Otimização do Processo de Lavagem de Motores à Diesel



Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR

ISSN: 2316-2317

Jéssica D. Strujak[1]; Jessica dos S. Pereira[1]; Vanessa Apª. Fonseca[1]; Mauro J. da Costa[2]

[1] *Faculdade Educacional Araucária*
[2] *Universidade do Estado de Santa Catarina*

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta uma proposta para otimização do processo de lavagem de motores à diesel, de uma empresa situada em Curitiba-PR. O processo trata-se do gargalo da linha de montagem final, limitando a capacidade produtiva desta linha de produção e da fábrica como um todo. Por este motivo, o principal objetivo do estudo realizado é aumentar a capacidade e eficiência deste processo. Para desenvolvimento do trabalho, foram utilizados alguns conceitos encontrados no Sistema Toyota de Produção como, por exemplo, ferramentas da qualidade, 7 perdas no sistema produtivo e eficiência produtiva. Também utilizou-se alguns conceitos voltados à tecnologia, máquinas e equipamentos, segurança operacional e operação de lavagem. Através da proposta elaborada, é possível obter um aumento de 12% da capacidade produtiva do processo e uma redução de custos de 52%, com um curto prazo para retorno do investimento. Também é possível melhorar as condições ergonômicas de trabalho dos operadores e minimizar a emissão de ruídos em aproximadamente 35dB, durante a lavagem e secagem de motores. A aplicação de tecnologia nos processos industriais possui grande importância para melhorar a eficiência operacional e manter-se competitivo no mercado, auxiliando as empresas a alcançar suas metas, otimizar seus processos e reduzir custos operacionais.

Palavras chave: Otimização, Processo de Lavagem, Motores à Diesel, Tecnologia de Processo.

ABSTRACT

This Course Conclusion Paper shows a proposal to optimize the washing process of diesel engines, of a company located in Curitiba-PR. The process is the constrain of the final assembly, limiting the production capacity of this production line and the factory as a whole. Therefore, the main objective of the study is to increase the capacity and efficiency of this process. For development of the paper, it was used some concepts found in the Toyota Production System such as, for example, quality tools, 7 losses in the productive system and productive efficiency. Also we have used some concepts about technology, machines and equipments, operational safety and washing operation. With the proposal it is possible increases 12% the productive capacity of the process and achieves a cost reduction of 52% with a short-term return on investment. It is also possible improve ergonomic working conditions of the operators and minimize the noise emission by approximately 35dB, while washing and drying the engines. The application of technology in industrial processes has great significance to improve operational efficiency and keep competitive in the market, helping businesses achieve their goals, streamline their processes and reduce operational costs.

Key Words: Optimization, Wash Process, Diesel Engines, Process Technology.

1. INTRODUÇÃO

As organizações buscam cada vez mais a excelência operacional, revendo através da melhoria contínua seus processos internos para minimizar tempos de ciclo, reduzir o consumo de insumos indiretos, eliminar sempre que possível os desperdícios existentes nas operações, tornando-se competitivos e com foco no cliente.

O estudo realizado neste trabalho possui o propósito de oferecer uma solução para otimizar o processo de lavagem de motores, de uma empresa do setor da auto-indústria[1], que oferece motores à diesel para aplicações agrícolas, construção civil e geração de energia.

O objetivo geral do projeto é propor ações para a melhoria de eficiência do processo de lavagem de motores, considerando o estudo de tecnologias aplicáveis. Para isto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

a) Mapear a atual atividade de lavagem de motores;
b) Analisar os problemas e evidenciar os que causam maior impacto no processo;
c) Propor uma solução para os problemas analisados, a fim de aumentar a eficiência do processo;
d) Analisar os resultados obtidos.

Os motores produzidos pela empresa são testados e, após esta etapa, ficam com resíduos de óleo diesel, óleo lubrificante e etilenoglicol[2]. A etapa subsequente à de lavagem, é o processo de pintura de motores. Para realizar uma pintura de alta aderência e boa qualidade, é imprescindível que o motor esteja com as faces devidamente limpas. Por tratar-se de uma atividade sem valor agregado, porém necessária ao processo, deve-se otimizar o uso dos recursos necessários para sua realização.

Alguns pontos observados no processo de lavagem estão relacionados com o alto tempo de ciclo para execução das atividades, excesso de movimentação e ruído que pode ocasionar irritação e distração aos operadores, falta de tecnologia para a realização e padronização da atividade e desperdício de recursos, como água e mão de obra.

Assim, justifica-se adotar soluções economicamente viáveis para aumento de eficiência do processo e padronização das operações, para garantir a limpeza do motor com o mesmo nível de qualidade.

O processo de lavagem de motores trata-se do gargalo da linha de montagem, é realizado de forma manual, através do uso de jatos de água e ar comprimido, chegando a emitir ruídos que geram poluição sonora e afeta a qualidade do ambiente de trabalho,

[1] Auto-indústria: Indústria do setor automotivo e/ou Indústria de fabricação de componentes para máquinas automotoras.
[2] O etilenoglicol, comumente conhecido como glicol, é um líquido incolor, inodoro. Quando adicionado à água eleva o ponto de ebulição da mistura ao mesmo tempo que reduz o ponto de congelamento, por isso é utilizado como anticongelante em diversas aplicações.

podendo ocasionar distração, irritação e perda de desempenho produtivo dos operadores. O método utilizado não conta com tecnologia que permita otimizar a execução das atividades e padronizá-las..

Considerando este contexto, pode-se formular a seguinte questão para o problema de pesquisa deste trabalho:

a) De que forma pode-se aumentar a capacidade produtiva desta operação? Como o uso da tecnologia disponível para fins de lavagem industrial pode otimizar a eficiência deste processo, de forma economicamente viável?

Visando responder a problemática relacionada com a otimização do processo de lavagem de motores, algumas hipóteses podem ser apresentadas, tais como:

a) Pode existir um atraso tecnológico no processo produtivo desta operação, considerando que é utilizado o mesmo método para lavagem de motores desde a instalação fabril da empresa, há cerca de 15 anos;
b) Com o uso de tecnologia aplicada a equipamentos, pode-se alcançar bons níveis de qualidade e também reduzir o tempo necessário para realização da atividade, bem como padronizá-los para produtos similares.

2. DESENVOLVIMENTO

A empresa em estudo é fabricante de motores à diesel para aplicações industriais, agrícola, construção e geração de energia. Suas atividades tiveram início no ano de 1932, no Reino Unido. A fábrica está localizada na cidade de Curitiba, possui cerca de 150 funcionários e atualmente produz motores para a América do norte e América latina.

2.1 PROCESSO MACRO DA EMPRESA

Para o desenvolvimento do estudo e proposta de melhoria, foi realizada uma análise macro do processo atual, onde foi possível identificar, através dos dados existentes de capacidade produtiva, que a Linha de Montagem Final possui uma defasagem notável em relação aos demais processos.

O processo de fabricação é dividido em três linhas, linha de montagem principal (LMT), cabines de teste (SDP) e linha de montagem final (LMF).

Na LMT são abastecidas as peças pelo setor de logística, nesta linha são montados todos os componentes base do motor, necessários para seu funcionamento.

Após este processo, os motores são encaminhados para as cabines de teste, onde são acoplados ao equipamento através de mangueiras de diesel, óleo lubrificante e refrigerante composto de etilenoglicol. Ao término do teste, conforme os dados obtidos, o motor pode ser aprovado ou reprovado, se reprovado é encaminhado para retrabalho e

se aprovado é encaminhado para a LMF, onde realiza-se a montagem de alguns componentes finais e os motores são encaminhados para lavagem, (operação em estudo deste trabalho), e então são enviados para o processo de pintura. Ainda na LMF, o motor deixa a operação de pintura, passa por uma estufa de secagem e então são realizadas as últimas montagens de componentes.

Foram avaliadas aproximadamente 5500 unidades, dos diversos modelos produzidos pela a empresa em estudo, valor que possibilitou as medições e dados coletados. Na Figura 1, pode-se observar os dados de capacidade média de cada linha, considerando um dia normal de trabalho (carga horária normal, sem horas extraordinárias). Valor médio devido à diferença de tempo de ciclo dos diferentes modelos de motor, considerando a quantidade de peças produzidas por dia.

UNIDADE: MOTORES/DIA	LMT	SDP	LMF	Defasagem TOTAL
Valor médio	140	135	132	-08
Valor máximo	151	147	140	-11
		(-)		

FIGURA 1 – VALORES DIÁRIOS DE SAÍDA DE MOTORES NAS LINHAS
FONTE: OS AUTORES (2014).

Este valor de defasagem corresponde à perda na quantidade de motores produzidos por dia, considerando a quantidade de motores que sai da LMT e da LMF.

2.2 ESCOLHA DO PROCESSO DE LAVAGEM

Após a escolha da linha de montagem final para estudo, optou-se por analisar os tempos de ciclo desta linha, a fim de verificar qual atividade necessita de mais tempo para ser realizada. Na figura 2, pode-se observar os tempos de ciclo de cada atividade realizada na LMF.

De acordo com os tempos de ciclo registrados da linha de montagem final, o gargalo do processo é a atividade de lavagem e secagem de motores, por este motivo, decidiu-se estudar a atividade e elaborar uma proposta para otimização do processo.

2.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO ATUAL

No processo em análise, os principais componentes dos motores são montados na LMT e então são enviados para as salas de teste, conforme apresentados no tópico 2.1. Após a aprovação no teste, são enviados para uma esteira na linha de montagem final, onde são resfriados através de ventiladores. Após o resfriamento do motor, os operadores montam alguns componentes e realizam o mascaramento[3] de partes que não

[3] Mascaramento do motor para pintura refere-se ao ato de inserir máscaras para proteger determinados componentes ou locais do motor que a tinta não deve atingir, realizado com plugs ou adesivos.

serão pintadas, (ex:. sensores). Na sequência, o motor é encaminhado para lavagem, o operador responsável eleva o motor com o auxílio de ponte rolante, retira os suportes dianteiros e traseiros de fixação do motor no *rack*[4] de produção, movimenta o motor para dentro de uma das duas cabines de lavagem, aciona o fechamento das portas da cabine e então realiza a lavagem do motor através de jatos de água em temperatura ambiente com desengraxante e protetivo, então é secado com jatos de ar comprimido.

Na sequência, o operador faz a inspeção com lanterna Ultra Violeta (UV) para verificar se não ficaram resíduos de sujidade no motor, em caso positivo, limpa a superfície com um pano com desengraxante. Então, movimenta o motor até a monovia[5] acomodando-o no suporte para carga, para ser transportado até as cabines de pintura.

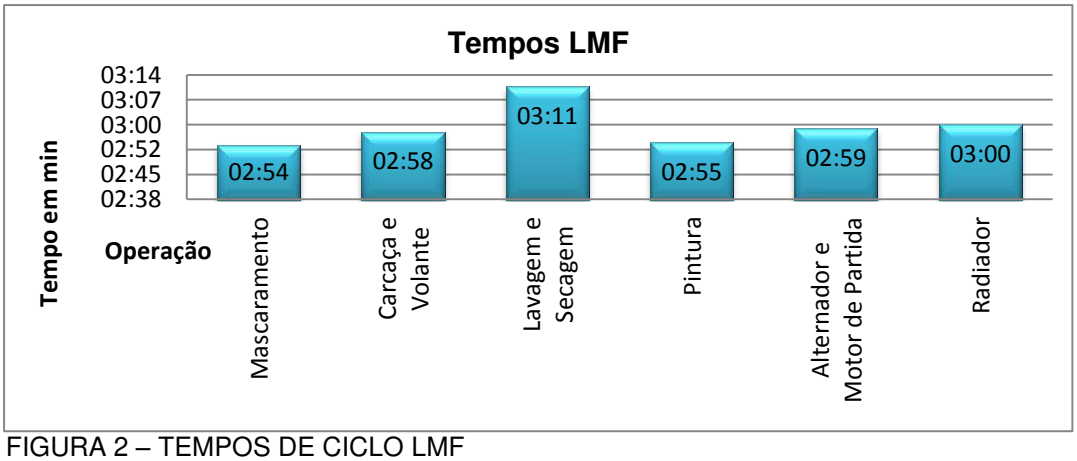


FIGURA 2 – TEMPOS DE CICLO LMF
FONTE: OS AUTORES (2014)

2.3 LEVANTAMENTO E COLETA DE DADOS

Realizou-se a coleta de dados em um período de 3 meses, de julho a setembro de 2012. Os dados coletados estão relacionados com: Tempo de ciclo para realizar as atividades dentro e fora das cabines de lavagem; Emissão de ruídos no processo devido ao uso de jatos de água para lavar e ar comprimido para secagem; *Brainstorming* com funcionários envolvidos no processo; Análise de problemas de qualidade e seus custos e análise de recursos e custos para a realização da operação.

2.3.1 Análise de Tempo de Ciclo

Foi realizada a cronometragem dos tempos de ciclo para executar cada atividade no processo de lavagem de motores, levando em conta os modelos 3, 4 e 6 cilindros. Iniciou-se a cronometragem a partir do momento em que o operador pega a talha para iniciar todo o processo e finalizou-se quando, após acomodar o motor no

[4] *Rack* de produção é um suporte metálico onde é fixado o motor para realizar as montagens de processo.
[5] Sistema elevado de transportador contínuo, constituído por trilho e suporte para carga.

transportador aéreo da pintura, o operador retorna ao ponto inicial do processo, levando a talha a sua posição de origem.

A média da soma dos tempos das atividades para motores 3 cilindros resultou em 6 minutos, para motores 4 cilindros 6:21 minutos e para motores 6 cilindros 6:50 minutos. Também foi verificado o tempo gasto dentro das cabines de lavagem e fora das cabines. Pode-se observar na figura 3 os tempos lidos de cada atividade que compõe o processo de lavagem de motores, na figura é apresentado os valores medidos para motores 6 cilindros, que por sua complexidade, apresentam maiores tempos.

A cronometragem do processo foi realizada nos motores 3 cilindros; nos modelos RR60171 até RJ60170, nos motores de 4 cilindros; nos modelos DK51280 até 447-2009 e por fim os motores 6 cilindros; nos modelos 371-1441 até PJ38570.

CRONOMETRAGEM PROCESSO DE LAVAGEM DE MOTORES (min)

MOTORES 6 CILINDROS	371-1441	470-5077	417-3389	319-7201	PK51590	PJ38570	Média	Dentro da Cabine	Fora da Cabine
DESMONTAGEM DE SUPORTES	1:26	1:22	1:29	1:31	1:24	1:27	**1:26**	N/A	1:26
COLOCAR RACK NA ESTEIRA DE RETORNO	0:04	0:04	0:05	0:04	0:05	0:05	**0:04**	N/A	0:04
LAVAGEM	1:30	1:33	2:05	1:15	1:31	2:05	**1:39**	1:39	N/A
SECAGEM	1:42	2:06	2:15	1:50	2:06	2:13	**2:02**	2:02	N/A
ACOMODAR MOTOR NA GANCHEIRA	1:30	1:35	1:33	1:37	1:25	1:31	**1:31**	N/A	1:31
RETORNO COM TALHA AO PONTO INICIAL	0:07	0:05	0:05	0:06	0:06	0:05	**0:05**	N/A	0:05
TOTAL EM MINUTOS	6:19	6:45	7:32	6:23	6:37	7:26	**6:50**	**3:41**	**3:08**

FIGURA 3 – CRONOMETRAGEM DO PROCESSO DE LAVAGEM DE MOTORES
FONTE: OS AUTORES (2014)

2.3.2 Emissão de Ruídos no Processo

Uma das reclamações mais frequentes de funcionários da LMF, é a emissão de ruído gerado no processo de lavagem de motores, devido o uso de jatos de água sob pressão e ar comprimido durante a secagem do motor. A empresa fornece os devidos equipamentos de proteção individual (EPIs) que neutralizam o ruído, o qual não é continuo na jornada de trabalho diário.

2.3.3 Problemas de Qualidade

Foi realizado um levantamento de problemas de qualidade que são gerados no processo de lavagem de motores, com objetivo de analisar quanto custa cada falha para a empresa e identificar oportunidades de melhoria..

Todos os motores com problemas de sujidade são enviados para a área de retrabalho, onde um especialista técnico realiza o retrabalho necessário. O salário médio dos especialistas técnicos e encargos, informados pelo RH chega-se ao valor de R$ 49,29 por hora. De acordo com as informações de tempo necessário para retrabalho, estimou-se o custo mensal de retrabalho por falhas no processo de lavagem, conforme pode-se observar na figura 4, o custo mensal total com retrabalho é de R$ 948,75.

CUSTO MENSAL COM RETRABALHO POR FALHAS DE LAVAGEM				
FALHAS	**QTDE/MÊS**	**Tempo Retrabalho**	**Custo por Hora**	**Custo Total**
Resíduos de Óleo Lubrificante	12	35min	R$ 49,29	R$ 345,00
Resíduos de Etilenoglicol	9	35min	R$ 49,29	R$ 258,75
Falta de Aderência da Tinta	7	35min	R$ 49,29	R$ 201,25
Resíduos de Óleo Diesel	5	35min	R$ 49,29	R$ 143,75
Total Mensal				**R$ 948,75**

FIGURA 4 – CUSTO MENSAL COM RETRABALHO POR FALHAS DE LAVAGEM
FONTE: OS AUTORES (2014)

2.3.4 Recursos Utilizados no Processo de Lavagem de Motores

Os recursos necessários para realizar o processo são: 2 operadores; água; desengraxante para limpeza; energia elétrica; 2 lanternas UV para inspeção; 8 lâmpadas de 110W para iluminação; 2 motores de exaustão (das cabines) de 2,2kW e EPIs específicos para os operadores.

De acordo com estes recursos, foi estimado o custo que este processo representa para a empresa mensalmente, considerando: Salário médio dos operadores e impostos informados pelo RH, o consumo de água, gastos EPIs especiais para realizar a operação. Conforme pode-se observar na figura 5, o processo de lavagem de motores representa para a empresa um custo mensal de R$ 11.267,78.

DESCRIÇÃO	VALOR UNITÁRIO	QTDE / MÊS	VALOR TOTAL
MÃO DE OBRA	R$ 3.910,00	02	R$ 7.820,00
ÁGUA E ESGOTO	R$ 9,41	3m³	R$ 28,23
DESENGRAXANTE PARA LIMPEZA	R$ 11,86	150l	R$ 1.779,00
ENERGIA ELÉTRICA	R$ 0,19	844,8kW	R$ 160,51
LANTERNA LED UV	R$ 175,42	02	R$ 350,84
ABAFADOR PLUG 3M 1100 ESPUMA	R$ 0,29	40	R$ 11,60
MASCARA 3M 8013 PFF-1	R$ 14,50	40	R$ 580,00
MACACÃO AZUL DESCARTÁVEL	R$ 13,44	40	R$ 537,60
TOTAL MENSAL			**R$ 11.267,78**

FIGURA 5 – CUSTO MENSAL DO PROCESSO ATUAL DE LAVAGEM DE MOTORES
FONTE: OS AUTORES (2014)

2.3.5 *Brainstorming* e Identificação das Causas do Problema

Foi realizado um *brainstorming* com funcionários ligados ao processo, incluindo operadores, funcionários da engenharia e líderes de produção, onde foram geradas várias ideias de diferentes pontos de vista. As ideias geradas no *brainstorming* foram organizadas em um diagrama de causa e efeito e as possíveis causas do problema foram analisadas e, de acordo com sua relevância, as mais prováveis foram evidenciadas.

As possíveis causas apresentadas no diagrama de causa e efeito (*Ishikawa*), figura12; foram investigadas a fim de verificar quais delas possuem maior contribuição na geração do efeito do problema. Esta análise possibilitou identificar as causas primárias que tornam o processo de lavagem de motores o gargalo da LMF. Essas causas são:

Causa 1: Alto tempo de ciclo das operações realizadas dentro e fora das cabines;

Causa 2: Falta de tecnologia em equipamentos;

Causa 3: Altos tempos para abastecimento de água e mistura de desengraxante.

O diagrama de causa e efeito, observado na figura 6, expõe as possíveis causas que foram levantadas durante o *brainstorming*.

Foi identificado que tanto as atividades realizadas na lavagem, possuem tempo de ciclo superior aos os demais processos da LMF, tornando a operação o gargalo da linha, o atual método é utilizado há cerca de 15 anos e nunca sofreu revisões. O processo é conduzido de forma totalmente manual.

O tempo gasto para abastecimento de água e mistura com desengraxante é em média de 160 minutos por mês, considerando que cada operador demora em média 6:23 minutos para finalizar o processo de um motor.

Para auxiliar a análise das três causas evidenciadas no diagrama de causa e efeito, foi utilizada a técnica dos 5 Por quês, onde constatou-se que, para aumentar a capacidade produtiva, é necessário aplicar recursos tecnológicos no processo, a fim de minimizar o trabalho manual e diminuir o tempo de ciclo das operações.

A partir do resultado da aplicação da técnica dos 5 Por quês, foi elaborado um plano de ação com auxílio da ferramenta *5W2H*. A aplicação da técnica dos 5 Por quês para analisar as causas que ocasionam o problema no processo pode ser observada na figura 7 e o plano de ação desenvolvido com o *5W2H* pode ser verificado na figura 8.

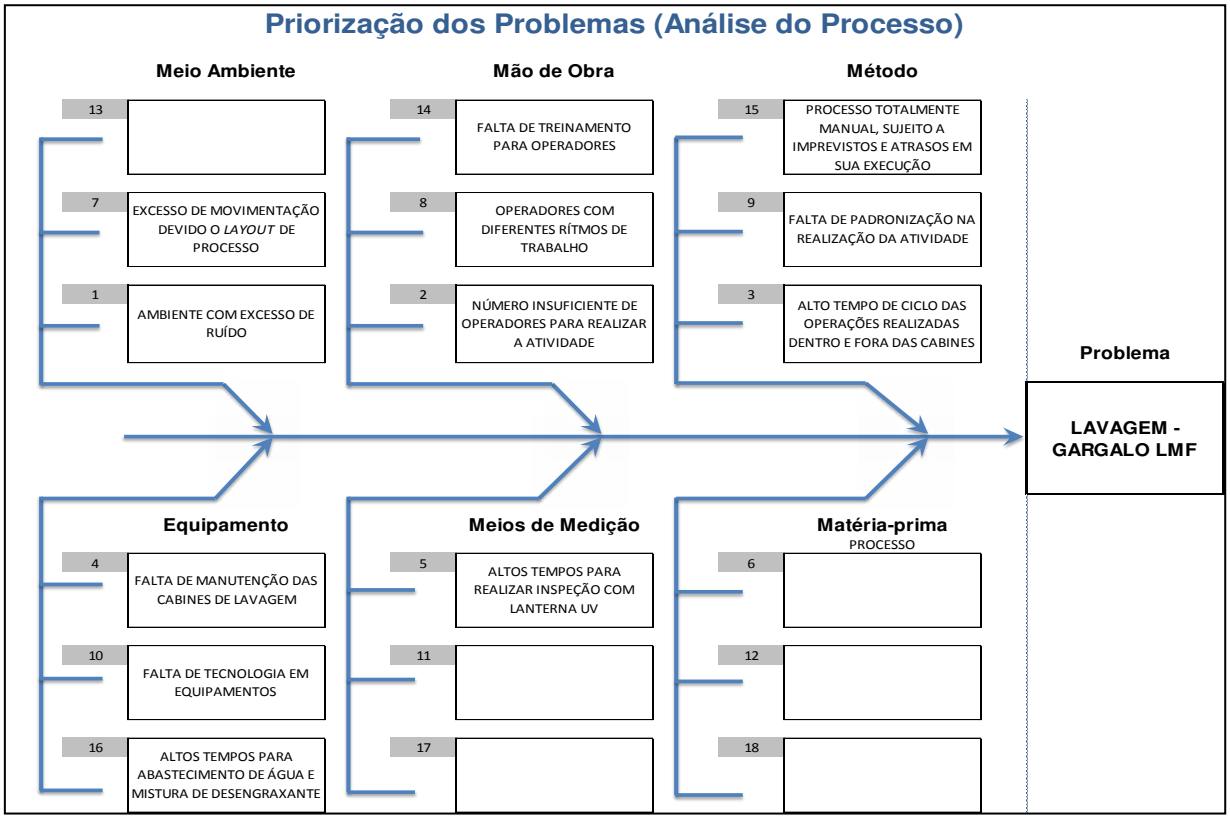


FIGURA 6 – DIAGRAMA DE CAUSA-EFEITO DO PROCESSO DE LAVAGEM
FONTE: OS AUTORES (2014)

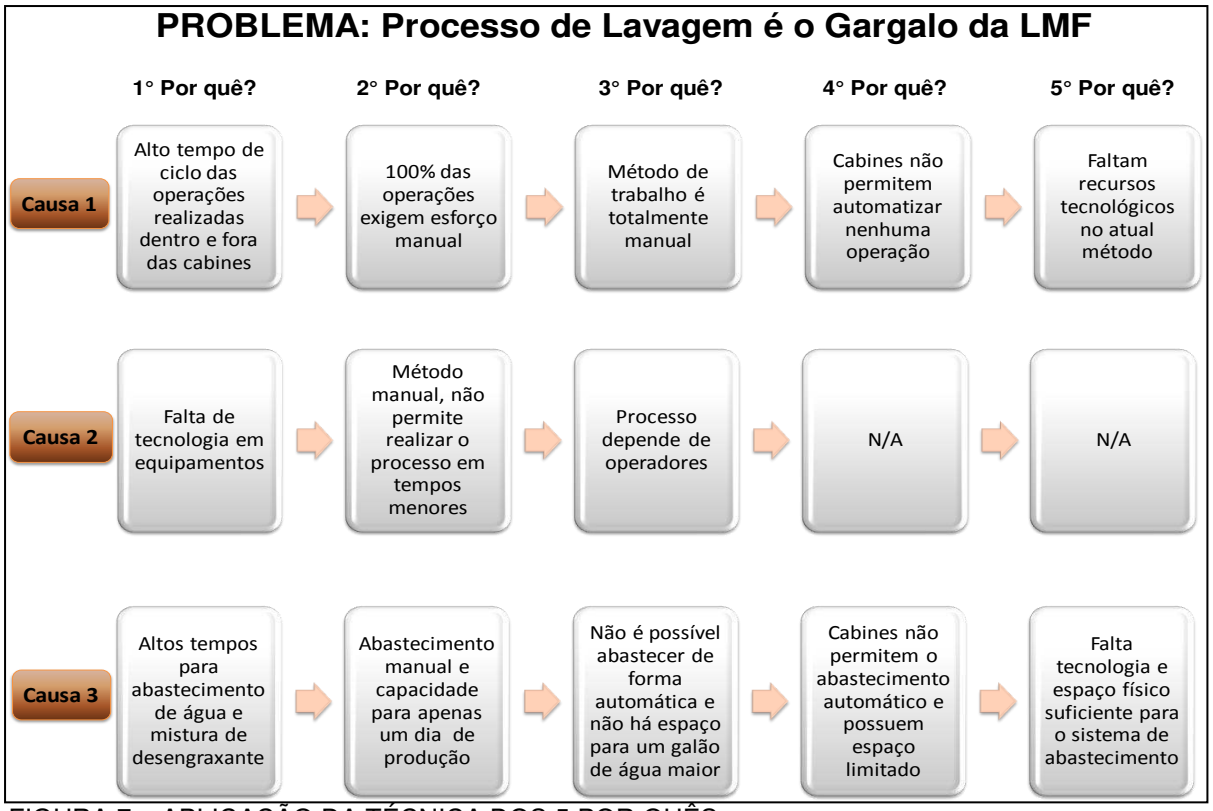


FIGURA 7 – APLICAÇÃO DA TÉCNICA DOS 5 POR QUÊS
FONTE: OS AUTORES (2014)

5W2H - PLANO DE AÇÃO		
Item	**Objetivo**	**Aplicação de recursos tecnológicos no processo de lavagem de motores**
1W	What - O que será feito?	Pesquisa de mercado a fim de verificar sistemas disponíveis para lavagem industrial
2W	Why - Por quê fazer?	Analisar os ganhos de capacidade que pode-se obter com a aplicação de tecnologia no processo
3W	Where - Onde será feito?	Com empresas nacionais, líderes de mercado
4W	Who - Quem fará?	O três integrantes do grupo que está conduzindo os estudos
5W	When - Quando fará?	Durante o mês de setembro
1H	How - Como fará?	Pesquisar equipamentos disponíveis para lavagem industrial; Verificar quais equipamentos melhor atendem as necessidades do processo; Verificar a relação custo x benefício, através dos ganhos de capacidade e prazo para o retorno do investimento
2H	How Much - Quanto irá custar?	O custo estimado é de R$ 200.000,00 a R$ 300.000,00

FIGURA 8 – PLANO DE AÇÃO COM A FERRAMENTA *5W2H*
FONTE: OS AUTORES (2014)

2.4 PROPOSTA DE MELHORIA

Após o levantamento e análise de dados, foi identificado que o processo conta com poucos recursos tecnológicos, sendo realizado de forma totalmente manual, o que limita a capacidade produtiva, gera problemas de qualidade, riscos de segurança, como

ergonomia, ruídos, postura, desconforto e desperdícios de recursos como, por exemplo, água, produtos químicos, mão de obra no retrabalho e EPIs específicos somente para lavar e secar motores. A partir desta análise, iniciou-se os estudos a respeito de tecnologias existentes para fins de lavagem industrial, com foco em máquinas capazes de realizar a operação de lavagem e secagem, de forma economicamente viável.

2.4.1 Pesquisa de Mercado

Foi realizada uma pesquisa de mercado com empresas que desenvolvem sistemas para lavagem de peças industriais, a fim de verificar o que existe disponível e pode ser aplicado na empresa em estudo. As características básicas procuradas foram: tempo de ciclo de no máximo 3 minutos para lavagem e secagem do motor; abastecimento automático de água; garantia da qualidade do serviço realizado pela máquina e busca por defeito zero; capacidade de carga de 1.000kg; altura útil de 1m; largura útil de 0,7m; comprimento útil de 1m; segurança do operador ao manusear o equipamento; atendimento a NR-12 e emissão de ruídos de no máximo 80dB .

A Empresa Subra, que apresentou a máquina CL-800, também construída com aço inoxidável. O equipamento possui a finalidade de desengraxar e limpar peças, o processo de lavagem é realizado dentro de um espaço confinado, através de jatos de água aquecida e desengraxantes biodegradáveis.

Este modelo de máquina é capaz de integrar sua mesa de entrada de produtos com a esteira já existente no processo, eliminando a necessidade de manuseio manual dos motores através de talhas, para inseri-lo dentro da lavadora. Dentro da lavadora, o tempo estimado para lavagem é de 50 segundos e para secagem 2 minutos. Após o término deste processo, o motor é acomodado no transportador aéreo para a pintura. O modelo de lavadora CL-800 pode ser observado na figura 9.

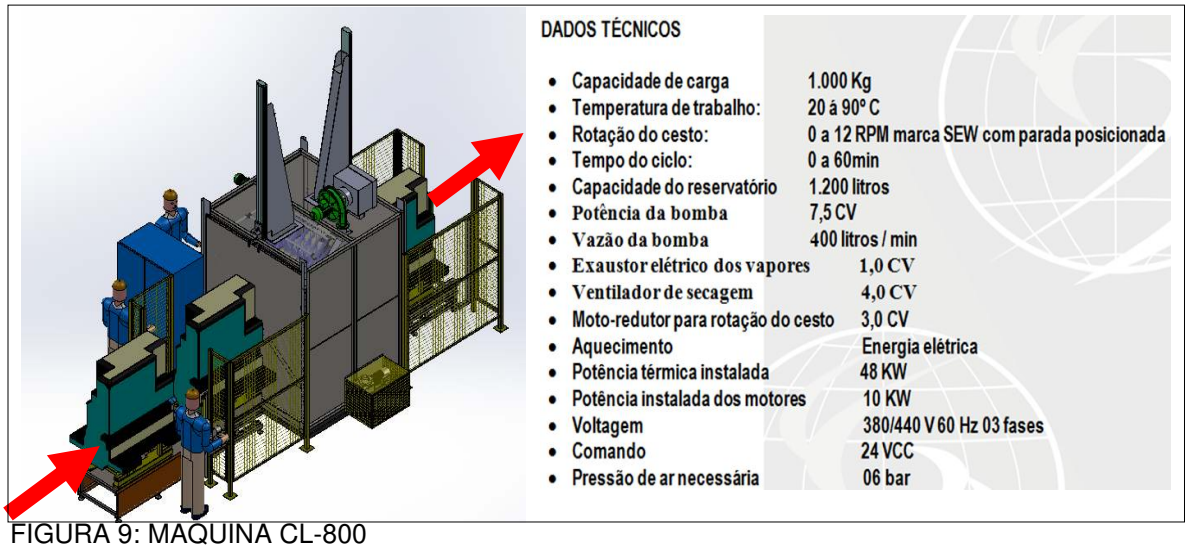


FIGURA 9: MAQUINA CL-800

FONTE: SUBRA

As vantagens deste modelo de máquina são: lavagem e secagem em um tempo de ciclo inferior a 3 minutos, abastecimento automático, é necessário apenas um

operador para realizar as operações fora da máquina, filtragem e recirculação da água e minimização de movimentação no processo, estima-se que será necessária a troca de água a cada 45 dias, as demais empresas não conseguiram atender os requisitos.

A desvantagem da máquina CL-800 está relacionada ao seu custo de aquisição e instalação, girando em torno de R$ 280.000,00.

2.4.2 Escolha do Modelo de Máquina

Dentre as máquinas pesquisadas, o modelo CL-800 foi adotado para propor uma melhoria no método de realização do processo de lavagem, devido às vantagens apresentadas, principalmente por se tratar do único modelo onde haverá uma redução significativa de tempo de ciclo na execução do processo como um todo, aumentando a capacidade produtiva desta estação de trabalho e da linha de montagem final.

A redução de custos com mão de obra, melhoria da segurança operacional no processo e a indicação de outra empresa do grupo corporativo também foram fatores que influenciaram na tomada de decisão. Foram realizadas as análises referente a tempo de ciclo futuro, aumento de capacidade produtiva e redução de custos com a proposta de otimização do processo. Simultaneamente a isto, realizou-se um teste com o desengraxante biodegradável. O teste foi realizado com 6 motores, três deles foram pintados após a lavagem e estocados por 60 dias, os motores não tinham nenhum vestígio de oxidação. Portanto, o resultado do teste com o produto foi satisfatório.

2.4.3 Tempo de Ciclo do Processo Futuro e Aumento de Capacidade

Foi estimado o tempo de ciclo do processo futuro, a fim de verificar qual será o aumento de capacidade na estação de trabalho e na linha de montagem final.

O operador que realiza o *check list* dará início ao ciclo, através de acionamento bimanual e o motor entrará de forma automática na lavadora. Serão necessários 50 seg. para a lavagem e 2 min. para secagem, e o motor sai no final da esteira da lavadora, embaixo do transportador aéreo da pintura, então os suportes do motor devem ser retirados, nesta operação há um ganho médio de 6 segundos por motor. Na sequência, o *rack* é colocado na esteira de retorno de *racks*. De acordo com as análises, com o novo *layout* do processo, será possível eliminar cerca de 15 passos dados pelo operador.

Para estimar o tempo de ciclo futuro, foram considerados estes dados e os tempos que já haviam sido medidos, conforme pode-se observar na figura 10. O tempo de ciclo estimado para lavagem e secagem é de 2:50 minutos, o tempo para as atividades fora da lavadora é 2:49 minutos. Portanto, o novo tempo de ciclo do processo será definido pelo equipamento, ou seja, 2:50 minutos. Na figura 11, os ganhos de tempo de ciclo para as atividades de lavagem e secagem de motores, que será realizada pela lavadora. O processo de lavagem de motores deixará de ser o gargalo da LMF, conforme pode-se observar na figura 12.

SIMULAÇÃO DE TEMPO FUTUROS (min)									
MOTORES 6 CILINDROS	**371-1441**	**470-5077**	**417-3389**	**319-7201**	**PK51590**	**PJ38570**	**Média**	**Dentro da Cabine**	**Fora da Cabine**
LAVAGEM	0:50	0:50	0:50	0:50	0:50	0:50	**0:50**	0:50	N/A
SECAGEM	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00	2:00	**2:00**	2:00	N/A
DESMONTAGEM DE SUPORTES	1:20	1:16	1:23	1:25	1:18	1:21	**1:20**	N/A	1:20
ACOMODAR MOTOR NA GANCHEIRA	1:23	1:28	1:26	1:30	1:18	1:24	**1:24**	N/A	1:24
COLOCAR RACK NA ESTEIRA DE RETORNO	0:04	0:04	0:05	0:04	0:05	0:05	**0:04**	N/A	0:04
RETORNO COM TALHA AO PONTO INICIAL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	**0:00**	N/A	0:00
TOTAL	5:37	5:38	5:44	5:49	5:31	5:40	**5:39**	**2:50**	**2:49**

FIGURA 10 – SIMULAÇÃO DE TEMPO DE CICLO FUTURO
FONTE: OS AUTORES (2014)

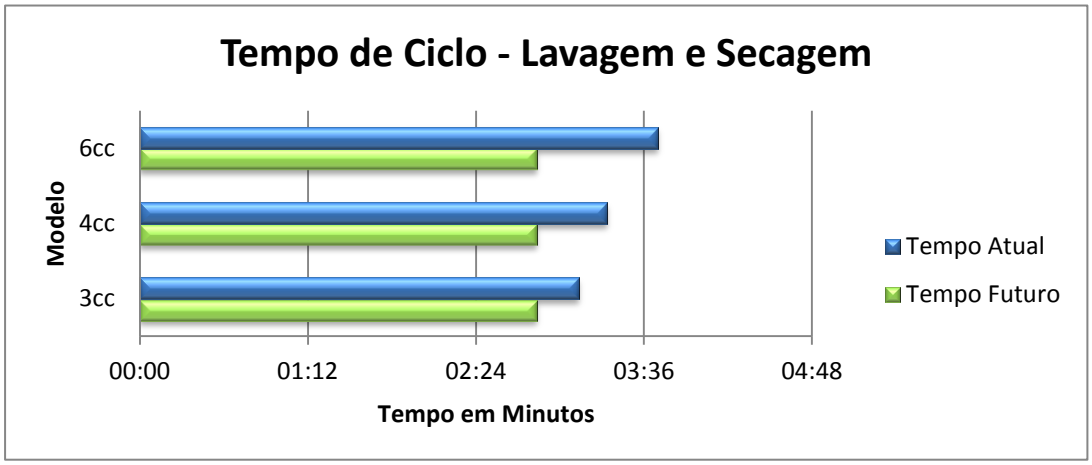


FIGURA 11 – TEMPO DE CICLO PARA LAVAGEM E SECAGEM
FONTE: OS AUTORES (2014)

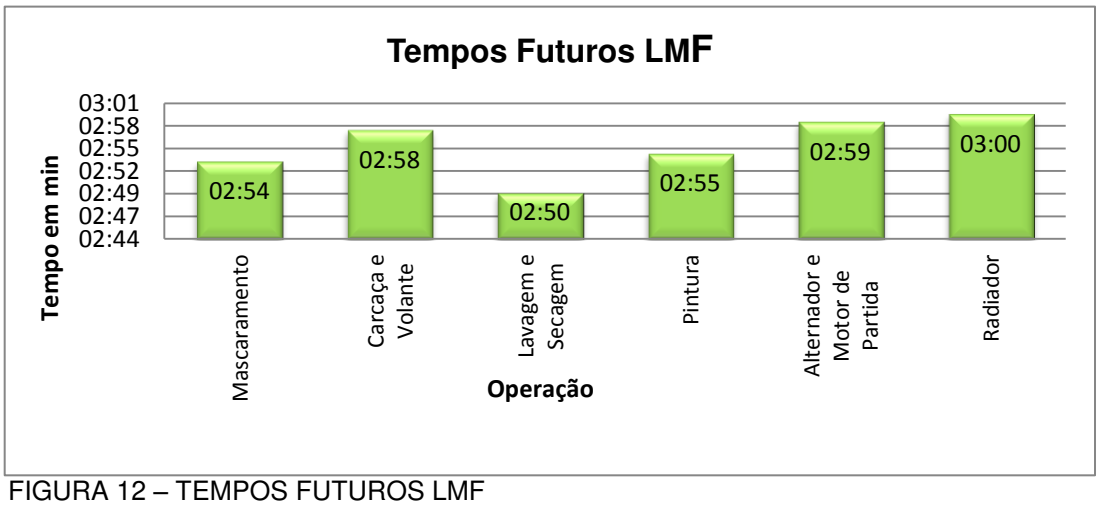


FIGURA 12 – TEMPOS FUTUROS LMF
FONTE: OS AUTORES (2014)

Em um dia normal de trabalho, o tempo total disponível é de 480 minutos, deste tempo, deve-se descontar 10 minutos devido uma reunião diária realizada com os funcionários do setor no início do turno. Também deve-se descontar 5% do tempo total disponível, o tempo necessário para atender as necessidades fisiológicas dos funcionários. Portanto, o tempo real disponível é de 446 minutos.

A capacidade produtiva máxima do processo e da LMF é de 140 motores por dia. Dividindo-se o tempo real disponível por 2:50 minutos, obtêm-se a capacidade máxima do futuro processo, resultando em 157 motores por dia, que representa um aumento de capacidade em aproximadamente 12%. Aumentando também a capacidade produtiva da LMF também aumentará após a otimização do processo com a lavadora, e a montagem de radiadores passará a ser o novo gargalo da linha com tempo de ciclo de 3 minutos. Resultando em 148 motores por dia, o que representa um aumento de aproximadamente 5,7%. As celas de teste passarão a ser o novo gargalo do processo.

2.4.4 Retorno do Investimento

Foram analisados quais seriam os custos mensais para manter o novo processo de lavagem de motores. Os custos do futuro processo foram comparados com os custos atuais. O custo para manter o atual processo é de R$ 11.267,78 por mês, com a melhoria proposta o custo mensal será de R$ 5.387,16 (redução de aproximadamente 52%).

Para calcular o retorno do investimento necessário para implantar a proposta de melhoria, foram considerados os custos atuais e os custos futuros, verificando qual é o ganho mensal, após isto, o valor do investimento foi dividido pelo valor do ganho mensal, chegando ao tempo do retorno do investimento. Os custos atuais resultaram em R$ 17.716,53 por mês, conforme pode-se observar na figura 13.

DESCRIÇÃO	VALOR UNITÁRIO
RECURSOS NECESSÁRIOS AO PROCESSO ATUAL	R$ 11.267,78
RETRABALHO POR FALHAS DE QUALIDADE	R$ 948,75
CONTRATO MENSAL PARA LAVAGEM DE *RACKS*	R$ 5.500,00
TOTAL MENSAL	**R$ 17.716,53**

FIGURA 13 – CUSTOS TOTAIS
FONTE: OS AUTORES (2014)

No processo proposto, com uma máquina planejada para realizar a lavagem e secagem dos motores de forma padronizada e em um tempo de ciclo pré-determinado, com jatos direcionados em pontos específicos onde poderia ocorrer alguma falha de lavagem e mais o conjunto padrão de jatos em toda o motor, os problemas de qualidade diminuirão significativamente. Como o *rack* de produção será lavado junto com os motores, não será necessário terceirizar este serviço.

A diferença entre o custo atual e o custo futuro é de R$ 12.329,37 por mês, o valor do investimento é de R$ 280.000,00, que resulta no período de retorno do investimento de aproximadamente 23 meses, conforme pode-se observar na figura 14. Na figura 15, pode-se observar a comparação de custos mensais entre o processo atual e o processo proposto. Na figura 16, observa-se a comparação de visual do sistema de lavagem atual, com esquema do processo de lavagem futuro.

DESCRIÇÃO DE CUSTOS MENSAIS	CUSTO ATUAL	CUSTO FUTURO
MÃO DE OBRA	R$ 7.820,00	R$ 3.910,00
ÁGUA E ESGOTO	R$ 28,23	R$ 7,53
PRODUTOS PARA LIMPEZA	R$ 1.779,00	R$ 739,20
ENERGIA ELÉTRICA	R$ 160,51	R$ 724,63
LANTERNA LED UV	R$ 350,84	-
EPIs	R$ 1.129,20	R$ 5,80
RETRABALHO POR FALHAS DE QUALIDADE	R$ 948,75	-
CONTRATO PARA LAVAGEM DE *RACK*	R$ 5.500,00	-
CUSTO TOTAL	**R$ 17.716,53**	**R$ 5.387,16**
REDUÇÃO DE CUSTO		**R$ 12.329,37**
VALOR DO INVESTIMENTO		**R$ 280.000,00**
RETORNO DO INVESTIMENTO (MESES)		**22,71**
RETORNO DO INVESTIMENTO (ANOS)		**1,89**

FIGURA 14 – RETORNO DO INVESTIMENTO
FONTE: OS AUTORES (2014)

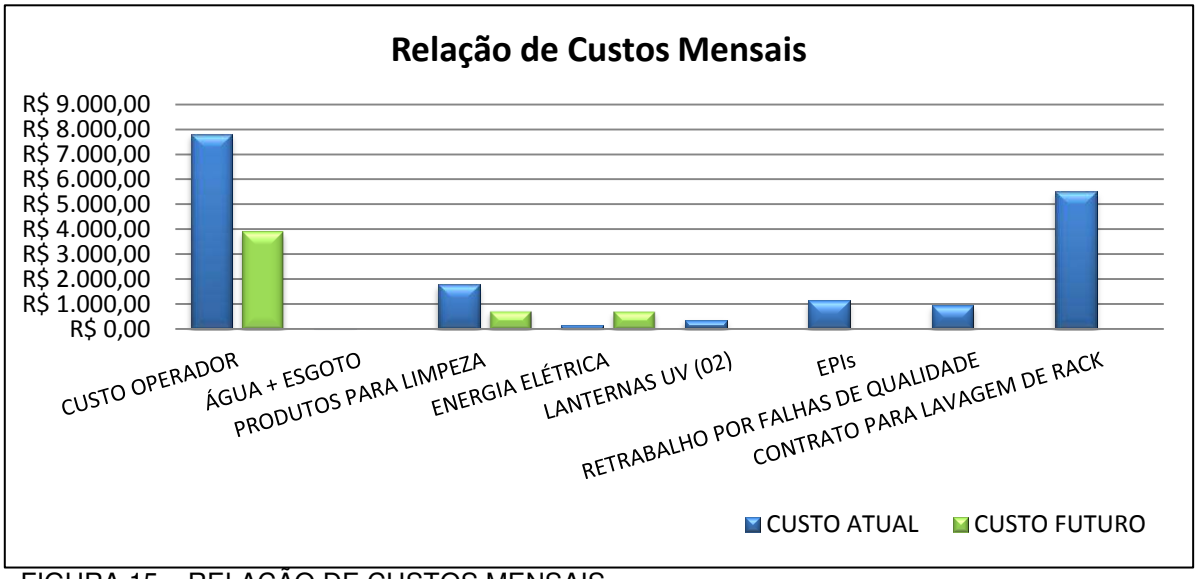


FIGURA 15 – RELAÇÃO DE CUSTOS MENSAIS
FONTE: OS AUTORES (2014)

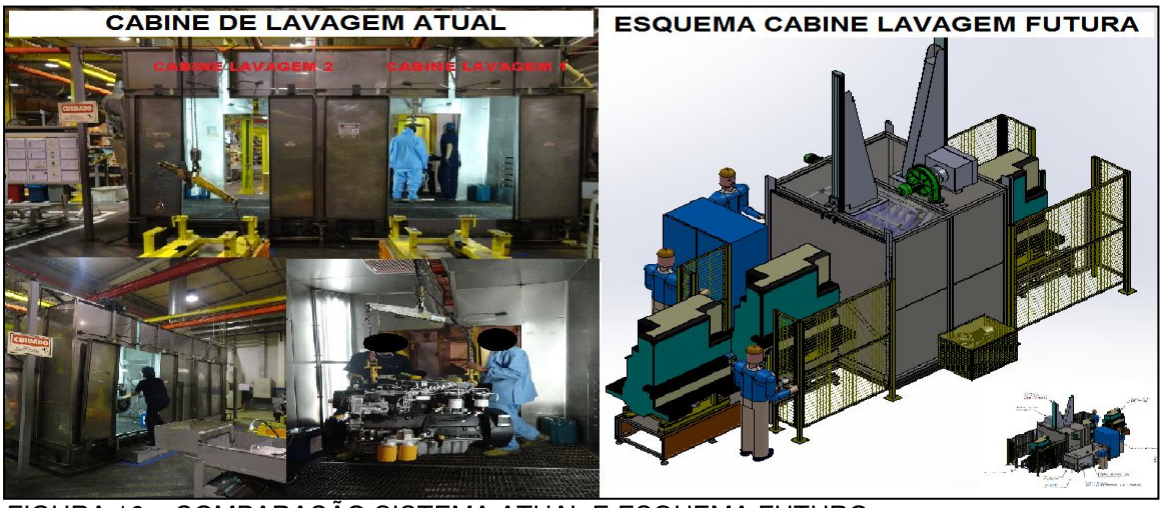


FIGURA 16 – COMPARAÇÃO SISTEMA ATUAL E ESQUEMA FUTURO
FONTE: OS AUTORES (2014)

3. CONCLUSÃO

Através das análises e estudos realizados para a proposta de otimização do processo de lavagem de motores, é possível aumentar a capacidade produtiva do processo em 12% e reduzir em 52% os custos operacionais para mantê-lo. A capacidade produtiva da linha final como um todo também irá aumentar em 5,7%. Considerando a grande redução de custos que haverá com a aplicação de tecnologia no processo, obtém-se um curto prazo para retorno do investimento, girando em torno de 23 meses.

As hipóteses levantadas no início dos estudos foram corroboradas durante o desenvolvimento do trabalho, onde constatou-se que a falta de tecnologia empregada no processo limita a capacidade produtiva e prejudica a qualidade do trabalho executado, além de provocar riscos ergonômicos, tais como: Posturais, ruído e desconforto pelo uso de EPI's aos operadores durante a lavagem e secagem de motores.

A linha de montagem final deixará de ser o gargalo do processo e as celas de teste serão o novo gargalo. Na LMF, cabe realizar um estudo, como proposta de melhorias futuras para otimizar os processos realizados após a pintura, pois são os processos que consomem mais tempo para sua execução e se tornarão os novos limitantes da capacidade produtiva da LMF.

A aplicação de tecnologia nos processos produtivos é de extrema importância para torná-los mais eficientes, auxiliar na padronização das operações a fim de diminuir problemas de qualidade, melhorar as condições de trabalho dos funcionários e aumentar a capacidade produtiva de forma sustentável, mantendo-se competitivo no mercado.

4. REFERÊNCIAS

AUGETEC – Equipamentos Industriais - **Lavadoras industriais tipo cesto Giratório.** Disponível em: <http://www.augetec.com.br/site /lavadoras.html> Acesso em: 25/06/2012.

CORRÊA L.Henrique, CORRÊA A. Carlos. **Administração de produção e de operações.** São Paulo: Atlas, 2011.

KIVERTRON - Máquinas Lavadoras - **Linha Lavadoras Automáticas.** Disponível em: <http://www.kivertron.com.br/porta_frontal_cesto.php> Acesso em: 25/06/2012.

LOREZEN, Joachim - **Sistemas de Lavagem Industrial para a indústria automobilística** - Revista Mecatrônica Atual nº49, 2011

OHNO, Taiichi, **O Sistema Toyota de Produção:** Além da produção em larga escala, Bookman, Porto Alegre, 1997.

SLACK, NIGEL; CHAMBERS, STUART; JOHNSTON, ROBERT**. Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 3° Ed. 2009.

SUBRA – Lavadoras de Peças Industriais - **Lavadora de Peças Modelo CT.** Disponível em: < http://www.subra.com.br/2014n/lavadora_CT.html> Acesso em: 27/06/2012.