pode gerar vazamento e anular o teste de entupimento já realizado.

- c) Limitação de informação – Quando a peça testada é reprovada ou aprovada, não há nenhum tipo de informação, como por exemplo, com que pressão a peça foi aprovada ou então se a pressão que reprovou excedeu ou não atingiu os limites de teste.

### **2.3.2 PONTOS FALHOS NO PROCESSO DE MONTAGEM**

No processo de montagem do tampão os pontos falhos encontrados foram:

- a) Possibilidade de montagem fora de sequência ou faltando componentes – Novamente a identificação do modelo a ser montado é visual e está passível de erro humano. O operador tanto pode montar um condensador com a sequência do tampão de alumínio que deveria ser montado com a sequência do tampão de plástico e vice-versa. Também pode haver erro na sequência das etapas e até mesmo a falta de algum componente.
- b) Tempo de ciclo - O parafusamento manual do tampão com a checagem do torque final utilizando o torquímetro é lento e deixa o tempo de ciclo do processo muito alto, fazendo com que o rendimento produtivo da linha seja prejudicado.

### 3 ALTERAÇÕES REALIZADAS NOS PROCESSOS

Para que os objetivos desse projeto serem alcançados, foram estudados os processos e pontos de melhoria no capítulo 2, e esse capítulo tem como objetivo explicar como cada ponto de melhoria foi abordado. Todas as alterações executadas buscam alcançar o objetivo geral do trabalho.

Nas seções 3.1 a 3.6 são apresentadas as alterações realizadas relacionadas à seleção de modelo, tampão provisório, limitação de informação, sequência de montagem ou falta de componentes, tempo de ciclo e unificação dos processos.

#### 3.1 SELEÇÃO DE MODELO

A possibilidade de seleção de modelo de condensador incorreta foi um dos pontos falhos encontrados nos dois processos estudados no capítulo 2. A dificuldade enfrentada pelo operador para identificar o modelo a ser testado é muito grande devido à vasta quantidade de modelos diferentes desse produto, somente nessa linha de produção, pelo mesmo operador passam mais de 30 modelos de condensadores.

A identificação estava passível de erro humano, que poderia ser causado por fadiga física ou até mesmo inexperiência do operador no processo.

Para eliminar esse ponto falho, foi necessário automatizar a identificação do modelo, que poderia ser realizado através da identificação das dimensões dos condensadores (altura e largura), conforme Figura 6.

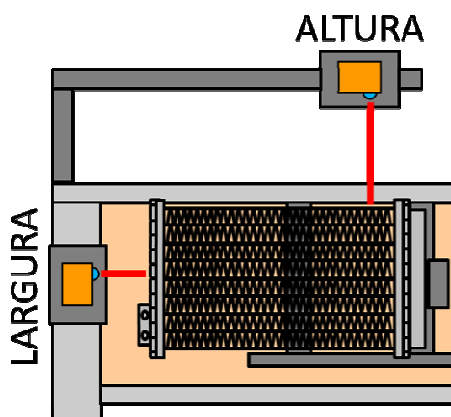
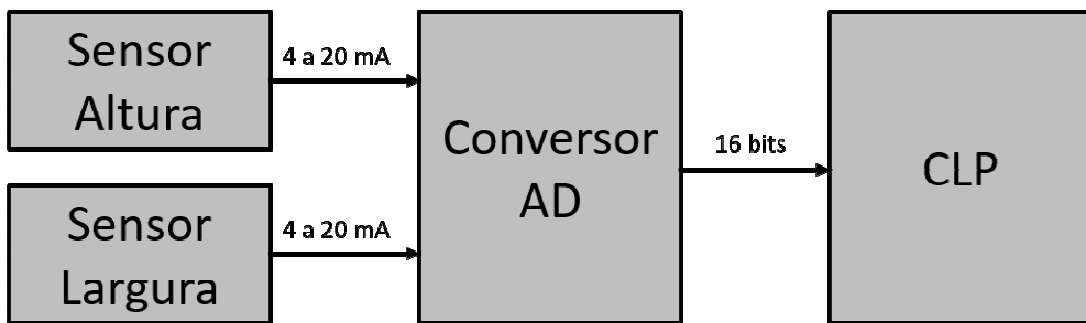


Figura 6 – Medição de altura e largura para reconhecimento de modelo  
Fonte: Autoria própria

Para que a avaliação dessas medidas fosse realizada pelo CLP (controlador lógico programável), seria necessária a utilização de sensores analógicos e um cartão de leitura de entrada analógica a ser vinculado ao CLP conforme mostra a Figura 7. Dessa forma, o CLP poderia verificar a medida do condensador em processo e já identificar o modelo automaticamente, deixando o operador isento dessa responsabilidade.



**Figura 7 – Ligação dos sensores no CLP**  
 Fonte: Autoria própria

Para isso, foram utilizados dois sensores analógicos a laser, exemplificado na Figura 8, um posicionado na lateral do condensador, identificando a largura, e outro posicionado acima do condensador, identificando a altura do mesmo.



**Figura 8 – Sensor fotoelétrico a Laser**  
 Fonte: LEUZE ELECTRONIC, 2017.

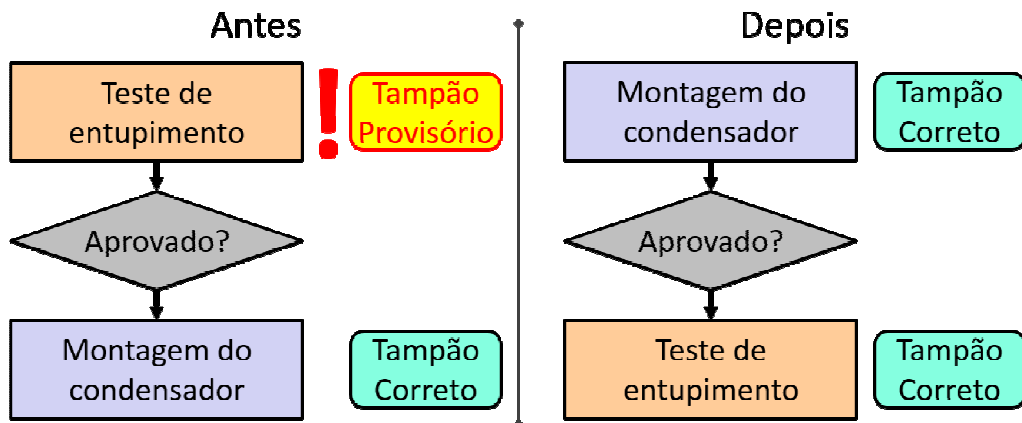


Após a coleta das medidas, pode-se compara-las com as medidas setadas nas receitas de modelo e identificar o modelo correto a ser processado.

### 3.2 TAMPÃO PROVISÓRIO

O emprego do tampão provisório para realização do teste de entupimento era outro ponto a ser melhorado. A utilização desse artifício era empregado devido à sequência de operações serem executadas de forma incorreta, pois primeiro era feito o teste de entupimento com o tampão provisório e após a aprovação nesse teste continuaria para a próxima etapa onde é montado o tampão original da peça, invalidando o teste, visto que após a aprovação no teste, o tampão original poderia ser montado incorretamente, com folga, por exemplo, gerando vazamento e comprometendo a qualidade da peça.

Para resolver esse problema, a ação tomada foi a inversão dessas duas etapas, o teste de entupimento e a montagem dos componentes do condensador conforme apresenta a Figura 9.

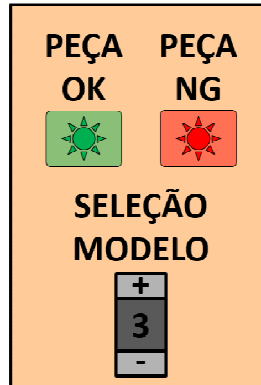


**Figura 9 – Inversão na sequência de processos**  
**Fonte: Autoria própria**

Com a inversão, o teste é realizado após a montagem dos componentes originais do condensador, sem a necessidade da utilização do tampão provisório. Dessa forma o teste garante que a peça está dentro dos parâmetros exigidos devido ter sido testada com os componentes definitivos e não irá sofrer nenhuma alteração.

### 3.3 LIMITAÇÃO DE INFORMAÇÃO

A limitação de informação do teste realizado foi observado no processo de teste de entupimento. A peça era testado e julgada aprovada ou reprovada pela máquina, que apresentava o julgamento através de duas lâmpada, verde para aprovada e vermelha para reprovada, conforme é apresentado na Figura 10.



**Figura 10 – Painel indicador de resultado OK e NG**  
**Fonte: Autoria própria**

Quando a peça era reprovada, não era possível saber se a mesma não atingiu o parâmetro de pressão setado ou extrapolou o limite. Devido essa limitação a tomada de alguma ação para corrigir o processo se tornava demorada, devido a necessidade de descobrir se a peça estava vazando ou entupida para que então fosse possível corrigir a causa dessas falhas.

Com a utilização de uma IHM simples, exemplificada pela Figura 11, foi possível eliminar esse ponto falho, onde na tela desse dispositivo é apresentado os valores coletados durante o teste e comparado com seus limites, aumentando consideravelmente as informações do teste e características da peça testada.



**Figura 11 – IHM monocromática simples**  
**Fonte: ALLEN-BRADLEY, 2017.**

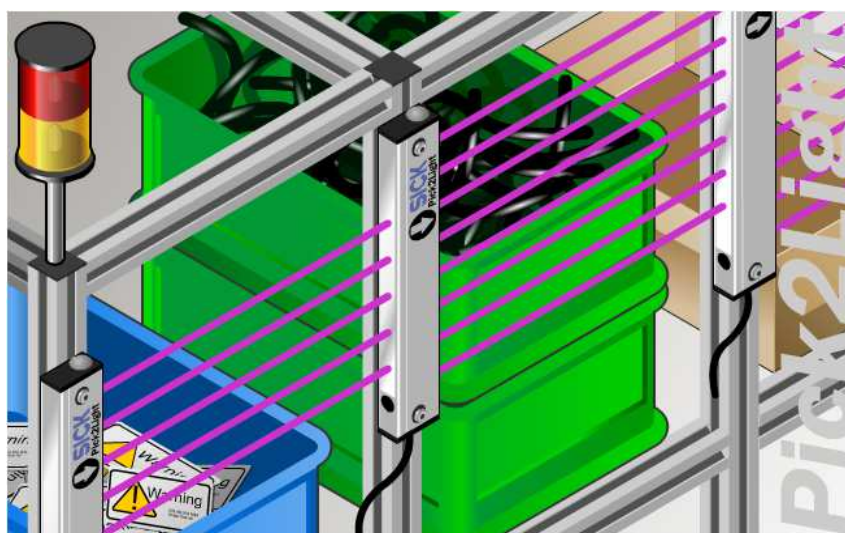
Outro ganho conquistado com a utilização da IHM foi o aumento na facilidade de alteração de parâmetros ou inserção de novos modelos para a engenharia de processo. Para executar tais atividade apenas é necessário uma senha de autorização, e então realizar a alteração via IHM. Anteriormente para a realização dessa atividade era necessário auxílio de algum colaborador da manutenção, que realizava as alteração via CLP.

### 3.4 SEQUÊNCIA DE MONTAGEM OU FALTA DE COMPONENTES

Para alcançar o objetivo desse trabalho, também foi necessário eliminar a possibilidade de montagem fora de sequência ou a montagem com falta de componentes. Para isso, foi necessário adicionar ao processo algum sistema de poka-yoke, que impedisse uma falha na montagem.

A identificação do modelo a ser montado já não cabia ao operador, foi necessário então também eliminar a responsabilidade de identificação de sequência de montagem dos componentes.

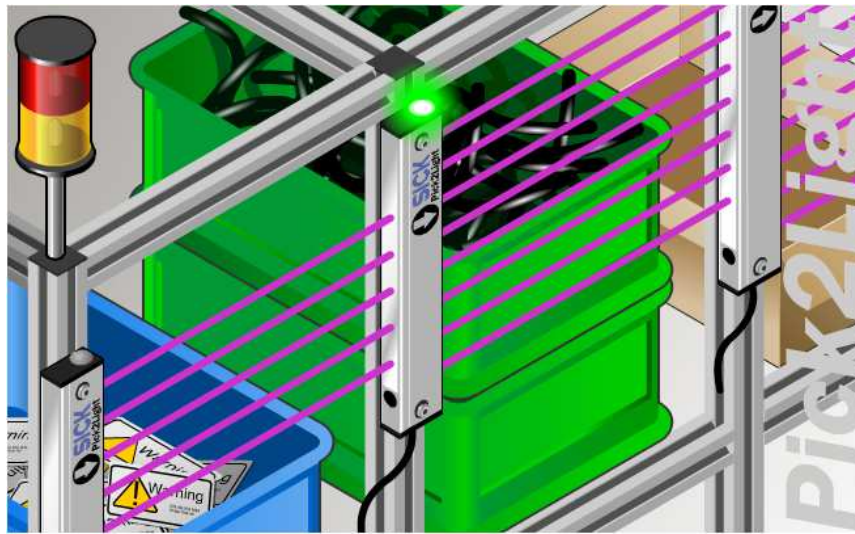
Utilizando sensores de barreira ótica com led de sinalização, exemplificados pela Figura 12, montou-se um sistema de poka-yoke para garantir que o operador retire o componente correto no momento correto de montagem.



**Figura 12 – Sensor barreira ótica com led de sinalização**  
**Fonte: SICK, 2017.**

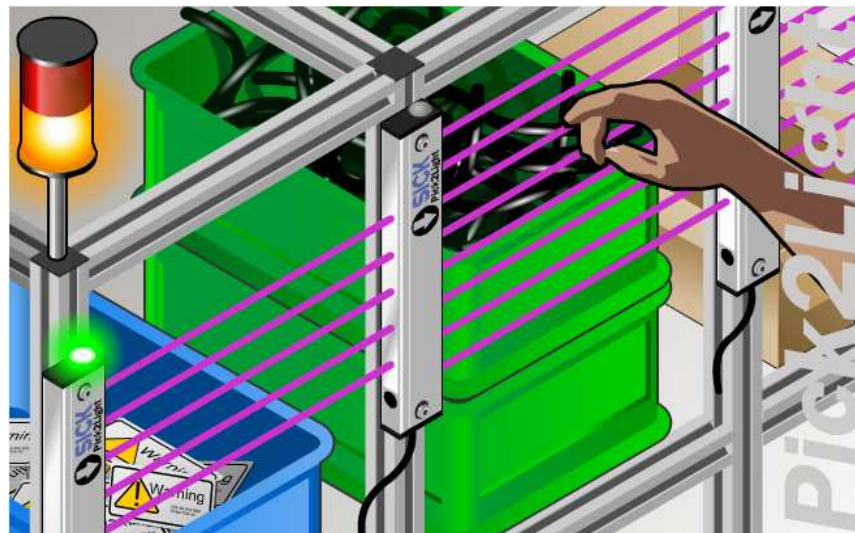
As barreiras foram instaladas nas baias dos componentes, quando for necessário retirar o componente dissecante, o led de sinalização aciona e identifica

a baia com o componente dissecante a ser retirado pelo operador conforme Figura 13.



**Figura 13 – Led sinaliza baia correta**  
Fonte: SICK, 2017.

Caso seja retirado qualquer outro componente, a máquina identifica a falha e interrompe o processo no meio da montagem conforme Figura 14, sendo necessário o descarte da peça e o início de um novo ciclo de montagem.



**Figura 14 – Identificação de posição incorreta**  
Fonte: SICK, 2017.

A sinalização da baia com o componente correto e o *feed-back* dado pelo sensor garante que o operador está seguindo a sequência de montagem correta e que não haverá peças com falta de componentes ou sequência de montagem incorreta.

### 3.5 TEMPO DE CICLO

O tempo de ciclo do processo de montagem estava alto, o transformando no processo gargalo da linha de produção, prejudicando o rendimento produtivo de toda a linha. O parafusamento manual do tampão com a checagem do torque final com o torquímetro estava demorando muito para ser realizado e exigia grande esforço manual operacional.

Para aumentar a velocidade de parafusamento e eliminar a necessidade do uso de um torquímetro, foi adicionado ao processo uma parafusadeira eletrônica, exemplificada pela Figura 15, que além de realizar o parafusamento e aperto final do tampão, controla e garante o torque aplicado no mesmo.

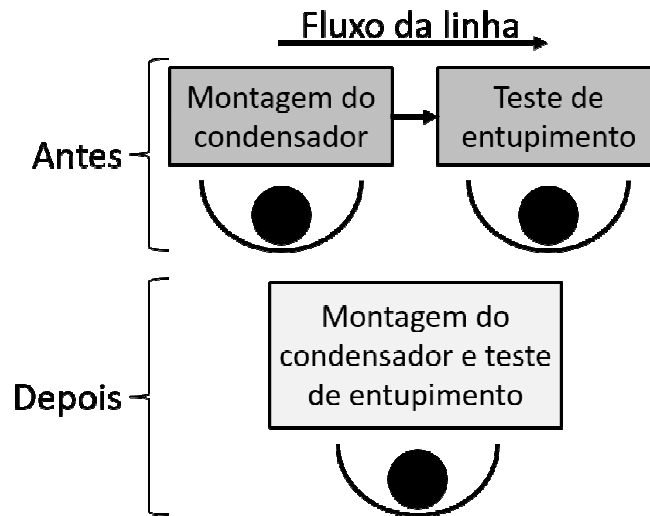


**Figura 15 – Parafusadeira eletrônica**  
**Fonte: ATLAS COPCO, 2017.**

### 3.6 UNIFICAÇÃO DOS PROCESSOS

Após as alterações concluídas nos dois processos, foi observado uma redução considerável no tempo de ciclo e atividades do operador. Antes da alteração haviam dois processos lentos e falhos, que foram corrigidos com as alterações citadas acima, porém agora temos dois processos com operadores com grande período do tempo ociosos.

Para solução desse problema, a ação tomada foi unificar os dois processos: montagem e teste de entupimento, conforme Figura 16.



**Figura 16 – Unificação dos processos**  
Fonte: Autoria própria

Foram modificadas e unificadas duas etapas do processo de fabricação dos condensadores automotivos em apenas uma etapa a ser operada por um único operador, ocupando maior parte do seu tempo e possibilitando remanejar o outro operador em outro posto de trabalho na linha de produção.

## 4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com o desenvolvimento do trabalho, foi possível analisar os pontos falhos nos processos estudados e aplicar melhoramentos a estes processos. O resultado encontrado após a realização do trabalho foi a unificação de postos de trabalhos, ou processos, em um único posto, o qual garante que o produto condensador seja fabricado sem falhas ou perdas.

A nova máquina implementada na linha, que unifica esses dois processos, elimina as falhas existentes no processo da seguinte forma:

Seleção de modelo automática – Com a utilização de dois sensores medindo a altura e a largura do condensador já é possível identificar automaticamente via CPL qual o modelo em processo, eliminando a responsabilidade de o operador identificar o modelo visualmente e o erro humano durante a identificação;

Teste do condensador após total conclusão de fabricação – O teste de entupimento do condensador é realizado somente após a concluir totalmente a fabricação do mesmo, sem restar nenhuma operação. Assim o teste de entupimento e vazamento é realizado já nas condições finais do produto, conforme ele será enviado ao cliente, sem possíveis alterações;

Utilização de IHM para apresentar informações do teste – Com a IHM utilizada na máquina é possível apresentar diversos dados do teste, como parâmetro mínimo e máximo e o próprio valor que está sendo julgado, e após concluir o teste é possível visualizar com que valor de pressão a peça foi aprovada ou reprovada. No caso de reprovação, é possível identificar a condição do condensador reprovado e saber se está entupido ou furado;

Poka-yokes de sequência de montagem – A máquina possui um sistema onde orienta e observa se a sequência de montagem dos componentes do condensador está correta. De acordo com o modelo que já foi identificado automaticamente é indicado ao operador através de LED's qual componente deve ser montado e caso seja feita a montagem incorreta é necessário que esse condensador seja descartado e iniciado uma nova sequência de montagem com um novo condensador.

Melhor tempo de ciclo da linha – Mesmo com a unificação dos dois processos em um único processo foi possível reduzir o tempo de ciclo, antes o

processo de montagem e o processo de teste de entupimento possuíam 13 e 18 segundos de tempo de ciclo respectivamente. Já com os processos unificados e com o emprego das melhorias apresentadas ao longo do capítulo 3, o tempo de ciclo reduziu significativamente para 12 segundos;

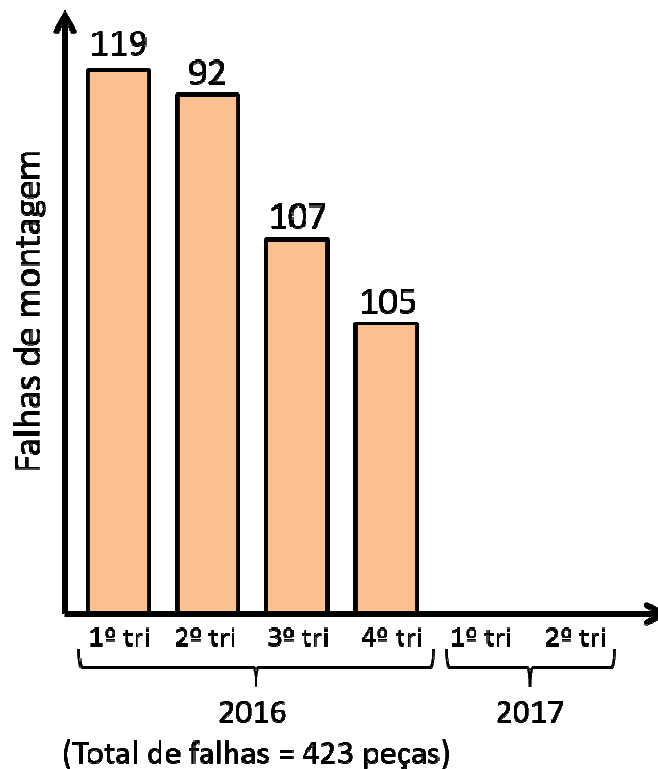
Otimização de mão de obra - Outro resultado positivo encontrado com a unificação dos processos foi a redução de mão de obra. Com os dois processos unificados necessita-se apenas um operador na máquina, e não mais dois operadores como eram antes da unificação.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a conclusão do trabalho é possível observar que a qualidade do processo de fabricação do condensador está garantida, e ainda como melhoria foi possível reduzir o tempo de ciclo desse processo e mão de obra dedicada à fabricação do condensador automotivo.

Como resultado final, a multinacional japonesa onde se encontra esse processo, obteve grandes ganhos. Avaliando o indicador de peças rejeitadas por falha na montagem de componentes é possível verificar que o volume de peças refugadas por essa falha em 2016 foi reduzido à zero em 2017, eliminando a falha de peças montadas incorretamente como é ilustrado na Figura 17.



**Figura 17 – Gráfico de quantidade de peças refugadas por falha de montagem**  
**Fonte: Autoria própria**

Garantindo que não temos mais a falha de montagem, podemos garantir a eficiência do condensador no sistema de ar condicionado automotivo e a satisfação do cliente final.

Outro ganho obtido com resultado do trabalho foi a redução do tempo de ciclo da linha. O tempo de ciclo do processo de teste de entupimento era de 18

segundos, sendo o processo gargalo da linha, e o tempo de ciclo do processo de montagem de componentes era de 13 segundos. Unificando os dois processos, e com a aplicação das melhorias apresentadas no capítulo 3, o tempo de ciclo reduziu para 12 segundos, conforme mostra a Figura 18.

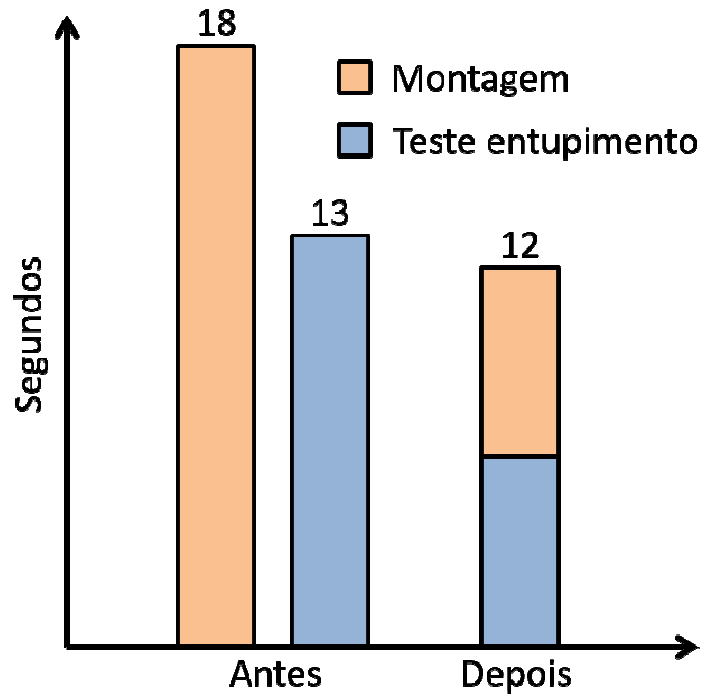


Figura 18 – Gráfico de tempos de ciclo  
Fonte: Autoria própria

A redução de mão de obra de um operador na linha de fabricação do condensador refletiu em resultado financeiro à empresa, que gasta em média R\$ 36.000,00 em salários por ano por operador, podendo assim considerar uma redução de gastos com mão de obra de mesmo valor.

## REFERÊNCIAS

ALLEN-BRADLEY. **IHM Panelview 300**. Disponível em <[http://ab.rockwellautomation.com/resources/images/allenbradley/gl/medlrgprod/2711\\_PanelViewStandard300MicroScreen\\_front1-large\\_312w255h.jpg](http://ab.rockwellautomation.com/resources/images/allenbradley/gl/medlrgprod/2711_PanelViewStandard300MicroScreen_front1-large_312w255h.jpg)> . Acesso em 15 jan. 2017.

ATLAS COPCO. **Parafusadeira eletrônica**. Disponível em <[http://static.wixstatic.com/media/a17cc6\\_874c1467fa2d48cf904ab0bc0540de09.jpg\\_srz\\_1499\\_843\\_85\\_22\\_0.50\\_1.20\\_0.00\\_jpg\\_srz](http://static.wixstatic.com/media/a17cc6_874c1467fa2d48cf904ab0bc0540de09.jpg_srz_1499_843_85_22_0.50_1.20_0.00_jpg_srz)> . Acesso em 15 de jan. 2017.

BICALHO, Gustavo Inácio. **Aumento da Eficiência do Ar Condicionado Veicular pela Melhoria do Sistema de Ventilação**. Belo Horizonte: Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, 2009.

BOCKERSTETTE, Joseph A.; MOURA, Reinaldo A. **Guia para redução do tempo de ciclo**. 1ª edição. São Paulo: IMAM, 1995.

SHINGO, Shigeo. **Sistemas de produção com estocagem zero: o Sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

IMAI, Masaaki. **Kaizen – The Key to Japan's Competitive Success**. 5ª edição. São Paulo: Instituto IMAM, 1994.

LEUZE ELECTRONIC. **Laser Sensors**. Disponível em <[http://leuze.com.br/selector/ci\\_img/Heiler/Volumes/Volume0/opasdata/d100001/derivates/1/167/781/8/DV001\\_666px\\_PPIC\\_HRTL8\\_R.jpg](http://leuze.com.br/selector/ci_img/Heiler/Volumes/Volume0/opasdata/d100001/derivates/1/167/781/8/DV001_666px_PPIC_HRTL8_R.jpg)>. Acesso em 15 jan. 2017.

MORAES, Cícero Couto de; CASTRUCCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial**. 2ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MUNDO ESTRANHO. **Como funciona um ar condicionado**. 2017. Disponível em: <<http://mundoestranho.abril.com.br/tecnologia/como-funciona-o-ar-condicionado>>. Acesso em: 22 abr. 2017.

SICK. **Pick 2 Light**. Disponível em <<https://www.sick.com/br/pt/portfolio-de-produtos/cortina-de-luz-de-automacao/cortinas-de-luz-de-automacao-com-comutacao/slg/c/g317451>>. Acesso em 15 de jan. 2017.

OMRON. **Chave BCD**. Disponível em <<https://media.digikey.com/Photos/Omron%20Elect%20Photos/A7PS-206-1.JPG>>. Acesso em 15 jan. 2017.