



# ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NO PROCESSO DE FABRICO DE MOTORES ELÉTRICOS

**BRENO VISENTIN SUSIN**

novembro de 2018

# ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NO PROCESSO DE FABRICO DE MOTORES ELÉTRICOS

Breno Visentin Susin  
1170129

**2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial





# ESTUDO E IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED NO PROCESSO DE FABRICO DE MOTORES ELÉTRICOS

Breno Visentin Susin  
1170129

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Engenheiro João Augusto de Sousa Bastos, [jab@isep.ipp.pt](mailto:jab@isep.ipp.pt).

**2018**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

## JÚRI

### **Presidente**

Doutor José Brandão

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

### **Orientador**

Mestre João Augusto de Sousa Bastos

Professor Adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

### **Co-orientador**

Doutor Marcelo Vasconcelos De Carvalho

Professor do Magistério Superior da Universidade Tecnológica Federal do Paraná

### **Arguente**

Doutor João Tavares

Professor Associado da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, frutos de todos meus princípios e virtudes. A eles dedico todas minhas conquistas, pois nunca mediram esforços para tornar todos meus sonhos possíveis. A eles dedico todo meu amor e serei eternamente grato.

Aos meus irmãos, Raquel e Lucas, que mesmo morando longe uns dos outros sabemos que sempre teremos a amizade mais verdadeira e que só é possível ter com um irmão. Obrigado por serem exemplos de pessoas para mim.

À minha namorada Bruna, por me apoiar em toda essa caminhada e nesse sonho de morar fora do Brasil. Que não mediu esforços para que tudo ficassem bem, me ajudando e sendo compreensiva em vários momentos.

Ao Professor Marcelo Vasconcelos De Carvalho, docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e que me auxiliou por toda essa jornada acadêmica, desde os primeiros semestres até esse trabalho.

Ao Professor João Augusto de Sousa Bastos, pelas opiniões e críticas, além da disponibilidade e conselhos que surgiram durante o trabalho e foram fundamentais para a realização do projeto.

Aos meus amigos aqui de Portugal pelo companherismo e força para tornar a distancia algo superável. E aos amigos do Brasil que sempre mantiveram o contato e que levarei para o resto da vida independente de onde estiver.



## PALAVRAS CHAVE

SMED, Motores Elétricos, Melhoria Contínua, Maquinagem

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a aplicação das ferramentas do *Lean Manufacturing* em um processo de fabricação de carcaças para motores elétricos. O foco do trabalho deu-se na redução de tempos de *setup* a partir do uso do *Single Minute Exchange of Die* e na atualização das ferramentas envolvidas no processo de fabricação para diminuição do tempo do processo geral.

O trabalho desenvolve-se seguindo a metodologia DMAIC, onde é feito o mapeamento dos processos envolvidos, a medição de tempos das atividades, a análise das possíveis melhorias e modificações, a aplicação desses projetos elaborados e posteriormente o controle e a documentação do novo processo desenvolvido.

Através da implementação destes novos métodos de produção obteve-se um ganho de capacidade da máquina em torno de 20%, reduzindo os turnos extras para compensar a produção e aumentando significativamente a capacidade da linha produtiva.

Desta forma, restou evidenciada a relevância de um *setup* aprimorado e um bom gerenciamento de ferramental para maquinagem no tempo final de um produto.



## **KEYWORDS**

SMED, Electric Motors, Continuous Improvement, Machining

## **ABSTRACT**

The present work had the objective of employing the tools of Lean Manufacturing in the fabrication process of carcasses for electric motors. The focus of the study is on reducing *setup* times by the usage of SMED and by upgrading the tools involved in the manufacturing process to decrease overall process time.

The work is developed while following the DMAIC methodology, in which the involved processes are mapped, the activities times are measured, the possible improvements and modifications are analyzed, the developed projects are applied, and finally both control and documentation of the new process are performed.

By implementing these new production methods, the machine gains about 20% more in its capacity, reducing the extra shifts for compensating production and significantly increasing the efficiency of the production line.

Hence, it is evidenced the relevance of an improved *setup* and of a good management of machining tooling on the total time of production.

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve and Control
DPEST	Dissertação, Projeto e Estágio
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	Just in Time
PCP	Planeamento e controle da produção
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
VTC	Torno Vertical

## GLOSSÁRIO DE TERMOS

---

JIT	Conceito de produção que objetiva alocar a matéria prima na quantidade certa e no tempo correto.
PCP	Setor responsável pela organização da linha de produção
TPM	Filosofia de produção em que o engajamento das pessoas é necessário para o bom funcionamento de um sistema produtivo.
SMED	Metodologia criada por Shigeo Shingo para reduzir os tempos de <i>setup</i>

---

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - FASES DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DMAIC .....	20
FIGURA 2 - PILARES DA FILOSOFIA TPS (INNOVATION) .....	25
FIGURA 3 - FERRAMENTA COM POKA-YOKE IMPLEMENTADO (INTERNATIONAL, 2017) .....	27
FIGURA 4 - REPRESENTAÇÃO TEÓRICA DE UM SISTEMA ANDON (WERMA, 2016).....	28
FIGURA 5 - DESPERDÍCIOS DE TEMPOS COM SETUP (MCINTOSH ET AL., 2000) .....	32
FIGURA 6 - ETAPAS DO PROCESSO SMED (SHINGO, 1985) .....	33
FIGURA 7 - LOGO WEG (WEG, 2018) .....	37
FIGURA 8 - PLANTA WEG DENTRO DA EFACEC (WEG, 2018) .....	37
FIGURA 9 - W22X SIMPLES E TUBULAR .....	39
FIGURA 10 - MOTOR W50 E MOTOR HGF .....	39
FIGURA 11 - CARÇAÇA SULZER .....	39
FIGURA 12 - MOTOR WEG EM CORTE. FONTE: WEGEURO .....	40
FIGURA 13 - GRÁFICO DE CARGA DE TRABALHO VTC .....	40
FIGURA 14 - TORNO VERTICAL (VTC).....	42
FIGURA 15 - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DE SETUP. ....	42
FIGURA 16 - CURVA ABC DOS PRODUTOS FABRICADOS NO VTC .....	44
FIGURA 17 - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES PARA MELHORIA DOS MÉTODOS DE SETUP .....	47
FIGURA 18 - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE NOVAS FERRAMENTAS E PARÂMETROS DE MAQUINAGEM.....	47
FIGURA 19 - GRÁFICO PIZZA PARA SETUP PRIMEIRO LADO .....	49
FIGURA 20 - GRÁFICO DO TEMPO TOTAL DE PRODUÇÃO .....	52
FIGURA 21 - PARAFUSADEIRA PNEUMÁTICA .....	55
FIGURA 22 - PRIMEIRO PROTÓTIPO DE CALÇO .....	56
FIGURA 23 - SEGUNDO PROTÓTIPO DE CALÇO .....	57
FIGURA 24 - SEGUNDO PROTÓTIPO PRÉ FABRICADO .....	57
FIGURA 25 - PRATO CENTRADOR VTC .....	58
FIGURA 26 - PRATO CENTRADOR USINADO .....	59
FIGURA 27 - CONTRA PESOS.....	60
FIGURA 28 - FERRAMENTA DUPLA DE MAQUINAGEM .....	61
FIGURA 29 - GRÁFICO DOS GANHOS COM ALTERAÇÕES NO SETUP .....	63
FIGURA 30 - GRÁFICO DOS GANHOS COM ALTERAÇÕES NA MAQUINAGEM .....	65
FIGURA 31 - GRÁFICO DOS TEMPOS COM E SEM AS MELHORIAS .....	65
FIGURA 32 - GRÁFICO DE TEMPO GASTO NA PRODUÇÃO E QUAL SERIAM OS NOVOS TEMPOS COM MELHORIAS.....	70
FIGURA 33 - PINÇAS DE FIXAÇÃO HIDRÁULICA .....	71
FIGURA 34 - ADAPTAÇÃO DE CALÇO PARA PRIMEIRO LADO .....	71

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - FERRAMENTAS UTILIZADAS NO TRABALHO .....	26
TABELA 2 - ETAPAS DO 5S (RABIA AZZEMOU 2012) .....	29
TABELA 3 - RELAÇÃO ENTRE TEMPO DE SETUP E TAMANHO DE LOTE (SHINGO, 1985) .....	32
TABELA 4 - HISTÓRICO DE PRODUÇÃO WEGEURO ENTRE 2015 E 2018 .....	44
TABELA 5 – RESUMO DOS PRINCIPAIS DESPERDÍCIOS OBSERVADOS .....	46
TABELA 6 - PROCEDIMENTOS PARA O SETUP DE PRIMEIRO LADO .....	48
TABELA 7 - PROCEDIMENTOS PARA O SETUP DE SEGUNDO LADO .....	50
TABELA 8 - PROCEDIMENTOS PARA A MAQUINAGEM MODELOS W50/HGF .....	51
TABELA 9 - PROCEDIMENTOS PARA A MAQUINAGEM MODELOS W22X.....	51
TABELA 10 - TAREFAS INTERNAS E EXTERNAS PRIMEIRO LADO.....	54
TABELA 11 -TAREFAS INTERNAS E EXTERNAS SEGUNDO LADO .....	54
TABELA 12 - TAREFAS E TEMPOS FINAIS DO SETUP PRIMEIRO LADO APÓS ALTERAÇÕES.....	62
TABELA 13 - TAREFAS E TEMPOS FINAIS DO SETUP SEGUNDO LADO APÓS ALTERAÇÕES.....	62
TABELA 14 - TAREFAS E TEMPOS OBTIDOS COM IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTA DUPLA PARA HGF E W50.....	64
TABELA 15 - TAREFAS E TEMPOS OBTIDOS COM IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTA DUPLA PARA W22X .....	64
TABELA 16 - RESUMO DAS MELHORIAS OBTIDAS .....	69



# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	19
1.2	OBJETIVOS	19
1.3	METODOLOGIA	19
1.4	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	20
2	ESTADO DA ARTE	23
2.1	LEAN MANUFACTURING	23
2.1.1	Contextualização Histórica	23
2.1.2	Toyota Production System	24
2.1.3	Just In Time	26
2.1.4	Jidoka	27
2.2	FERRAMENTAS LEAN	28
2.2.1	5s	28
2.2.2	Kaizen	30
2.2.3	Tpm	30
2.2.4	Single Minute Exchange To Die (Smed)	31
3	ESTUDO DE CASO	37
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	37
3.2	ANÁLISE DO PROCESSO	38
3.2.1	Descrição Dos Produtos	39
3.2.2	Análise Do Acúmulo De Carga No Processo De Produção	40
3.2.3	Recolha De Dados Para Estudo De Melhorias	41
3.2.4	Mapeamento Dos Problemas	45
3.2.5	Visão	47
3.3	PROJETOS DE MELHORIA	48
3.3.1	Tarefas Executadas E Cronometragens	48
3.3.2	Implementação Do Smed No Setup	53
3.3.3	Melhoria No Sistema De Maquinagem	59
3.4	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	61
3.4.1	Ganhos Com O Setup	61
3.4.2	Ganhos Na Maquinagem	63
3.4.3	Ganhos Totais De Tempo	65
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	69
4.1	CONCLUSÕES	69
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	70
	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	75
	ANEXOS	79
	ANEXO A – FOLHA PADRÃO DE CRONOMETRAGEM	79
	ANEXO B – PRIMEIRO PROTÓTIPO DO CALÇO	80
	ANEXO C – SEGUNDO PROTÓTIPO DO CALÇO	81



# INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A presente dissertação propõem-se apresentar o trabalho desenvolvido na disciplina DPEST – Dissertação/Projeto/Estágio, no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica na área de Gestão Industrial no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

O projeto da tese foi desenvolvido na empresa WegEuro – Maia, uma filial da Weg Brasil em Portugal, terceira maior fabricante de motores elétricos do mundo. O foco do trabalho se deu no processo de fabricação das carcaças dos motores, aplicando as ferramentas do *Lean Manufacturing*, com ênfase no método SMED.

Os modelos dos produtos analisados apresentam algumas semelhanças, entretanto não é possível uma padronização da produção, uma vez que a fábrica atende a um nicho de mercado extremamente especializado e que solicita produtos sob encomenda.

## 1.2 OBJETIVOS

O projeto concentrou-se em reduzir os tempos de *setup* para a fabricação das carcaças no Torno Vertical (VTC) e em aprimorar os parâmetros de operação da máquina, resultando em ganho de tempo produtivo e conseqüentemente elevando os índices de produtividade. Para tal, foi aplicada a filosofia *Lean* e a ferramenta SMED. A referência de literatura base para o estudo da ferramenta foi *A Revolution in Manufacturing-The SMED System* do autor *Shigeo Shingo*.

Atualmente o VTC representa o ponto de gargalo do sistema produtivo da WegEuro – Maia e ganhos na sua produção significam um aumento da capacidade produtiva da planta. Portanto, além do SMED para as melhorias de *setup*, o trabalho tem como objetivo aplicar outras ferramentas que possam resultar em ganhos para a fabricação das carcaças.

Três elementos extras também foram considerados. O primeiro abordou os parâmetros e ferramentas utilizadas para a fabricação dos materiais; o segundo incidiu nos equipamentos que podem ser utilizados para aumentar a eficiência produtiva durante o trabalho e, por fim, a utilização de tabelas de tempos mais condizentes com a realidade da produção, dando *inputs* mais realistas para o sistema de PCP.

## 1.3 METODOLOGIA

A metodologia escolhida para definir as linhas de pesquisa foi a DMAIC, pois seu foco está ligado à melhoria contínua e aos indicadores de performance. Sua origem é o Método Seis Sigma e objetiva a solução de problemas em empresas industriais de grande porte. Com ela é possível definir os indicadores que serão abordados e assim estabelecer um critério de comparação entre o processo final, com alterações e o inicial. As ferramentas mais utilizadas pelas empresas que aplicam o método DMAIC no Programa Seis Sigma são: coleta de dados, histograma, diagrama de Pareto,

brainstorming, carta de controle, índices de capacidade, fluxograma e mapa de processo. (Andrietta & Miguel, 2007)

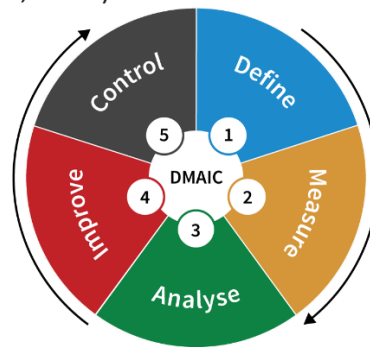


Figura 1 - Fases de aplicação do método DMAIC (Robert Hart)

A Figura 1 representa os passos associados para a aplicação da metodologia DMAIC e agora serão explanadas cada uma dessas fases aplicadas a esse trabalho.

1. Define: estruturar os processos e elencar as tarefas;
2. Measure: medir os tempos associados a cada tarefa elaborada;
3. Analyse: estudar as causas de problemas e possíveis melhorias em cada etapa de operação;
4. Improve: aplicar as melhorias estudadas e definidas;
5. Control: assegurar que as melhorias propostas e definidas sejam aplicadas e tenham uma duração permanente.

#### 1.4 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este trabalho é composto por quatro grandes capítulos que apresentam de forma detalhada todo o trabalho realizado. Após a introdução, o capítulo dois fará um estudo das bibliografias e referenciais que permeiam os assuntos tratados na dissertação e que servirão de base para a elaboração das melhorias. O capítulo três se reservará à apresentação da empresa, ao levantamento de dados e às propostas de melhorias encontradas. O quarto capítulo discute os resultados encontrados e os efeitos das melhorias implementadas, bem como a sugestão de trabalho futuros a serem realizados.

##### *Capítulo 1 – Introdução*

Descrição inicial da proposta do projeto e enquadramento da estrutura.

##### *Capítulo 2 – Estado da arte*

Estudo bibliográfico e base de referência para elaboração do projeto de estudo.

##### *Capítulo 3 – Estudo de caso*

Apresentação da empresa, definição do plano de ação e implementação de melhorias.

##### *Capítulo 4 – Conclusão e trabalhos futuros*

Considerações finais e proposta de projetos futuros.

# FUNDAÇÃO TEÓRICA

2.1 LEAN MANUFACTURING

2.2 FERRAMENTAS LEAN



## 2 ESTADO DA ARTE

Este capítulo tem como objetivo o estudo da origem e evolução do método SMED e suas funcionalidades. Servirá de base para fundamentar as linhas de pesquisa a fim de propor soluções aos problemas observados nesta tese. Além desse método, também serão abordados os princípios do *Lean Manufacturing*, com ênfase em suas ferramentas de gestão.

### 2.1 LEAN MANUFACTURING

O pensamento *Lean* se concentra em utilizar o conhecimento do mercado para explorar oportunidades lucrativas dentro de ambientes inconstantes. Esse foco está em diminuir ou eliminar perdas de tempo e garantir um processamento com cronograma previsível (Naylor, Naim & Berry, 1999).

#### 2.1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

A necessidade de equipamentos e os avanços científicos no século XIX possibilitaram a evolução dos processos de produção manuais para a produção mecanizada. No período pós-revolução, os cenários mundiais eram de uma grande demanda de fabrico para um mercado consumidor ansioso com nova gama de produtos.

Esse cenário gerou um sistema no qual as empresas não se preocupavam com ferramentas de gestão, vez que a alta demanda do mercado supria as perdas nos processos. Entretanto, surge em meio a essa produção caótica um modelo diferenciado que se destacaria nos modelos de produções mundiais: o modelo Ford.

O modelo consistia numa produção em fluxo com simplicidade e fácil montagem, reduzindo até 90% os esforços para a produção do Modelo T durante o ano de 1913. Além disso, a fácil manutenção dos carros fabricados por Ford se tornava um chamariz para o mercado consumidor (Jones & Womack, 2004).

Ford estava focado numa “produção em massa”, a qual consistia em grandes lotes de produção e pouca variedade de modelos, objetivando redução de custos. Ademais, não utilizava os conhecimentos dos operários em busca de novas soluções para os problemas de qualidade que ocorriam no processo. Esses descuidos se tornariam o ponto de partida para consolidação de sua principal concorrente.

Observando o método produtivo americano, e ajustando o processo de “produção em massa” para a sua realidade de mercado, surge uma nova linha de pesquisa no Japão. Esse estudo, liderado por Taiichi Onho e Shigeo Shingo, consistia em obter uma linha de produção variável, permitindo um portfólio mais vasto de produtos, com boa qualidade e que atendesse as necessidades do mercado. O método elaborado por eles foi denominado de *Toyota Production System (TPS)*, nome atribuído devido à empresa Toyota ser a primeira a receber essa filosofia de produção. A implementação desta filosofia fez com que a Toyota ganhasse prestígio no mercado mundial de automóveis e,

posteriormente, suas linhas de produção foram objeto de estudo para outras empresas do setor, inclusive a Ford.

Mais tarde, o termo TPS se tornou conhecido como *Lean Manufacturing*, ou, numa tradução mais literal, “produção enxuta/magra”.

### 2.1.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

O conceito principal desta metodologia está relacionado a uma produção que evita ao máximo as perdas e os custos desnecessários. Para isso, procura-se atingir a excelência, utilizando recursos financeiros somente em processos que agreguem valor ao produto final. Os pontos mais recorrentes de desperdício são notados em transportes dispensáveis de peças, excesso de produtos em *stock*, tempo de equipamento parado e não conformidades.

Desperdícios do sistema produtivo segundo Ghinato (1995):

- Superprodução

Para Shingo (1989) a superprodução ocorre por dois motivos principais: primeiro por produzir mais que o necessário e segundo em razão de uma produção que se antecipa a real necessidade.

A busca por uma fabricação mais condizente com as demandas de mercado necessita de um planejamento para suprimento de pedidos em casos de problemas como quebras de máquinas ou problemas com fornecedores (Antunes, 2008).

- Transportes durante o processo

O movimento do produto pelas linhas de produção gera um custo de transporte que não agrega valor ao resultado. As tentativas para melhoria desse transporte traduzem uma maior eficiência produtiva, entretanto, apenas a eliminação desse processo seria considerada uma melhoria real (Shingo, 1989).

- Processo produtivo

Deve-se realizar um estudo inicial para verificar qual o motivo de produção do objeto e seus métodos de processamento (Shingo, 1989). O processo produtivo possui como escopo perceber as etapas necessárias durante o processamento a fim de analisar se elas agregam valor significativo para o cliente.

- Produtos defeituosos

Produtos não conformes geram um grande número de retrabalho e interferem no planejamento da linha produtiva. Decorre de processos mal elaborados e falta de inspeção durante o fabrico.

- Tempos de espera

Antunes (2008) divide os tempos de espera em duas categorias: a primeira está relacionada ao tempo de máquina parada (*setup* e manutenção) e a segunda envolve o tempo de espera do trabalhador (excesso de tarefas e falta de treinamento).

- Movimento do trabalhador

Para Shingo (1989), o movimento dos trabalhadores está dividido em dois grupos. O primeiro, realizado durante a operação e que agrega valor ao produto, e o segundo que o doutrinador intitula como “perdas”, sendo essas: pausas, carregamentos, etc.

- *Stock*

O excesso de produtos acabados e de matéria-prima gera um grande custo de *stock*, vez que necessitam de grandes espaços para a alocação desses componentes e utilizam um capital que poderia ser melhor investido.

Com o objetivo de reduzir e até eliminar esses desperdícios foram desenvolvidas várias ferramentas de qualidade que são exemplificadas na Figura 2.

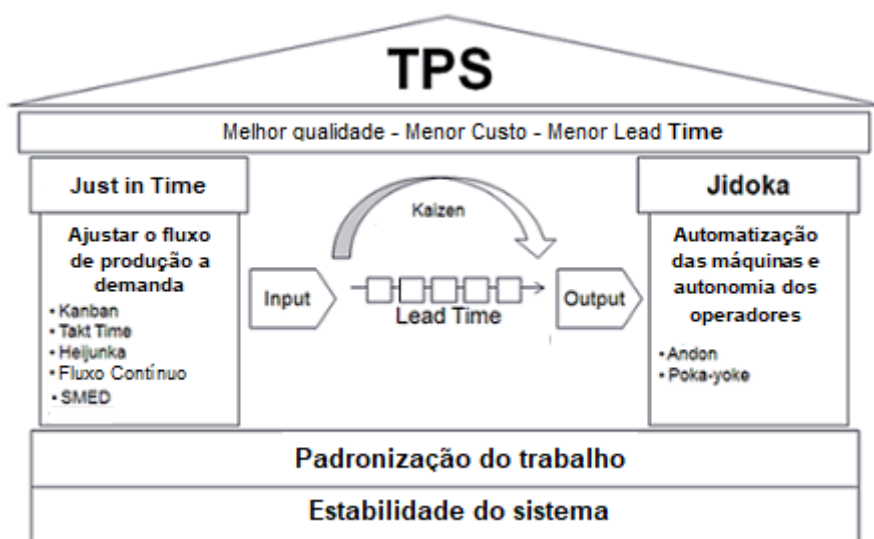


Figura 2 - Pilares da filosofia TPS (Innovation)

A Figura 2 é conhecida como a casa da qualidade para o TPS. Nela encontram-se no topo os fins almejados com essa metodologia, sendo esses: melhor qualidade, menor custo e menor lead time. Para isso são constituídos os dois pilares desse pensamento: um se concentra no *Just-In-Time*, que é a produção de apenas o que for solicitado, eliminando desperdícios de tempos. Em complemento, o Jidoka está voltado para a eliminação de não conformidades, automatizando o sistema produtivo e criando métodos de trabalho à prova de erros.

A Tabela 1 refere-se às ferramentas da casa da qualidade que serão utilizadas no projeto, bem como estudados de forma mais aprofundada seus conceitos e aplicações. As demais ferramentas não foram consideradas viáveis para os problemas em estudo.

Tabela 1 - Ferramentas utilizadas no trabalho

Just In Time	Outras
SMED	Keizen
5S	Total Productive Maintenance (TPM)
Pull System	

### 2.1.3 JUST IN TIME

Como visto anteriormente, um dos pilares da filosofia TPS é o *Just in Time*, o qual serve como base para a ideologia da produção enxuta/magra. Segundo Pinto (2008), o foco consiste em produzir o produto correto, no tempo certo e com quantidades certas.

A aplicação do JIT não é fácil de ser concretizada, sendo ainda mais dificultada pelo controle de *stocks* ser um assunto muito difundido, de modo que muitas vezes sobram poucos pontos de melhoria nessa área. Entretanto, uma pequena redução nesse setor representa um resultado com redução de custos muito positivo a médio e longo prazo (Hutchins, 1999).

Buscar um baixo *stock* também gera alguns problemas, e por isso deve ter uma ampla base de estudos, uma vez que, caso haja algum desvio no processo produtivo, como greves, a produção estará comprometida (Corrêa & Gianesi, 1993).

Para atingir seus objetivos o JIT conta com algumas ferramentas, tais como:

- *Takt Time*: é o que dita a produção, dando a informação correta do que deve ser produzido em determinado período de tempo. Esses dados são obtidos a partir da demanda de trabalho solicitada pelo setor de vendas.
- *Pull System*: é uma das ferramentas de maior destaque dentro do JIT e consiste na produção apenas do produto que é adquirido pelo cliente (Monden, 1998). Essa metodologia possibilita o trabalho em pequenos lotes de fabricação e o fluxo do processo é ditado pelas demandas.
- Fluxo contínuo: o fluxo de matérias e informações dentro da empresa e entre os fornecedores deve ser sempre contínuo. A aplicação de um *fluxo tencionado* força as atividades a serem executadas no período de tempo da necessidade do próximo processo (Durand, 2003).
- *Kanban*: é uma ordem de processo em forma de cartão. Divide-se em dois tipos, sendo o primeiro o “Kanban de transporte”, o qual está relacionado ao fluxo do produto, quando esse é transportado de um processo para outro. O “Kanban de produção”, por sua vez, está relacionado ao processo de fabrico em si (Sugimori, Kusunoki, Cho & Uchikawa, 1977).

Além dessas ferramentas, o JIT conta com alguns métodos de melhoria que levam um aprofundamento técnico mais elevado. O SMED e o *KAMBAN* são os dois mais

conhecidos e suas formas de implementação serão tratadas posteriormente em tópicos específicos.

#### 2.1.4 JIDOKA

Para Alves (1995), o JIT busca atingir vantagens de mercado a partir da redução de custos, enquanto o Jidoka foca na automatização de baixo custo, acoplando mecanismos e dispositivos manuais que reduzam ou até mesmo eliminem os tempos ociosos do operador e simplifiquem suas atividades.

O mesmo autor sinaliza algumas vantagens da automatização racional:

- Complemento da técnica de produção celular e operador polivalente: o operador tem a capacidade de operar várias máquinas ao mesmo tempo sem perder eficiência.
- Redução do inventário em processo: diminui os *stocks* durante o processamento do produto, reduzindo os *stocks* internos.
- Aumento da produtividade: as ferramentas aumentam a eficiência do processo e diminuem o número de operários necessários para a execução.
- Menor investimento: como a ideia é implementar acessórios ao invés de adquirir novos maquinários, o custo de aquisição é mais acessível e necessita de menor capital de investimento.

Uma das ferramentas aplicadas dentro desse pensamento é o *Poka-Yoke*, o qual consiste na introdução de dispositivos que não permitam erros. Os encaixes e operações são pensados de tal forma que o sistema só funcionará caso esteja perfeitamente alinhado com os *setups* programados, reduzindo a praticamente zero o número de falhas e melhorando a qualidade do produto.

A Figura 3 exemplifica a técnica e permite que o operador encaixe apenas da forma correta as válvulas, impossibilitando juntas soltas ou mal engatadas.



Figura 3 - Ferramenta com Poka-Yoke implementado (International, 2017)

O sistema Andon, por sua vez, tem como intuito alertar, com painéis luminosos, caso alguma atividade esteja incompleta ou incorreta. De igual forma poderá ser utilizado um sinal sonoro que detecte e alerte problemas no progresso da operação.

Pode-se observar na Figura 4 a distribuição do sistema Andon em vários equipamentos, sendo todos monitorados a partir de uma central que, ao receber um sinal de não conformidade produtiva, age rapidamente sobre o problema.

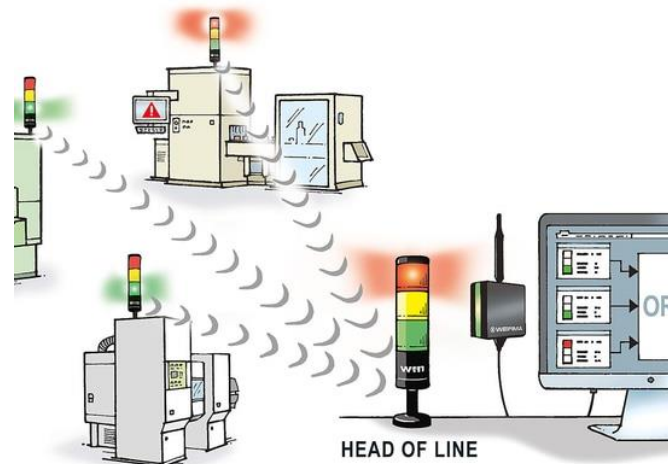


Figura 4 - Representação teórica de um sistema Andon (Werma, 2016)

Por fim, o fluxo contínuo parte da premissa de que se movimenta um produto por vez, diminuindo os custos de armazenagem durante a produção e melhorando o sistema de qualidade quanto à detecção de defeitos. Um bom fluxo contínuo é garantido com uma formulação correta do *layout* fabril.

## 2.2 FERRAMENTAS LEAN

As ferramentas Lean, quando aliadas, buscam atingir uma produção enxuta. Sua filosofia almeja o aumento da competitividade a partir da redução de custos operacionais. Esses métodos vão além de conceitos e fórmulas. São formas de pensar e agir cuja aplicação se dá de forma gradual e necessita da aceitação de todos os envolvidos no processo.

### 2.2.1 5S

O programa 5S foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa na década de 50, com o desígnio de melhorar a competitividade das empresas japonesas em um cenário pós-guerra e extremamente caótico. Tal metodologia busca promover um ambiente de trabalho mais organizado, seguro e produtivo. Segundo Marshall-Júnior (2002), essa foi uma das chaves para o sucesso industrial japonês que viria nos próximos anos.

#### 2.2.1.1 CONCEITO DE VALORIZAÇÃO DO SER HUMANO

Além de um método de trabalho, o 5s tem como propósito ser implementado na forma de pensar da humanidade. Sua proposta visa a melhoria do ambiente de trabalho, lembrando valores básicos como o cuidado pessoal, a organização do meio e acima de tudo, o bom convívio permanente.

Seu nome 5s faz referência aos seus conceitos (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*), os quais devem ser aplicados em todas as atividades pessoais. Os nomes em japonês foram traduzidos para o português na Tabela 2.

Tabela 2 - Etapas do 5s (Rabia Azzemou 2012)

Nome	Definição	Atividades
Separação	Separar e guardar apenas o necessário	Tornar fácil a identificação de itens externos
Organização	Cada objeto em seu devido lugar	Permitir um controle visual
Limpeza	Limpar e manter limpo	Higienização e controle dos equipamentos utilizados
Padronização	Manter outras etapas a partir de procedimentos	Criar um padrão de procedimentos
Disciplina	Ambiente de trabalho colaborativo	Contribuir para a satisfação dos funcionários

A metodologia de aplicação é intrínseca às suas subdivisões e pode ser separada em alguns atos de trabalho, sendo eles:

- **Mapeamento das operações**  
Observar o processo produtivo e as etapas que se seguem; criar um roteiro de trabalho e aferir quais são os possíveis componentes desnecessários do processo.
- **Estudo das tarefas e implementação de procedimentos padrões**  
Desenvolver um roteiro de atividades e aplicá-lo no posto de trabalho, bem como possibilitar uma organização que deixe a operação organizada e limpa.
- **Treinamento da equipe**  
Como o 5s está relacionado ao modo de agir das pessoas, deve ser implementado a partir de treinamentos que demonstrem os ganhos de suas aplicações e a importância de seu uso. O treinamento deve ser voltado para a reconstrução de valores dos colaboradores.
- **Monitoramento das propostas**  
Perceber se os conceitos realmente estão sendo aplicados e fazer disso uma forma de melhoria contínua, onde cada colaborador utilize esses pensamentos de forma natural.

### 2.2.2 KAIZEN

Para Ortiz (2006), Keizen pode ser dividido em duas formas: filosofia *kaizen* e “*keizen events*”. A filosofia consiste em uma melhoria contínua. Significa que em todos os momentos e em todas as atividades deve-se focar em melhorar o desempenho. Esse foco deve ser em evitar perdas de tempo, criar métodos de trabalho e manter o ambiente organizado.

Esse sistema leva tempo para ser implementado, mas a longo prazo produz resultados duradouros. Tem altíssima aplicabilidade no ambiente de trabalho e está muito mais ligado ao modo de pensar das pessoas do que ao funcionamento de máquinas ou ferramentas.

Entretanto, os “*Kaizen events*” estão ligados à implementação rápida dos ideais Kaizen em certas atividades. Enquanto a filosofia se aplica a um âmbito mais generalista, essa metodologia busca o trabalho em pequenos grupos para resultados mais imediatos. Esse pode ser um ponto de partida para uma possível aplicação da filosofia completa, mas também funciona para atacar pontos críticos na produção.

Além disso, com o foco em custos, Modarress, Ansari e Lockwood (2005) comentam que a ênfase em redução de preços é sempre uma meta e acaba sendo o motivador para a aplicação da metodologia. Conforme os ensinamentos destes doutrinadores, caso não seja definido um objetivo com um real ganho de custos, as metas dificilmente serão atingidas. Desta forma, os trabalhos devem ser realizados em grupos de melhoria para atingir o máximo de pontos possíveis.

### 2.2.3 TPM

O foco do TPM está em garantir a máxima eficiência nos equipamentos da companhia. A pesquisa está voltada para que em nenhum lugar no mundo exista uma produção maior que o da sua empresa. Caso isso esteja ocorrendo, significa que a eficiência produtiva pode ser melhorada e sua competitividade está em risco (Wireman, 2004).

#### 2.2.3.1 Objetivos

Para Nakajima (1989), o conceito da manutenção industrial antes do TPM era dividido em três estágios:

- Primeiro estágio: Reparos e avarias do sistema.
- Segundo estágio: Manutenção preventiva.
- Terceiro Estágio: Manutenção do sistema produtivo.

O primeiro estágio está focado na manutenção corretiva, com a função de solucionar as avarias no decorrer do processo produtivo. O segundo estágio se concentra em fazer uma estimativa de durabilidade e exercer a manutenção a partir da engenharia de confiabilidade. O terceiro estágio, por fim, tem uma visão mais macroscópica do sistema com a aplicação da Prevenção da Manutenção (Nakajima, 1989).

Após esses estágios, Nakajima (1989), adiciona um “quarto estágio”, onde aborda mais alguns tópicos junto à Prevenção da Manutenção. Nesse ponto, entram os estudos em manutenção preditiva, grupos de trabalho de todo o sistema hierárquico para solução de problemas e estudo de ciclo de vida dos materiais.

Aliado ao SMED, o TPM intenta diminuir o tempo improdutivo das empresas, focando em atingir o menor tempo de máquina parada possível. Para que isso ocorra é ideal a cooperação de todos os colaboradores e um investimento adequado na área de manutenção.

#### 2.2.4 SINGLE MINUTE EXCHANGE TO DIE (SMED)

Dentre todas as metodologias aplicadas na Toyota, apenas o SMED foi desenvolvido fora de suas instalações por Shigeo Shingo (Jones & Womack, 2004). Sua vasta aplicabilidade tornou o método conhecido mundialmente e esse capítulo buscará situar o leitor sobre o quão importante é essa ferramenta para um meio produtivo.

##### 2.2.4.1 PANORAMA GERAL

O estudo do SMED é baseado na obra “*A Revolution in Manufacturing-The SMED System*”, onde Shigeo Shingo faz a explanação de seu conceito e dá exemplos práticos de suas aplicações.

O conceito dessa metodologia está em seu nome e diz que o tempo de *setup* de um equipamento não deve ultrapassar os dez minutos. Seus passos serão abordados seguindo a Figura 6.

Outra forma de ver o SMED pode ser a partir de um conceito, metodologia e um programa de melhoria. Tal descrição seria outra forma de separar as etapas, sendo, respectivamente, busca da redução do tempo de *setup*, estágios conceituais a serem seguidos e a melhoria utilizando o conhecimento dos operários (McIntosh, Culley, Mileham & Owen, 2000).

McIntosh (2000) elaborou um gráfico (Figura 5) que representa o que Shingo falava a respeito dos tempos perdidos com o *setup*. Nele percebe-se as duas etapas de perda considerável, a desaceleração pós-finalização da peça em operação e o tempo de aceleração para o começo do novo produto. Entretanto, o tempo mais crítico perdido é o de máquina parada, sendo, na maioria dos casos, um campo vasto para a otimização.

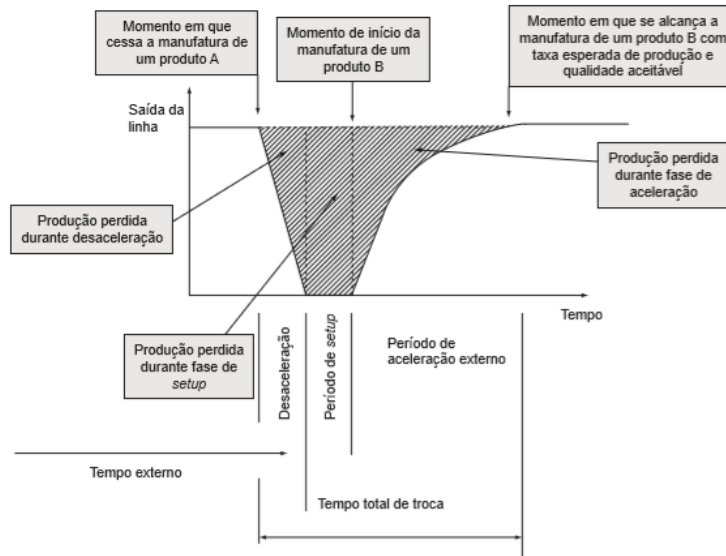


Figura 5 - Desperdícios de tempos com *setup* (McIntosh et al., 2000)

O objetivo inicial dessa ferramenta seria diminuir os tamanhos dos lotes de produção. Como o custo de *setup* era muito elevado, fazia-se necessária a produção de um grande lote para diluir esse custo no produto final.

A quantidade ideal de produção envolve o tempo de fabricação de cada lote, o tempo de *setup* que é marcado desde que foi fabricada a última peça em perfeito estado e o tempo para produzir a primeira peça do próximo lote (Min & Pheng, 2007). É de fácil constatação este fato a partir da Tabela 3.

Tabela 3 - Relação entre tempo de *setup* e tamanho de lote (Shingo, 1985)

Setup Time	Lot Size	Principal Operation Time Per Item	Operation Time	Ratio (%)	Ratio (%)
4 hrs	100	1 min	$1 \text{ min} + \frac{4 \times 60}{100} = 3,4 \text{ min}$	100	
4 hrs	1.000	1 min	$1 \text{ min} + \frac{4 \times 60}{1.000} = 1,24 \text{ min}$	36	100
4 hrs	10.000	1 min	$1 \text{ min} + \frac{4 \times 60}{10.000} = 1,024 \text{ min}$	30	83

Com essa tabela Shingo mostra que ao aumentar o número de produção para cada lote, por consequência, acaba-se diminuindo o tempo de operação por peça da máquina. Entretanto, isso acarreta uma série de problemas que já foram citados dentro do TPS, como superprodução e aumento de *stock*. Além disso, cada vez que se aumenta o tempo de *setup* o *ratio* da operação se torna mais crítico.

### 2.2.4.2 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO SMED

A aplicação do SMED se divide em dois grandes campos: os estágios conceituais e as técnicas. Para Shingo (1985), o SMED pode ser aplicado em qualquer máquina e sempre produzirá algum resultado.

Os estágios estão representados na Figura 6.

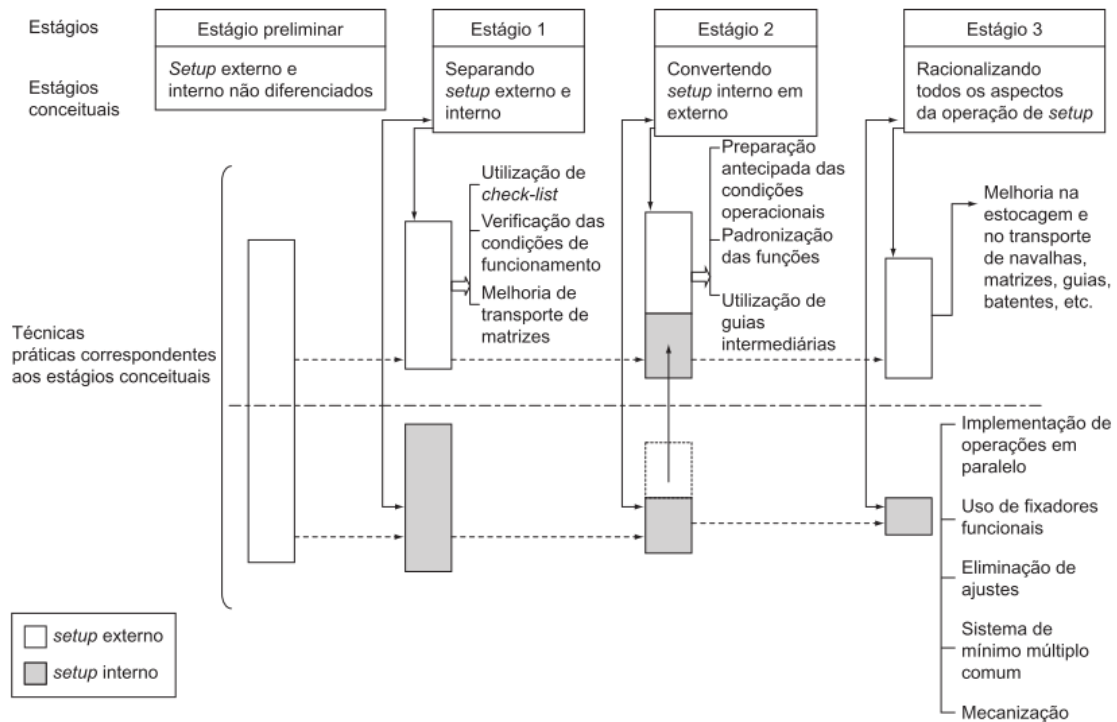


Figura 6 - Etapas do processo SMED (Shingo, 1985)

- Estágio Preliminar

Esta etapa consiste em observar a operação e coletar todas as atividades que são realizadas no equipamento, bem como os tempos de cada uma das tarefas.

- Estágio 1

Classificam-se os *setups* em interno e externo. O *setup* interno é traduzido como qualquer atividade que só possa ser realizada enquanto a máquina está parada. O *setup* externo, em contrapartida, é aquele onde as tarefas podem ser realizadas pelo operador enquanto a máquina está em operação. Esse estágio consiste em separar todas as atividades coletadas no exercício anterior nesses grupos.

Técnicas: Check-list para o cumprimento de todas as etapas do processo e evitar esperas por atividades externas não realizadas, bem como facilitar o uso das ferramentas e equipamentos utilizados.

- Estágio 2

Agora os *setups* internos que podem ser transformados em externos devem ser realocados, uma vez que as atividades que são externas podem ser realizadas no período prévio ao setup. Além disso, as tarefas desnecessárias devem ser eliminadas do processo.

Técnicas: Preparar os componentes disponíveis na forma mais completa possível.

- Estágio 3

Este estágio apresenta melhoria dos processos de *setups* internos, implementando ferramentas que tornem sua montagem mais rápida, prática e segura. Também deve-se levar em conta os tempos de *setup* externo para que não excedam o tempo de operação do equipamento.

Técnicas: Automatização das tarefas praticadas e apertos mais eficientes. Eliminar os ajustes com posicionamento efetivo dos equipamentos.

A aplicação desses estágios visa possibilitar um ambiente fabril mais versátil e que pode se moldar às necessidades de mercado, não ficando restrito aos custos operacionais da produção.

Uma forma de perceber os pontos de melhoria é descrito por Shingo (1985), "Geralmente acredita-se erroneamente que as estratégias de otimização mais eficientes para lidar com problemas de *setup* estão relacionadas com habilidades. Portanto, muitas empresas tiveram políticas de melhoria de *setup* aprimorando as habilidades de seus funcionários e poucas implementaram estratégias que diminuíssem a habilidade requerida no *setup* em si".

Nota-se que uma empresa que apresenta um *setup* mais eficiente e simplificado diminui, além do tempo de preparo, o número de não conformidades no processo.

A metodologia SMED foi sugerida pela empresa como ferramenta de aplicação e por esse motivo o foco do trabalho em relação aos setups foi voltado para essa abordagem teórica.

# ESTUDO DE CASO

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.2 ANÁLISE DO PROCESSO

3.3 PROJETOS DE MELHORIA

3.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS



### 3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado o caso de estudo. Será feita a descrição do processo produtivo analisado, a explanação do problema proposto e a metodologia aplicada nessas atividades.

#### 3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Fundada em 1961, na cidade de Jaraguá do Sul/SC, por três irmãos, a WEG (com o logo como na Figura 7 - Logo WEG) é uma empresa brasileira voltada para o mercado de motores elétricos, componentes eletrônicos, transformadores de força e distribuição, produtos de automação industrial e tintas. A visão dos fundadores na internacionalização dos produtos levou o nome da WEG para o mundo e transformou uma pequena empresa nacional em uma multinacional com filiais em 29 países e fábricas em 12.



Figura 7 - Logo WEG (WEG, 2018)

O processo produtivo dentro da WegEuro deriva da aquisição da empresa Efacec Motors pela WEG Brasil no ano de 2002. Essa fusão se torna evidente quando observada a linha de fabricação dos motores atualmente. Grande parte do conhecimento do processo de fabrico é oriundo da experiência de trabalho dos operadores mais antigos e um dos objetivos hodiernos é fazer o mapeamento das etapas dos processos para que não se perca o conhecimento com a renovação dos trabalhadores.



Figura 8 - Planta WEG dentro da Efacec (WEG, 2018)

A unidade de Maia tem a característica de produzir motores personalizados e de grande porte, atendendo a um nicho de mercado exigente e extremamente competitivo. Conta com uma capacidade produtiva de 80 motores por mês e um portfólio de quatro grandes gamas de produtos que atendem necessidades de mercado bem distintas. As gamas citadas englobam motores à prova de explosão W22X, motores a prova de água Sulzer, motores com baixa vibração e alta rigidez W50 e uma linha de motores mais antiga denominada HGF. Todos esses modelos são adaptáveis e tem uma vasta aplicabilidade, atendendo os mais diversos tipos de clientes, como empresas de mineração, petroquímicas, transportadoras, indústrias de processamentos, etc.

A WEG é atualmente a terceira maior fabricante de motores elétricos do mundo e se destaca pela qualidade dos seus produtos. A planta de Maia conta com as certificações de ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004, alinhando seu processo de fabricação com as políticas ambientais e de qualidade que são salientadas nos valores da empresa.

### 3.2 ANÁLISE DO PROCESSO

Diante de um cenário extremamente competitivo, a busca pela melhora do sistema produtivo é constante e visa diminuir ou eliminar as perdas. Esse processo tem como fito um produto que atenda às necessidades do cliente e possua um valor atrativo.

Com esse foco, e apresentando uma linha de produção extensa, a WegEuro tem a necessidade de aperfeiçoar os pontos críticos da sua linha de produção para aumentar o número de motores fabricados e diminuir o custo por unidade produzida. Além disso, a busca de *setups* curtos permite uma versatilidade maior dentro do planejamento de produção.

### 3.2.1 DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS

A WegEuro unidade Maia apresenta a seguinte gama de motores:

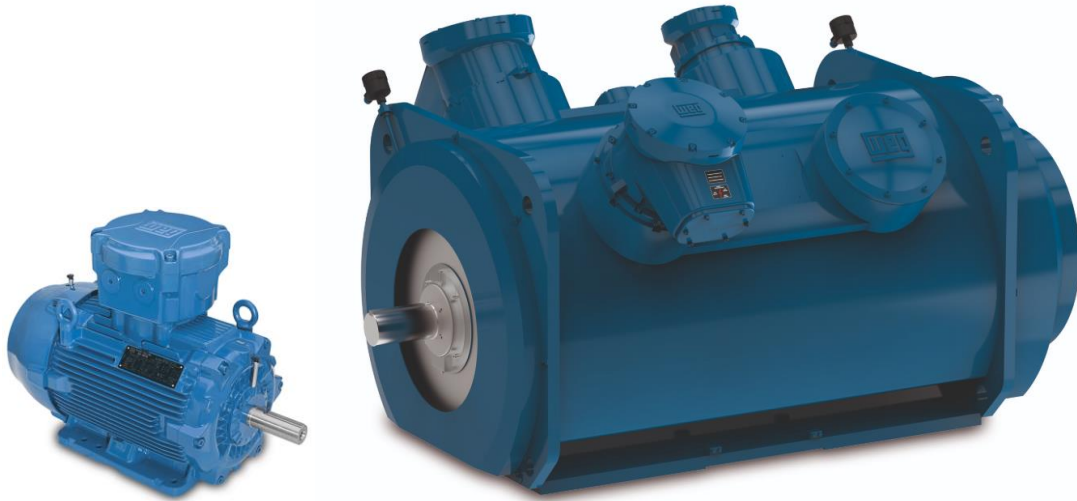


Figura 9 - W22X simples e tubular



Figura 10 - Motor W50 e Motor HGF

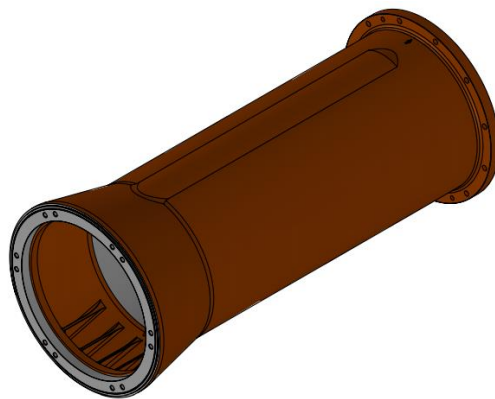


Figura 11 - Carcaça Sulzer

O motor é composto, em geral, por quatro componentes principais: rotor, estator, veio e carcaça, que podem ser observados na Figura 7, onde cada componente passa por várias etapas de fabrico.

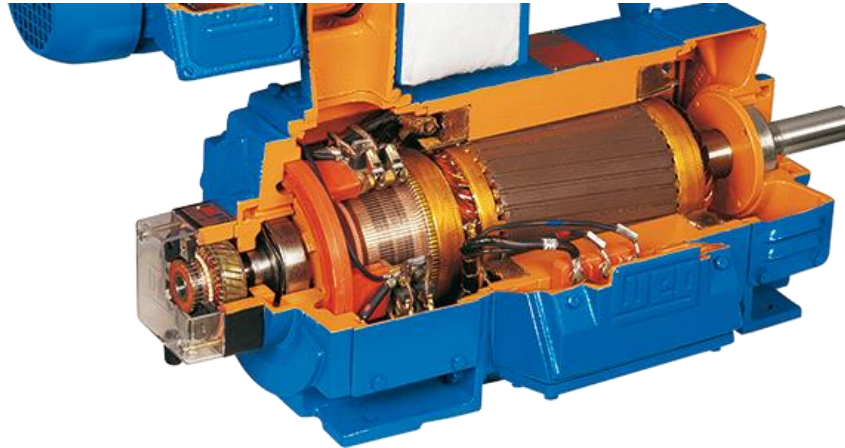


Figura 12 - Motor WEG em corte. Fonte: WegEuro

Das figuras acima, foram utilizados como objeto de pesquisa os motores 9 e10.

### 3.2.2 ANÁLISE DO ACÚMULO DE CARGA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO

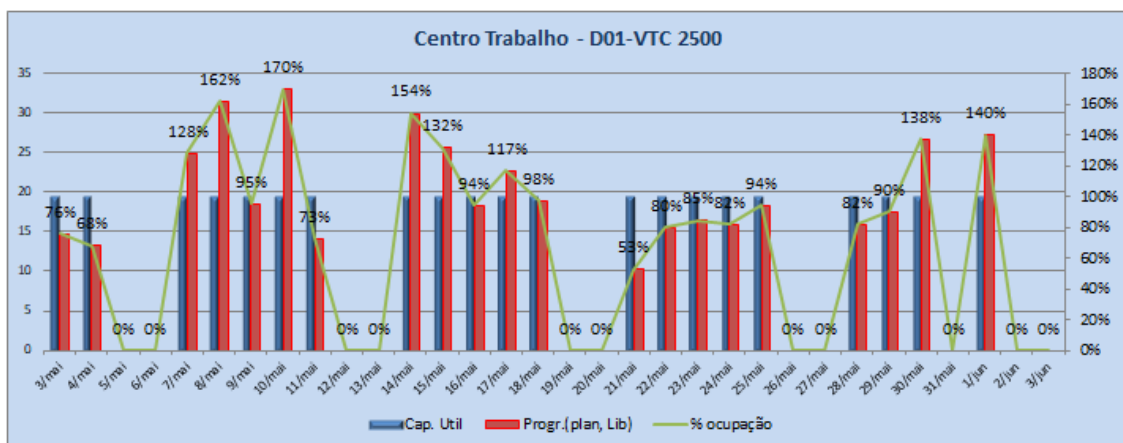


Figura 13 - Gráfico de carga de trabalho VTC

Através de estudo empírico dentro da empresa cerne desta pesquisa, notou-se que a máquina VTC (torno vertical) teria como carga produtiva um total de 138%, necessitando de realização de turnos extras de trabalho a fim de satisfazer a demanda da linha de produção.

O centro da pesquisa foi na área de maior acúmulo de trabalho. Fora realizada uma análise nas cargas de trabalho pelo PCP e concluiu-se que o ponto de gargalo da produção é o processamento de carcaças por um torno vertical (VTC), como exemplo

das cargas analisadas temos a Figura 13. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** onde é avaliada a carga de trabalho no posto de trabalho no mês de maio de 2018.

O VTC trabalha em três turnos de 8 horas e quando necessário trabalha também aos sábados. Conta com dois colaboradores no primeiro turno e com um operador em cada um dos outros dois turnos. Suas atividades principais consistem na maquinagem de carcaças em bruto, retificação dos frisos após os testes de pressão, no caso dos modelos a prova de explosão, e manutenção de carcaças de diversas marcas que realizam esse serviço de seus produtos junto à fábrica da WEG.

As etapas de processamento consistem, independente da operação, na alocação da carcaça nos calços, na fixação da carcaça no torno, no alinhamento dos pontos para garantir concentricidade e paralelismo das faces, na operação de maquinagem e na remoção do produto com uso de guias.

As carcaças de modelo Sulzer não foram objeto de estudo, pois não fazem parte do portfólio de produtos WEG e são uma subcontratação. Seu processo é definido pela empresa solicitante do produto e não permite alterações.

### 3.2.3 RECOLHA DE DADOS PARA ESTUDO DE MELHORIAS

A metodologia aplicada para o recolhimento de dados se deu a partir da observação dos procedimentos de produção e a análise de roteiros e tempos já elaborados pela empresa.

Alguns tempos utilizados para a base da pesquisa foram revalidados para aumentar a confiabilidade dos dados e serviram de ponto de partida para o foco nas tarefas mais críticas dentro do processo de fabrico no VTC.

Em razão da necessidade de aprendizado quanto ao processo produtivo, o começo do estudo se deu pela troca de informação com os operadores e a observação das atividades realizadas pelos mesmos durante o processamento dos produtos.

Em virtude da grande quantidade de informações, foi elaborado um banco de dados com fotos e vídeos dos processos para facilitar a assimilação das atividades, o qual possibilitou um estudo mais minucioso com a elaboração de soluções e exposição de dados.

Dado o foco do presente estudo na melhoria dos *setups* para o aprimoramento produtivo, a coleta de dados para as melhorias se deu em dois focos: o primeiro foi para a elaboração do método SMED e a melhora dos *setups*; e a segunda para a seleção de ferramentas mais modernas e eficientes para o processo de maquinagem em si.

#### 3.2.3.1 Observações do trabalho

Atualmente o processo de *setup* aplicado ao VTC (Figura 14) consiste em duas etapas de processamento. A primeira etapa (lado 1) é a preparação do equipamento para as carcaças em bruto, enquanto a segunda (lado 2) prepara para as carcaças com um lado já maquinado. O primeiro procedimento é sempre padrão e o segundo varia de acordo

com a gama que será processada. Nenhum dos processos define as tarefas em internas e externas, para isso, o ponto de partida foi estudar o método de *setup* empregado.

Figura 14 - Torno vetical (VTC)



O primeiro processo de *setup* consiste na alocação das carcaças em bruto com o auxílio de calços duros e ajustáveis, alinhamento de centros com apoios inferiores e a fixação com o uso de tirantes. O segundo caso, em que um lado já está maquinado, dispensa o cuidado com o paralelismo das faces. Entretanto o rigor com os centros aumenta e obriga a utilização de pratos centradores ou calços maquinados para essas situações. Para facilitar a visualização dos processos foi criado um fluxograma das atividades (ver Figura 15).

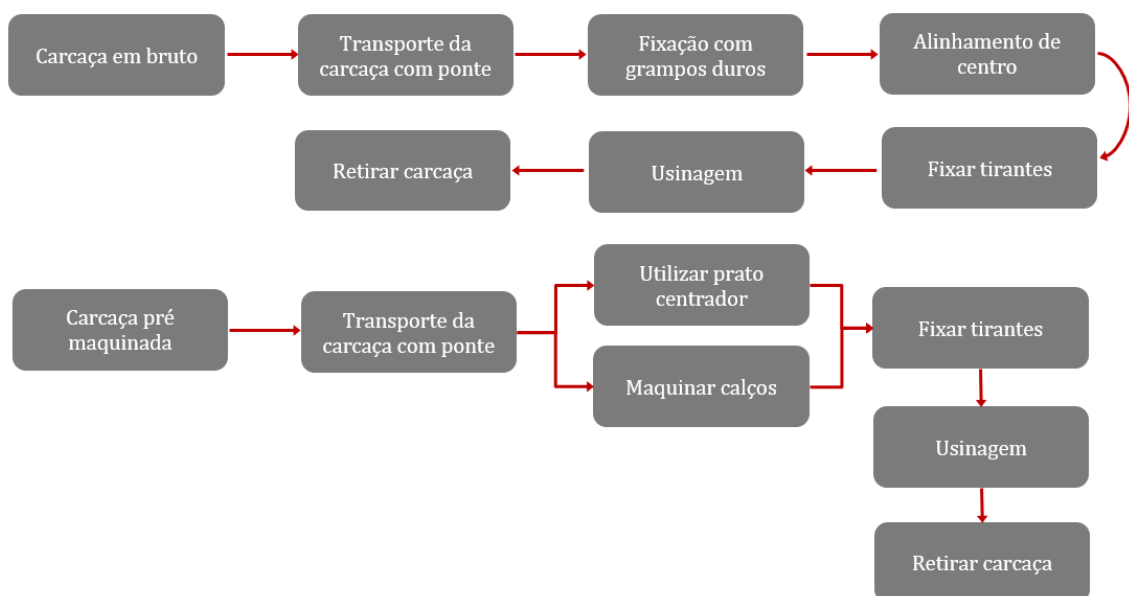


Figura 15 - Fluxograma das etapas de *setup*.

Como forma de facilitar o planejamento do PCP os *setups* dentro da WEG são separados em dois tipos: o *setup* de preparação completa e o *setup* de preparação parcial.

A preparação completa acontece quando a preparação a ser realizada exige que sejam feitas as trocas de todas as ferramentas e/ou ajustes dos parâmetros de processo, passíveis de serem feitos em determinado centro de trabalho para que se dê sequência à produção do próximo material a ser fabricado.

Em contrapartida, a preparação parcial é quando apenas parte das ferramentas e/ou ajustes de parâmetros de processo passíveis de serem alterados necessitam de preparação em determinado centro de trabalho para que se dê sequência à produção do próximo material a ser fabricado.

Os *setups* parciais podem ter variadas formas, de acordo com a característica do produto/processo a ser alterada, e essencialmente, são executados num tempo menor do que o *setup* completo e pode acontecer mais de uma vez para ser realizado o cálculo deste. (Apostila WEGEuro)

Com essas distinções de *setup*, torna-se obrigatório uma boa gestão das carcaças que serão maquinadas, uma vez que o agrupamento de produtos da mesma gama torna o *setup* completo em parcial e diminui drasticamente os tempos de operação dos mesmos, reduzindo custos desnecessários.

Em razão da grande variabilidade de produtos, foi realizada uma análise do histórico de produção no centro de trabalho dos últimos três anos para que a pesquisa focasse nas gamas com maior número de produção. A Tabela 4 representa todos os componentes produzidos no VTC no período de 09/01/2015 à 12/01/2018.

Tabela 4 - Histórico de produção WegEuro entre 2015 e 2018

Gamas	Alturas de eixo	Com Calços	Porcentagem em relação ao total
W22X	315	Não	13,8
W22X	355	Não	18,6
W22X	400	Sim	9,9
W22X	450	Sim	3,7
W22X	500	Sim	3,2
W22X	560	Sim	0,2
W22X	630	Sim	1,3
W22X	710	Sim	0,3
W22X	800	Sim	0,1
W50 e HGF	315	Não	3,7
W50 e HGF	355	Não	12,8
W50 e HGF	400	Não	19,9
W50 e HGF	450	Não	8,9
HGF	500	Não	2,5
HGF	560	Sim	0,5
HGF	630	Sim	0,5
<b>Total</b>			<b>100,0</b>

Para facilitar a leitura dos dados foi elaborada uma curva ABC seguindo uma divisão de grupos em 80% para A, 95% para B e C com 100% do acumulado.

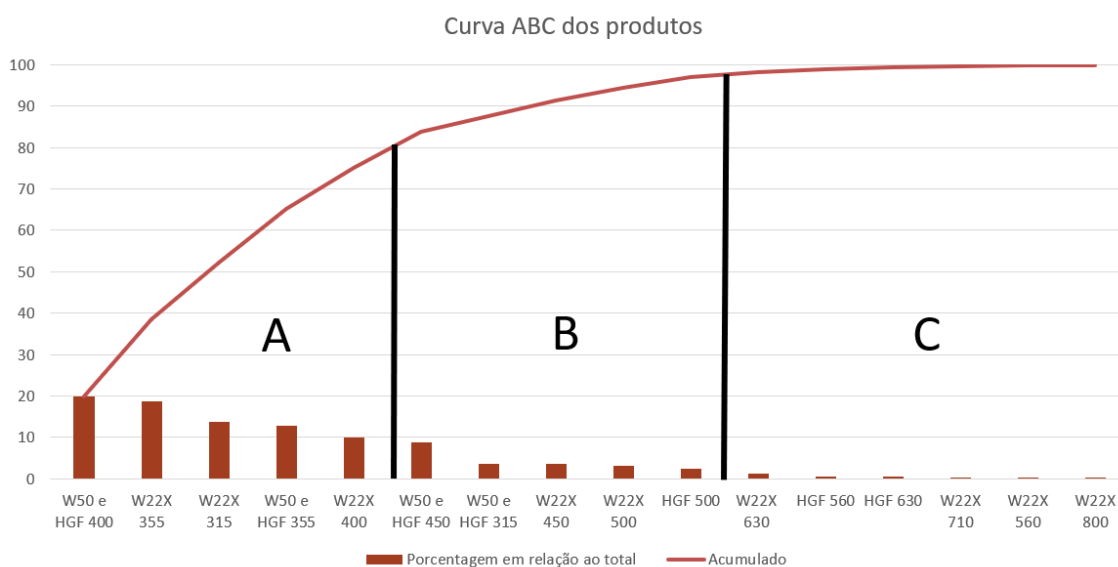


Figura 16 - Curva ABC dos produtos fabricados no VTC.

Como pode ser observado, as alturas de eixo de 315, 355 e 400 correspondem a 78,8% da produção de carcaças. Entretanto, como solicitação da empresa serão incluídas também as alturas de eixo 450 e esses serão os pontos de foco para o desenvolvimento de ferramentas e metodologias de processos que facilitem sua operação. Além disso, os tempos de *setup* reduzidos nesses produtos trarão resultados mais satisfatórios em relação ao investimento e número de aplicações.

### 3.2.3.2 Tempos e padrões

Utilizando a metodologia de “Métodos e Tempos” elaborada pela WEG, foram feitas cronometragens dos processos em paralelo com as observações para validar a base de dados da empresa e para padronizar as etapas que seriam efetivamente trabalhadas durante a aplicação das melhorias.

Alguns coeficientes de compensação são utilizados para considerar meios externos que influenciam direta ou indiretamente o trabalho do colaborador.

Os coeficientes utilizados foram:

- Fadiga mental: compensa a diminuição progressiva da capacidade de produção do operador. Nas atividades desempenhadas, em geral, seu grau foi considerado leve.
- Fadiga física: variando entre as atividades, os esforços empenhados atingiram graus de fadiga entre médio e pesado.
- Monotonia: está relacionada com a duração da operação. Como as atividades desempenhadas são, em sua totalidade, de longa duração, a monotonia pode ser considerada baixa.
- Condições ambientais: dividida em três áreas (térmicas, atmosféricas e ruído), a única que tem influência significativa no posto de trabalho é a térmica e apresenta intensidade baixa.

Além desses fatores, outro item importante é o número de cronometragens a serem realizadas. Entretanto, devido a grande variedade de produtos e processos, estabeleceu-se que seria criado um banco de dados e seriam comparados os tempos cronometrados com tempos pré-determinados para a validação dos resultados.

### 3.2.4 MAPEAMENTO DOS PROBLEMAS

Entre as tarefas analisadas nota-se que os processos se dividem em dois grupos: *setup* 1.º lado e *setup* 2.º lado.

Tal divisão converge com o ponto de parada da máquina para o reajuste da carcaça, fazendo com que seja necessário um novo *setup*.

Estes pontos de melhoria foram identificados a partir dos dados coletados nas observações e através do diálogo com operadores experientes na execução dessas tarefas.

Para o 1.º lado é necessário um ponto de referência a fim de pré-ajustar os calços que serão posteriormente alocados. Os calços de fixação para essa operação utilizam ao todo 16 parafusos de fixação que são apertados manualmente e poderiam ser automatizados. Além disso, existem poucos tirantes de fixação e estes precisam ser ajustados a cada troca de modelo produzido devido às diferenças de pontos de fixação e alturas.

O 2.º lado apresenta a tarefa com maior capacidade de melhora. Os produtos que não possuem o prato centrador necessitam produzir seus calços de fixação a cada operação e estes não podem ser reutilizados, vez que quando são soltos perdem a referência de fixação e precisam ser produzidos novamente. Essa tarefa pode ser eliminada com a criação de um padrão de fixação geral.

Para ambos os lados é necessária a avaliação do uso de contrapesos para melhorar a qualidade da maquinagem e desta forma poder aumentar os parâmetros de produção. Com os contrapesos, o centro de gravidade das carcaças tende a coincidir com o centro do diâmetro e diminui consideravelmente as vibrações durante a operação. Conjuntamente à essas ferramentas é necessária a padronização dos elementos de fixação bem como os roteiros de produção.

As ferramentas padrões de fixação permitem uma maior segurança para a elevação de cargas, assim como roteiros bem definidos eliminam as margens de erro causadas por desconhecimento do operador.

Outro ponto a ser analisado são os parâmetros de operação, tais como rotação, avanço e ferramentas utilizadas pelo VTC. Como o mapa do processo foi elaborado há muitos anos, esses pontos não foram reavaliados após a aquisição de novas pastilhas e fixações. De igual forma as ferramentas básicas como o paquímetro e comparadores muitas vezes não se encontram na proximidade da máquina e precisam ser localizadas pela fábrica causando um grande desperdício de tempo.

A fim de ilustrar o atrás comentado, a Tabela 5 – Resumo dos principais desperdícios observados lista os principais focos de desperdício de tempo encontrados nos estudos preliminares de observação e que serão o ponto de partida para a análise de tempos e melhorias.

Tabela 5 – Resumo dos principais desperdícios observados

DIAGNÓSTICO DOS DESPERDÍCIOS		
<b>Setup</b>	Primeiro lado	Referência de ajuste
		Fixação manual de parafusos
	Segundo lado	Fabricação de calços
	Ambos os lados	Ferramentas de medição
<b>Usinagem</b>		Elementos de fixação
	Operação	Contra pesos
		Parâmetros de corte e ferramentas

### 3.2.5 VISÃO

A abordagem dos problemas encontrados será dada em duas etapas. Primeiramente será feito um estudo em relação aos métodos de *setup*, tendo em vista que a maior parte dos desperdícios se encontra nessa área. Em seguida, será feito o levantamento das ferramentas e equipamentos utilizados na maquinagem.

A metodologia proposta para as melhoras de tempos no preparo das operações é o SMED. Essa ferramenta tem como requisito algumas etapas de aplicação que serão explanadas pelo fluxograma de atividades, presente na Figura 17.

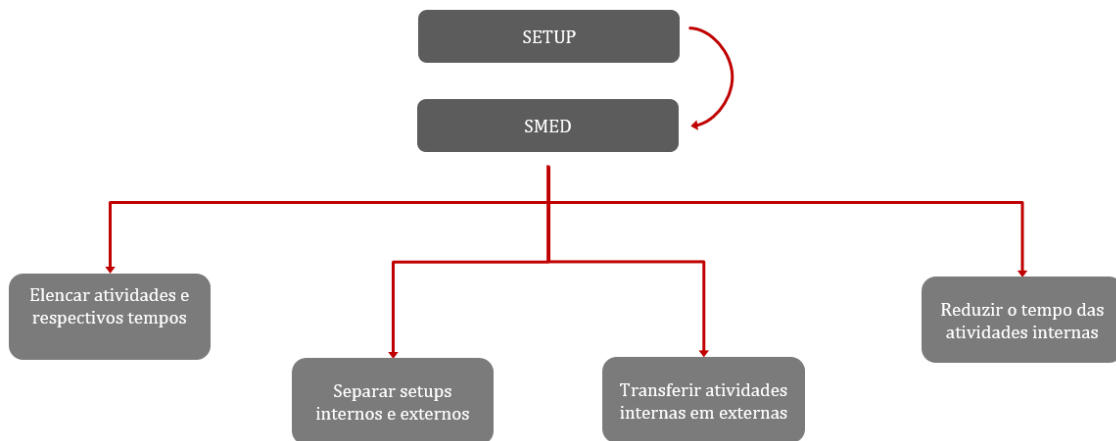


Figura 17 - Fluxograma de atividades para melhoria dos métodos de *setup*

Para os procedimentos de maquinagem foram feitos os levantamentos das ferramentas utilizadas e o estudo das programações CNC junto com os programadores do VTC. Além disso, foram analisados os parâmetros de operação utilizados pela WEG Brasil em sua produção de carcaças. A Figura 18 elenca as etapas para o estudo e as melhorias nesses aspectos.

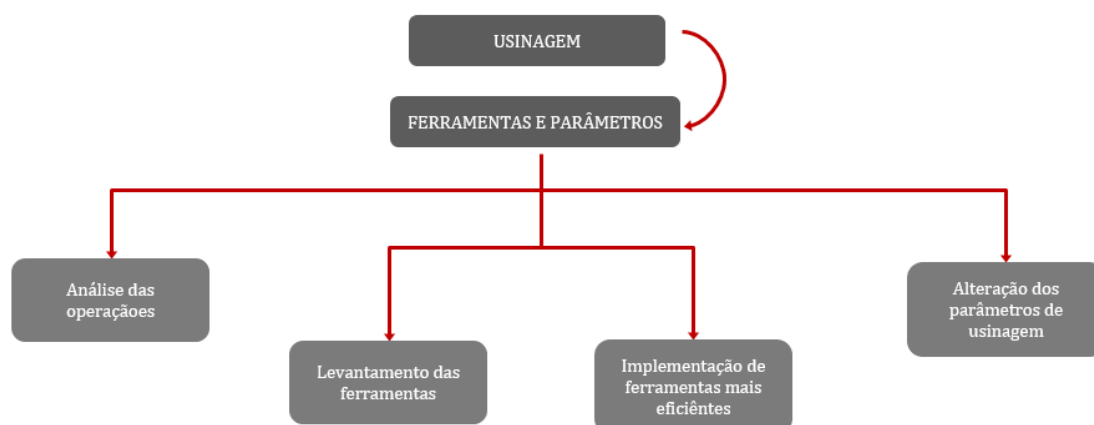


Figura 18 - Fluxograma de atividades para implementação de novas ferramentas e parâmetros de maquinagem

Através desses procedimentos espera-se obter uma melhora significativa nos tempos de preparação das carcaças e aumentar a eficiência dos processos de maquinagem.

Atrelado a isso serão implementadas ferramentas que elevem a qualidade produtiva e reduzam os retrabalhos do equipamento.

### 3.3 PROJETOS DE MELHORIA

Os projetos desenvolvidos foram elaborados a partir dos dados coletados na fase de observação. Em ambas as áreas de melhorias é necessário elencar as etapas do processo e o tempo de cada atividade de modo que a introdução aos projetos de estudo se dará a partir da classificação das tarefas executadas.

Após a apresentação das tarefas serão elaborados os projetos para cada área e suas respectivas implementações.

#### 3.3.1 TAREFAS EXECUTADAS E CRONOMETRAGENS

Com o intuito de facilitar a análise dos dados, as tabelas apresentadas estão simplificadas com os dados relevantes, os quais serão tratados nas propostas de melhoria.

- *Setup 1.º Lado*

Essa tarefa tem a singularidade de apresentar os mesmos tempos para todas as alturas de eixos e para ambos os modelos estudados. Isso acontece, pois as atividades são idênticas em ambos os casos e as diferenças construtivas dos produtos não interferem na sua preparação para a maquinagem.

Tabela 6 - Procedimentos para o *setup* de primeiro lado

Operação: Setup Primeiro Lado TAREFA	MODELO/TEMPO (min)		
	W22X	W50/HGF	%
<b>Inicial</b>			
Buscar calços de fixação	1,5	1,5	2%
Fixar calços na bucha	7,3	7,3	12%
Colocar ajustes de altura	1,7	1,7	3%
Pegar a carcaça com a ponte e levar aos calços	2,2	2,2	4%
Retirar ponte	0,7	0,7	1%
Ajuste final dos calços	3,2	3,2	5%
Ajuste de paralelismo da face	8,7	8,7	14%
Prender tirantes de fixação	13,5	13,5	22%
<b>Final</b>			0%
Soltar tirantes de fixação	3,6	3,6	6%
Pegar a carcaça com a ponte	1,9	1,9	3%
Colocar carcaça no pallet	1,1	1,1	2%
Soltar calços e retirar ferramentas do VTC-	16,5	16,5	27%
<b>Total</b>	<b>61,9</b>	<b>61,9</b>	<b>100%</b>

A Tabela 6 apresenta todas as atividades que são necessárias para que a carcaça esteja devidamente alocada na máquina e possa ser maquinada sem riscos de acidentes. Além disso, constam as tarefas para a retirada do produto processado e a liberação do equipamento para o próximo trabalho.

Como forma de mostrar o impacto de cada atividade dentro do processo foi elaborado o gráfico da Figura 19, onde fica evidenciado que as tarefas de soltar calços e retirar ferramentas do VTC, prender tirantes de fixação, ajuste de paralelismo da face e fixar calços na bucha são as que mais consomem tempo do processo e correspondem à 74% do tempo total.

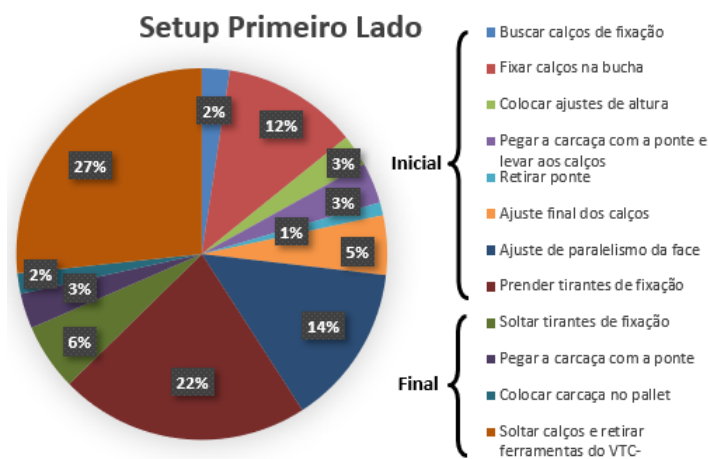


Figura 19 - Gráfico pizza para *setup* primeiro lado

- *Setup* 2.º Lado

O 2.º lado apresenta uma diferença considerável nas operações entre os produtos. As carcaças W22X maiores que 355 têm um processo mais automatizado, tendo um prato centrador que permite a alocação delas direto no equipamento após a maquinagem do 1.º lado. Para as carcaças W50, HGF e W22X 315/355 é necessário maquinar calços que servirão de apoio para as superfícies já processadas. Essa etapa extra tem impacto significativo no tempo total desse processo.

Tabela 7 - Procedimentos para o *setup* de segundo lado

Operação: Setup Segundo Lado TAREFA	MODELO/TEMPO (min)			
	W22X*	%	W50/HGF	%
<b>Inicial</b>				
Virar carcaça pré-maquinada	3,4	9%	3,4	5%
Buscar calços de fixação	0,0	0%	1,5	2%
Fixar calços para maquinação	0,0	0%	5,5	8%
Usinar calços para diâmetro da carcaça	0,0	0%	21,7	32%
Alocar carcaça nos calços ou prato centrador	1,5	4%	1,5	2%
Retirar ponte	0,7	2%	0,7	1%
Prender tirantes de fixação	13,5	34%	13,5	20%
Zerar máquina para usinagem	2,2	6%	2,2	3%
<b>Final</b>				
Soltar tirantes de fixação	3,6	9%	3,6	5%
Pegar a carcaça com a ponte	1,9	5%	1,9	3%
Colocar carcaça no pallet	1,1	3%	1,1	2%
Retirar tirantes e ferramentas do VTC	11,5	29%	11,5	17%
<b>Total</b>	<b>39,4</b>	<b>100%</b>	<b>68,1</b>	<b>100%</b>

\*Obs: tempos sem considerar alturas de eixo 315 e 355

Por essa tabela fica evidente que a automatização de alguns processos reflete expressivamente no tempo final de *setup*. Além disso, a tarefa “prender tirantes” volta a ser executada nesse procedimento e representa sozinha 34% e 20% do tempo total consumido para esse *setup* nas W22X e W50/HGF respectivamente.

- Maquinagem

O processo de maquinagem é constituído pela etapa de desbaste e acabamento. A etapa de desbaste retira maior quantidade de material e acaba gerando um acabamento precário, enquanto a etapa de acabamento faz o passe final e deixa as superfícies aparentes com bom aspecto e dentro das tolerâncias admissíveis.

Nesse processo o layout do produto interfere e as tarefas dos produtos W22X diferem das W50/HGF. Para isso serão apresentadas duas tabelas de tempos, uma para o modelo W22X e outra para os modelos W50/HGF. Os tempos tendem a sofrer alterações de acordo com o tamanho da carcaça, portanto são esperados valores maiores para as carcaças 450 e menores para as 315.

Tabela 8 - Procedimentos para o maquinagem dos modelos W50/HGF

Operação: Usinagem TAREFA	ALTURAS DE EIXO/TEMPO (min)			
	HGF/W50 315	HGF/W50 355	HGF/W50 400	HGF/W50 450
<b>Primeiro lado e Segundo lado</b>				
Facear	6,9	8,0	7,7	8,0
Desbaste $\varnothing$ encaixe	1,3	1,3	1,3	1,3
Aferir	5,4	5,4	5,4	5,4
Tornear início $\varnothing$ desbaste	2,7	2,7	2,7	2,7
Aferir	4,8	4,8	4,8	4,8
Tornear $\varnothing$ interno e encaixe - desbaste	22,0	24,3	29,3	34,0
Aferir	7,0	7,0	7,0	7,0
Tornear início $\varnothing$ acabamento	8,0	8,0	8,0	8,0
Aferir	4,8	4,8	4,8	4,8
Tornear $\varnothing$ interno e encaixe - acabamento	66,0	73,0	88,0	95,0
Aferir	6,4	6,4	6,4	6,4
<b>Total</b>	<b>270,4</b>	<b>291,3</b>	<b>330,6</b>	<b>354,6</b>

As carcaças HGF e W50 são derivadas de um mesmo conceito e por terem um projeto semelhante pode-se considerar que tiveram os mesmos tempos. Como pode ser observado na Tabela 8, nesses modelos o encaixe é interior, devendo ser feito um primeiro passe para retirar a referência e posteriormente os demais passes são feitos juntos com o desbaste e acabamento do interior.

Já para os modelos W22X o encaixe é exterior, pois o motor é a prova de explosão e deve ter uma zona de alívio de pressão no caso de ocorrer uma combustão no interior do motor. Para que as tolerâncias sejam mantidas nesse produto é necessário um cuidado maior com os frisos e o número de acabamentos torna-se maior.

Tabela 9 - Procedimentos para o maquinagem dos modelos W22X

Operação: Usinagem TAREFA	ALTURAS DE EIXO/TEMPO (min)			
	W22X 315	W22X 355	W22X 400	W22X 450
<b>Primeiro lado e Segundo lado</b>				
Usinar desbaste da face (comprimento)	3,7	3,9	4,3	5,4
Aferir	1,3	1,3	1,3	1,3
Usinar desbaste da face (comprimento) Parte	3,7	3,9	4,3	5,4
Usinar desbaste do encaixe externo	13,9	14,6	15,9	20,7
Usinar desbaste interno da carcaça	6,6	7,1	7,7	9,7
Aferir	1,5	1,5	1,5	1,5
Usinar acabamento interno da carcaça	21,8	25,8	40,8	43,2
Usinar acabamento da face	4,5	3,9	4,2	5,4
Aferir	1,1	1,1	1,1	1,1
Usinar acabamento da face - Parte 2	3,7	3,9	4,2	5,4
Usinar acabamento do friso	4,6	4,6	4,6	4,6
Usinar acabamento do encaixe externo	2,7	2,9	3,2	4,1
Aferir	1,5	1,5	1,5	1,5
<b>Total</b>	<b>141,2</b>	<b>152,1</b>	<b>189,3</b>	<b>218,7</b>

Os tempos da Tabela 9 são inferiores aos da Tabela 8, pois os comprimentos das carcaças são diferentes nos modelos e traduzem isso no tempo de maquinagem de cada produto. Além disso, os motores W22X precisam ser retificados após os testes de explosão, uma

vez que esses testes podem ovalizar os seus encaixes e perder as cotas estipuladas em projeto.

- Tempo total de produção

Esse último tópico da análise de tarefas executadas é referente a soma dos tempos de produção de uma carcaça e consiste no tempo de *setup* de cada modelo junto com o tempo de maquinagem total (primeiro e segundo lados).

No gráfico a seguir, pode-se notar o impacto do *setup* no tempo total de produção e o quanto a implementação de ferramentas de automação auxiliam o processo, como no caso das W22X 400 e 450, onde não é necessária a maquinagem de calços para o segundo lado.

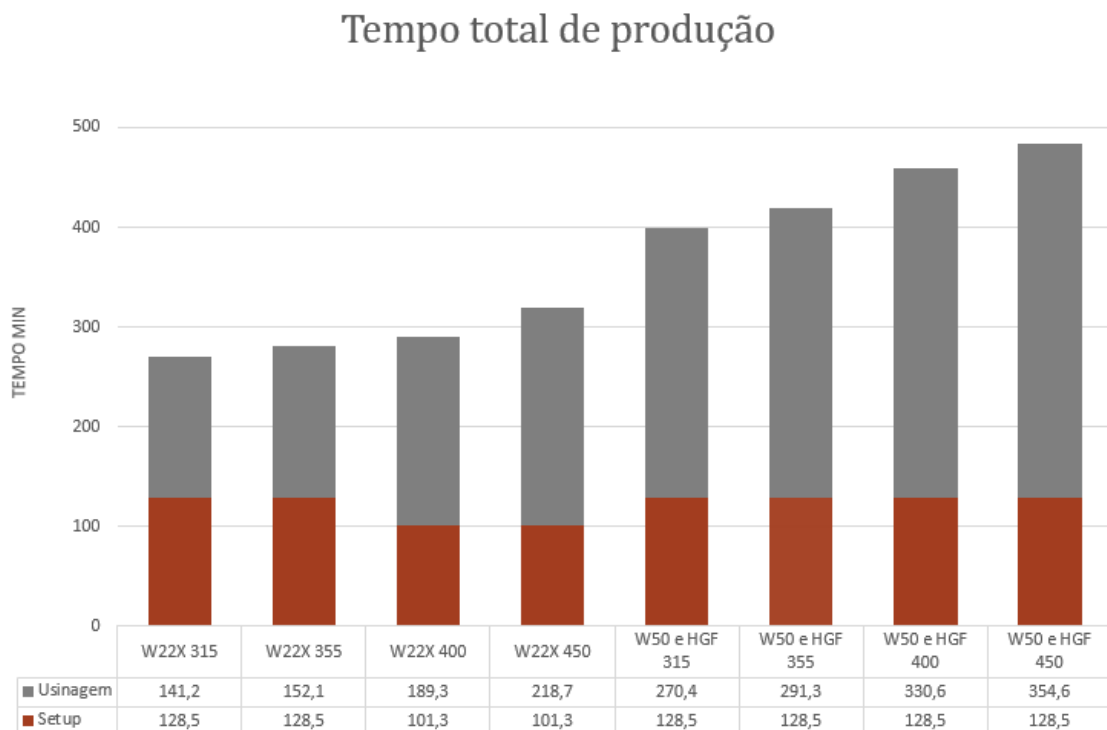


Figura 20 - Gráfico do tempo total de produção

Nota-se que quanto maior o tamanho da carcaça, mais amortizado fica o tempo de *setup*. Além disso, no caso de uma sequência de operações o *setup* não será completo como apresentado no gráfico. Nesses casos de *setup* parcial boa parte das tarefas já terá sido realizada e diminuirá o tempo total. Portanto, apenas na forma organizacional da produção o tempo de fabricação pode ser reduzido.

### 3.3.2 IMPLEMENTAÇÃO DO SMED NO *SETUP*

O trabalho seguirá os procedimentos padrões para a implementação do SMED em um determinado processo. Seguirá os quatro estágios conceituais, sendo eles: estágio preliminar, primeiro estágio, segundo estágio e terceiro estágio.

O estágio preliminar já fora realizado em “Tarefas executadas e Cronometragens”, sendo responsável pela coleta das tarefas e os tempos de cada etapa do processo. Todo o trabalho será pautado nesses dados e serão considerados a nossa referência após a obtenção dos resultados e melhorias.

O primeiro e segundo estágios serão abordados em um mesmo tópico para tornar o trabalho mais didático e reduzir o número de tabelas geradas em sua aplicação. Devido ao processo de *setup* ser praticamente todo realizado com o equipamento parado, os ganhos esperados nessa etapa não são muito elevados.

O estágio quatro é o cerne das pesquisas elaboradas. Ele será responsável pelo desenvolvimento de novas ferramentas e a melhora da eficiência nas tarefas executadas.

#### 3.3.2.1 *Primeiro e Segundo Estágios*

Esta etapa tem como objetivo separar as tarefas em internas e externas. A vantagem de tarefas internas é que podem ser realizadas pelo operador ainda com o equipamento em operação. Essas tarefas não afetam no tempo final do produto desde que não ultrapassem o tempo da operação que está ocorrendo.

No cenário atual, o procedimento de carcaças da Weg Portugal não apresenta tarefas externas. O processo necessita do equipamento parado para fazer a troca do produto e os ajustes de precisão são feitos a partir de referências no equipamento, como por exemplo o ajuste do paralelismo da face.

Tabela 10 - Tarefas internas e externas primeiro lado

Operação: Setup Primeiro Lado		MODELO/TEMPO (min)		
TAREFA	W22X	W50/HGF	%	
<b>Inicial</b>				
Buscar calços de fixação	1,5	1,5	2%	
Fixar calços na bucha	7,3	7,3	12%	
Colocar ajustes de altura	1,7	1,7	3%	
Pegar a carcaça com a ponte e levar aos calços	2,2	2,2	4%	
Retirar ponte	0,7	0,7	1%	
Ajuste final dos calços	3,2	3,2	5%	
Ajuste de paralelismo da face	8,7	8,7	14%	
Prender tirantes de fixação	13,5	13,5	22%	
<b>Final</b>			0%	
Soltar tirantes de fixação	3,6	3,6	6%	
Pegar a carcaça com a ponte	1,9	1,9	3%	
Colocar carcaça no pallet	1,1	1,1	2%	
Soltar calços e retirar ferramentas do VTC-	16,5	16,5	27%	
<b>Total</b>	<b>61,9</b>	<b>61,9</b>	<b>100%</b>	
Tarefas convertidas em externas		Tarefas internas		Tarefas simplificadas

Tabela 11 -Tarefas internas e externas segundo lado

Operação: Setup Segundo Lado		MODELO/TEMPO (min)			
TAREFA	W22X*	%	W50/HGF	%	
<b>Inicial</b>					
Virar carcaça pré-maquinada	3,4	9%	3,4	5%	
Buscar calços de fixação	0,0	0%	1,5	2%	
Fixar calços para maquinação	0,0	0%	5,5	8%	
Usinar calços para diâmetro da carcaça	0,0	0%	21,7	32%	
Alocar carcaça nos calços ou patro centrador	1,5	4%	1,5	2%	
Retirar ponte	0,7	2%	0,7	1%	
Prender tirantes de fixação	13,5	34%	13,5	20%	
Zerar máquina para usinagem	2,2	6%	2,2	3%	
<b>Final</b>					
Soltar tirantes de fixação	3,6	9%	3,6	5%	
Pegar a carcaça com a ponte	1,9	5%	1,9	3%	
Colocar carcaça no pallet	1,1	3%	1,1	2%	
Retirar tirantes e ferramentas do VTC	11,5	29%	11,5	17%	
<b>Total</b>	<b>39,4</b>	<b>100%</b>	<b>68,1</b>	<b>100%</b>	

\*Obs: tempos sem considerar alturas de eixo 315 e 355

Tarefas convertidas em externas Tarefas internas

As únicas tarefas que podem ser previamente executadas são referentes a trazer ferramentas e equipamentos que serão utilizados para perto do VTC. Outra tarefa que poderia ser simplificada é a de “Ajuste de tirantes”, entretanto devido a quantidade de

ferramental não era viável o ajuste prévio, pois seriam necessários vários conjuntos desse equipamento para permitir uma montagem anterior.

Nesse tópico foi adicionado o item “Tarefas simplificadas”, uma vez que não é possível grande avanço na alteração das tarefas de internas para externas.

As atividades marcadas com a cor azul representam tarefas que apresentam um grande número de parafusos de fixação e que eram colocados manualmente.

A fim de trazer melhora nessas atividades, fora feito um requerimento para o setor de compras e adquirida uma parafusadeira pneumática como a da Figura 21, a qual resultou em uma redução nos tempos dessas tarefas.



Figura 21 - Parafusadeira pneumática

A tarefa de “Fixar calços na bucha” e “Soltar calços” para o primeiro lado representam a fixação e desafixação de 16 parafusos em cada etapa respectivamente. Isso gerava um cansaço excessivo por parte do operador e representava mais de 50% do tempo utilizado em cada atividade. Além disso, o VTC já apresenta uma central de ar comprimido, o que facilitou a instalação desse equipamento, sem ser necessária qualquer alteração no layout do local.

### 3.3.2.2 Terceiro Estágio

Responsável pela implementação de melhorias no processo, o terceiro estágio focará nas tarefas mais significantes para o tempo total da operação, tentando eliminar as tarefas que não sejam mais necessárias e simplificando as mais extensas.

A tarefa de “Prender tirantes de fixação” será abordada em trabalhos futuros em função de seu projeto de melhoria ter um custo extremamente elevado e requerer mais tempo de investigação para implementação.

Junto com os tirantes, a tarefa que impacta expressivamente é a “Maquinagem de calços para diâmetro da carcaça”, essa tarefa precisa ser executada para 77,7% das carcaças

produzidas na Weg Maia e como exemplo dos modelos W22X acima da altura 355 ela pode ser eliminada com a implementação de um prato centrador.

### 3.3.2.2.1 Primeiro e Segundo Protótipos

A busca de um prato centrador para todas as carcaças não é uma tarefa fácil de se realizar. A diferença de diâmetros entre uma carcaça W22X e W50/HGF de mesma altura de eixo é de 4 milímetros em média. Essa diferença de diâmetros impossibilita a criação de um único prato que possa atender a necessidade de todos os produtos. Por isso é necessária a avaliação de meios que possibilitem abranger todas as carcaças e não tornem o processo demasiadamente demorado.

Para isso foi elaborado um primeiro protótipo, como na Figura 22, com o intuito de ter dois posicionamentos, um primeiro que atenderia as carcaças W22X sem a barra frontal e a posição dois, com a barra, que ficaria com os diâmetros das W50/HGF.

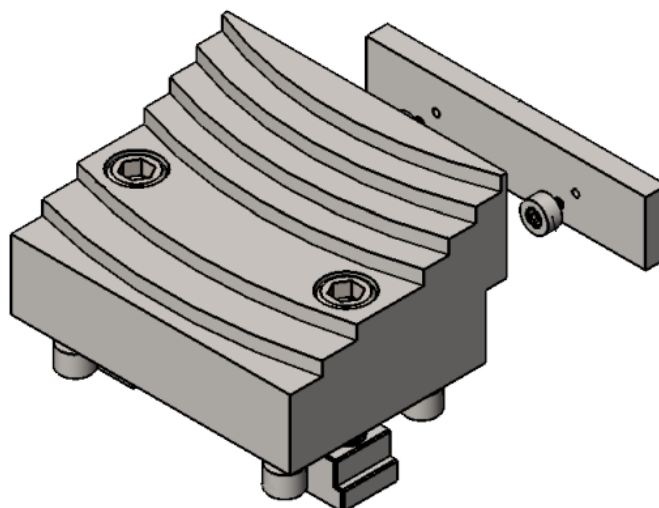


Figura 22 - Primeiro protótipo de calço

Após várias avaliações percebeu-se que a troca da barra poderia causar a perda da referência no VTC e não garantiria as tolerâncias de cotas exigidas pelo produto. Assim, seria melhor a criação de calços individuais para cada gama, ou seja, um calço para as carcaças W22X e outro para as W50/HGF. Isso diminuiria o risco de investir em um produto muito sofisticado e que poderia não trazer o resultado esperado. Para isso foi elaborado o segundo protótipo como o da Figura 23.

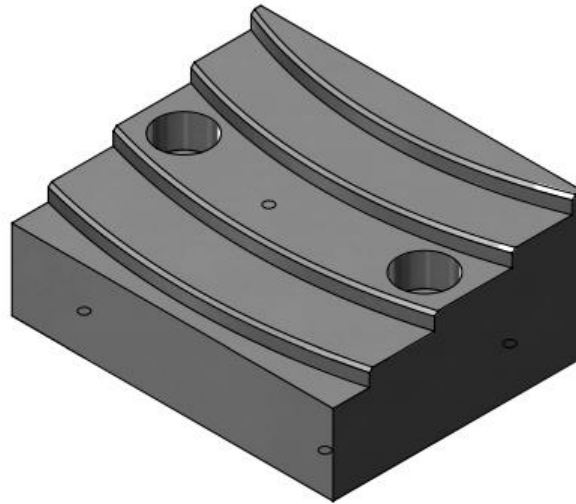


Figura 23 - Segundo protótipo de calço

Esse segundo protótipo foi elaborado para atender as carcaças W50/HGF, pois as W22X já apresentavam prato para alturas maiores que 355. Esse protótipo foi idealizado a partir de sucatas do ferramental e por isso não teve custo de matéria prima para sua criação. Ele começou a ser produzido e chegou a ser alocado no VTC. Como pode ser observado na Figura 24, estava apenas faltando o desbaste do diâmetro para a finalização do calço.

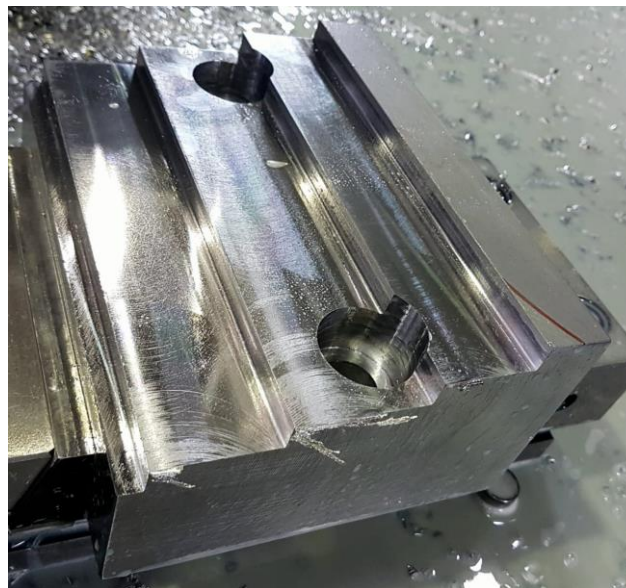


Figura 24 - Segundo protótipo pré fabricado

Entretanto, quando o calço foi alocado em sua posição no VTC, apenas as guias de ajuste inferiores não garantiam a estabilidade necessária. Outro ponto que ficou claro era que seria necessário adicionar cavilhas ao próximo protótipo para que todas as tolerâncias ficassem dentro da cota e o produto saísse como no desenho.

A elaboração desses protótipos foi de suma importância para mapear os possíveis problemas construtivos para um prato centrador final, além de ter indicado os pontos de ajustes necessários para que mesmo automatizando parte do processo o produto

continuasse mantendo a qualidade requerida em um equipamento com certificação ATEX.

### 3.3.2.2 Prato Centrador

Após o *know-how* adquirido com o desenvolvimento dos protótipos, foi elaborado um projeto mais desafiador e que possibilitaria a automatização de todos os modelos em estudo com apenas um prato centrador e 4 partes móveis de troca rápida. O desenvolvimento desse prato centrador contou com o apoio de uma equipe brasileira que validou o projeto e deu o aval para sua fabricação.

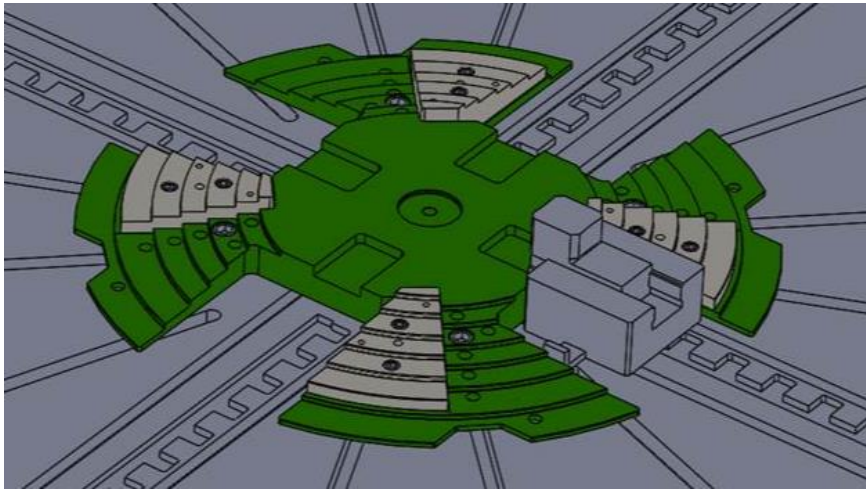


Figura 25 - Prato centrador VTC

O prato em verde, da Figura 25, permite a utilização de todas as ferramentas existentes no VTC. Essa parte é composta pelos diâmetros das carcaças W22X de altura de eixo 315 à 560, atendendo as necessidades além do que havia sido proposto no projeto.

A parte responsável pelas carcaças W50/HGF está em cinza. Esse calço removível é composto por dois espaços que permitem a inserção de cavilhas, garantindo o alinhamento e as cotas requeridas em projeto.

Outra vantagem desse prato é que ele viabiliza a produção das carcaças em bruto (primeiro lado) sem a remoção desses equipamentos, o que diminui drasticamente o tempo perdido com as trocas em *setups* completos.

A única necessidade de remoção desse prato é na realização de carcaças que estão em fases de testes e apresentam alturas muito elevadas, obrigando assim a remoção do prato para conseguir utilizar todo o curso do torno. Entretanto, essa remoção ocorre esporadicamente, sendo por volta de quatro ou cinco vezes ao ano.

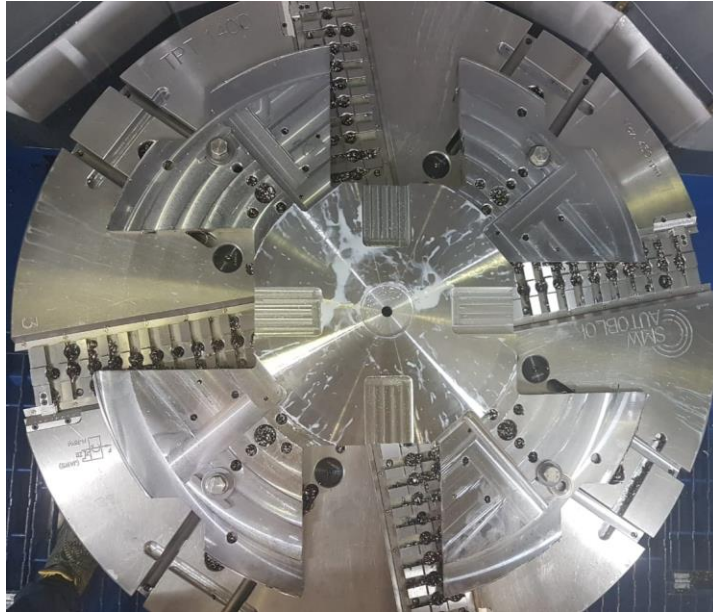


Figura 26 - Prato centrador usinado

O projeto foi desenhado junto com o analista da maquinagem pesada e todo o trabalho de maquinagem e processamento fora realizado dentro da seção de ferramentaria da Weg Portugal. Sua confecção demorou cerca de uma semana e sua aplicabilidade fora testada logo em seguida. O prato conseguiu atender a todas as expectativas e desempenhou um grande avanço na preparação das carcaças.

### 3.3.3 MELHORIA NO SISTEMA DE MAQUINAGEM

O processo de maquinagem corresponde entre 52% a 73% do tempo total do processo dependendo do produto analisado. Como é a parcela mais significativa do tempo, foi dedicado um estudo exclusivo para essa parte a fim de acelerar as atividades mantendo a qualidade necessária em todos os itens.

A base do estudo se deu pelo levantamento dos procedimentos da Weg Brasil e pelas normas de operação que são utilizadas pela empresa matriz. O processo de maquinagem é semelhante ao aplicado na Weg Portugal, entretanto, no Brasil o processo de fabricação de carcaças é feito por dois tornos verticais.

Após algumas adaptações dos processos, verificou-se a necessidade de implementar contra-pesos nas carcaças e investir em ferramentas mais modernas no processo de maquinagem, que permitiriam um trabalho mais rápido e mais eficiente.

#### 3.3.3.1 *Contra-Pesos*

Devido a uma solicitação por parte do chefe da maquinagem, foi apontada a presença de ovalização nas bocas das tampas em carcaças com pés. Essas ovalizações, dependendo do caso, obrigavam a retificação dos frisos pois impossibilitavam o encaixe das tampas.

Como forma de solucionar isso, fora feito um levantamento de causas para esse problema e notou-se que o centro de gravidade na hora da fabricação do torno vertical

não estava condizente com o centro da bucha. Esse desvio no CG causa vibração durante o processamento e um excesso de força na ferramenta no lado mais pesado, que é o caso das carcaças com pés.

A forma mais eficiente encontrada para solucionar esse problema foi a aplicação de contra-pesos como o da Figura 27 que balanceassem essa diferença causada pelos pés, trazendo assim o CG da carcaça para o centro da bucha e eliminando as ovalizações.

Além da melhora do processo, a aplicação dos contra-pesos teve um efeito colateral positivo para a maquinagem. A sua aplicação tornou o processo mais seguro e permitiu um aumento de 10% na rotação do equipamento e de 30% no avanço utilizado como parâmetro.



Figura 27 - Contra pesos

### 3.3.3.2 Ferramenta Dupla

Após o levantamento do ferramental utilizado e comparando com o processo efetuado pela Weg Brasil, percebeu-se que seria possível a implementação de uma ferramenta de corte com duas pastilhas em conjunto. Essa adaptação permite que em um único passe seja feito tanto o desbaste quanto o acabamento da superfície usinada.

Como forma de testar a viabilidade desse produto, foi adquirido um suporte duplo de pastilhas como o da Figura 28 e fabricada uma carcaça utilizando esse processo. A primeira carcaça usinada apresentou uma superfície muito rugosa devido a vibração causada pelo excesso de força da ferramenta. Essa vibração deslocava uma das pastilhas e não garantia as tolerâncias desejadas.

A solução encontrada para essa vibração foi a fixação por meio de um parafuso da pastilha que se deslocava e através da diminuição do avanço para evitar um desbaste excessivo com um só passe.

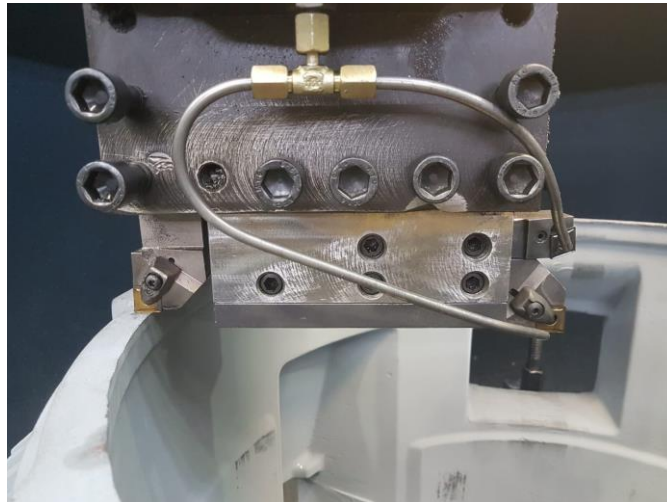


Figura 28 - Ferramenta dupla de maquinagem

Após esses ajustes, a ferramenta dupla se provou eficiente e foi a adaptação que mais trouxe resultado dentro das melhoras do processo. Sua aplicação permitiu a eliminação das tarefas de acabamento que eram executadas posteriormente ao desbaste, fazendo com que o produto ficasse acabado apenas com a metade dos passes antes necessários.

### 3.4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta secção, os resultados serão apresentados pelos grupos de melhorias em que foram alcançados e posteriormente será feito um compilado com todas as áreas para estipular a melhora final obtida com todos os avanços. As reduções de custos estimadas não podem ser divulgadas por conterem dados confidenciais da empresa. Desta forma, o foco se dará na percentagem de tempo ganho no processo.

#### 3.4.1 GANHOS COM O *SETUP*

Os resultados obtidos com a implementação do SMED se deram através da simplificação ou eliminação de algumas tarefas. A grande melhoria apresentada nessa área está relacionada ao uso da parafusadeira pneumática, aos protótipos e ao prato centrador desenvolvido.

A troca de *setup* interno para externo permitiu que o operador preparasse o ferramental necessário na operação enquanto o VTC ainda estava em operação. Essa etapa não gera tanto impacto aparente nos tempos, porém, essa rotina evita que o trabalho seja interrompido por uma ferramenta não estar disponível, vez que durante o trabalho realizado na máquina o operador precisava parar várias vezes para procurar ferramentas que haviam sido levadas para outros lugares da fábrica.

As Tabela 12 e Tabela 13 apresentam as tarefas finais obtidas após as implementações de melhorias. Nelas já constam os tempos finais obtidos com as novas ferramentas e foram retiradas as tarefas de *setup* externo pois elas não mais interferirão no tempo de realização do *setup*.

Tabela 12 - Tarefas e tempos finais do *setup* primeiro lado após alterações

Operação: Setup Primeiro Lado	MODELO/TEMPO (min)		
	TAREFA	W22X	W50/HGF
<b>Inicial</b>			
Fixar calços na bucha	1,6	1,6	3%
Colocar ajustes de altura	1,7	1,7	3%
Pegar a carcaça com a ponte e levar aos calços	2,2	2,2	4%
Retirar ponte	0,7	0,7	1%
Ajuste final dos calços	3,2	3,2	7%
Ajuste de paralelismo da face	8,7	8,7	18%
Prender tirantes de fixação	13,5	13,5	27%
<b>Final</b>			
Soltar tirantes de fixação	3,6	3,6	7%
Pegar a carcaça com a ponte	1,9	1,9	4%
Colocar carcaça no pallet	1,1	1,1	2%
Soltar calços e retirar ferramentas do VTC-	10,9	10,9	22%
<b>Total</b>	<b>49,1</b>	<b>49,1</b>	<b>100%</b>

Tabela 13 - Tarefas e tempos finais do *setup* segundo lado após alterações

Operação: Setup Segundo Lado	MODELO/TEMPO (min)		
	TAREFA	W22X	W50/HGF
<b>Inicial</b>			
Alocar carcaça nos calços ou prato centrador	1,5	1,5	4%
Retirar ponte	0,7	0,7	2%
Prender tirantes de fixação	13,5	13,5	38%
Zerar máquina para usinagem	2,2	2,2	6%
<b>Final</b>			
Soltar tirantes de fixação	3,6	3,6	10%
Pegar a carcaça com a ponte	1,9	1,9	5%
Colocar carcaça no pallet	1,1	1,1	3%
Retirar tirantes e ferramentas do VTC	11,5	11,5	32%
<b>Total</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>100%</b>

As alterações representaram um ganho de 16% no tempo de *setup* das carcaças W22X com altura de eixo maior que 355 e de 35% nas W22X 315/355, além de todas as W50/HGF produzidas.

Como apontado anteriormente, esses ganhos podem ser ainda maiores se considerarmos que o prato centrador acabou com a tarefa de maquinação de calços. Na maioria dos casos essa operação precisava ser refeita, vez que os calços precisam ter uma tolerância extremamente justa, de modo que caso o operador descuidasse na hora da operação acabaria perdendo essa cota.

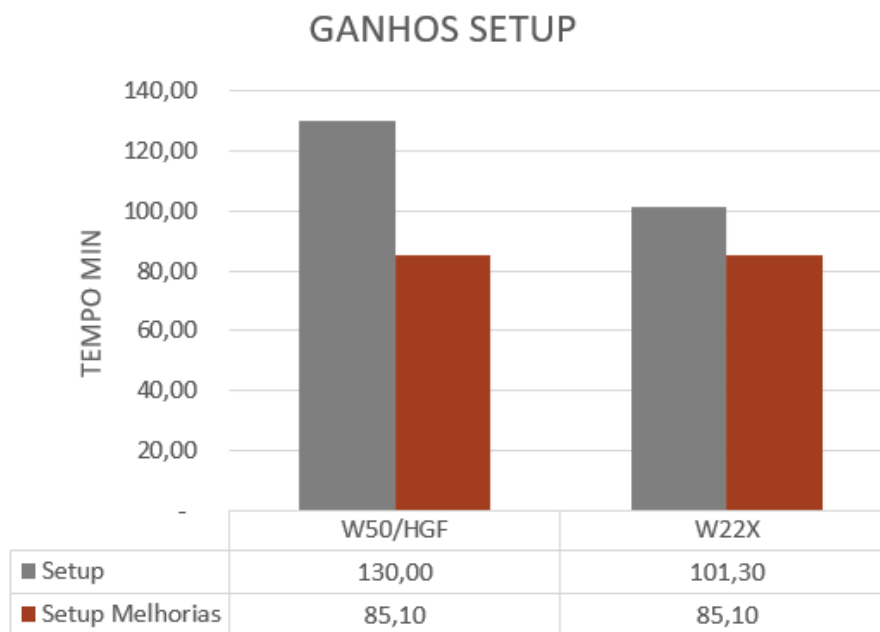


Figura 29 - Gráfico dos ganhos com alterações no *setup*

A Figura 29 traz a representação gráfica dos ganhos de tempo obtidos somente com as melhorias no *setup*. Fica evidente que as tarefas das gamas que não tinham prato centrador são as mais beneficiadas e correspondem a mais de 70% da produção dos últimos três anos.

### 3.4.2 GANHOS NA MAQUINAGEM

As modificações na maquinagem consistiram na implementação dos contra-pesos e na troca da ferramenta simples para uma ferramenta dupla de maquinagem. Esses dois passos são importantes para atender as qualidades finais objetivadas pelo projeto. Entretanto, os contra-pesos não tornam o processo mais rápido. Eles criam a tarefa de alocação de contra-pesos nas carcaças antes da maquinagem. Como forma de solucionar esse problema, foram feitos dois conjuntos de contra pesos para cada gama, viabilizando essa tarefa como externa e que pode ser executada em paralelo a operação do VTC.

A ferramenta dupla é o ponto de melhoria de maior destaque e que traz os resultados mais satisfatórios para a pesquisa. Com a sua aplicação, as tarefas de acabamento deixam de existir e o passe de desbaste já garante as cotas e acabamento finais esperados após o processo de maquinagem.

Os resultados finais obtidos são demonstrados na Tabela 14, Tabela 15 e na Figura 30 onde foram retiradas as tarefas de acabamento que foram supridas pela ferramenta dupla e fora feita a atualização dos tempos de maquinagem de cada carcaça.

Tabela 14 - Tarefas e tempos obtidos com implementação de ferramenta dupla para HGF e W50

Operação: Usinagem TAREFA	ALTURAS DE EIXO/TEMPO (min)			
	HGF/W50 315	HGF/W50 355	HGF/W50 400	HGF/W50 450
<b>Primeiro lado e Segundo lado</b>				
Facear	6,9	8,0	7,7	8,0
Desbaste $\emptyset$ encaixe	1,3	1,3	1,3	1,3
Aferir	5,4	5,4	5,4	5,4
Tornear inicio $\emptyset$ desbaste	4,5	4,9	5,1	6,7
Aferir	4,8	4,8	4,8	4,8
Tornear $\emptyset$ interno e encaixe - desbaste	37,7	41,7	50,3	57,0
Aferir	7,0	7,0	7,0	7,0
<b>Total</b>	<b>135,0</b>	<b>146,1</b>	<b>163,1</b>	<b>180,3</b>

Tabela 15 - Tarefas e tempos obtidos com implementação de ferramenta dupla para W22X

Operação: Usinagem TAREFA	ALTURAS DE EIXO/TEMPO (min)			
	W22X 315	W22X 355	W22X 400	W22X 450
<b>Primeiro lado e Segundo lado</b>				
Usinar desbaste da face (comprimento)	3,7	3,9	4,3	5,4
Aferir	1,3	1,3	1,3	1,3
Usinar desbaste da face (comprimento) Parte 2	3,7	3,9	4,3	5,4
Usinar desbaste do encaixe externo	13,9	14,6	15,9	20,7
Usinar desbaste interno da carcaça	6,6	7,1	7,7	9,7
Aferir	1,5	1,5	1,5	1,5
Usinar acabamento interno da carcaça	21,8	25,9	42,1	45,3
Aferir	1,2	1,2	1,2	1,2
<b>Total</b>	<b>107,4</b>	<b>118,9</b>	<b>156,7</b>	<b>181,1</b>

Nota-se que a tarefa “Usinar acabamento interno da carcaça” no caso dos modelos W22X continua a ser realizada mesmo com a ferramenta dupla. Isso ocorre devido a necessidade de acabamento superficial superior nesses produtos e impossibilitando o uso da ferramenta nesse caso.

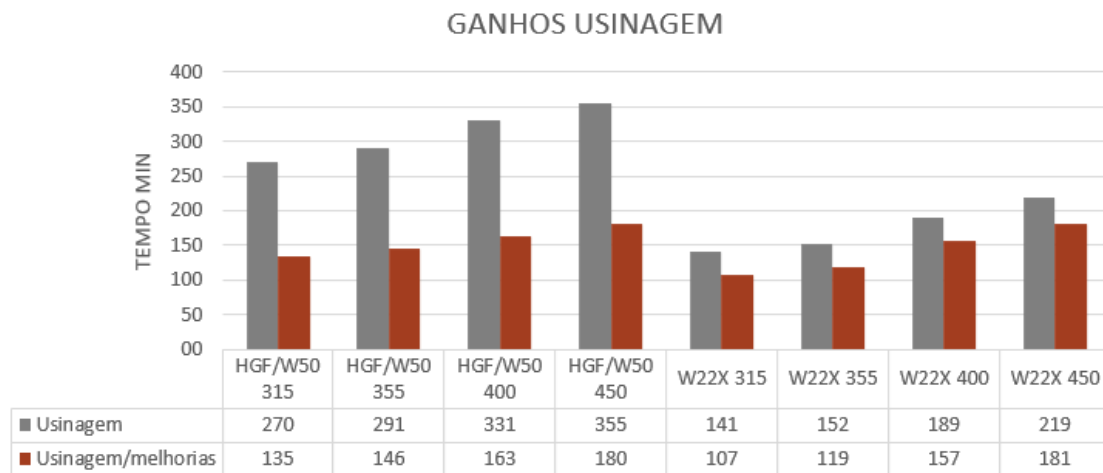


Figura 30 - Gráfico dos ganhos com alterações na maquinagem

A Figura 30 mostra os ganhos obtidos com a alteração da ferramenta. Os ganhos chegam na casa de 48% no caso dos modelos W50/HGF e de 23% nas carcaças W22X. Como mencionado anteriormente, essa diferença ocorre pela impossibilidade de fazer todo o processo das W22X com essa nova ferramenta.

### 3.4.3 GANHOS TOTAIS DE TEMPO

Esse tópico focará nos ganhos gerais obtidos com todas as melhorias e quais são os tempos finais para o processo completo de fabricação da carcaça no VTC. Para isso será feito um gráfico com os tempos totais que eram antes encontrados e os novos tempos após as melhorias implementadas.

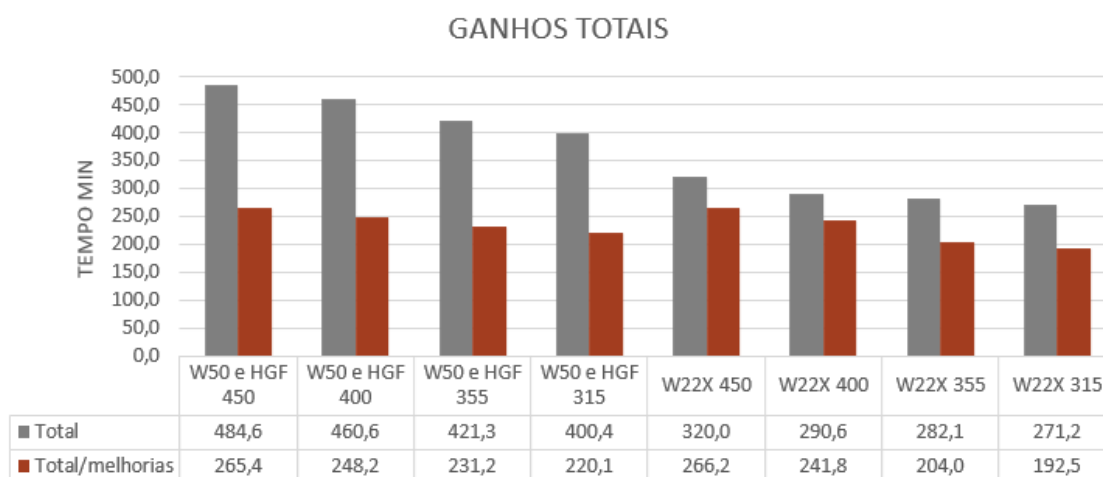


Figura 31 - Gráfico dos tempos com e sem as melhorias

Percebe-se na Figura 31 que os modelos W50/HGF foram os mais beneficiados pelas mudanças realizadas. Esse modelo teve ganho expressivo com o prato centrador que permitiu eliminar a atividade de maquinar os calços. Além disso, a ferramenta dupla

pode ser utilizada em todo o processo de maquinagem, refletindo nos ganhos de tempo obtidos.

As carcaças W22X 315 e 355 também foram beneficiadas com o prato centrador, entretanto, junto com os demais modelos W22X, não é possível se beneficiar da ferramenta dupla em todo o seu processamento.

Os contra-pesos não interferiram nos ganhos de tempo, pois os parâmetros que foram alterados no primeiro momento de sua aplicação voltaram aos tempos normais até que sejam trocados os métodos de fixação das carcaças por tirantes por algo mais eficiente. Essa medida foi tomada para não por em risco a segurança dos operadores.

Além desse tempo individual foi feito um levantamento de quanto tempo poderia ter sido poupado nos últimos três anos casos essas soluções já tivessem sido implementadas no VTC.

# CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS



## 4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

### 4.1 CONCLUSÕES

Os dois principais avanços obtidos com o trabalho foram a criação do prato centrador e a troca de ferramenta para a maquinagem. Essas duas melhorias tiveram resultados expressivos e aumentaram em mais de 20% a capacidade do VTC, aumentando assim toda a capacidade de produção da WegEuro unidade de Maia, uma vez que o ponto de gargalo é o próprio VTC.

Como forma de compilar os ganhos totais obtidos com as melhorias foi elaborada a Tabela 16 - Resumo das melhorias obtidas

Tabela 16 - Resumo das melhorias obtidas

RESUMO DAS MELHORIAS			
	Antes	Depois	Melhoria
SETUP	Minutos	Minutos	
Tempo de setup com tarefas externas (W22X)	101,3	85,1	16% ↓
Tempo de setup com tarefas externas (W50/HGF)	130,0	112,3	14% ↓
Utilização de prato centrador (W50/HGF)	130,0	102,8	21% ↓
USINAGEM			
Aplicação da ferramenta dupla (total W22X)	701,3	564,1	20% ↓
Aplicação da ferramenta dupla (total W50/HGF)	1246,9	624,5	50% ↓
Total			
Ganhos totais para W22X (todas as gamas)	1163,9	904,5	22% ↓
Ganhos totais para W50/HGF (todas as gamas)	1766,9	964,9	45% ↓
Redução da carga da máquina (horas/dia)	18,1	14,3	21% ↓

Todas as melhorias aplicadas elevaram a capacidade do VTC, fazendo com que sua carga semanal se aproxime dos 100% e evite os turnos extras aos sábados quando a linha de produção solicita mais que 18 carcaças por semana.



Figura 32 - Gráfico de tempo gasto na produção e quais seriam os novos tempos com melhorias

Somente com o histórico da produção na empresa já é possível ver o impacto que essas melhorias gerariam no tempo e quantidade de produção nos últimos três anos. Com todas estas melhorias, poderiam ser poupados mais de 126 dias de trabalho contínuos, o que equivaleria à produção de 913 carcaças HGF 315 ou W22X 400.

Devido à baixa repetitividade da produção da WegEuro (cerca de 1,6 vezes) os aperfeiçoamentos tiveram como objetivo atingir as gamas menos complexas e que fossem mais produzidas. Os investimentos para as mudanças foram todos justificados e sua amortização está planejada para menos de três meses de operação.

Além dos ganhos diretos com tempo, a padronização dos processos elimina uma grande quantidade de erros e facilita o treinamento dos futuros operadores. Todas as mudanças foram documentadas por normas internas e contam em sistema SAP para estender as pesquisas às demais unidades plantas da empresa.

Os trabalhos no VTC continuam e objetivam reduzir ainda mais os tempos de *setup*. Alguns projetos já estão em desenvolvimento e só não foram aplicados devido ao grande investimento necessário para as alterações requeridas. Esses projetos serão abordados a seguir nos trabalhos futuros.

#### 4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Um projeto já está sendo estudado e desenvolvido para a tarefa “Fixação de tirantes”, que se tornou mais demorada dentro do processo de *setup* após as mudanças de melhoria. Esse projeto busca agilizar esse processo e melhorar as fixações da carcaça e permitir uma alteração mais abrupta dos parâmetros de corte, podendo chegar perto dos padrões indicados nas pastilhas de corte.

O projeto consiste na utilização de pinças hidráulicas para confecção do primeiro lado e dois pistões hidráulicos para o processamento de segundo lado. O projeto está sendo desenvolvido pela equipe de melhoria contínua da WegEuro em Maia e pela fábrica de ferramental da Weg Brasil em Jaraguá do Sul – SC.

A Figura 33 nos dá uma ideia de como será o projeto. Esse conjunto tem um custo extremamente elevado e está em fase de aprovação pela equipe de auditoria da Weg.

Estima-se que com a sua instalação, o VTC poderá ganhar mais 22% de capacidade da máquina alterando tanto os tempos de *setup* quanto os parâmetros de maquinagem hoje utilizados.

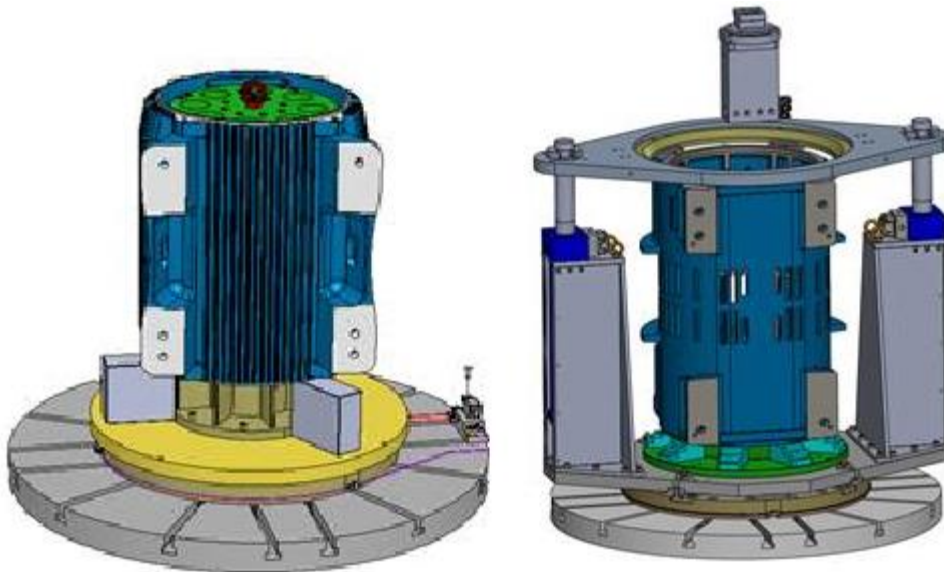


Figura 33 - Pinças de fixação hidráulica

Além desse projeto, uma adaptação nos calços para o primeiro lado está em estudo. Devido ao alto tempo de alinhamento desses calços para garantir a centralização da carcaça no VTC é necessário um ponto de referência que permita o alinhamento de forma mais assertiva. Como solução foi proposto um marcador nos calços em forma de régua. Está sendo feita a avaliação dos fornecedores que tenham a capacidade de realizar esse trabalho em um período que não prejudique a linha de produção programada.



Figura 34 - Adaptação de calço para primeiro lado

A Figura 34 representa o conceito das marcações que devem ser feitas no calços. Devido ao posicionamento dos calços na bucha ser sempre o mesmo, com essa marcação prévia é possível ajustar o alinhamento antes mesmo da pausa do equipamento, trazendo esta tarefa que hoje é interna para o âmbito externo.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



## BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Alves, J. M. (1995). *O sistema Just in Time reduz os custos do processo produtivo*. Paper presented at the Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC.
- Andrietta, J. M., & Miguel, P. A. C. (2007). Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. *Gestão & Produção, 14*(2), 203-219.
- Antunes, J. (2008). *Sistemas de produção: sistemas e práticas para projeto e gestão da produção enxuta*: Porto Alegre: Bookman.
- Corrêa, H. L., & Gianesi, I. G. (1993). *Just in time. MRPII e OPT: um enfoque estratégico, 2ª ed., São Paulo: Atlas*.
- Durand, J. P. (2003). A refundação do trabalho no fluxo tensionado. *Tempo Social, 15*(1), 139-158.
- Ghinato, P. (1995). Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente just-in-time. *Production, 5*(2), 169-189.
- Hutchins, D. (1999). *Just in time*: Gower Publishing, Ltd.
- International, B. K. (2017). *Walther-Präzision: Poka-Yoke – Mistake Proofing Of Quick Connection Systems*.
- Jones, D. T., & Womack, J. P. (2004). *A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*: Gulf Professional Publishing.
- Marshall-Júnior, I. (2002). *Gestão de operações e qualidade*. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas.
- McIntosh, R., Culley, S., Mileham, A., & Owen, G. (2000). A critical evaluation of Shingo's' SMED'(Single Minute Exchange of Die) methodology. *International journal of production research, 38*(11), 2377-2395.
- Min, W., & Pheng, L. S. (2007). Modeling just-in-time purchasing in the ready mixed concrete industry. *International journal of production economics, 107*(1), 190-201.
- Modarress, B., Ansari, A., & Lockwood, D. (2005). Kaizen costing for lean manufacturing: a case study. *International journal of production research, 43*(9), 1751-1760.
- Nakajima, S. (1989). *Introdução ao TPM*. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos.
- Naylor, J. B., Naim, M. M., & Berry, D. (1999). Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International journal of production economics, 62*(1-2), 107-118.
- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen assembly: designing, constructing, and managing a lean assembly line*: CRC Press.
- Pinto, J. P. (2008). *Lean Thinking: Glossário de termos e acrónimos*. São Paulo: Comunidade Lean Thinking.
- Rabia Azzemou , M. N. (2012). *Application Of The 5S Method In an Algerian Firm*.
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*: CRC Press.
- Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*: CRC Press.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *The International Journal of Production Research, 15*(6), 553-564.

Werma. (2016). AndonSPEED: A unique andon light system to optimise warehouse processes.

Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*: Industrial Press Inc.

# ANEXOS

6.1 ANEXO A – Folha padrão de cronometragem


6.2 ANEXO B – Primeiro protótipo do calço

6.3 ANEXO C – Segundo protótipo do calço



## ANEXOS

## ANEXO A – FOLHA PADRÃO DE CRONOMETRAGEM

 <b>FOLHA DE CRONOMETRAGEM</b>												Data:								
Operador:				Turno: 1	Cron.:				Estudo:				Cód.Mat.:				Folha Nº:	01	de	01
Produto:				Nº:				Material:				CT.:				Local:				
Operação:																				
Nº	Elementos		Ciclos										T.C.	RIT	T.N.	Freq.	Fadiga	Tempo Básico		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10								
01		T													100%		1	0,0%		
		L																		
02		T															1	0,0%		
		L																		
03		T															1	0,0%		
		L																		
04		T															1	0,0%		
		L																		
05		T															1	0,0%		
		L																		
06		T															1	0,0%		
		L																		
07		T															1	0,0%		
		L																		
Obs:			Tempo Básico Total:					min		Produção Horária:					pç/h	Concessão:	5%			
			Tempo Padrão:					min												

ANEXO B – PRIMEIRO PROTÓTIPO DO CALÇO

