



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Isabel Maria Bagulho Guerra

**Melhoria e uniformização dos processos de
desengorduramento de produtos**

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Manuel Lopes Nunes

Junho de 2019

DECLARAÇÃO RELATIVA ÀS CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho



Atribuição CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi um percurso longo e exigente, e, muitas foram as pessoas que contribuíram para a execução e o sucesso do mesmo.

Agradeço à Sílvia Miranda e ao António Cid que me desafiaram a executar este trabalho. Agradeço também a todos os profissionais da BorgWarner que permitiram o desenvolvimento deste projeto e contribuíram para ultrapassar todas as dificuldades que foram surgindo durante a sua execução, em especial ao Rui Dias, ao Tiago Gonçalves e ao meu orientador António Cid, pelo apoio, ensinamentos e envolvimento durante esta experiência.

Agradeço ao Professor Manuel Lopes Nunes, orientador desta dissertação, pela orientação, incentivo e disponibilidade no decorrer deste trabalho.

Agradeço aos familiares e amigos por todo o carinho, paciência e pela ajuda constante ao longo desta dissertação. O meu especial obrigado ao Artur que esteve sempre ao meu lado, pelo apoio incondicional.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

A BorgWarner é uma empresa da indústria automóvel que produz componentes para a recirculação de gases, *coolers* EGR, tubos EGR e módulos, tubos de água e óleo, bocas de carga de combustível e varetas de óleo. Na produção dos tubos, o processo de desengorduramento é crucial para a qualidade da peça final. A ineficiência deste processo gera retrabalho e sucata. O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da dissertação do Mestrado de Engenharia Industrial, centrando-se no estudo do processo de desengorduramento dos produtos.

Este trabalho teve como objetivo estudar e melhorar o processo de lavagem da peça. Este processo consiste na eliminação do óleo da peça, através do desengorduramento e enxaguamento da mesma.

Para atingir os objetivos definidos recorreu-se à metodologia de Investigação- Ação, que assenta na filosofia “aprender fazendo”, que conta com o envolvimento e participação de todos os intervenientes no projeto.

Para a resolução do desafio proposto, realizaram-se testes com vista à uniformização de processos e equipamentos, definindo as condições ótimas operatórias, e maximizando a mudança de água, testando o detergente mais adequado e garantindo as condições de trabalho, em termos ergonómicos e segurança. Consideram-se condições ótimas de trabalho: a distinção dos processos de lavagem e enxaguamento (eliminação da dosagem do detergente no tanque de enxaguamento) e o correto funcionamento e adição de um separador de óleo para cada tanque correspondente. Assegurando estas condições poderão obter-se poupanças em termos de consumo de água, energia, detergente e menor tempo em intervenções de manutenção.

Com a melhoria dos processos mencionados conseguiu-se uma poupança anual de cerca de 13500 €. Além disso estimou-se a possibilidade de poupança adicional de cerca de 2000 € através da alteração de um detergente quimicamente mais seguro.

PALAVRAS-CHAVE:

Desengorduramento de peças metálicas; Ergonomia; Melhoria Contínua; Qualidade; Segurança; Uniformização; Processos;

ABSTRACT

BorgWarner is a company that generates components for gas recirculation, EGR coolers, EGR tubes and modules, water and oil pipes, fuel filling ports and oil rods. In the production of the tubes, the degreasing process is crucial for the quality of the final part. The inefficiency of this process generates rework and scrap. The present work was developed within the scope of the master's thesis of Industrial Engineering, focusing on the study of the degreasing process of the products.

This study aimed to study and improve the part washing process. This publication consists of the elimination of oil from the part, by degreasing and rinsing it.

In order to reach the defined objectives, the Research-Action methodology, which is based on the "learning by doing" philosophy, which counts on the involvement and participation of all stakeholders in the project.

To reach the goal for the proposed challenge, tests were made so that processes and equipment could be uniformed, defining the optimal operation conditions, and maximizing the water change, testing the most appropriate detergent and ensuring working conditions in ergonomic and safety terms. Optimum working conditions are considered: the distinction of the washing and rinse processes (elimination of the detergent dosage in the rinse tank) and the correct behavior and addition of one separation of oil to each corresponding tank. Assuring these conditions can result on a reduction of consumption of water, energy, detergent and less time in maintenance.

With the first plan of the efforts was achieved an annual saving of about 13500 €. In addition, there may be an additional difference of about € 2000 by changing a chemically safer detergent

KEYWORDS

Degreasing of metal pieces; Ergonomics; Continuous Improvement; Quality; Safety; Uniformization; Processes

ÍNDICE

Declaração relativa às condições de utilização do trabalho por terceiros	ii
Agradecimentos.....	iii
Declaração de integridade	iv
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xii
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão bibliográfica.....	6
2.1 Processo de limpeza	6
2.2 Metodologia Kaizen	9
2.3 Gestão visual	10
2.4 Six Sigma.....	10
2.5 Lean Green	10
2.6 5S	11
2.7 Uniformização de processos.....	12
2.8 Ergonomia e Segurança	12
3. Diagnóstico da situação atual	13
3.1 A empresa	13
3.2 Processo de desengorduramento/lavagem	14
3.3 Descrição do processo	17
3.4 Descrição do estado atual	18
3.4.1. Lavadora 2015	19
3.4.2. Lavadora AJ1 e GP.....	20

3.4.3. Lavadora Geral.....	22
3.4.4. Lavadora AJ2.....	23
4. Apresentação e implementação das propostas de melhoria	24
4.1 Lavadora 2015	24
4.2 Lavadora GP e AJ1.....	36
4.3 Lavadora AJ2.....	40
4.4 Lavadora Geral.....	43
4.5 Síntese da análise e implementação de melhorias	44
5. Resultados e análise da viabilidade das melhorias implementadas	45
5.1 Aquisição do separador de óleo.....	45
5.2 Alteração do detergente nos processos produtivos	46
5.3 Eliminação da dosagem de detergente no tanque de enxaguamento	47
5.4 Poupança detergente, água, energia, mão-de-obra.....	48
6. Conclusão.....	51
6.1. Contribuições do trabalho realizado	51
6.2. Limitações do trabalho	52
6.3. Trabalho Futuro	52
Referências Bibliográficas	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamento portátil medição da percentagem de detergente	4
Figura 2 – Funcionamento de um tensoativo (Mart, 2017).	7
Figura 3 – Layout fábrica	14
Figura 4 – Número de peças com resíduos de óleo detetados no forno mensalmente (sucata).....	15
Figura 5 – Número de peças com óleo por referência analisadas em 2018 (retrabalho)	16
Figura 6 – Desperdícios mensais em euros devido a resíduos de óleo detetados no forno.....	16
Figura 7 – Processo de desengorduramento dos produtos	18
Figura 8 – Funcionamento de um separador de óleo.....	21
Figura 9 – Contador de água	25
Figura 10 – EPI´s e ficha de segurança detergente.....	34
Figura 11 – Montagem lava-olhos	34
Figura 12 – Manchas de detergente.....	42
Figura 13 – Implementação de medidas de segurança.....	43

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Estado dos tanques com dois e um separador de óleo.....	22
Tabela 2 – Resultados das peças com diferentes detergentes	24
Tabela 3 – Resultados obtidos após eliminação da dosagem de detergente no tanque 2.....	25
Tabela 4 – Limpeza do local de trabalho.....	26
Tabela 5 – Deslocação dos separadores de óleo	27
Tabela 6 – Quadro elétrico separadores de óleo.....	28
Tabela 7 – Processo separador de óleo.....	29
Tabela 8 – Limpeza do local de trabalho (1).....	30
Tabela 9 – Limpeza do local de trabalho (2).....	30
Tabela 10 – Limpeza do local de trabalho (3).....	31
Tabela 11 – Eliminação do material desnecessário	31
Tabela 12 – Deslocação do sistema de tubagem de extração vapores	32
Tabela 13 – Deslocação do sistema de tubagem de água	32
Tabela 14 – Deslocação do recipiente para o detergente.....	33
Tabela 15 – Resultados obtidos em lavadoras com diferentes separadores	37
Tabela 16 – Poupança semanal de detergente.....	38
Tabela 17 – Poupança semanal mão-de-obra.....	38
Tabela 18 – Poupança semanal de água	39
Tabela 19 – Poupança semanal gestão de resíduos	39
Tabela 20 – Poupança mensal	39
Tabela 21 – Payback Time simples.....	40
Tabela 22 – Resultados obtidos com detergentes diferentes.....	41
Tabela 23 – Resumo das melhorias implementadas	44
Tabela 24 – Dados das lavadoras presentes na fábrica	45
Tabela 25 – Poupança anual na troca de detergente.....	46
Tabela 26 – Poupança mensal na eliminação dosagem detergente tanque 2 (frequência semanal)....	47
Tabela 27 – Poupança mensal na eliminação dosagem detergente tanque 2 (frequência após melhoria).....	48
Tabela 28 – Poupança mensal de detergente na troca de água.....	48
Tabela 29 – Poupança mensal de recursos.....	48

Tabela 30 – Poupança mensal no consumo de água.....	49
Tabela 31 – Poupança anual na implementação melhorias	49
Tabela 32 – Poupança anual obtida com a possibilidade troca detergente	50

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

EPI - Equipamento de Proteção Individual

C₂Cl₄- Percloroetileno

C - Átomo de Carbono

H - Átomo de Hidrogénio

DMADV - *Define, Measure, Analyze, Design and Verify*

DMAIC - *Define, Measure, Analyze, Improve and Control*

5S - *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação enquadra-se no âmbito do Mestrado em Engenharia Industrial. Este trabalho de investigação foi desenvolvido na empresa BorgWarner, localizada em Viana do Castelo.

Neste capítulo apresenta-se um enquadramento do tema da investigação realizada, os objetivos definidos, a metodologia utilizada e a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

O crescimento da economia, resultante da globalização dos mercados, aumentou o nível da competitividade, o que desencadeou uma exigência permanente nas organizações, para tornarem os seus processos mais eficientes e eficazes. Assim, estas necessitam de adotar práticas que permitam uma resposta efetiva aos diversos desafios, com base na qualidade dos produtos e serviços (Requeijo, 2012).

A Qualidade torna-se imprescindível na cultura das empresas, aumentando a relação de confiança e satisfação dos clientes através da procura constante de melhoria contínua dos processos inerentes. Além disso torna-se imperativo que as organizações procurem um uso racional dos seus recursos, eliminando urgentemente os desperdícios associados e diminuindo o retrabalho para tornar o fluxo mais contínuo em termos produtivos (Requeijo, 2012).

O presente projeto insere-se no controlo de qualidade do processo de lavagem na linha de produção da BorgWarner. Este processo de lavagem é fundamental para garantir a qualidade do produto final, entregue ao cliente.

Até ao momento o processo de lavagem não era eficiente, o que desencadeava ações de retrabalho e desperdício de matéria (sucata), assim como desperdícios energéticos, ambientais, de qualidade e de mão-de-obra.

No sentido de melhorar a ineficiência da lavagem, a fase inicial do projeto consistiu em diagnosticar a origem do problema, através da recolha de dados e a compreensão do processo e variáveis que afetam a sua qualidade.

1.2 Objetivos

O processo de desengorduramento/lavagem tem como objetivo eliminar o óleo presente nas peças, para garantir a qualidade da peça final, tendo por base uma metodologia que permita alcançar o mesmo. Este processo é executado através de máquinas designadas por lavadoras.

Para tal, no presente trabalho definiram-se os seguintes objetivos:

- Analisar a melhoria dos processos atuais;
- Determinar se os óleos e detergentes utilizados são os mais apropriados;
- Analisar a qualidade química da água e nível de compatibilidade com o produto final;
- Criar especificações para os fornecedores de componentes, que na sua maioria são lavados e que podem ter influência no processo;
- Otimizar o trabalho realizado em termos de manutenção da lavadora, garantindo a segurança e ergonomia das pessoas envolvidas, e a aplicação de 5S no posto de trabalho.

Estes objetivos foram definidos com a finalidade de:

- Reduzir o retrabalho provocado pelo desengorduramento deficiente;
- Uniformizar os consumíveis (detergentes) das lavadoras
- Consolidar o conhecimento da empresa acerca do processo de lavagem;
- Uniformizar os processos de lavagem com os fornecedores.

Neste sentido, no final do projeto pretendeu-se responder às seguintes perguntas de investigação:

- Como controlar o processo nas lavadoras?
- Quais os obstáculos no processo de desengorduramento/lavagem, e qual a estratégia para os reduzir?

1.3 Metodologia de investigação

Para a execução deste projeto, considerou-se que a metodologia mais apropriada era a Investigação-Ação, dado que esta caracteriza-se pela filosofia “Aprender Fazendo”. Isto é, o investigador apresenta um papel ativo na investigação, sendo que todos os colaboradores e envolvidos na empresa participam ativamente neste trabalho (Coughlan & Coughlan, 2010).

A Investigação-Ação assenta num processo que requer uma melhoria contínua dos seus objetivos. Segundo Susman & Evered, (1978), esta metodologia apresenta cinco fases distintas, nomeadamente, o diagnóstico, o planeamento, a implementação, a avaliação e discussão de resultados e, por último, a aprendizagem. Na fase de diagnóstico definem-se objetivos, metodologias e a integração da equipa para a execução dos mesmos. Nesta primeira fase envolvem-se os trabalhadores para criar um ambiente

cooperativo e colaborativo. Interligando com o projeto, nesta fase estudou-se o processo atual das lavadoras, recolhendo os dados existentes na fábrica, com vista a compreender o processo, e verificar quais as variáveis que poderão otimizá-lo. Além disso, foi realizada uma visita à unidade produtiva da BorgWarner, situada em Vigo, na qual este tema tem sido alvo de uma constante análise e melhoria, comparativamente à empresa situada em Viana. Na unidade produtiva de Vigo este tema tem sido estudado com grande afinco, sendo que existe envolvimento de toda a fábrica na resolução desta problemática. Nesta troca de conhecimentos, verificou-se que existem inúmeras variáveis que poderão ser estudadas, e nas quais se poderia atuar. Paralelamente estudou-se a implementação de EPIs (Equipamento de Proteção Individual) diferentes no manuseamento antes e após lavagem, bem como o posicionamento das peças aquando da lavagem. Analisou-se o processo de controlo de qualidade, mais concretamente a medição da tensão superficial, antes das melhorias implementadas, para a contextualização da problemática e considerou-se a aquisição de equipamentos mais fidedignos. Em simultâneo, realizou-se a pesquisa bibliográfica do tema em projeto, para adquirir conhecimento sobre o mesmo, através da visão de outros autores acerca deste assunto.

A segunda fase, designada como o planeamento, focou-se no enquadramento da problemática em questão, com o intuito de planear os passos a seguir de forma a resolver os objetivos definidos. Esta fase englobou a identificação dos desperdícios, e juntamente com a equipa, a definição de uma estratégia/plano de ações para sucumbir ou minimizar estes desperdícios. Interligando com o projeto em estudo, planeou-se determinar se os óleos e detergentes utilizados são os mais apropriados, constatando de entre os detergentes disponíveis qual o mais eficiente. Para perceber a sua eficiência, planeou-se a execução de testes, com os diferentes detergentes para o mesmo tipo de peça. Em função dos resultados obtidos, contactaram-se os fornecedores para obter informações técnicas sobre o processo de utilização das lavadoras, tais como: o tipo de detergente, a dosagem, a temperatura e a manutenção do equipamento. Na fase de diagnóstico identificou-se que no tanque de enxaguamento da lavadora estava a ser doseado detergente. A lavadora é composta por dois tanques: um de desgorduramento que deve conter água e detergente para retirar os óleos presentes nas peças; e o segundo tanque de enxaguamento, que deveria conter apenas água, de forma a retirar o detergente na peça. Assim planeou-se a eliminação da dosagem de detergente no tanque de enxaguamento, para compreender se esta alteração tem impacto na peça final. Com esta modificação prevê-se melhoria no processo de lavagem e, simultaneamente uma poupança económica através da redução de utilização do detergente. Em termos de controlo de qualidade, estudou-se a possibilidade de analisar a qualidade química da água e nível de compatibilidade com o produto final. Assim sendo idealizaram-se estudos

para identificar os parâmetros que permitem verificar a qualidade da água, com objetivo de definir a periodicidade mais adequada para a troca de água. Em termos de eficiência decidiu-se analisar os seguintes parâmetros: medição da percentagem de detergente através de equipamento portátil (figura 1) e a quantidade de óleo nos tanques verificado visualmente.



Figura 1 – Equipamento portátil medição da percentagem de detergente

Na implementação executaram-se as ações definidas no planeamento, registrando os resultados obtidos para posterior análise. Esta fase implicou o acompanhamento na linha de produção, para garantir as condições de teste definidas na fase anterior, dado que o processo não é automatizado (rastreadibilidade da peça, dosagem de detergente, qualidade da água, controlo de qualidade), e por isso está sujeito a diversas perturbações.

A quarta fase consistiu na avaliação e discussão dos resultados obtidos. As alterações implementadas foram posteriormente analisadas e discutidas com detalhe, de forma a compreender os aspetos positivos e negativos na sua implementação. Além do enumerado anteriormente, otimizou-se o trabalho em termos de manutenção das lavadoras, garantindo a segurança e ergonomia das pessoas envolvidas, e a aplicação de 5S no posto de trabalho em questão. Nesta fase calculou-se a poupança de água, energia, detergentes, resíduos e mão-de-obra após implementação, bem como o nível de sucata derivado de

problemas de óleo. Na última fase, a fase da aprendizagem, foi realizada uma reflexão crítica de todo o trabalho executado na dissertação e sugeridas propostas de trabalhos futuros. Esta reflexão crítica permitiu clarificar o processo de controlo das lavadoras, compreender quais os obstáculos inerentes e definir estratégias para os reduzir.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos.

No capítulo um é apresentado o enquadramento do tema de investigação, os objetivos e o desenvolvimento da metodologia para a concretização do trabalho proposto. O capítulo dois engloba uma revisão bibliográfica acerca dos tópicos relevantes para a concretização do estudo desenvolvido. No capítulo três é apresentada a empresa onde o projeto de investigação foi realizado, bem como a descrição do processo de desengorduramento/lavagem de produtos e o seu diagnóstico face à situação atual, que foi ponto de partida para a identificação de problemas. No capítulo quatro são apresentadas as propostas de melhoria, em função do diagnóstico realizado no início do trabalho.

No capítulo seguinte são apresentados os resultados obtidos, em particular, os benefícios resultantes da aplicação das melhorias propostas.

O último capítulo inclui as contribuições do estudo realizado, as suas limitações e sugestões para trabalho futuro.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao longo deste capítulo serão mencionados os temas que irão servir de alicerce para a realização deste trabalho. Este tema é muito abrangente pelo que se recorreu a uma bibliografia diversificada, incluindo livros, revistas científicas, documentos e *workshop*. Este *workshop* foi realizado na empresa BorgWarner, tendo sido orientado por um Engenheiro da unidade produtiva de Vigo que estudou esta temática com afinco, de forma a transmitir o seu conhecimento sobre o assunto e estimular a criação de novas ideias para resolver este tópico de investigação.

Este capítulo surge como revisão do disponibilizado na bibliografia para familiarizar e integrar o estado de arte deste tópico de investigação. Para esta revisão considerou-se que as temáticas essenciais seriam: Processo de Limpeza, metodologia *Kaizen*, Gestão Visual, *Six Sigma*, *Lean Green*, *5S* e Uniformização de Processos, Ergonomia e segurança.

2.1 Processo de limpeza

Os processos de limpeza são usuais em muitas indústrias, para retenção de impurezas, como óleos, sólidos ou gorduras. Os requisitos da peça desengordurada dependem da impureza a retirar, da superfície a tratar e o nível de limpeza exigido (Martin & Schzinger, 2010). Entende-se por sujidade ou impureza tudo aquilo que se torna incomodativo por razões estéticas, que pode ser um contaminante, algo prejudicial para a saúde, ou simplesmente algo que não está no lugar que tem de estar (Mart, 2017).

Segundo (Fontes & Dinis, 2001) a etapa de desengorduramento é uma das etapas mais importantes de forma a garantir a qualidade do produto final, que prepara a peça para o processo posterior: pintura, controlo, fabricação, revestimento das superfícies, entre outras. As operações de limpeza incluem: desengorduramento, lavagem e secagem. Segundo (Fontes & Dinis, 2001) a eficácia de desengorduramento depende de diversos fatores, tais como: temperatura, ação mecânica, ação química e a duração da operação. O processo de limpeza é executado por ação química, no qual os contaminantes, neste caso em concreto, os óleos são eliminados por soluções químicas. Esta remoção é feita através da transferência de energia, no qual ocorre quebra das ligações de adesão entre o contaminante e as moléculas superficiais da peça. Esta transferência potencial química das moléculas envolvidas no processo liberta o contaminante da solução (Kahane, 2018).

A limpeza química pode ser executada por imersão ou manualmente. Esta escolha depende do agente de limpeza aplicado à superfície ou produto estudado. Quando se refere imersão, como o próprio nome

indica, a superfície da peça fica submersa na solução de limpeza. Neste processo ocorre sempre agitação de forma a promover a renovação da solução e para auxiliar a remoção dos contaminantes (Kahane, 2018). No caso de ser realizado manualmente esta é realizada pelo técnico, com auxílio de utensílios, como esponjas e panos.

Relativamente aos produtos usados na limpeza da peça, estes podem ser: solventes, álcool modificado e hidrocarbonetos ou detergentes. Os solventes clorados representados por uma molécula de C_2Cl_4 , são perfeitamente apolares e retêm a gordura. Estes têm um ponto de inflamação muito alto e muita capacidade de reter o óleo, sendo que são muito usuais em processos críticos de desgorduramento. No entanto, estes são prejudiciais para o meio envolvente e para o ser humano (Mart, 2017).

Os álcoois modificados surgiram no mercado com boas propriedades desgordurantes e com menor risco de segurança dos referidos anteriormente. No entanto estes e os hidrocarbonetos contêm um baixo ponto de inflamabilidade, que obrigam as máquinas a trabalhar sob vácuo e o seu armazenamento tem de ser em local específico, de forma a não atingirem a temperatura de inflamabilidade (Mart, 2017).

Os hidrocarbonetos são compostos orgânicos formados apenas por elementos químicos de C e H, existindo diversos dependentes da ligação dos compostos. Os hidrocarbonetos são derivados do petróleo. Apesar de estes conterem excelentes propriedades de limpeza, estes são prejudiciais para a saúde das pessoas envolvidas.

No caso do projeto em questão, os produtos de limpeza serão detergentes. Estes têm por base surfactantes ou tensoativos (Figura 2).



Figura 2 – Funcionamento de um tensoativo (Mart, 2017).

Estes são constituídos por longas cadeias de átomos de carbono e de hidrogénio. Quimicamente estes têm em cada extremo diferentes configurações de átomos. Um extremo hidrofóbico que se liga ao contaminante, o que permite que este seja desagregado da superfície, sendo o contaminante rodeado por moléculas de detergente formando um complexo insolúvel, sendo eliminado por filtragem. A água em contacto com as gorduras não tem interação, não as dissolvendo. O óleo na presença de água, coalesce, formando uma camada aquosa e outra oleosa, sendo que o detergente torna-se essencial neste

processo. No detergente, as partes apolares das moléculas constituintes dissolvem-se nas gotas de óleo, resultando imersão na fase aquosa das extremidades carboxílicas. A repulsão das cargas do mesmo sinal obstrói a aglutinação e o crescimento do óleo na solução. Os detergentes são caracterizados como dispersores (Jaschke, Butt, Gaub, & MANNE, 1997). Estes têm como vantagem serem os mais seguros para as pessoas envolvidas e para o meio ambiente.

Os óleos e as gorduras são eliminados por ação de soluções de desengorduramento, sendo que poderão ser soluções alcalinas aquosas ou solventes orgânicos. Segundo (Jaschke et al., 1997), os óleos e as gorduras deverão ser eliminados com recurso a detergentes.

Relativamente aos produtos de limpeza existem diferentes parâmetros que deverão ser considerados, tais como a temperatura da solução, a agitação, o tempo de imersão, a concentração dos agentes, o nível de contaminantes e o enxaguamento (Kahane, 2018).

Em relação à agitação, nos casos de tanques de imersão esta é mecânica. A agitação é imprescindível, uma vez que homogeneiza tanto os componentes como a temperatura, auxiliando na remoção dos contaminantes da superfície (Kahane, 2018).

A temperatura da solução deve ser superior a 60°C para que não ocorra o processo de cristalização, que origina deposição de lamas, aumentando a presença do contaminante (Kahane, 2018). A concentração dos produtos de limpeza e o tempo de imersão deve estar dentro dos valores recomendados pelo fabricante, e deverá ser controlada sempre que possível por análises químicas para melhor eficiência (Kahane, 2018).

Em todos os procedimentos que envolvem máquinas, há necessidade de um processo de desengorduramento/limpeza e de um processo de enxaguamento. Este último tem como objetivo a eliminação dos químicos e contaminantes resultantes da fase anterior, que se desprenderam da peça a que estavam associados. A água tem de apresentar uma temperatura elevada ou a temperatura ambiente, no caso de máquinas de imersão. Por norma a temperatura elevada é considerada quando estamos perante peças mais complexas. Este processo antecede a secagem, e garante o mínimo de contaminantes para garantir uma secagem rápida na superfície da peça e reduzir o aparecimento de manchas, por ineficiência de limpeza (Kahane, 2018).

No caso industrial, mais concretamente da BorgWarner, está nas especificações da fábrica, e é obrigatório cumprir, que deve ser eliminado tudo aquilo que prejudica os processos seguintes, por exemplo óleo no processo de soldadura no forno (Mart, 2017). Existem exigências por parte do cliente a nível de limpeza/desengorduramento relativas ao volume máximo das partículas presentes na peça. Além das especificações do cliente, existem normas internas para garantir a eficácia da etapa de

desengorduramento/lavagem, tendo por base a medição da tensão superficial. Esta é medida em mN/m (miliNewton/metro) e é um fenómeno que ocorre em todos os líquidos, sendo que forma uma espécie de membrana elástica em todas as extremidades. Esta medida permite prever a aderência da pasta no processo de soldadura, sendo que quanto maior o seu valor maior a sua aderência.

2.2 Metodologia *Kaizen*

Este projeto está enquadrado no processo de otimização, de melhoria contínua dos processos de lavagem. A Melhoria Contínua, em japonês *Kaizen*, traduz-se como “boa mudança”, que na prática simboliza uma das formas mais eficazes para melhorar o desempenho das organizações e a sua qualidade. Este conceito é inerente a qualquer tipo organização, uma empresa industrial, uma entidade sem fins lucrativos ou, até mesmo, uma empresa de consultoria. A melhoria contínua pretende assegurar a qualidade dos serviços e produtos e uma cultura de permanente melhoria. Desta forma estimula a proatividade das pessoas envolvidas e a capacidade de resolver problemas e desafios, com vista à redução de custos, aumentando a qualidade dos produtos e satisfazendo os seus clientes (Green, Lee, & Kozman, 2010)

Para se adotar os hábitos de melhoria contínua, é necessário que todas as pessoas envolvidas percebam o sentido dessa melhoria contínua e a sua importância. É necessária essa compreensão, para que esses hábitos não sejam encarados como uma obrigação, mas sim como um ato voluntário de forma a um crescimento da comunidade para a geração de valor da empresa (Bicheno & Holweg, 2004).

Com o contínuo crescimento industrial, novos desafios se aplicam à metodologia Lean para potenciar a criação de valor. Na melhoria contínua, todos os colaboradores são instruídos de forma a visualizar todos os desperdícios, e a resolver os problemas que originam esses mesmos desperdícios, identificando a sua causa. Por outras palavras, aprendem a visualizar tudo o que ocorre no sistema produtivo (*Genchi Genbutsu*) (Pinto, 2014).

Genchi Genbutsu é uma expressão japonesa que significa (“vai e vê por ti mesmo”), isto significa vai ao local de trabalho (“genba”) e vê o que realmente está a acontecer, não te apoies em relatórios elaborados por outros (Pinto, 2014).

2.3 Gestão visual

O controlo visual, também designado como gestão visual, é um processo para auxiliar o aumento da eficiência e eficácia das operações. Este processo é mais simples e intuitivo, não implicando o recurso de processos formais e informáticos(Thomaz, 2015). Segundo (Pinto, 2014), a maior quantidade de informação advém da visão, mais de 75%, estando comprovado que as coisas visíveis são as que permanecem na nossa mente. Assim, a gestão visual surge para facilitar a informação necessária para os processos e a sua comunicação.

2.4 Six Sigma

O *Six Sigma* é definido como uma cultura cujo objetivo é eliminar desperdícios, aumentando a qualidade dos produtos e serviços, desencadeando a satisfação do cliente e o aumento da rentabilidade do negócio (Pinto, 2014). Esta metodologia disciplinada foi desenvolvida pela Motorola nos anos 1980, sendo que tem ganho cada vez mais ênfase nos processos industriais, aliada à filosofia *Lean Thinking*. A palavra *Sigma* é um termo da estatística que mede a quantidade de variação que um processo se encontra do ideal. Assim, se é possível medir a quantidade de defeitos presentes num processo, então poderá ser possível desenvolver ferramentas que os eliminem, aproximando do ideal “zero defeitos”.

A metodologia *Six Sigma* pode seguir duas abordagens constituídas por cinco fases, a metodologia DMADV e a DMAIC. A primeira é mais aplicada na criação de novos desenhos ou reengenharia de processos existentes. A segunda é aplicada na melhoria contínua de processos já existentes (Pinto, 2014).

A metodologia DMAIC constituiu a base do projeto de investigação desenvolvido. Esta metodologia é baseada em cinco etapas. A primeira é a Definição (D-define) que consiste na compreensão do processo a estudar. A segunda é a Medição (M-Measure), que como o próprio nome indica, mede o desempenho do processo atual. A terceira é a Análise (A-Analyze) que visa investigar quais os fatores para a ineficiência do processo e estabelecer novos padrões para a sua melhoria. A quarta é a Melhoria (I-Improve) que aborda metodologias para alcançar a *performance* pretendida. A quinta é o Controlo (C-Control) que visa verificar se as alterações que foram desenvolvidas estão de acordo com o definido (Ferrão, 2014).

2.5 Lean Green

A metodologia *Lean Green* está associada, como o próprio nome indica, a uma metodologia *Lean* que visa a redução da poluição, aumentando a eficiência dos processos de produção e reduzindo os custos

(Bergmiller & McCright, 2009). A implementação desta metodologia tem como base a avaliação e desenvolvimento de metas e planos para alcançar melhorias ambientais, sejam atividades, produtos ou recursos para interagir com o meio ambiente (Bergmiller & McCright, 2009). Para o sucesso desta metodologia deverá garantir-se a colaboração de todos os elementos, promovendo a participação e integração (Bergmiller & McCright, 2009).

Lean e *Lean Green* têm o mesmo princípio e ideologias similares. Surgem como melhoria contínua dos processos, garantindo a melhor *performance* dos equipamentos. *Lean Green* vem acrescentar à filosofia *Lean* a preocupação pelas questões ambientais, uma consciencialização para o impacto da utilização de formas de energia mais limpas e sustentáveis (Bergmiller & McCright, 2009).

2.65S

5S é uma ferramenta *Lean* que visa a melhoria das condições de trabalho e a redução de desperdício. Um ambiente *Lean* é conseguido através da organização e limpeza dos postos de trabalho, com a finalidade de promover e manter as ótimas condições de trabalho (Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2006). Esta ferramenta promove a qualidade de vida do funcionário, simplifica atos e ações, maximiza os recursos disponíveis, reduzindo gastos e desperdício, otimiza o espaço físico, reduz e previne acidentes (Courtois et al., 2006).

O nome é originário do Japão e resulta das primeiras palavras serem iniciadas pela letra “S” (Courtois et al., 2006):

- *Seiri* (Arrumação) – Eliminar todos os objetos que não são necessários, garantindo apenas o que é essencial, não caindo no hábito de guardar para mais tarde aproveitar.
- *Seiton* (Ordenar) – O posto de trabalho deverá estar identificado, eliminando todos os movimentos desnecessários, que não acrescentam valor para o cliente. Esta filosofia é ilustrada pelo provérbio “Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”. Nesta fase deverá ser garantido que é encontrado facilmente e com rapidez o material e as ferramentas necessárias.
- *Seiso* (Limpar) – Possibilitar a visualização de forma intuitiva para garantir as melhores condições para visualizar anomalias que poderão ocorrer. Assim a limpeza regular permite controlar e inspecionar o estado de funcionamento das máquinas.
- *Seiketsu* (Padronizar/Normalizar) – Garantir as melhores condições de limpeza e manutenção de forma a conservar e manter todos os equipamentos. A definição de regras e normas de forma a garantir a manutenção do local de trabalho, inculcando a colaboração do pessoal envolvido.

- *Shitsuke* (Respeitar/Rigor/Disciplina) – manter condições de trabalho, respeitando os colaboradores e mantendo e cultivando o respeito e motivação. Esta etapa diz respeito ao controlo de todas etapas anteriormente estabelecidas (Courtois et al., 2006).

2.7 Uniformização de processos

A Uniformização de Processos é uma das ferramentas do *Lean*. Esta consiste em padronizar ou normalizar para que todos sigam as mesmas normas, operações, ferramentas. No caso de processos é realizado pela documentação do modo operatório, pelas instruções de trabalho, que deverão servir como base para atuar em todas as situações. A vantagem inerente é a eliminação ou redução de desvios e dúvidas que possam advir. Os processos tornam-se mais previsíveis, com menor suscetibilidade para o erro. O sucesso da filosofia *Lean* passa por cumprir esta ferramenta, dado que é através da padronização que os resultados positivos são mantidos (Pinto, 2014).

2.8 Ergonomia e Segurança

Existem inúmeras definições de Ergonomia, no entanto considerou-se as seguintes transcrições da literatura:

"A Ergonomia é uma disciplina científica que estuda o funcionamento do homem em atividade profissional" (Nunes, 2015)

"A Ergonomia é um conjunto dos conhecimentos científicos relativos ao Homem e necessários para conceber os utensílios, as máquinas e os dispositivos que possam ser utilizados com o máximo conforto, segurança e eficácia" (Nunes, 2015)

Para colmatar os acidentes de trabalho, é necessário que as entidades tornem os locais de trabalho mais seguros, mais saudáveis, contribuindo para uma cultura de melhores condições de trabalho, prevenindo riscos e acidentes (Nunes, 2015).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, as condições de trabalho desfavoráveis atenuam e aceleram o aparecimento de doenças profissionais devido à exposição de diversos fatores e reduzem a produtividade. (Nunes, 2015)

3. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL

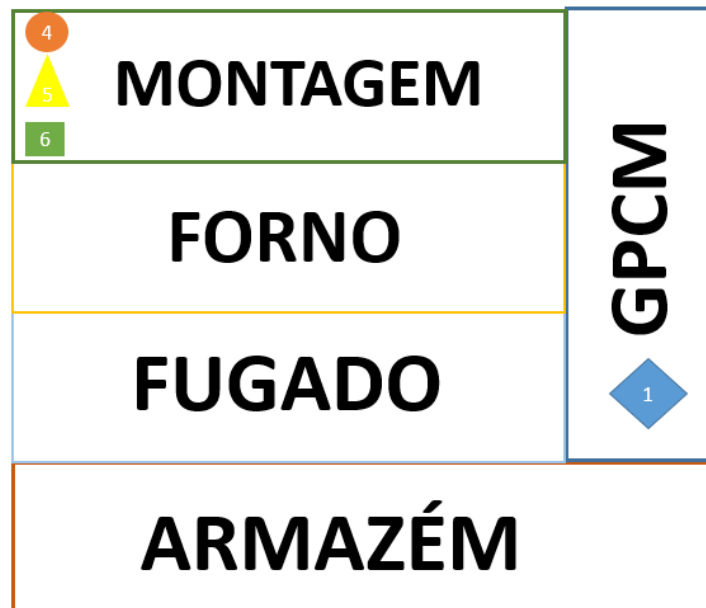
Neste capítulo pretende-se apresentar a empresa, enquadrando a motivação do seu estudo, no processo de desengorduramento/lavagem de produtos. Pretende-se, também, descrever o diagnóstico e seguidamente enumerar os problemas detetados, após a apresentação do panorama atual na empresa.

3.1 A empresa

A empresa BorgWarner., localizada em Lanheses, Viana do Castelo, emprega cerca de 800 colaboradores. Esta unidade pertence à divisão *Emissions and Thermal Systems* da BorgWarner. Este grupo é composto por: *Morse TEC, Transmission Systems, Torq Transfer Systems, BERU Systems, Turbo Systems e Thermal Systems*.

A produção da empresa assenta em produtos de recirculação de gases, *coolers* EGR, tubos EGR e módulos, tubos de água e óleo, bocas de carga de combustível, varetas de óleo, válvulas e dispositivos eletrónicos de ignição e turbos. A BorgWarner é uma empresa de referência a nível mundial, fornecendo componentes para o setor automóvel para praticamente todas as marcas. Os produtos fabricados na empresa têm como destino a aplicação em veículos ligeiros, pesados e máquinas industriais de grande volume.

O sistema produtivo da BorgWarner funciona da seguinte forma: o processo é iniciado nas linhas de montagem, no qual são realizadas as primeiras operações na peça, como a junção de elementos que a constituem. Seguidamente as peças passam pela lavadora para retirar o óleo, proveniente dos processos de montagem. É essencial que o processo de lavagem seja eficaz para a eficiência dos processos posteriores. Na figura 3 encontra-se o *layout* da fábrica, onde estão evidenciadas as lavadoras, representadas por figuras geométricas de diferentes cores.



Tubos						Pré-Lavadoras						Coolers				Válvulas	
Geral	2015	AJ1	AJ2	GP	DV	2015	SF469	SF194	SF423	SF460	SF628	SF426	TC	TH	THD	ALC	V10

Figura 3 – *Layout* fábrica

Após a lavagem, a peça segue para o forno, onde são aplicadas pasta (de solda) para vedar as uniões, impedindo eventuais fugas. Na saída deste é realizado um controlo visual, que valida o seguimento da peça ou então a correção consoante o problema detetado (se é derivado à pasta, esta vai novamente ao forno ou então é realizada uma correção ao problema detetado). A peça segue para o fugado onde se realizam testes da geometria e de fuga. Caso todos os requisitos estudados sejam cumpridos, esta segue para o cliente.

Isolada do resto fábrica encontra-se a zona GPCM, onde são produzidos componentes eletrónicos, que exigem um espaço com proteção para descargas eletrostáticas que os possam danificar.

O Armazém suporta toda a fábrica, tanto na receção de materiais necessários para a própria produção, assim como na expedição do material para o cliente final.

3.2 Processo de desgorduramento/lavagem

Este trabalho centrou-se no processo de desgorduramento e lavagem das peças realizado em diferentes lavadoras. De um modo geral, estas seguem o mesmo procedimento: a peça entra na lavadora, sendo que inicialmente esta é lavada e desgordurada, pela injeção de água e detergente, com o objetivo de remover os contaminantes, isto é, o óleo resultante das operações de montagem, executadas no posto anterior. Assim sendo, o processo de limpeza das peças, como foi referido anteriormente, é uma etapa intermédia, que garante a qualidade do produto final. Neste processo é realizado o desgorduramento da peça, para melhorar a adesão da pasta, garantindo a soldadura da

mesma durante a etapa do forno. Se a lavagem for ineficiente, causa rejeição ou retrabalho no forno. No processo de soldadura é registado o número de peças com resíduos de óleo. Para compreender o panorama atual sobre esta problemática, verificou-se em termos mensais, o número de peças com estes defeitos (Figura 4).

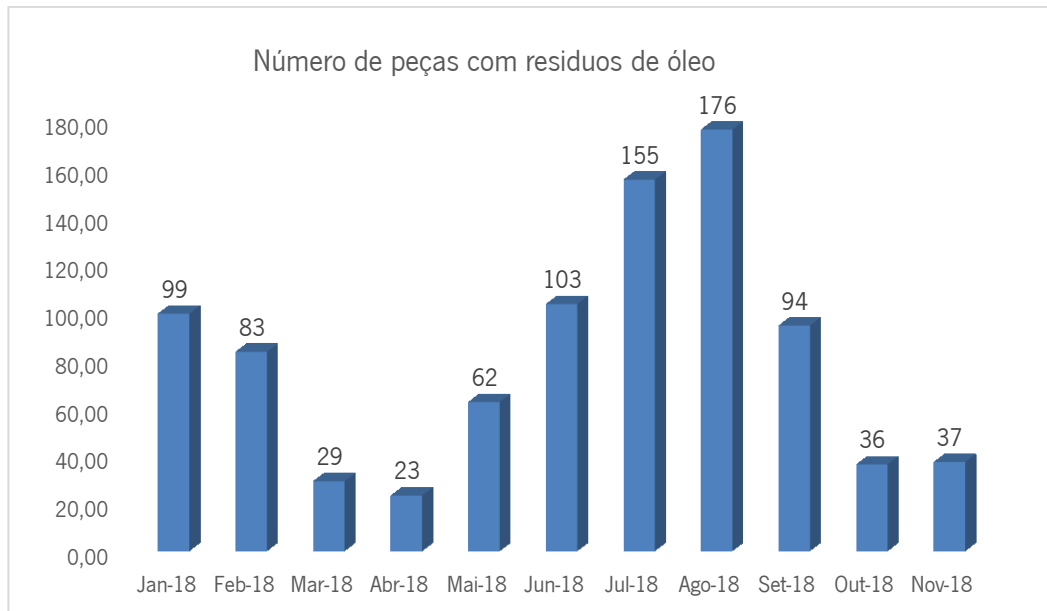


Figura 4 – Número de peças com resíduos de óleo detetados no forno mensalmente (sucata)

Verifica-se que o número de peças com óleo não retrata a problemática em questão, porque não se trata de dados significativos. Os defeitos do desengorduramento nem sempre são detetados visualmente, provocando uma quantidade sucata diluída em outros defeitos.

Este registo é realizado pelo operador após uma inspeção visual e subjetiva.

Considerou-se pertinente analisar quais as referências que registavam maior quantidade de óleo (Figura 5).

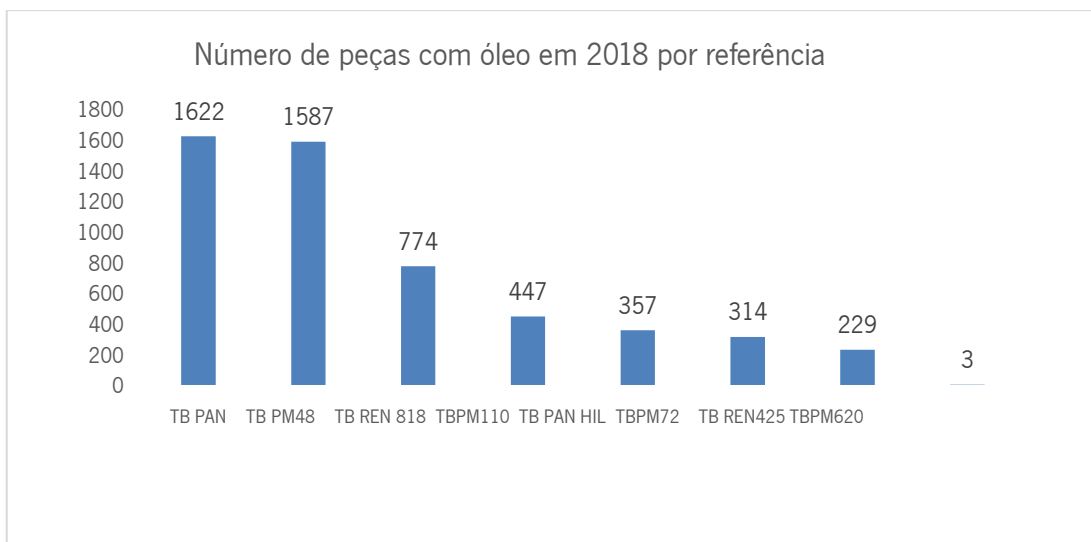


Figura 5 – Número de peças com óleo por referência analisadas em 2018 (retrabalho)

O número de peças retrabalhadas tem um peso significativo, o que desencadeia um aumento do tempo e do custo de produção e, conseqüentemente, aumenta o controlo de qualidade da peça final.

A partir da análise da Figura 5 é possível verificar que este defeito é comum em diversos produtos. De forma a colmatar estes desperdícios de material, considerou-se pertinente identificar as lavadoras nas quais são manifestados estes defeitos. Na mesma linha de raciocínio, considerou-se adequado quantificar o custo mensal dos defeitos, causados pelos resíduos de óleo, devido à ineficácia das lavadoras (Figura 6).

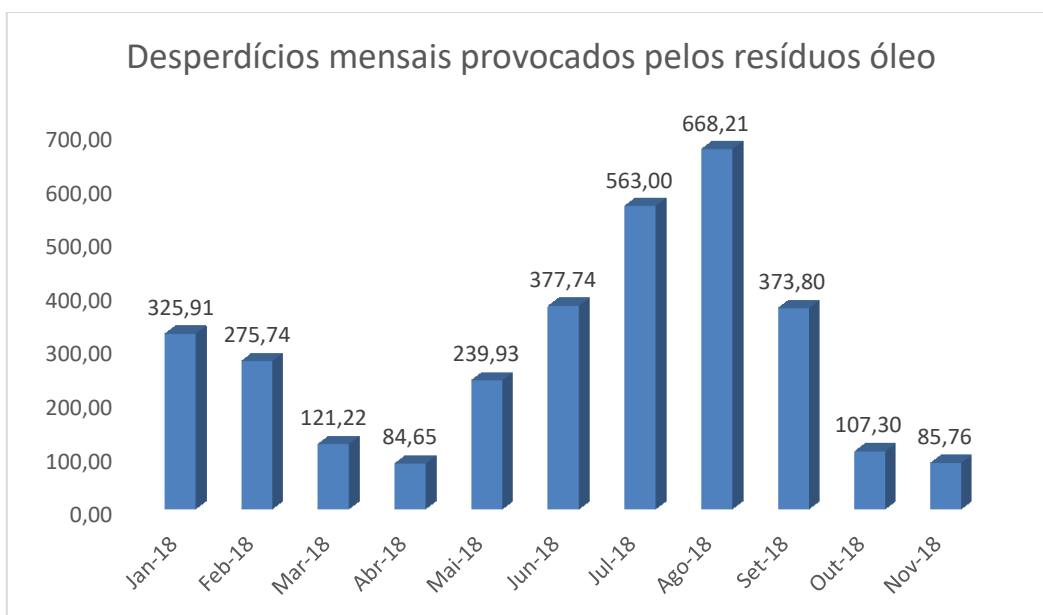


Figura 6 – Desperdícios mensais em euros devido a resíduos de óleo detetados no forno

A Figura 6 não reflete a problemática do desengorduramento, dado que existem defeitos de desengorduramento ocultos, não sendo detetados visualmente, provocando grande quantidade de retrabalho e sucata, diluído por outros defeitos.

Perante estes resultados estipulou-se analisar o modo de funcionamento, o manuseamento e as características das lavadoras presentes na fábrica, para conseguir identificar a causa raiz e implementar ações de melhoria.

3.3 Descrição do processo

O processo de desengorduramento dos produtos está representado na Figura 7. Inicialmente os dois tanques disponíveis na lavadora são abastecidos pela água da rede. Estes tanques são aquecidos com recurso a uma caldeira elétrica, até à temperatura determinada pela máquina, para garantir o seu funcionamento. Ambos os tanques são doseados com detergente, com recurso ao doseador, com concentração definida. Em algumas lavadoras disponíveis na fábrica, o detergente no tanque 2 é doseado manualmente, não havendo controlo objetivo deste processo. Em geral, os tanques são doseados com detergente, com recurso ao doseador, na mesma porção em que é injetada água da rede para atingir o volume pré-definido. As peças são colocadas no tambor da lavadora, carregadas com óleo proveniente dos processos anteriores e, quando são desengorduradas e enxaguadas, esse óleo retorna para os tanques 1 e 2. O óleo como tem peso molecular superior ao da água permanece à superfície, sendo que é extraído por um sistema de bombagem para os separadores de óleo. Os separadores de óleo permitem, como o próprio nome indica, separar o óleo e a água, provenientes dos tanques referidos anteriormente. Assim sendo, o óleo resultante do processo é encaminhado para a ETAR para posterior tratamento e a água regressa ao tanque para reaproveitamento.

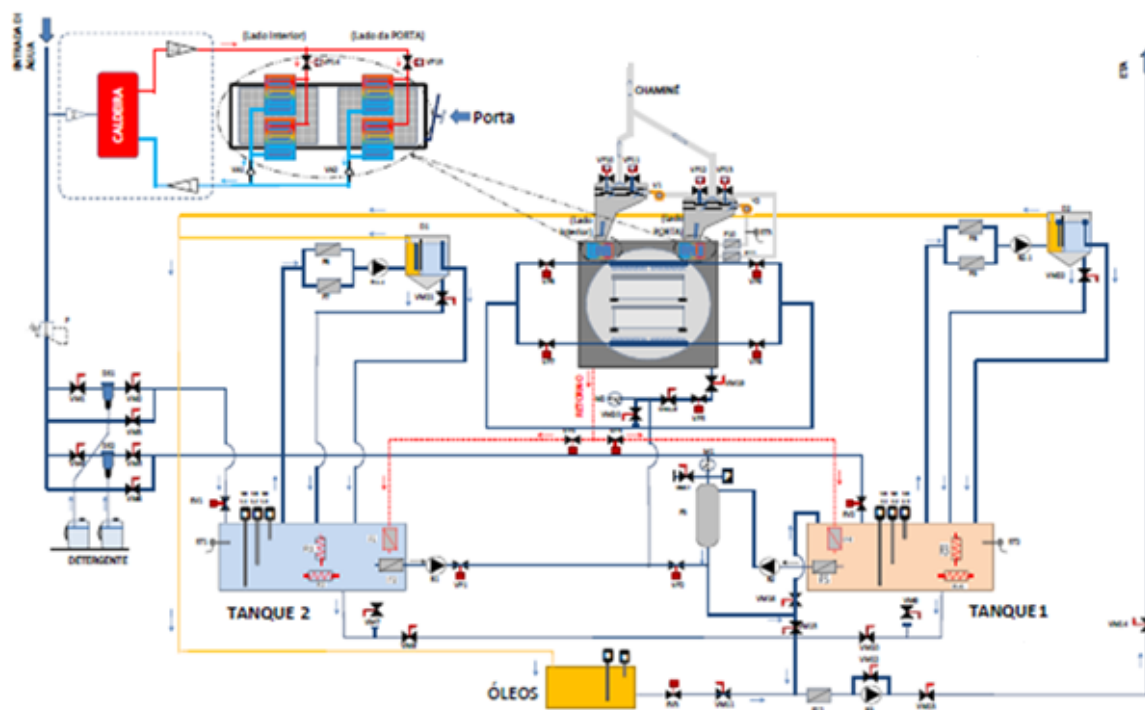


Figura 7 – Processo de desgorduramento dos produtos

Neste processo, descrito anteriormente os tanques 1 e 2 têm a mesma função, de desgorduramento, uma vez que ambos são abastecidos com detergentes. Neste procedimento não existe a etapa de enxaguamento, no qual ocorre a eliminação do químico (detergente) presente na superfície da peça. A adição do detergente no tanque 2 resultou de uma tentativa de compensar a ineficiência do processo de lavagem. Esta alteração foi uma réplica do que existia numa das lavadoras (a mais antiga), e surgiu como exemplo para as restantes, sem argumentação técnica que a sustente.

3.4 Descrição do estado atual

Com o intuito de compreender o panorama do processo de desgorduramento/lavagem na empresa, decidiu-se monitorizar a lavagem das peças na linha de produção, analisando cada lavadora em particular. Para esse efeito, verificou-se inicialmente que cada lavadora opera de forma muito particular, sendo que existe disparidade de organização e de informação. Apesar do processo de lavagem ser semelhante em todas, o doseamento de detergente não era uniforme. No entanto estava estipulado que cada lavadora operava com detergente nos dois tanques (exceto em duas situações) e que a troca de água deveria ser semanal. A operação de troca de água tem uma duração de três horas devido à necessidade de aquecimento dos tanques e operações de manutenção (limpeza dos tanques, aspiração, troca de filtros).

Durante esta operação, a quantidade de detergente é aplicada de forma subjetiva, e por isso está sujeita a variações dependendo do operador.

Os problemas de lavagem eram detetados sempre no forno, quer por retrabalho, quer por sucata. Para o diagnóstico deste problema, é fundamental conhecer o percurso da peça durante o processo de produção. Este conhecimento permitiria o seu rastreamento, identificando qual a lavadora utilizada em cada peça produzida. Por vezes, mediante o fluxo de produção e as urgências nos prazos de entrega, as peças poderão ser lavadas em linhas diferentes, não havendo qualquer registo desta alteração. Existem diversas lavadoras instaladas na fábrica, com diferentes equipamentos e metodologias de trabalho. Para melhor compreensão do trabalho desenvolvido, subdividiu-se este capítulo pelas lavadoras analisadas.

3.4.1. Lavadora 2015

A lavadora 2015 distingue-se das restantes pela utilização de um detergente diferente. Esta diferença suscitou interesse para iniciar o projeto, com vista a determinar de entre os detergentes disponíveis, o mais eficiente.

Para compreender o processo, este inicia-se aquando da chegada dos tubos, no comboio logístico. O colaborador coloca esses tubos na máquina de curvatura, para adquirirem o formato pretendido. Nesta operação são utilizadas grandes quantidades de óleo, que terão de ser removidas na lavagem para não danificar os processos de soldadura (forno). À medida que as peças são curvadas, o operador coloca as peças em cestos, segundo uma disposição pré-definida, para que a sua ocupação, em cada cesto seja de 90 peças.

A lavadora tem capacidade para 2 cestos, isto é, numa lavagem são lavadas 180 peças. O operador coloca as peças no cesto utilizando luvas. Quando os cestos atingem a ocupação pretendida, o operador coloca os mesmos na lavadora, colocando um tempo pré-definido. Estes parâmetros foram reajustados de acordo com a produção, no entanto é necessário verificar a sua eficiência.

Quando esta operação finaliza, o mesmo operador, com o mesmo equipamento EPI, retira as peças da lavadora. Este processo é controlado através da análise por amostragem, utilizando um marcador, com uma tensão superficial pré-definida de 36 mN/m. O marcador é utilizado para desenhar uma linha na peça, e o resultado da inspeção é determinado pelo formato da linha. Se o desenho permanecer intacto, a peça apresenta resultados positivos de desengorduramento. Caso contrário, se esta apresentar desvios ou formato de “bolha”, a peça não pode seguir para o posto seguinte. Este controlo de qualidade está incutido em todas as lavadoras da fábrica.

Após este processo de lavagem, a peça é submetida a algumas operações: alinhamento, curvatura, corte e soldadura, dentro da mesma máquina. Quando estas operações estão concluídas, as peças são colocadas em caixas, sendo que é da responsabilidade do comboio logístico o encaminhamento das mesmas para o forno, com o objetivo de soldar as peças para vedar ligações e impedir fugas. As etapas descritas anteriormente são idênticas em todas as linhas de produção, sendo que as variáveis que antecedem o processo de lavagem não foram consideradas para o projeto em questão.

Durante a fase de diagnóstico visitou-se a unidade produtiva de Vigo, que é pioneira na análise desta problemática. Após esta visita percebeu-se que era imprescindível organizar um workshop em Viana, orientado pela pessoa responsável por esse estudo na unidade produtiva de Vigo, de forma a que todos os intervenientes percebessem a importância do trabalho proposto na dissertação. Além disso surge com o intuito de expor a pesquisa realizada até à data, e serve como ponto de partida para a criação de novas ideias e metodologias de trabalho.

Durante esta partilha de informação entendeu-se que existem dois processos independentes na lavadora, como foi referido na revisão bibliográfica: o de lavagem ou desengorduramento e o de enxaguamento. Até à data ambos os tanques presentes na lavadora (lavagem e enxaguamento) tinham a mesma finalidade, a de lavagem, uma vez que ambos continham água e detergente. Esta abordagem, além de consumir quantidades superiores de detergente, dificulta a identificação do motivo da ineficiência.

3.4.2. Lavadora AJ1 e GP

O processo de desengorduramento numa lavadora inicia-se aquando da inserção de água e detergente, nas proporções indicadas, nos dois tanques existentes. O material a ser lavado é colocado em contacto, primeiramente no tanque 1, onde é desengordurado e, de seguida, no tanque 2, onde é realizado o enxaguamento com detergente. Simultaneamente, e dado que o material chega contaminado com óleo, esse óleo é retornado aos tanques e, posteriormente, bombeado para um separador de óleo. Na Figura 8 encontra-se representado o funcionamento de um separador de óleo.

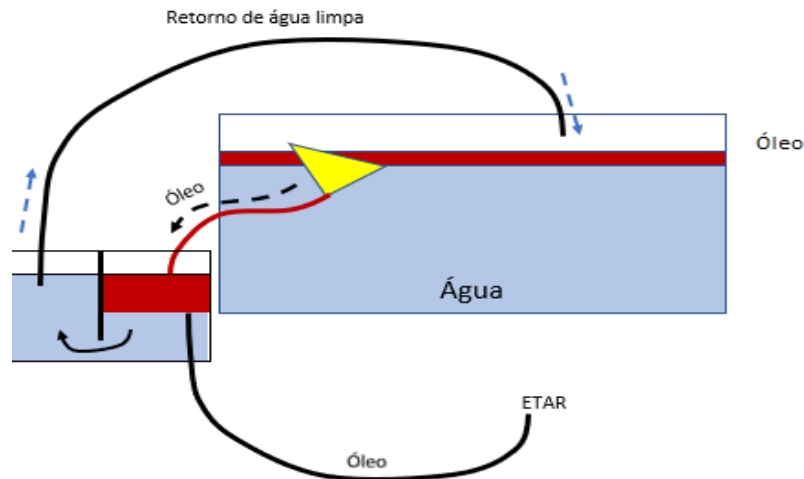


Figura 8 – Funcionamento de um separador de óleo



Como pode ser verificado a partir da Figura 8, a água e óleo provenientes do tanque são bombeados para o separador com a finalidade de eliminar este contaminante da solução. Esta solução retorna ao tanque isenta de óleo de forma a garantir a eficácia do processo de lavagem.

Se este processo não for garantido, o contaminante fica presente nos tanques e conseqüentemente irá ser encaminhado para o tambor (onde existe contacto com as peças). Assim sendo o óleo permanecerá na superfície e no interior da peça, gerando sucata e retrabalho nos postos posteriores.

Na fase de diagnóstico verificou-se que o número de peças que continham elevadas quantidades de óleo eram produzidas nesta linha. Verificou-se que o estado dos tanques nestas lavadoras, comparativamente com outras que operam num sistema ideal (um separador de óleo para cada tanque), tem um impacto negativo na qualidade das peças.

Para demonstrar esta contaminação realizaram-se testes à durabilidade da qualidade da água, durante uma semana de trabalho. Na Tabela 1 apresenta-se o estado entre uma lavadora com dois separadores de óleo e outra com apenas um.

Tabela 1 – Estado dos tanques com dois e um separador de óleo

Lavadora	AJ2	GP e AJ1
Nº de separadores de óleo	2	1
Duração banho (semana)	1	1
Impacto visual		

Através da análise da tabela anterior, pode verificar-se o impacto da ausência de um separador de óleo para cada tanque. Observando o estado do tanque 2 das lavadoras AJ1 e GP, constata-se que o último contacto do material com a solução era realizado num tanque contaminado com óleo, no qual a peça ficava submersa. Assim sendo, a peça na saída da lavadora continha maior quantidade de óleo do que quando iniciava este processo.

Para colmatar esta ineficiência abordada anteriormente, nestas lavadoras eram adicionadas quantidades de detergente no tanque 2 de forma subjetiva e sem controlo, na tentativa de minimizar a contaminação de óleo na peça. Além disso recorria-se à aspiração diária da quantidade de óleo presente nos tanques, como forma de compensar a ausência do separador de óleo. Esta tarefa requer uma intervenção técnica com duração de 20 minutos.

3.4.3. Lavadora Geral

A lavadora geral não se localiza numa linha de produção específica, sendo utilizada por todas as referências de produtos da unidade produtiva. Exceionalmente recorre-se a esta lavadora em caso de excesso de produção (para cumprir prazos de entrega a cliente), para compensar problemas inerentes em outras linhas (paragem para manutenção da lavadora), ou no caso de ausência de lavadora em determinadas linhas. Assim sendo, esta tem a capacidade de lavar qualquer peça, e é a lavadora de maior dimensão na unidade produtiva. Esta opera com detergente em ambos os tanques, e contém um separador de óleo para cada tanque.

3.4.4. Lavadora AJ2

Esta lavadora apresenta condições ótimas de trabalho, pelo que se definiu que seria a mais indicada para considerar a realização de testes com detergente diferente. Entende-se por condições ótimas de trabalho: um separador de óleo para cada um dos tanques e dosagem de detergente apenas no primeiro tanque.

Um dos desafios deste projeto era encontrar o detergente mais eficaz na remoção do contaminante nas peças. O estudo incidiu no teste dos detergentes disponíveis em fábrica, como na possibilidade de inovar na busca de novos produtos. Estes novos produtos surgiram no contacto com os fornecedores, a partir do agendamento de reuniões.

4. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo apresentam-se as melhorias implementadas no processo das lavadoras. Estas alterações foram implementadas após o diagnóstico e a apresentação do estado atual do processo. Para melhor compreensão das melhorias desenvolvidas, subdividiu-se este capítulo pelas lavadoras descritas no capítulo anterior.

4.1 Lavadora 2015

Esta Lavadora tem a particularidade de ser a única na área em estudo, que contém um detergente diferente, como foi referido anteriormente. Para compreender a eficiência dos detergentes disponíveis, analisou-se a resposta das peças no forno. Na Tabela 2 apresentam-se o resultado da aplicação dos detergentes SL251 e D3 para o mesmo tipo de peça.

Tabela 2 – Resultados das peças com diferentes detergentes

Peça com Detergente SL251	Peça com Detergente D3
	

Segundo a análise das ilustrações da Tabela 2 verifica-se que o óleo não foi removido completamente da peça testada (verificando-se manchas pretas) com o detergente SL 251. Apesar de o D3 ser mais eficaz no processo de desengorduramento, observou-se que este detergente é corrosivo, destruindo o equipamento em contacto, por isso não será o mais adequado. Além disso, é quimicamente mais nocivo para as pessoas envolvidas aquando do seu manuseamento.

Como foi referido anteriormente a mudança de água estava definida com periodicidade semanal, não havendo controlo do consumo de água, energia e detergente, nem o tempo despendido pelo técnico durante esta operação. Assim sendo estipulou-se a montagem de um contador de água (Figura 9). Este contador surgiu com o intuito de monitorizar o consumo de água, para mais tarde conseguir contabilizar a redução de custos após as implementações.

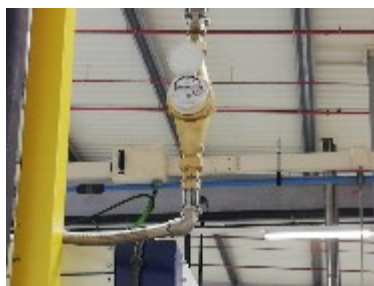
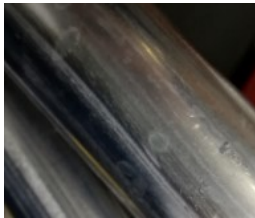



Figura 9 – Contador de água

O contador de água foi instalado em todas as lavadoras, e os dados da monitorização passaram a ser registados digitalmente. O consumo de energia não foi possível contabilizar devido à indisponibilidade de tempo e material para a sua instalação. Para contabilizar o consumo de detergente colocou-se um recipiente transparente e realizou-se o registo diário do consumo. Durante a operação de mudança de água foi efetuado um acompanhamento para melhor compreensão do processo e das variáveis que o poderiam influenciar.

Na fase de diagnóstico da situação atual, constatou-se que não havia distinção entre o tanque de lavagem e de enxaguamento, ou seja, era doseado detergente em ambos os tanques aumentando o seu consumo. Considerando-se que no tanque de enxaguamento não deve ser doseado detergente, decidiu-se executar testes sem a sua dosagem. Na Tabela 3 apresentam-se os resultados das peças à saída do forno, antes e após a eliminação da dosagem do detergente no tanque 2.

Tabela 3 – Resultados obtidos após eliminação da dosagem de detergente no tanque 2

Percentagem de detergente (tanque 2)	À saída do forno	Conclusões
2 %		Manchas de excesso de detergente
0 %		Ausência de manchas de excesso de detergente

Como pode ser observado na Tabela 3, as peças inicialmente apresentavam manchas devido ao excesso de detergente. Após a implementação da eliminação da dosagem de detergente no tanque 2, as manchas

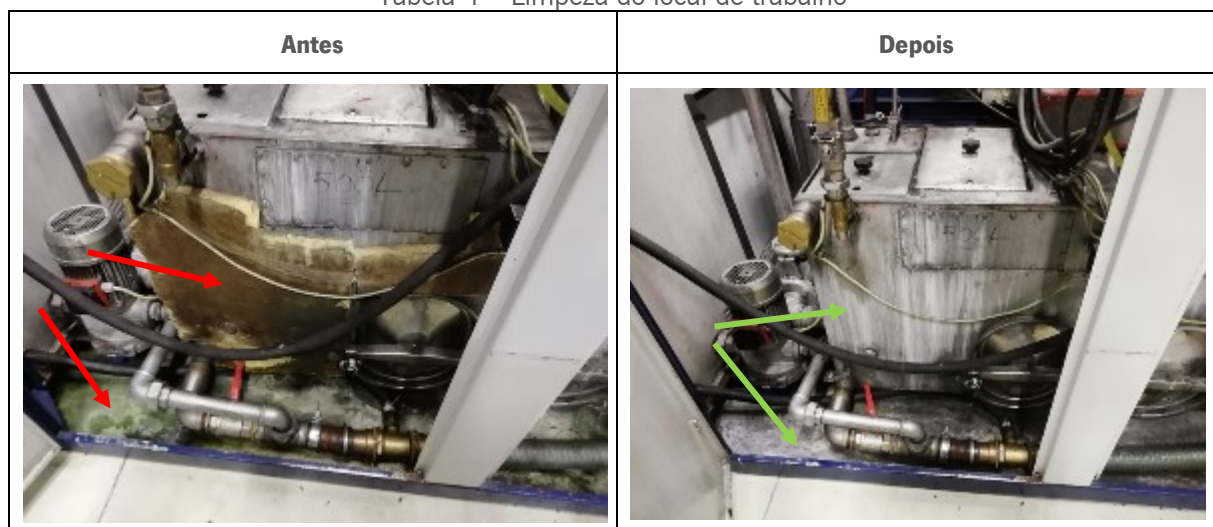
desapareceram. Portanto, obtém-se uma melhoria visual e económica, não comprometendo a qualidade da peça.

De uma forma crítica, ponderou-se a possibilidade de alterar a frequência da mudança de água, a temperatura, a dosagem de detergente, bem como a possibilidade de criar novos métodos de controlo de qualidade, manuseamento e posicionamento da peça na lavadora. A criação de um controlo de qualidade mais eficiente e eficaz surgiu com o intuito de colmatar o existente, com recurso a uma caneta de tensão superficial estipulada (36 mN/m), usada repetidamente e que contamina as peças subsequentes. Portanto adquiriram-se tintas, que contrariamente ao marcador, têm maior abrangência em termos de tensão superficial, contendo dos 32 aos 44 mN/m, o que permite obter uma melhor informação sobre a qualidade do desengorduramento. As tintas são aplicadas através de um pincel e no final da sua utilização procede-se à sua limpeza, evitando a contaminação das peças.

A mudança de água das lavadoras estava estipulada com periodicidade semanal (definido internamente na fábrica). No entanto, um dos objetivos do presente trabalho era definir uma frequência mais adequada para esta mudança. Para isso executaram-se testes, verificando-se algumas ineficiências no processo, com destaque para os separadores que não estavam em pleno funcionamento e as bombas de nível não estavam a operar de forma eficaz. No decorrer desta análise, verificou-se que a eliminação do óleo não estava assegurada, o que prejudicava o processo de lavagem, diminuindo a qualidade das peças.

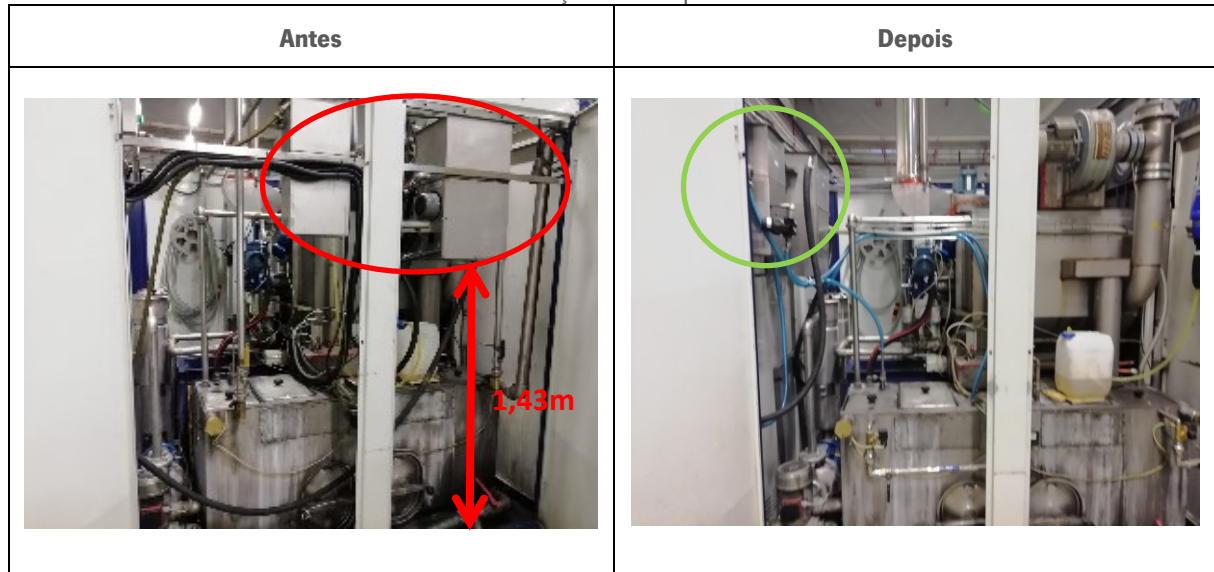
Além de resolver os defeitos supracitados, verificou-se que era imperativo implementar metodologia de 5S no local de trabalho. Na Tabela 4 apresenta-se uma comparação do antes e após a implementação das melhorias. Estas melhorias consistem na eliminação de todo o material desnecessário e limpeza do local de trabalho.

Tabela 4 – Limpeza do local de trabalho



O processo de manutenção implicava uma verificação diária do estado dos tanques e dos separadores de óleo presentes na Lavadora. Durante este acompanhamento verificou-se que os técnicos adotavam posturas erradas para realizar as intervenções de manutenção. No sentido de otimizar as questões ergonómicas e de segurança das pessoas envolvidas deslocaram-se os separadores de óleo para uma posição mais adequada, como pode ser verificado na Tabela 5.

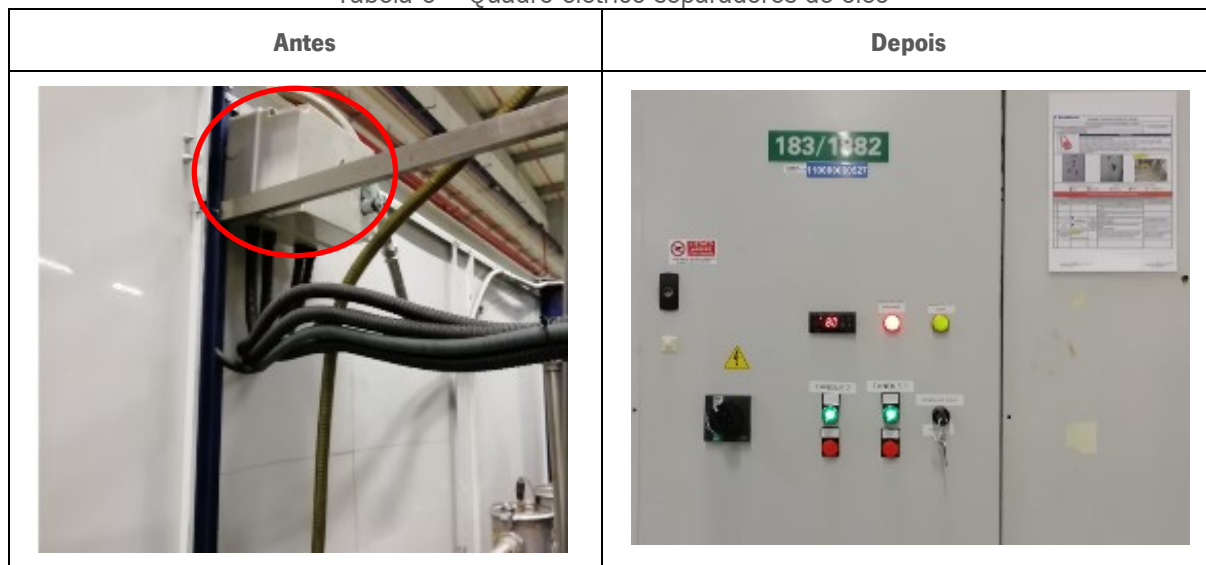
Tabela 5 – Deslocação dos separadores de óleo



Os separadores de óleo foram deslocados para a porta lateral da Lavadora, de forma a facilitar o acesso aos tanques garantindo a segurança do operador. Paralelamente a esta implementação, substituíram-se as tubagens de modo a uma visualização mais intuitiva e fácil identificação de anomalias (fugas). Importa referir que o percurso das tubagens passou a ser mais direto.

Simultaneamente à deslocação dos separadores, foi colocado o seu quadro elétrico, no quadro elétrico geral da máquina, como pode ser observado na Tabela 6.



Tabela 6 – Quadro elétrico separadores de óleo



Esta mudança teve o intuito de agrupar toda a informação elétrica no mesmo local, assim como garantir a independência do funcionamento dos separadores. Esta independência diz respeito à possibilidade de realizar manutenção individual, garantindo que não haja necessidade de paragem total da máquina, como acontecia anteriormente.

Uma das causas da ineficiência do processo de lavagem estava associado ao funcionamento dos separadores de óleo. Estes não operavam no seu desempenho máximo, dado que estavam sujeitos a muitas perturbações, tais como: entupimento nas linhas de tubagens e extração incorreta de óleo para o separador. Esta extração era realizada com recurso a uma boia de nível e por uma bomba. A boia de nível auxilia no controlo de nível do tanque, tendo capacidade para extrair a solução superficial existente. Em particular, verificou-se que no caso das linhas de tubagens, estas estavam obstruídas, e a bomba de extração não estava em pleno funcionamento, o que desencadeava um processo inverso. Por outras palavras, a água e o óleo retirados do tanque em questão eram bombeados para o separador, sendo que o óleo retornava ao tanque e a água era eliminada do processo. Isto desencadeava eliminação de água desnecessária e quantidades de óleo indesejáveis presentes no tanque. Na Tabela 7 pode observar-se o processo descrito anteriormente.

Tabela 7 – Processo separador de óleo

Antes	Depois
	

Para corrigir o processo, e torná-lo eficiente, realizou-se a manutenção das linhas de tubagens e reajustou-se o caudal de água de entrada para o separador. Denota-se uma diferença significativa em termos visuais desta a intervenção nos separadores, o que permitiu obter nos tanques de lavagem água isenta de óleos.

No caso das boias de nível, estas encontram-se na superfície do tanque, sendo que uma oscilação do nível de água, desencadeia em ineficiência da extração. Uma das sugestões de melhoria foi o acompanhamento da boia de nível de acordo com o nível da solução presente no tanque, garantindo uma extração contínua de óleo.

No entanto, esta altura da posição da boia de nível tem um limite mínimo estipulado (superior ao nível mínimo de água). No momento em que a água circula do tanque para o tambor (local onde se lavam as peças), o nível de água no tanque atinge o mínimo. Nesta situação a boia não se encontra em contacto com a água, ocorrendo uma bombagem de ar para o separador (este trabalha continuamente), o que desencadeia uma avaria. Para corrigir esta limitação aplicou-se a seguinte alteração: sempre que o limite mínimo seja atingido pela boia de nível, por segurança desligam-se os separadores de óleo. Com esta alteração previa-se a correção do problema, no entanto, a paragem dos separadores, reduzia o seu tempo de resposta, o que comprometia a eficácia da eliminação do óleo. Portanto esta alteração será revertida para o estado inicial.

Durante as intervenções técnicas realizadas nesta lavadora, denotou-se que o ambiente de trabalho não era o mais adequado, verificando-se falta de cuidado no seu manuseamento e na sua manutenção. Para

tal aplicaram-se algumas melhorias em termos de limpeza, como pode ser verificado nas tabelas seguintes.

Tabela 8 – Limpeza do local de trabalho (1)

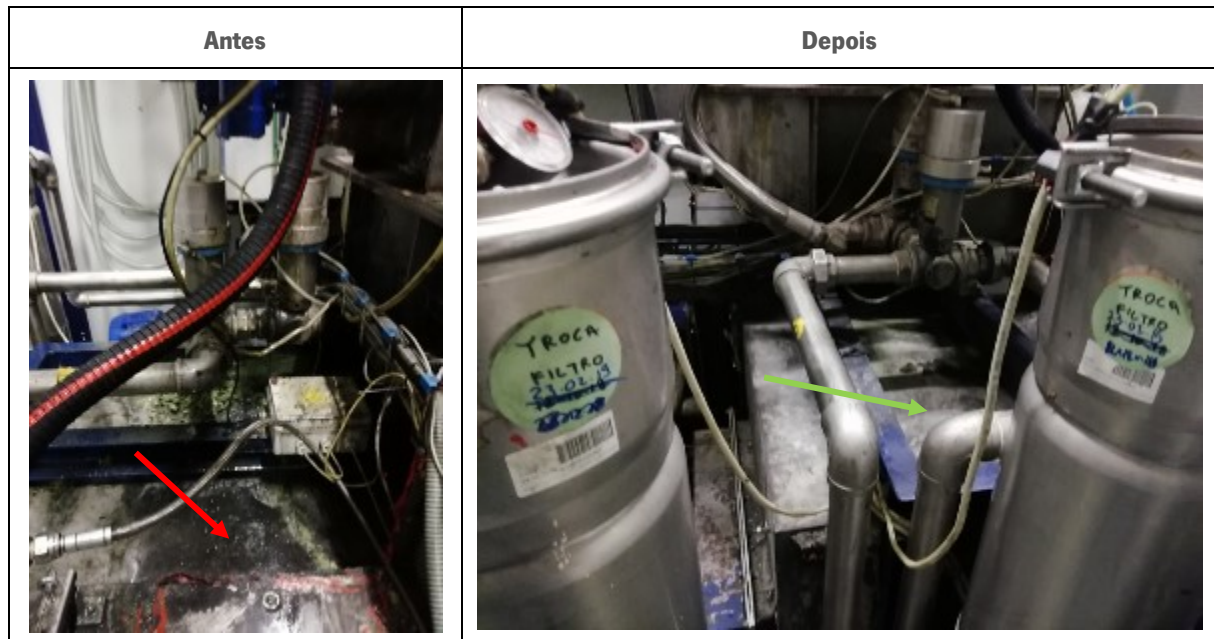
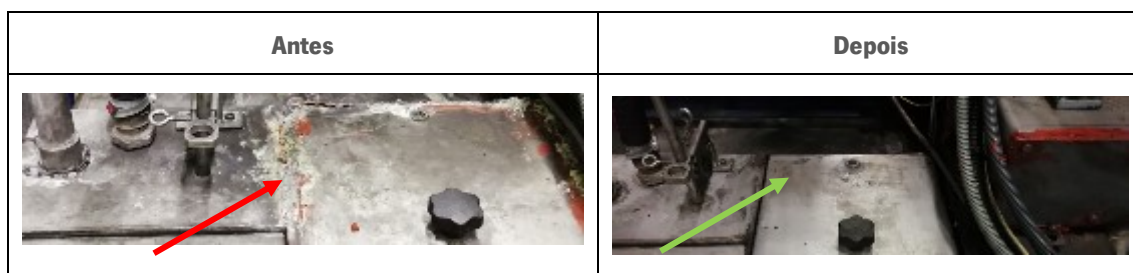


Tabela 9 – Limpeza do local de trabalho (2)

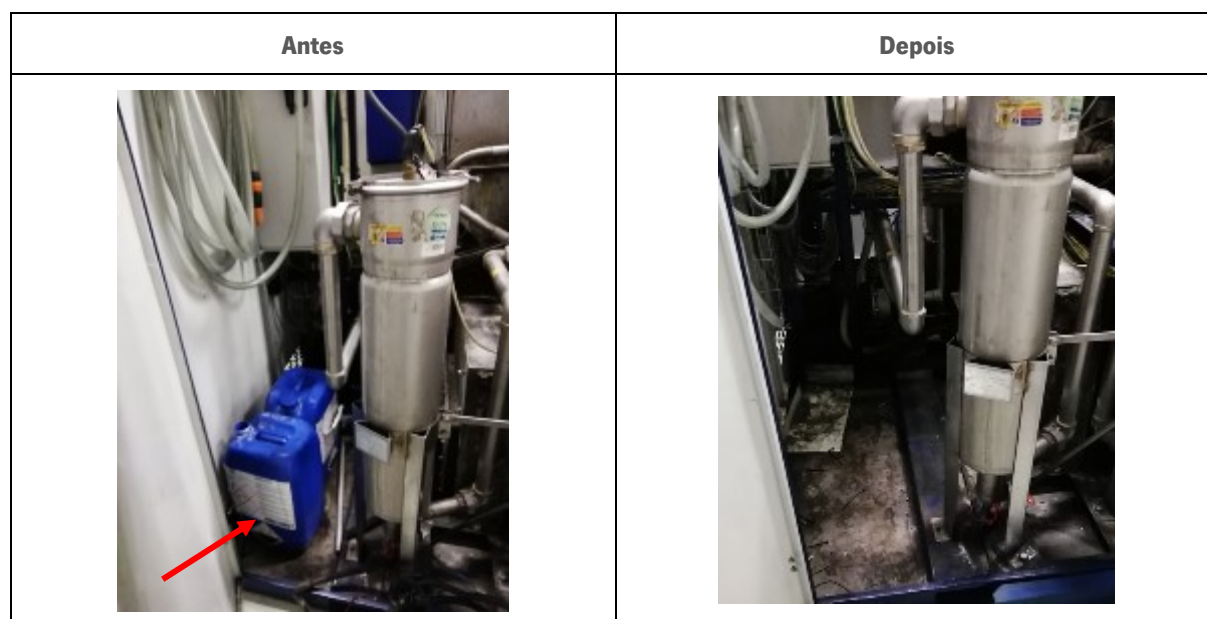


Tabela 10 – Limpeza do local de trabalho (3)



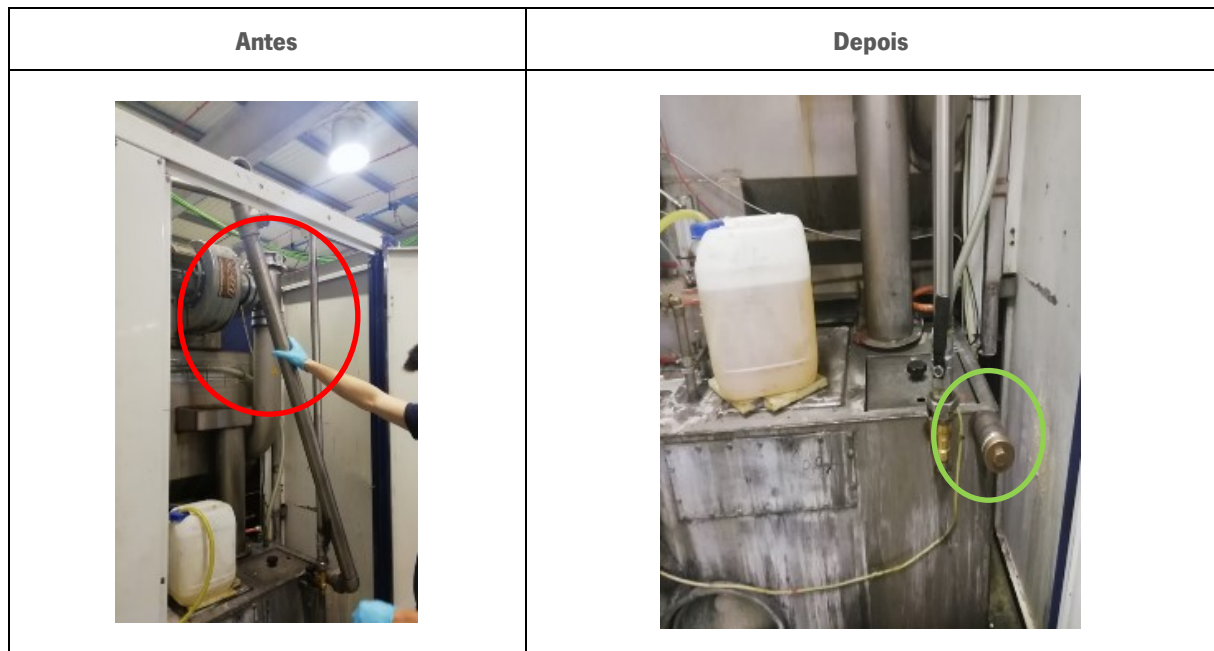
A limpeza do local de trabalho é uma das etapas da metodologia 5S, acarreta benefícios em termos de aspeto visual e funciona como um impulsionador para tornar o ambiente de trabalho mais produtivo. No posto de trabalho deverá estar identificado o material fulcral à sua execução, eliminando o desnecessário. Relativamente à situação ilustrada na Tabela 11, verifica-se que os recipientes do detergente estavam vazios, e colocados na lavadora para serem usados futuramente em situações adversas, com base na filosofia do “guardar para mais tarde usar”.

Tabela 11 – Eliminação do material desnecessário



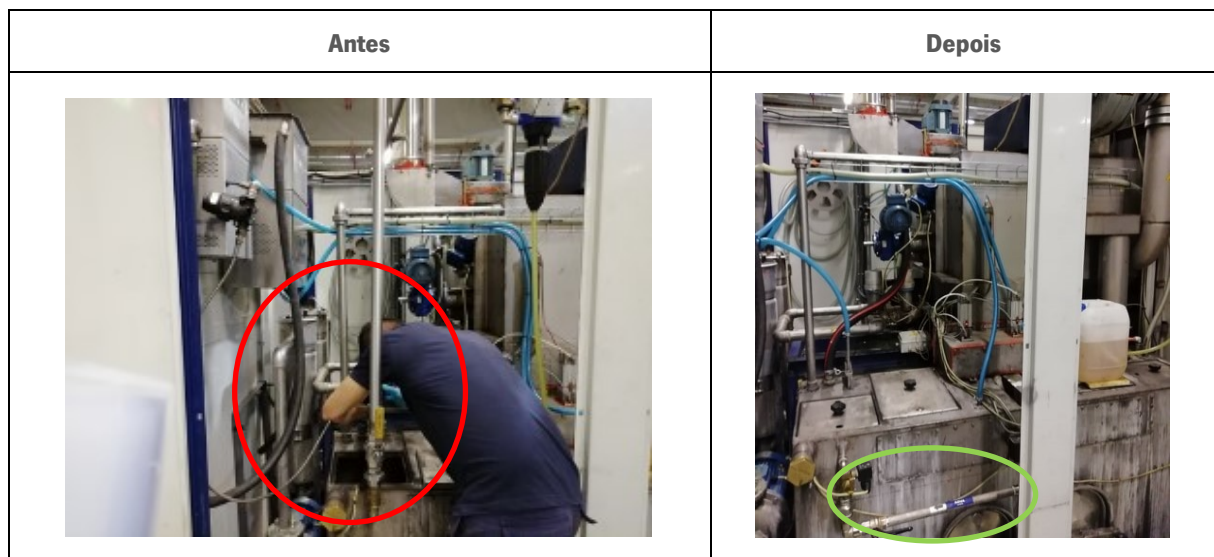
Paralelamente à implementação destas melhorias tornou-se evidente realizar outras modificações, de forma a garantir um trabalho mais seguro. Como pode ser visualizado através da Tabela 12, o sistema de tubagem de extração de vapores foi retirado, uma vez que comprometia a segurança das pessoas envolvidas devido à posição irregular do tubo (sujeito a queda).

Tabela 12 – Deslocação do sistema de tubagem de extração vapores



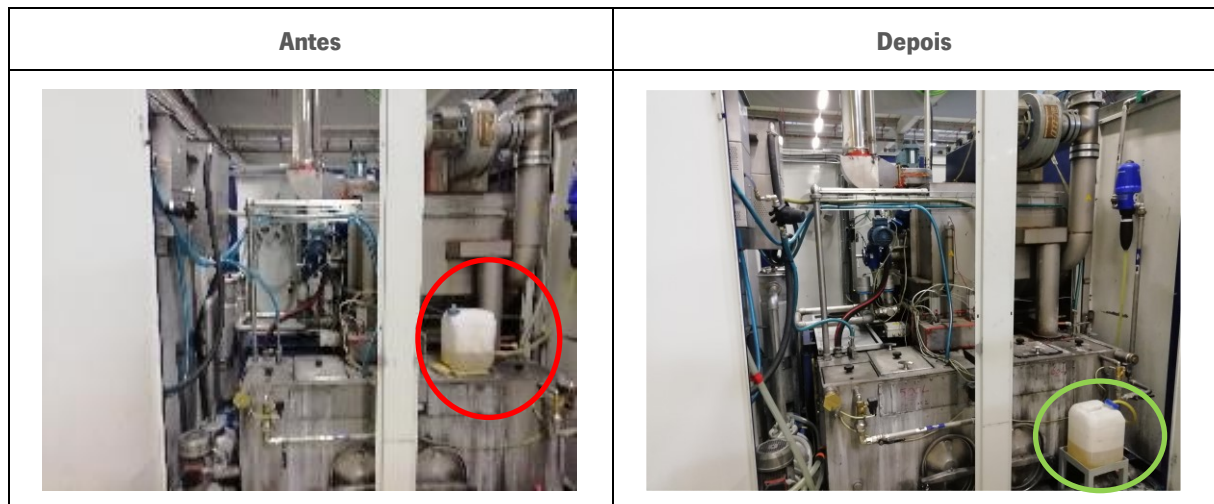
Na Tabela 13 pode observar-se a postura incorreta do técnico devido à presença do tubo de água. Este foi deslocado garantindo a ergonomia e segurança das pessoas envolvidas.

Tabela 13 – Deslocação do sistema de tubagem de água



Em termos de segurança, considerou-se a possibilidade da deslocação do recipiente do detergente, para que sempre que haja necessidade de manutenção no tanque, não seja necessário o retirar de forma contínua (Tabela 14).

Tabela 14 – Deslocação do recipiente para o detergente



Além disso, estudou-se a possibilidade de instalar medidas de proteção no manuseamento de detergentes. Definiu-se que era essencial quando do seu manuseamento, implementar equipamentos em caso de fuga acidental, bem como equipamentos de proteção individual, como luvas próprias para manipulação de produtos químicos.

Anteriormente o manuseamento do detergente era realizado com recurso a umas luvas anti corte, não tendo impermeabilidade suficiente para proteger o operador. Esta situação foi reportada ao departamento de Higiene e Segurança e decidiu-se colocar a ficha de segurança do detergente a usar e a informação acerca da proteção individual para o seu manuseamento. A informação disponível foi colocada na lavadora (Figura 10).



Figura 10 – EPI 's e ficha de segurança detergente

Além destas informações, e como a segurança é algo fulcral na empresa, estudou-se a implementação de lava-olhos como medida de prevenção em caso de risco de contaminação dos colaboradores (Figura 11).



Figura 11 – Montagem lava-olhos

Considerando que o detergente utilizado nesta Lavadora é um produto químico corrosivo, estudou-se a possibilidade da sua substituição, por um detergente com a mesma eficácia, garantindo a segurança dos

colaboradores e a preservação dos equipamentos. O estudo da substituição do detergente foi realizado paralelamente na Lavadora AJ2. Esta foi selecionada tendo em conta a sua estabilidade (equipamentos em pleno funcionamento). Se os testes referidos tiverem um impacto positivo, futuramente será testado na Lavadora 2015 e nas restantes presentes na fábrica.

Para colmatar dúvidas que surjam durante a troca de água na presente lavadora, considerou-se pertinente a realização de uma instrução de trabalho. Essa instrução surgiu no sentido de uniformizar os métodos de trabalho.

Após as melhorias implementadas, estudou-se a periodicidade da mudança de água, pelo que analisaram-se quais as variáveis que indicam e permitem controlar o nível de saturação da água. Esta análise normalmente é realizada em laboratório, no entanto, como a fábrica não dispõe de meios para o efeito, verificou-se visualmente as peças à saída da Lavadora. Para auxiliar esse controlo visual, estudou-se a criação ou viabilidade de realizar métodos objetivos para análise das peças. Um dos métodos utilizados foi a tensão superficial através de canetas ou tintas adquiridas, que permite saber de forma rápida e intuitiva se a peça se encontra desengordurada. Outro método é a análise laboratorial da quantidade de partículas presentes na peça, no entanto este método é executado apenas na peça final à saída do forno. Este método apresenta duas limitações para a análise da eficácia do desengorduramento na Lavadora. A primeira deve-se ao facto da análise ser realizada no final da linha, e, portanto, não sendo possível garantir que o sucesso do desengorduramento resulte do desempenho da Lavadora. A segunda refere-se à análise técnica das partículas têxteis e metálicas, que apenas avalia a quantidade total e o seu comprimento, sem disponibilizar informação sobre o tipo de partículas presentes.

No sentido de controlar a qualidade da água utilizaram-se os seguintes métodos: método volumétrico para determinar a quantidade de detergente; medição do nível de óleos e gorduras presentes na água (a sua análise deveria ser realizada em laboratório, no entanto não se dispõe de equipamento para realizar essa medição); medição da condutividade; nível de partículas em suspensão na solução (executado em laboratório).

De acordo com a informação recolhida, analisou-se a tensão superficial das peças e a quantidade de detergente presente em cada tanque, realizando uma volumetria. Apenas foram realizadas estas análises, uma vez que eram os métodos disponíveis na empresa.

4.2 Lavadora GP e AJ1

As lavadoras GP e AJ1 apresentavam problemas na eliminação de óleo nas peças, o que gerava muito retrabalho e sucata. Estas lavadoras operam com apenas 1 separador de óleo o que poderá ser a causa dos problemas mencionados. No sentido de comprovar esta hipótese, realizaram-se testes comparativos entre estas duas lavadoras e a lavadora AJ2. Estas lavadoras são estruturalmente semelhantes, no entanto a lavadora AJ2 difere das restantes pela presença de um segundo separador de óleo.

Para comprovar o impacto do óleo na qualidade do processo, realizaram-se testes nas peças mais problemáticas comparando os seus resultados em termos de partículas, de manchas e de rejeição. Para isso analisaram-se 180 peças produzidas nesta linha de montagem e lavaram-se as peças nas três lavadoras (Tabela 15).

Analisando os dados da tabela 15 podem estudar-se os resultados nas perspetivas da eficácia e da eficiência. Em termos de eficácia, os resultados não refletem a problemática da inexistência de um separador de óleo adicional, com exceção do parâmetro da tensão superficial. Este parâmetro permite avaliar objetivamente a eficácia do desengorduramento, sendo que quanto maior o seu valor, maior a capacidade de adesão da pasta e, conseqüentemente, melhor a soldadura conseguida. Importa salientar que as Lavadoras com apenas um separador apresentam valores de tensão superficial inferior.

Tabela 15 – Resultados obtidos em lavadoras com diferentes separadores

Lavadora	GP e AJ1	AJ2
Nº de separadores	1	2
Data mudança água	29.01.19	29.01.19
Data realização testes	31.01.19	31.01.19
Tensão superficial nas peças (mN/m)	34-36	38-40
Peças analisadas em laboratório após lavagem	5	5
Resultado da análise no laboratório	Ok	Ok
Peças analisadas visualmente à saída do forno	36	36
Resultado da inspeção visual das peças à saída do forno	Ok	Ok
Peças analisadas em laboratório à saída do forno	5	5
Resultado da análise no laboratório à saída do forno	Ok	Ok
Número de vezes que é aspirado excesso de óleo por semana	5	1
Capacidade da lavadora (peças/dia)	800	1900
Qualidade	↓	↑

As análises laboratoriais são realizadas na peça final por exigência do cliente. Estas análises incluem testes de limpeza (quantificação de partículas) e metalografia (verificação da soldadura). A análise da quantidade de partículas na peça não permite identificar o tipo de partículas presentes, portanto esta análise não distingue objetivamente a presença de óleo após o processo de desengorduramento.

Relativamente à eficiência do processo, os resultados permitem evidenciar que o separador adicional aumenta a capacidade de produção e diminui o número de intervenções de manutenção. Estes dois parâmetros refletem uma poupança monetária em termos de fluxo de processo, consumo de energia, água, detergente, garantindo uma qualidade superior nas peças (avaliada pela tensão superficial na peça e pela inspeção visual da presença de óleo nos tanques da lavadora).

Também foi elaborada uma análise económica da aquisição do separador de óleo adicional. De seguida apresentam-se os resultados desta análise, considerando a situação ideal, a presença de 2 separadores de óleo e a atual, com apenas 1 separador.

Na Tabela 16 encontram-se os dados da poupança semanal do consumo de detergente. A situação atual implica a substituição de água com o dobro da frequência e, conseqüentemente, o dobro do consumo de detergente.

Tabela 16 – Poupança semanal de detergente

	Situação ideal	Situação atual
	2 separadores por lavadora	1 separador por lavadora
Consumo de detergente (L/semana)	20	40
Custo de detergente (€/semana)	75,80	151,60
Poupança (€/semana)		75,80

Na Tabela 17 apresenta-se a contabilização do tempo das intervenções da manutenção. A manutenção das lavadoras na mudança de água implica a aspiração de óleo e tempo de espera para o aquecimento dos tanques após a substituição da água.

Tabela 17 – Poupança semanal mão-de-obra

	Situação ideal	Situação atual
	2 separadores por lavadora	1 separador por lavadora
Custo (€/semana)	27,09	42,57
Poupança (€/semana)		15,48

Na situação atual existe a necessidade de aspirar o óleo com mais frequência, para compensar a ineficiência da eliminação do óleo. A Tabela 18 apresenta a poupança do consumo de água relativamente à frequência da sua substituição.

Tabela 18 – Poupança semanal de água

	Situação ideal	Situação atual
	2 separadores por lavadora	1 separador por lavadora
Volume de água na troca de banho (L)	940	
Número de vezes que é realizada troca de água por semana	1	2
Custo (€/semana)	1,27	2,54
Poupança (€/semana)	1,27	

A Tabela 19 apresenta a contabilização da gestão de resíduos, nomeadamente o custo de saneamento e o custo interno de tratamento.

Tabela 19 – Poupança semanal gestão de resíduos

	Situação ideal	Situação atual
	2 separadores por lavadora	1 separador por lavadora
Volume de água na troca de banho (L)	940	
Número de vezes que é realizada troca de água por semana	1	2
Custo (€/semana)	1,17	2,33
Poupança (€/semana)	1,17	

A poupança mensal resultante da aquisição de um separador de óleo adicional para uma lavadora é indicada na Tabela 20.

Tabela 20 – Poupança mensal

Poupança de Detergente (€/semana)	75,80
Poupança de Mão-de-obra (€/semana)	15,48
Poupança de Água (€/semana)	1,27
Poupança de Gestão Resíduos (€/semana)	1,17
Poupança Total (€/semana)	93,71
Poupança Total (€/mês)	374,86

Na Tabela 21 é indicado o *Payback Time* simples da aquisição de dois separadores de óleo para as Lavadoras GP e AJ1.

Tabela 21 – *Payback Time* simples

Investimento em dois separadores de óleo (um separador por lavadora)	8 051,00 €
<i>PAYBACK TIME</i> SIMPLES (MESES)	11

O retorno da aquisição dos dois separadores é obtido no final de 11 meses.

4.3 Lavadora AJ2

A Lavadora AJ2 apresentava condições estáveis de operação, tais como separadores de óleo em pleno funcionamento e ausência de dosagem de detergente no tanque de enxaguamento. Considerando a estabilidade da lavadora, esta foi selecionada para a realização de testes com detergente diferente dos disponíveis na fábrica. Relembrando os testes realizados na Lavadora 2015, identificou-se o detergente D3 como o mais eficiente, no entanto devido ao seu fator corrosivo, apresenta maior risco para os colaboradores e para os equipamentos. Assim, considerou-se testar novos detergentes, com a mesma eficiência e eficácia, salvaguardando a segurança dos colaboradores e a preservação dos equipamentos. A escolha do detergente resultou da interação com a unidade produtiva de Vigo e do contacto permanente com os fornecedores da unidade produtiva de Viana. Na unidade produtiva de Vigo têm trabalhado continuamente neste desafio, realizando testes com diferentes detergentes para as lavadoras presentes, de forma a reduzir os seus problemas. Os testes foram realizados com base na medição da tensão superficial e pela determinação da concentração de detergente. A medição da tensão superficial realiza-se com o auxílio de equipamentos mais eficientes, dos que os disponíveis na unidade produtiva de Viana. A determinação da concentração de detergente mais adequada realiza-se com base numa volumetria, usando o laboratório disponível na fábrica. Através da partilha de informação entre as diferentes fábricas, conseguiu-se ter acesso ao resultado dos testes, sendo estes representados na Tabela 22.

Tabela 22 – Resultados obtidos com detergentes diferentes

Detergente	Vantagens	Desvantagens
D3	Melhor poder desengordurante Atualmente em produção	Sem suporte técnico O mais caro dos detergentes
H850	Bom desengordurante e bom apoio técnico	Perigoso
Rmod	O mais económico Atualmente em produção	Formação de espuma Qualidade baixa
SL145	Bom suporte técnico e qualidade de desengorduramento (mantém-se ao longo do tempo)	–
Hc134	Usado em processos de desengorduramento para tubos corrugados.	Reduzido suporte técnico
B5000	–	Qualidade inferior e perigoso

A partir da tabela 22 constata-se que o detergente que apresenta melhores resultados de desengorduramento e que, simultaneamente, apresenta elevado suporte técnico por parte dos fornecedores é o SL 145.

De acordo com o referido anteriormente, foi considerada a hipótese de testar novos detergentes com os fornecedores da fábrica de Viana do Castelo, para encontrar a melhor solução para o processo de desengorduramento. Destes contactos surgiram dois detergentes: o SL 145 e D6. A ficha de segurança do D6 foi analisada com o departamento de Higiene e Segurança, tendo sido excluído por ser bastante corrosivo, o que se tornava menos seguro para os colaboradores e para os próprios equipamentos em contacto com o mesmo. O detergente SL 145 foi escolhido, por apresentar melhor relação qualidade/preço, melhor compatibilidade com os óleos usados, bem como é quimicamente mais seguro, sendo a segurança um ponto prioritário na fábrica. Esta seleção tornou-se mais evidente tendo em conta os resultados disponibilizados pela unidade produtiva de Vigo.

Depois de selecionado o detergente, o passo seguinte consistiu na realização de testes para avaliar o seu desempenho. Inicialmente colocou-se uma quantidade de 10L de detergente no tanque de lavagem, de acordo com a recomendação do fornecedor. Analisou-se a resposta das peças à saída da lavadora e à saída do forno. Os resultados foram validados através da medição da tensão superficial e pela inspeção visual das peças.

Durante a realização destes testes foram recolhidas amostras de água dos tanques, com a finalidade de analisar a sua variabilidade e encontrar uma variável capaz de avaliar e definir a frequência de mudança de água. Os testes inicialmente tiveram um impacto positivo, no entanto ao longo do tempo verificou-se que as peças apresentam manchas devido à espuma presente no tanque de enxaguamento, como pode ser observado na Figura 12.



Figura 12 – Manchas de detergente

Paralelamente ao aparecimento das manchas, mediu-se a tensão superficial e esta apresentava-se inferior a 36 mN/m (limite mínimo exigido internamente na empresa). Como já foi referido, quanto maior o valor da tensão superficial, maior será a aderência da pasta e, conseqüente, melhor o processo de soldadura no forno.

Após a análise da resposta das peças, contactou-se o fornecedor da máquina em questão, com a finalidade de averiguar se os ciclos de lavagem operavam corretamente. O fornecedor detetou que o tempo dos ciclos de lavagem não estavam devidamente configurados, originando a formação de espuma. Com suporte do fornecedor os ciclos foram configurados adequadamente e retomaram-se os ensaios, sem executar a mudança de água. Com estas alterações solucionou-se a formação de espuma no tanque de enxaguamento, no entanto as peças apresentavam manchas. Para tentar solucionar o aparecimento das manchas, decidiu-se reduzir a quantidade de detergente aplicado para 7L. Os resultados inicialmente tiveram impacto positivo, no entanto registou-se novamente o aparecimento de manchas, apesar de o tanque de enxaguamento não apresentar espuma.

Repetiram-se os testes para uma quantidade de detergente de 3L, não ocorrendo manchas nas peças, nem formação de espuma no tanque de enxaguamento. Estes resultados foram obtidos continuamente durante quatro semanas, sem executar a mudança de água (até ao momento a mudança de água era realizada semanalmente). Esta alteração permitiu uma redução no consumo de água, detergente, energia e simultaneamente nas intervenções de manutenção.

4.4 Lavadora Geral

A Lavadora Geral apresenta uma panóplia de variáveis, considerando que permite a lavagem de todo o tipo de peças produzidas na fábrica. Esta lavadora operava com detergente no tanque de lavagem e no tanque de enxaguamento. Em relação à quantidade de detergente não se procedeu à sua alteração, tendo em conta que esta opera de acordo com o limite mínimo recomendado pelo fabricante. Em relação ao tanque de enxaguamento procedeu-se à eliminação do doseamento de detergente. Analisaram-se os resultados com base na tensão superficial das peças e inspeção visual dos tanques e constatou-se a eficácia do processo de lavagem. Com a implementação destas melhorias, a água presente nos tanques de lavagem e enxaguamento foi substituída após um mês de operação (até ao momento a frequência de mudança de água era semanal).

Devido à dimensão da lavadora geral, esta consome maior quantidade de detergente, e por isso apresenta maior risco de exposição e contaminação. Para minimizar o risco de segurança associado, aplicaram-se as medidas de prevenção implementadas na Lavadora 2015 (lava-olhos e instrução de utilização de detergente). Estas medidas podem ser observadas na Figura 13.



Figura 13 – Implementação de medidas de segurança

4.5 Síntese da análise e implementação de melhorias

A Tabela 23 apresenta um resumo da implementação das melhorias realizadas nas lavadoras presentes na empresa.

Tabela 23 – Resumo das melhorias implementadas

Designação da Lavadora	Eliminação da dosagem de detergente no tanque de enxaguamento	Aumento da frequência de mudança de água	Ergonomia posto de trabalho	Segurança (implementação de medidas preventivas)	Teste com diferente detergente	Separadores de óleo (um por cada tanque)
2015	✓	✓	✓	✓	✗	✓
GERAL	✓	✓	✓	✓	✗	✓
AJ1	✗	✗	✓	✗	✗	✗ *
AJ2	✓	✓	✓	✗	✓	✓
GP	✗	✗	✓	✗	✗	✗ *

* Aquisição em análise

5. RESULTADOS E ANÁLISE DA VIABILIDADE DAS MELHORIAS IMPLEMENTADAS

Este capítulo apresenta os resultados das propostas de melhoria implementadas nos processos de lavagem. Ao longo do capítulo encontram-se referenciadas as melhorias em termos de qualidade, pela aquisição dos separadores de óleo, de segurança, pela possibilidade de alteração de detergente, e económicos. A poupança económica traduz-se na redução do consumo de água, de detergente (pela eliminação da dosagem do tanque de enxaguamento), de energia e de recursos humanos pela redução de intervenções de manutenção. Na Tabela 24 encontram-se os dados que serviram como base no cálculo das poupanças enumeradas anteriormente.

Tabela 24 – Dados das lavadoras presentes na fábrica

Designação da Lavadora	Detergente	Custo (€/L)	Quantidade detergente tanque de lavagem	Quantidade detergente tanque de enxaguamento		Nº de trocas de água/mês	
				antes	depois	antes	depois
2015	D3	3,35	15	10	0	4	2
GERAL	SL 251	3,79	10	18	0	4	1
AJ1	SL 251	3,79	8	0	0	4	2
AJ2	SL 251	3,79	8	0	0	4	1
GP	SL 251	3,79	15	3	0	4	2

De salientar que na Tabela 24 é apresentada a frequência de mudança de água implementada na empresa. No cálculo das poupanças implementadas foram considerados estes dados. No entanto, prevê-se que todas as lavadoras consigam uma periodicidade mensal para a mudança de água.

5.1 Aquisição do separador de óleo

A inexistência de um separador de óleo para cada tanque reduzia a capacidade da eliminação do óleo no processo. Esta incapacidade refletia-se na contaminação das peças com este resíduo gerando sucata e retrabalho.

Para argumentar a aquisição do separador do óleo recorreu-se a uma análise dos resultados em termos de qualidade e à recuperação do investimento em termos económicos. Tendo em conta a poupança mensal e o retorno do investimento, a empresa optou pela aquisição dos separadores de óleo para as

lavadoras GP e AJ1. Com esta implementação garantiu-se a qualidade do processo de lavagem e simultaneamente a eliminação da dosagem de detergente no tanque de enxaguamento.

5.2 Alteração do detergente nos processos produtivos

A Lavadora AJ2 opera em condições ótimas de trabalho, i.e.: separador de óleo para cada tanque e dosagem de detergente exclusivamente no tanque de lavagem. Pelo que se definiu que seria a mais adequada para testar um novo detergente, o SL 145. Pretendeu-se que este substituísse o atual, com o compromisso de causar um menor impacto ambiental, maior compatibilidade com o óleo e menor custo de aquisição. Além destes fatores, este ainda poderia ser um potencial candidato para a uniformização dos detergentes na unidade produtiva.

Deste modo, realizou-se uma análise económica sobre a viabilidade da alteração do detergente nas lavadoras disponíveis na fábrica. Esta análise teve como base o consumo anual referente ao ano de 2018. Assim sendo, o consumo de detergente SL 251 (presente em praticamente todas as lavadoras, com exceção Lavadora 2015) foi de 5.950L.

Assumindo-se que será consumida a mesma quantidade de detergente, calculou-se a sua poupança tendo em consideração o custo unitário (Tabela 25).

Tabela 25 – Poupança anual na troca de detergente

Detergente	Atual: SL 251	Em teste: SL 145	Em teste (desconto de quantidade): SL 145
Custo (€/L)	3,79	3,40	2,96
Consumo (L/ano)	5.950	5.950	5.950
Custo anual (€)	22.551	20.230	17.612
Poupança anual (€)	–	2.321	4.939

O cálculo desta poupança anual teve por base dois cenários: o primeiro a aquisição do detergente pela quantidade mínima admissível para encomenda, o outro numa quantidade superior que reduz o preço unitário do produto. Em ambas as situações verifica-se que a empresa terá uma poupança significativa no final do ano, variando entre 2.321€ e 4.939€.

Além desta poupança económica, é de frisar que este detergente é menos corrosivo, e por isso, ambientalmente mais seguro para o ambiente e para os colaboradores envolvidos. Assim sendo, existe uma redução de poluição, reduzindo o impacto ambiental, e no caso de ser implementado em todas as

lavadoras, obtém-se a uniformização de recursos e métodos de trabalho. Portanto, a uniformização do detergente reduziria a variabilidade dos métodos de trabalho, tornando o processo mais simples e intuitivo.

5.3 Eliminação da dosagem de detergente no tanque de enxaguamento

A eliminação da dosagem de detergente do tanque de enxaguamento permitiu distinguir os processos presentes na lavadora. Assim sendo, na primeira fase ocorre a lavagem da peça no tanque de desgorduramento e de seguida o detergente é removido na fase de enxaguamento.

Esta ação foi implementada em todas as lavadoras em estudo, pelo que a sua poupança económica pode ser visualizada a partir da Tabela 26.

Tabela 26 – Poupança mensal na eliminação dosagem detergente tanque 2 (frequência semanal)

	Situação anterior	Situação atual
	Tanque 1 + Tanque 2	Tanque 1
Consumo de detergente (L/semana)	87	56
Custo de detergente (€/semana)	318,73	205,64
Poupança (€/semana)		113,09
Poupança (€/mês)		452,36

Este cálculo foi realizado com base numa periodicidade semanal da mudança de água (periodicidade em vigor no início do projeto). A eliminação do detergente do tanque 2 possibilitou uma poupança de 452,36 € por mês nas lavadoras em estudo. Na Tabela 27 é apresentada a poupança mensal recorrendo à alteração da frequência de mudança de água implementada em fábrica (em todos os casos de estudo a frequência diminuiu, no mínimo, para metade).

Tabela 27 – Poupança mensal na eliminação dosagem detergente tanque 2 (frequência após melhoria).

	Situação anterior	Situação atual
	Tanque 1 + Tanque 2	Tanque 1
Consumo de detergente (L/mês)	348	94
Custo de detergente (€/mês)	1.274,92	343,06
Poupança (€/mês)		931,86

Os valores da Tabela 27 permitem referir que a poupança mensal duplica considerando a frequência implementada até à data. Esta mudança aumenta a qualidade das peças a um custo reduzido.

5.4 Poupança detergente, água, energia, mão-de-obra

Na Tabela 28 apresenta-se a poupança mensal obtida considerando que apenas é doseado detergente no tanque de lavagem e diminuindo a frequência na mudança de água (sempre que ocorre mudança de água também é adicionado detergente).

Tabela 28 – Poupança mensal de detergente na troca de água

	Situação anterior	Situação atual
Consumo de detergente (L/mês)	224	94
Custo de detergente (€/mês)	822,56	343,06
Poupança (€/mês)		479,50

A diminuição da frequência de substituição de água implica uma redução nas intervenções de manutenção, como se pode verificar na Tabela 29.

Tabela 29 – Poupança mensal de recursos

	Situação anterior	Situação atual
Custo (€/mês)	464,4	185,76
Poupança (€/mês)		278,64

Na Tabela 30 apresenta-se os consumos de água após a redução da periodicidade de mudança de água.

Tabela 30 – Poupança mensal no consumo de água

	Situação anterior	Situação atual
Volume de água na troca de banho por mês (L)	22.512	8.608
Custo (€/mês)	30,39	11,62
Poupança (€/mês)		18,77

Em suma, a consolidação de novos métodos de trabalho e uniformização do processo permitiu as poupanças descritas na Tabela 31.

Tabela 31 – Poupança anual na implementação melhorias

	Mês	Ano
Poupança de Detergente (€)*	452,36	4 976
Poupança de Detergente (€)**	479,50	5 275
Poupança de Mão-de-obra (€)	278,64	3.065
Poupança de Água (€)	18,77	206
Poupança Total (€)	1.229,27	13.522

*eliminação da dosagem do tanque de enxaguamento (931,86€ -479,50€=452,36€)

**diminuição da frequência da mudança de água

A empresa terá uma poupança total de aproximadamente 13.500€. Realizou-se uma análise da possibilidade de poupança com base na substituição do detergente atual (SL 251) pelo SL 145 (atualmente a executar os testes para validação). Considerado que este detergente apresenta resultados positivos e é aplicado em todas as lavadoras (uniformização do detergente), o seu consumo anual será de 2.464L (94L*11meses). Este consumo foi calculado com base nas condições de operação atuais. Na Tabela 32 apresenta-se a poupança anual considerando a mudança de detergente.

Tabela 32 – Poupança anual obtida com a possibilidade troca detergente

Detergente	Custo (€/L)	Consumo anual (€)	Poupança anual (€)
SL 251	3.79	9.357,51	-
SL 145	3.40	8.377,60	979,91
SL 145 com desconto quantidade	2.96	7.293,00	2.064

Assim sendo, a poupança anual no melhor cenário poderá ser de 15.586€ (2.064€+13.522€). As mudanças realizadas em termos de processo produtivo traduzem-se em poupanças energéticas, de consumo de água e de mão-de-obra. Relativamente às poupanças energéticas não foi possível a sua contabilização, no entanto estima-se que se reduza, em termos pessimistas, para metade do consumo até ao momento. Como foi referenciado ao longo do projeto, conseguiu-se que pelo menos, duas lavadoras alterar a periodicidade da substituição de água de semanal para mensal. Esta alteração reduz a energia consumida devido ao tempo de aquecimento da água e tempo despendido em intervenções técnicas de manutenção.

6. CONCLUSÃO

O presente capítulo pretende apresentar as conclusões deste projeto de dissertação. Além disso, enumeram-se algumas tarefas para trabalho futuro, com vista à melhoria contínua dos processos.

6.1. Contribuições do trabalho realizado

Este trabalho teve como objetivo melhorar o processo de desgorduramento de produtos na empresa BorgWarner. O processo de desgorduramento consiste na eliminação do óleo da peça, antes do processo de soldadura. A eliminação do óleo é fundamental para garantir a qualidade do processo de finalização. Se este for ineficiente, gera desperdícios de materiais e retrabalho.

Para garantir a eficácia do processo de desgorduramento analisaram-se as condições de trabalho das lavadoras e diagnosticaram-se as causas da ineficiência a lavagem. O processo da lavadora é dividido em duas fases: a fase de lavagem e a fase de enxaguamento. A fase de lavagem recorre a detergente para eliminar o contaminante (óleo) da peça e a fase de enxaguamento serve-se apenas de água para remover o detergente da fase anterior. Simultaneamente o óleo presente na solução dos tanques é eliminado com recurso aos separadores de óleo. Na fase de diagnóstico verificou-se que no processo de enxaguamento estava a ser utilizado detergente, para compensar as limitações do processo de lavagem. Com base no estudo e realização de testes concluiu-se que estas limitações eram causadas devido à inexistência de um separador de óleo adicional (um separador de óleo para cada tanque) e devido à incorreta colocação de detergente no tanque de enxaguamento.

Durante a implementação da correção dos problemas detetados, modificou-se o processo garantindo a qualidade dos resultados e simultaneamente a otimização de consumo de água, detergente, energia e diminuição do tempo de manutenção. Além disso, implementaram-se melhorias na segurança e ergonomia dos colaboradores envolvidos, através de métodos de prevenção e a alteração da disposição dos equipamentos.

Com a melhoria dos processos mencionados (eliminação da dosagem de detergente no tanque de enxaguamento e diminuição da frequência da mudança de água) conseguiu-se uma poupança anual de cerca de 13.500 €. Além disso, estimou-se a possibilidade de poupança adicional de cerca de 2.000€ através da alteração de um detergente quimicamente mais seguro.

6.2. Limitações do trabalho

A limitação mais notória que decorreu durante a execução do trabalho foi a inexistência de rastreabilidade das peças na linha de produção. O percurso da peça era essencial para o diagnóstico da causa raiz do problema, e conseqüentemente poderia ser direcionado o foco para a lavadora em concreto. Para colmatar esta dificuldade foi necessário acompanhar o processo presencialmente na linha de produção, para a recolha de dados durante a realização de testes.

6.3. Trabalho Futuro

Este trabalho é um trabalho bastante complexo e com imenso impacto na empresa em questão. Dada a variabilidade de informações, uma melhoria passaria por uniformizar planos de trabalho, com instruções para cada lavadora, para que seja comum às mesmas. Assim, teria de se encontrar a frequência admissível para troca de água em cada uma das lavadoras, dado que cada uma tem variáveis distintas, como o nível de óleo para a curvatura das peças e a concentração de detergente nos tanques de lavagem. Esta concentração de detergente está de acordo com o nível de óleo nos processos anteriores.

Planeou-se, no decorrer do trabalho, adquirir um detergente para limpeza das próprias máquinas (tubagens e interior da lavadora), dado que até à data essa limpeza nunca tinha sido executada. No entanto, dado à limitação do tempo não se conseguiu realizar esse teste, pelo que seria interessante futuramente o realizar.

O controlo de qualidade das águas presentes nos tanques ainda é realizado de forma visual, sendo que a ideia seria encontrar uma variável capaz de monitorizar e gerar um alarme para a troca de água.

Por outro lado, o sistema de dosagem de detergente é realizado de forma automática. No entanto, este recipiente de detergente encontra-se dentro da lavadora e cabe aos técnicos visualizar sempre que este fica vazio. Uma das melhorias a implementar seria criar um sistema de controlo de nível capacitivo que gerasse um alarme sempre que detetasse a falha de detergente e, por segurança, parasse a máquina, para garantir que nunca é lavado apenas com água.

Além disso, como foi verificado através do *layout* da empresa, existem uma panóplia de lavadoras presentes na fábrica, que ainda não foram estudadas. Portanto, o seu estudo poderia complementar o conhecimento apresentado nesta dissertação, no sentido de melhorar o processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bergmiller, G., & McCright, P. (2009). Parallel Models for Lean and Green Operations. *Industrial Engineering Research Conference*, 1138–1143.
- Bicheno, J., & Holweg, M. (2004). *The Lean Toolbox: The Essential Guide to Lean* (P. BOOK, ed.).
- Coughlan, P., & Coughlan, D. (2010). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 25. Retrieved from <https://doi.org/10.1108/JHOM-09-2016-0165>
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2006). *Gestão da Produção* (7ª edição; L. Lidel-Edições Técnicas, ed.). Lisboa.
- Ferrão, F. (2014). *Aplicação da Metodologia Lean Seis Sigma na Otimização do nível de Stocks: Caso de estudo na Indústria vidreira*. 1–93.
- Fontes, T., & Dinis, M. A. P. (2001). Gestão Integrada em Operações de Limpeza Industrial de Peças Metálicas. *VI Congresso Nacional de Engenharia Do Ambiente*, 1–11. Retrieved from http://www.apea.pt/paginas/_loja.asp
- Green, J. C., Lee, J., & Kozman, T. A. (2010). Managing lean manufacturing in material handling operations. *International Journal of Production Research*.
- Jaschke, M., Butt, H. J., Gaub, H. E., & MANNE, S. (1997). Surfactant Aggregates at a Metal Surface. *American Chemical Society*, p. Pages 1361-1864.
- Kahane, K. J. (2018). *Estudo e Otimização dos Processos de Limpeza em Peças de Reator*.
- Mart, R. (2017). *CONCEPTOS BÁSICOS DE LIMPIEZA Y DESENGRASE INDUSTRIAL. CONTROLES DE CALIDAD*.
- Martin, M. W., & Schzinger, R. (2010). *Second Edition Second Edition*.
- Nunes, J. I. (2015). *Avaliação de Riscos e Estudo de Ergonomia*. Retrieved from https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/11180/1/Tese_MestradoSHT-JoanaJorgeRicardo.pdf
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras* (6ª Edição; L. Lidel-Edições Técnicas, ed.). Lisboa.
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, 23, 582. Retrieved from <https://doi.org/10.2307/2392581>
- Thomaz, M. F. (2015). *Balanced ScoreCard e Hoshin Kanri* (LIDEL, ed.).