



Universidade de Aveiro
2022

**INÊS MARGARIDA
FERREIRA MOREIRA**

**MELHORIA DO PROCESSO DE LIMPEZA DE
EQUIPAMENTOS DE COLORAÇÃO DE UMA
EMPRESA DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES DE
MARROQUINARIA**



Universidade de Aveiro
2022

**INÊS MARGARIDA
FERREIRA MOREIRA**

**MELHORIA DO PROCESSO DE LIMPEZA DE
EQUIPAMENTOS DE COLORAÇÃO DE UMA
EMPRESA DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES DE
MARROQUINARIA**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica da Prof.^a Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha avó.

o júri

presidente

Prof.^a Doutora Marlene Paula Castro Amorim

Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José António Crispim

Professor Auxiliar da Escola de Economia e Gestão da Universidade do Minho

Prof.^a Doutora Ana Raquel Reis Couto Xambre

Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Quero agradecer, profundamente, a todos aqueles que, de alguma forma, permitiram que este projeto se realizasse.

Em primeiro lugar, inevitavelmente, quero expressar o meu mais sincero agradecimento à minha orientadora, Prof^a Doutora Ana Raquel Xambre, pelo apoio, disponibilidade, sentido crítico, sabedoria e incentivo.

À ATEPELI por me permitir realizar este estágio e por me fazerem crescer tanto a nível pessoal, como profissional. Quero agradecer em particular ao Agostinho Pacheco, pelos conselhos e por toda a orientação ao longo deste período. Agradeço, também, ao Hélder Moreira pelo acompanhamento neste projeto e pela disponibilidade em qualquer momento. Para além disso, quero agradecer a todo o departamento de métodos e melhoria contínua por me terem acolhido tão bem.

A todos os meus amigos, aos distantes e aos presentes, aos recentes e aos de sempre, obrigada pelas palavras de apoio e incentivo. Um agradecimento especial à Bárbara, Carolina, Francisca, Mariana e Rosa por terem feito parte deste bonito percurso, desde o primeiro dia nesta universidade. Foi um gosto crescer ao vosso lado.

Ao Francisco, por todo o carinho e paciência ao longo destes 5 anos.

Agradeço, finalmente, à minha família. Aos meus irmãos que, apesar de levarem a minha paciência ao limite, estão sempre presentes, nos momentos mais difíceis e nos mais felizes. Aos meus pais, que são o meu maior pilar, e permitiram que isto fosse possível com o seu carinho, dedicação, apoio, confiança e amor incondicional. Por fim, um obrigada aos meus avós, que onde quer que estejam, espero que estejam orgulhosos.

palavras-chave

Melhoria contínua, *lean*, marroquinaria, SMED, estações de lavagem.

resumo

O projeto desenvolvido foi realizado na empresa ATEPELI - Ateliers de Portugal, Lda, e teve como principal objetivo reduzir o tempo despendido com a limpeza de equipamentos de coloração, localizados nas linhas de montagem. Para além disso, um outro objetivo foi, também, reduzir os defeitos que surgem nos produtos, causados pela limpeza incorreta destes mesmos equipamentos e, ainda, melhorar as condições de trabalho dos artesãos.

Para alcançar estes objetivos, foi elaborada uma revisão de literatura, centrada nos conceitos *Lean*. De seguida, e tendo como base o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), efetuou-se um diagnóstico da situação inicial e estudaram-se os principais problemas encontrados. Com base nessa análise, e com a aplicação da metodologia SMED, foram propostas algumas medidas para solucionar os problemas descobertos, tendo-se implementado algumas destas soluções.

Através da alteração do *layout* e da localização dos equipamentos de proteção individual (EPIs), da criação de instruções de trabalho, da implementação dos 5S nas estações de lavagem, de formações aos colaboradores e da automatização e substituição dos equipamentos de lavagem, reduziu-se, aproximadamente, 27% do tempo gasto com tarefas de limpeza.

keywords

Continuous improvement, lean, leather goods, SMED, washing stations.

abstract

The project developed was carried out at ATEPELI - Ateliers de Portugal, Lda, and its main objective was to reduce the time spent cleaning staining equipment, located on the assembly lines. In addition, it also aimed to reduce the defects that arise in the products, caused by the incorrect cleaning of these same equipment, as well as to improve the working conditions of the craftsmen. To achieve these objectives, a literature review was carried out, centered on lean concepts. Then, based on the PDCA cycle (Plan, Do, Check, Act), a diagnosis of the initial situation was made, and the main problems encountered were studied. Based on that analysis, and with the application of the SMED methodology, some improvement actions were proposed in order to solve the problems discovered, and then, some of these solutions were implemented. By changing the layout and location of individual protection equipment (IPE), creating work instructions, implementing 5S in the washing stations, training employees and automating and replacing washing equipment, the time spent with cleaning tasks was reduced by approximately 27%.

Índice

| | |
|--|------------|
| Índice de figuras | iii |
| Índice de tabelas..... | v |
| Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos..... | vi |
| 1. Introdução | 1 |
| 1.1 Caracterização do projeto | 1 |
| 1.2 Objetivos do projeto..... | 2 |
| 1.3 Metodologia..... | 3 |
| 1.4 Estrutura do documento | 4 |
| 2. Enquadramento teórico..... | 5 |
| 2.1 Toyota Production System | 5 |
| 2.1.1 Enquadramento Histórico..... | 5 |
| 2.1.2 Casa do TPS | 7 |
| 2.2 Lean Thinking | 8 |
| 2.3 O desperdício | 11 |
| 2.4 Técnicas e ferramentas Lean | 12 |
| 2.4.1 Kaizen | 13 |
| 2.4.1.1 PDCA..... | 13 |
| 2.4.2 5S..... | 15 |
| 2.4.3 Standard work..... | 17 |
| 2.4.4 SMED..... | 18 |
| 2.4.4.1 Origem da metodologia..... | 19 |
| 2.4.4.2 Fases do SMED | 20 |
| 2.4.4.3 Aplicações do SMED | 21 |
| 3. Caso de estudo..... | 23 |
| 3.1 Caracterização – ATEPELI, Ateliers de Portugal | 23 |
| 3.2 Produtos fabricados..... | 24 |
| 3.3 Processo produtivo e layout..... | 25 |
| 3.3.1 Descrição do posto de coloração..... | 28 |
| 3.4 Aplicação da metodologia PDCA..... | 32 |
| 3.4.1 Diagnóstico do estado inicial | 33 |
| 3.4.1.1 Limpeza dos equipamentos de coloração..... | 33 |
| 3.4.1.2 Recolha dos dados | 41 |
| 3.4.1 Definição do estado alvo..... | 52 |
| 3.4.2 Identificação das causas raiz..... | 52 |
| 3.4.3 Desenho e análise de soluções | 55 |
| 3.4.4 Implementação das soluções..... | 64 |
| 3.4.5 Confirmação de objetivos | 81 |
| 4. Conclusão | 85 |
| 4.1 Conclusões | 85 |

| | | |
|-----|---|-----------|
| 4.2 | Trabalhos futuros..... | 86 |
| | Referências Bibliográficas | 89 |
| | Anexos..... | 95 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Casa TPS (adaptado de Liker, 2004) | 8 |
| Figura 2: 5 princípios Lean (adaptado de Smith, 2015) | 10 |
| Figura 3: Ciclo PDCA (adaptado de Russell & Taylor, 2019) | 14 |
| Figura 4: Metodologia 5S | 16 |
| Figura 5: Fases conceptuais da metodologia SMED (adaptado de Shingo & Dillon 1985) . | 21 |
| Figura 6: Instalações da ATEPELI | 24 |
| Figura 7: Exemplo de componentes produzidos | 25 |
| Figura 8: Fluxograma representativo do processo produtivo | 27 |
| Figura 9: Layout da empresa | 27 |
| Figura 10: Stiff | 29 |
| Figura 11: MAC2 | 29 |
| Figura 12: Monet | 30 |
| Figura 13: Galli Polycolor | 30 |
| Figura 14: Pistolas de coloração | 31 |
| Figura 15: Banco de coloração | 31 |
| Figura 16: Exemplo de uma parte amovível de uma stiff, antes e depois da sua remoção | 33 |
| Figura 17: Identificação das estações de lavagem | 35 |
| Figura 18: Tanque manual de lavagem | 35 |
| Figura 19: Pincéis de limpeza dos tanques manuais | 36 |
| Figura 20: Máquina automática M112 | 37 |
| Figura 21: Tanques das Stiffs | 39 |
| Figura 22: Pontos de recolha de água | 40 |
| Figura 23: Representação pontos de recolha de água no layout | 40 |
| Figura 24: Média diária de utilizações de cada estação de lavagem, por hora | 42 |
| Figura 25: Número médio de limpezas feita aos equipamentos diariamente, por linha ... | 43 |
| Figura 26: Diagrama de Spaghetti relativo à limpeza da galli polycolor, proveniente da linha M3 | 44 |
| Figura 27: Duração média da lavagem, por equipamento, comparando o processo manual e com a utilização da máquina M112, em segundos | 48 |

| | |
|---|----|
| Figura 28: Árvore de Problemas..... | 53 |
| Figura 29: Quadro de medidas | 55 |
| Figura 30: Representação da estação de lavagem única, no layout | 57 |
| Figura 31: Gráfico de payback relativo ao projeto de contratação de um responsável de limpeza | 60 |
| Figura 32: Identificação dos pontos do atelier com esgoto industrial..... | 62 |
| Figura 33: Matriz custo-benefício | 63 |
| Figura 34: Localização dos EPIs nas estações de lavagem | 65 |
| Figura 35: Kits de EPIs para cada colaborador | 66 |
| Figura 36: Suporte para luvas..... | 66 |
| Figura 37: Kit para auxiliar a limpeza de equipamentos | 67 |
| Figura 38: Antes e depois da aplicação da metodologia 5S..... | 69 |
| Figura 39: Calendário de limpeza colocado nas estações de lavagem | 70 |
| Figura 41: Pincel de limpeza tanques jet100 | 71 |
| Figura 40: Tanque manual jet100 | 71 |
| Figura 42: Mangueira de alta pressão..... | 72 |
| Figura 43: Máquina ultrassons | 76 |
| Figura 44: Pistola antes (esquerda) e depois (direita) de ser colocada na máquina ultrassons | 77 |
| Figura 45: Equipamento com repositório de 30L..... | 79 |
| Figura 46: Alteração de layout da zona de lavagem 2 | 80 |
| Figura 47: Zona de lavagem 3, com a máquina ultrassons | 81 |
| Figura 48: Tempo total estimado, em horas, despendido diariamente com processos de limpeza, em função das medidas propostas | 82 |

Índice de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Número de equipamentos de coloração por linha..... | 31 |
| Tabela 2: Procedimento relativo à limpeza da parte amovível..... | 39 |
| Tabela 3: Procedimento relativo à limpeza dos tanques das stiffes..... | 41 |
| Tabela 4: Duração das deslocações do posto de trabalho às estações de lavagem, da linha M3, em segundos | 45 |
| Tabela 5: Tempo médio despendido em cada deslocação até às estações de lavagem, por linha, em segundos..... | 45 |
| Tabela 6: Síntese dos tempos médios associados ao processo de limpeza da parte amovível, em segundos | 47 |
| Tabela 7: Tempos totais estimados com processos de limpeza das partes amovíveis na linha M1, em segundos | 49 |
| Tabela 8: Duração das deslocações desde o posto de coloração stiffes de cada linha, até aos pontos de recolha de água..... | 50 |
| Tabela 9: Tempos totais estimados com processos de limpeza dos tanques das stiffes na linha M1, em segundos | 50 |
| Tabela 10: Tempos totais gastos com processos de limpeza, por linha, em horas | 51 |
| Tabela 11: Comparação do tempo médio da situação inicial, com a proposta de contratar mais um colaborador, em horas..... | 58 |
| Tabela 12: Balanço dos ganhos anuais com contratação de um colaborador extra..... | 59 |
| Tabela 13: Cashflow e Cashflow acumulado | 59 |
| Tabela 14: Comparação entre o tempo médio de lavagem no tanque inicial e no tanque jet100 nas áreas de lavagem manuais, em segundos | 73 |
| Tabela 15: Comparação entre o tempo médio de pré-lavagem no tanque inicial e no tanque jet100, para utilização da máquina M112, em segundos..... | 73 |
| Tabela 16: Comparação dos tempos entre efetuar lavagem manual e a pré-lavagem para utilização da máquina M112, em segundos | 74 |

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

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

EPI- Equipamento de Proteção Individual

JIT - *Just-In-Time*

PDCA - *Plan, Do, Check, Act*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

TPS - *Toyota Production System*

1. Introdução

O presente relatório descreve o trabalho desenvolvido ao longo de 8 meses, no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, no departamento de métodos e melhoria contínua, na empresa ATEPELI, Ateliers de Portugal, em Penafiel.

1.1 Caracterização do projeto

O mercado atual caracteriza-se, em inúmeros setores, pela forte concorrência que tem vindo a acumular-se ao longo dos anos. Deste modo, é importante melhorar continuamente os processos, de forma a dar resposta aos desafios que as organizações enfrentam diariamente, conferindo vantagem competitiva, através da busca constante pela perfeição.

Perante este cenário, surge a ideologia empresarial “*Lean*”, que tem sido utilizada por inúmeras organizações. Este conceito estabelece uma metodologia que procura obter a qualidade total, no menor tempo e com o mínimo de recursos utilizados, através de práticas organizacionais padronizadas e estratégicas de melhoria contínua, que permitem reduzir custos e desperdícios na cadeia de abastecimento (Dennis, 2007). Este tipo de produção diferencia-se em inúmeros aspetos da produção tradicional. Ou seja, o tradicional foca-se no inventário, enquanto o *Lean* considera o inventário um desperdício. Tendo em consideração que o mercado se está a tornar cada vez mais volátil, diferenciar entre estes conceitos e compreender a dinâmica do mercado, é fulcral para garantir um bom posicionamento no mesmo (Kocbek et al., 2015). Para além disso e para que seja possível aplicar esta ideologia, deve haver um reconhecimento do valor do cliente combinado com um foco na melhoria de processos para competir eficazmente no atendimento ao cliente.

A introdução de uma produção *Lean* tem impacto nos processos produtivos em qualquer tipo de indústria, destacando-se o mercado de bens de luxo, onde este conceito é fulcral para o bom funcionamento das organizações. Este mercado é regido pelos elevados preços e padrões de qualidade, pelo que é necessário garantir que esta metodologia está presente nas inúmeras etapas do processo produtivo, reduzindo qualquer tipo de desperdício.

Posto isto, o presente projeto foi desenvolvido na ATEPELI – Ateliers de Portugal, no departamento de métodos e melhoria contínua. Esta empresa integra um dos maiores grupos internacionais de produtos de luxo e dedica-se à produção de componentes que se enquadram no setor da marroquinaria. Esta área encontra-se em fase de crescimento, pelo que é necessário fazer constantes adaptações e melhorias, de forma a melhorar o processo produtivo e dar uma resposta

eficiente à procura. Como tal, esta organização aposta fortemente no pensamento da filosofia *Lean*, utilizando as mais modernas metodologias de organização e produção.

Assim sendo, dos vários postos fulcrais do processo produtivo da ATEPELI, destacam-se as linhas de montagem. Nestas são realizadas essencialmente tarefas de costura e coloração. A etapa da coloração engloba a aplicação de tinta e, em alguns produtos, a passagem de uma base primária, antes da tinta. Os diversos equipamentos utilizados no processo de coloração contêm uma parte amovível que está constantemente em contacto com a tinta ou base primária e necessitam de ser lavados frequentemente. Este processo requer que os colaboradores parem a produção para se deslocarem às zonas de lavagem e limparem os respetivos equipamentos. Deste modo, surge a necessidade de reduzir o tempo de *setup*, associado ao processo de limpeza de equipamentos de coloração.

1.2 Objetivos do projeto

O principal objetivo do presente trabalho passa pela redução do tempo de *setup* dos equipamentos de coloração, com a aplicação da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED). Esta necessidade advém do facto dos processos de lavagem exigirem a paragem da produção. Assim sendo, é crucial que estas tarefas sejam realizadas no menor tempo possível, diminuindo ao máximo o tempo que a produção aguarda até os equipamentos estarem limpos.

Como objetivos secundários, destaca-se a diminuição de defeitos causados pela limpeza incorreta dos equipamentos. Quando um operador não limpa corretamente o equipamento, surgem algumas partículas que geram defeitos nos produtos, na etapa de coloração. Posto isto, este projeto visa a diminuição dos defeitos associados a este processo, através de uma melhoria nos procedimentos da lavagem dos equipamentos.

Para além disso, o terceiro objetivo assenta na reestruturação das zonas de lavagem, uma vez que foi, de facto, observado a falta de organização e limpeza das mesmas, acarretando vários desperdícios.

O último objetivo passa, ainda, por melhorar as condições dos trabalhadores, uma vez que o processo de limpeza implica que façam inúmeras deslocações e exige algum esforço para retirar os resíduos nos componentes, aumentando a fadiga dos trabalhadores, principalmente no final do turno.

1.3 Metodologia

Numa primeira fase foi elaborada uma revisão de literatura, de forma a obter os necessários níveis de conhecimento em relação a conceitos Toyota *Production System*, *Lean* e algumas das suas técnicas e ferramentas, através da análise do trabalho elaborado por outros autores. A par com este estudo teórico, e como fase fulcral para identificar melhorias, analisou-se todo o processo de limpeza de equipamentos de coloração.

De forma a atingir os objetivos inicialmente propostos, utilizou-se como principal metodologia o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). A escolha desta metodologia baseou-se no facto da mesma prevenir a repetição de erros, através da alteração dos padrões atuais. Para além disso, esta ferramenta melhora continuamente um processo/produto, destacando-se a fácil e clara aplicação da mesma em qualquer contexto (Rundle, 2019).

Na primeira fase, *plan*, definiram-se os objetivos propostos com a realização deste projeto. Posteriormente, efetuou-se um diagnóstico inicial, através da observação do processo de lavagem e da recolha de dados mensuráveis. Para obter estes dados foi necessário recolher tempos, formulários, questionários informais e, ainda, observar as deslocações dos colaboradores. Com toda esta informação, definiu-se qual o estado alvo do projeto e, de seguida, analisaram-se as causas raiz do elevado tempo de *setup*. Com isto, estudaram-se algumas soluções para resolver os mesmos, através da utilização da metodologia SMED e de outras ferramentas *Lean* para propor medidas que permitissem reduzir o tempo de *setup* do processo de coloração.

Na fase seguinte, *do*, escolheu-se uma das linhas de montagem, como linha piloto, e iniciou-se a implementação de um plano que visa melhorar o processo.

A par com isto, foi feita a etapa *check*, onde se efetuou uma nova recolha de tempos e análise de deslocações, para confirmar se a implementação efetivamente cumpriu com os objetivos inicialmente propostos.

Por último, na fase *act*, padronizaram-se as medidas aplicadas nas linhas piloto e replicou-se o plano de ações em todas as linhas de montagem do *atelier*.

1.4 Estrutura do documento

O presente trabalho encontra-se dividido em quatro capítulos.

Inicialmente é feita uma breve introdução, caracterizando-se o projeto desenvolvido, os objetivos deste e, ainda, a metodologia adotada para o desenvolvimento do mesmo.

No segundo capítulo, é feito um enquadramento teórico do Toyota *Production System* (TPS), da filosofia *Lean* e de algumas das suas técnicas e ferramentas utilizadas para desenvolver este projeto.

Já no terceiro capítulo, inicia-se o caso de estudo, através da apresentação da empresa e da aplicação do ciclo PDCA, no presente projeto. Com isto, são descritos e apresentados os resultados obtidos com a realização deste trabalho e confirmam-se os objetivos iniciais apresentados no relatório.

Por último, é feita a conclusão do trabalho e são propostas algumas medidas de trabalho futuro.

2. Enquadramento teórico

Este capítulo apresenta de uma forma breve os conceitos inerentes ao trabalho desenvolvido. A revisão de literatura está dividida em quatro tópicos que se interligam entre si: *Toyota Production System*, *Lean Thinking*, desperdícios e técnicas e ferramentas *Lean*. No caso das ferramentas *Lean* será dado destaque à metodologia SMED e ao ciclo PDCA.

2.1 *Toyota Production System*

O *Toyota Production System* é uma metodologia que tem como principal foco as necessidades dos clientes, permitindo fornecer produtos e serviços de alta qualidade, com boa relação de custo-benefício, no tempo certo. Para além disto, proporciona um ambiente de trabalho seguro e garante o envolvimento de todas as partes interessadas (*stakeholders*) da empresa (Ohno, 1988).

2.1.1 Enquadramento Histórico

A história do *Toyota Production System* (TPS) inicia-se com Sakichi Toyoda, um artesão e inventor, que, por volta de 1894, iniciou um negócio dedicado à produção de teares de madeira, tendo mais tarde desenvolvido também máquinas de fiação de madeira. Nessa época, a tecelagem era uma grande indústria e exigia bastante esforço por parte dos artesãos. Assim, com o intuito de diminuir esse esforço, Toyoda desenvolveu teares de madeira acionados por energia, com motores a vapor. Em 1926, fundou a Toyoda Automatic Loom Works, a empresa-mãe do Grupo Toyota. Para além de todos os avanços tecnológicos nesta área, Toyoda desenvolveu, ainda, um mecanismo especial que permitia parar automaticamente a produção sempre que um fio partia. Este instrumento permitia diminuir os elevados custos associados à produção de tecido com defeito e, adicionalmente, dar mais liberdade aos funcionários para se focarem em tarefas que acrescentavam valor. Posteriormente, este tornou-se num dos pilares fundamentais da TPS, denominado por *jidoka* (Liker, 2004). De uma forma resumida, *jidoka* significa construir sistemas à prova de erros e que garantem a qualidade à medida que se produz o material (Rosin & Forget, 2019). Posto isto, Sakichi Toyoda percebeu que os teares estavam a tornar-se uma tecnologia do passado e que o futuro passaria pela indústria automóvel. Deste modo, incentivou o seu filho, Kiichiro Toyoda, a seguir este ramo e foi assim que, em 1929, foi fundada a Toyota Motor Company, por Kiichiro Toyoda (Liker, 2004).

Ainda no mesmo ano, os líderes da Toyota, numa visita às indústrias da Ford, em Michigan, observaram um sistema de produção em massa (Liker, 2004). Apesar de lhes parecer um sistema

atrativo, estes entenderam que não era possível replicá-lo no Japão, uma vez que estavam num período de pós Primeira Guerra Mundial e a economia do Japão estava bastante afetada (Ohno, 1988). Deste modo, era imperativo que a Toyota se adaptasse, tendo surgido, assim, um modelo de produção mais flexível, onde se pretendia uma rápida resposta às necessidades dos clientes, entregando o produto certo na quantidade certa, no tempo certo e na qualidade desejada, reduzindo o desperdício resultante do processo produtivo. Este modelo tornar-se-ia no segundo pilar do TPS, o *Just-In-Time* (Liker, 2004).

Esta mesma visita esteve também na origem do conceito *kanban*, através da observação dos supermercados do EUA, que permitiram perceber que os produtos eram repostos nas prateleiras, à medida que os clientes os compravam. Ou seja, o sistema *kanban* permite produzir o tipo e a quantidade de unidades necessárias que estão escritos num cartão e que são enviados do trabalhador de um posto para o trabalhador do posto anterior. Como resultado, os processos estão interligados entre si, permitindo um melhor controlo das quantidades necessárias para os vários produtos (Monden, 1994). Segundo Shingo, o *kanban* é uma forma simples de implementar o *Just-In-Time* (Shingo, 1989).

Tendo em conta a crise económica que o Japão enfrentava e para evitar o fim da empresa foi necessário tomar medidas rigorosas. Assim, Kiichiro Toyoda assumiu total responsabilidade pelos problemas da empresa e renunciou ao cargo de presidente, ajudando a trazer a paz aos trabalhadores. O sucessor de Kiichiro Toyoda foi Eiji Toyoda, sobrinho de Sakichi e primo mais novo de Kiichiro (Liker, 2004).

Em 1950, Eiji Toyoda, na altura CEO da Toyota Motor Company, depois de regressar de mais uma visita à Ford, atribuiu a responsabilidade ao gestor de fábrica da Toyota, Taiichi Ohno, de melhorar o processo produtivo da mesma e igualar a produtividade da Ford. No entanto, esta visita acabou por não ser exatamente o que esperavam, uma vez que imaginaram que iriam encontrar bastantes desenvolvimentos, desde o que foi verificado, em 1929, por Kiichiro Toyoda. Todavia, verificaram que o sistema produtivo em massa não havia sofrido grandes desenvolvimentos. Os locais de trabalho estavam desorganizados e a produção era feita em larga escala, com interrupções entre etapas, o que originava vários defeitos não detetáveis e uma elevada quantidade de desperdícios. Assim, e de forma a cumprir o que lhe foi pedido, Ohno estudou o livro de Henry Ford, fundador da Ford Motor Company, e baseou-se na sua ideia original de promover o fluxo contínuo de material, apesar deste conceito não estar a ser aplicado na sua empresa (Liker, 2004).

Assim, surge o conceito de TPS, desenvolvido por Taiichi Ohno. Tendo em conta os resultados positivos que a Toyota apresentava na aplicação do TPS, as práticas começaram a ser divulgadas para outras fábricas da Toyota e para fornecedores. Este sistema tornou-se uma das maiores evoluções de processos de negócios eficientes, tendo sido implementado por várias empresas. Isto ocorreu dado que, nos anos 90, foi possível observar que a Toyota teria algo característico, uma vez que os automóveis japoneses duravam mais e necessitavam de menos reparações que os americanos. Deste modo, a Toyota tornou-se o terceiro maior fabricante automóvel do mundo, com vendas de veículos no valor de mais de seis milhões de unidades por ano, conseguindo produzir automóveis mais rapidamente, com mais fiabilidade e a um custo competitivo (Liker, 2004; Ohno, 1988). Assim, para Shingo, o TPS é 80% eliminação de desperdício, 15% sistema de produção e 5% *kanban* (Shingo, 1989).

2.1.2 Casa do TPS

Tendo em conta o impacto positivo deste sistema, Taiichi Ohno desenvolveu um diagrama simples, com a representação de uma casa (figura 1). A escolha deste formato baseou-se no facto de que numa casa todos os elementos são importantes e fortalecem-se entre si. Na base desta casa encontra-se o nivelamento do cronograma de produção (*heijunka*) juntamente com a necessidade de se obter processos padronizados, estáveis e confiáveis (Hüttmeir et al., 2009). Para além disso, existem dois pilares externos: *just-in-time* e *jidoka*. No centro da casa encontram-se as pessoas juntamente com a melhoria contínua e a redução de desperdício (Liker, 2004). Estes 3 tópicos estão interligados, uma vez que é necessário adotar um pensamento de melhoria contínua por parte dos colaboradores para ajudar a identificar oportunidades de melhoria no processo e, por sua vez, reduzir os desperdícios, questionando repetidamente a causa do problema (Maware & Adetunji, 2019). Por fim, no telhado apresentam-se os objetivos de melhor qualidade, menor custo, mais segurança e menor *lead time*.

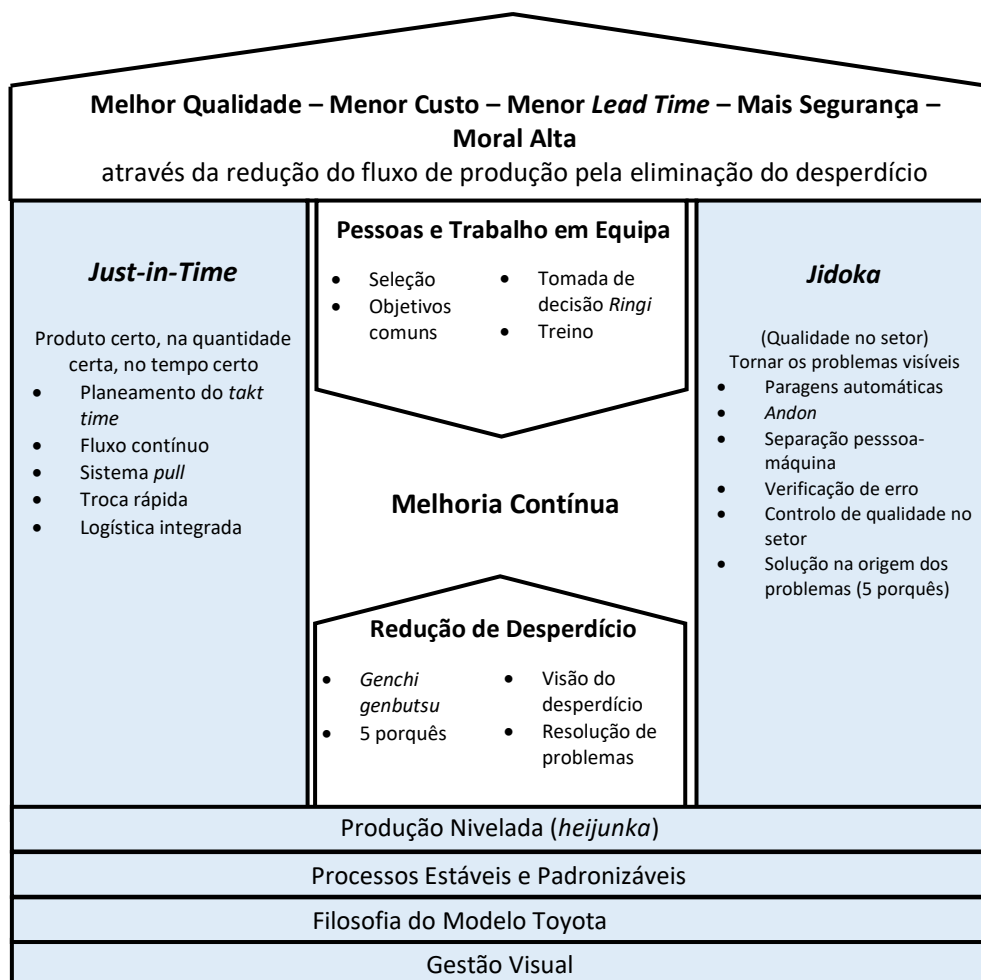


Figura 1: Casa TPS (adaptado de Liker, 2004)

2.2 Lean Thinking

O conceito de *Lean thinking* para Womack et al., (1990), refere-se à evolução do TPS, com a introdução de novos conceitos. Este termo representa uma das filosofias mais diferenciadoras na melhoria da atividade industrial, no que respeita a ganhos em eficiência e eficácia, que por sua vez impacta positivamente os custos. Deste modo, houve uma expansão deste conceito a nível mundial, aumentando a competitividade entre as organizações. Surge, então, pela primeira vez, o termo *Lean* com a publicação do livro “*The Machine that Changed the World*”, por Womack, Jones e Roos, em 1990. Este livro descreve um estudo, com a duração de cinco anos, sobre o mercado e indústria automóvel que permitiu perceber a rápida ascensão das marcas nipónicas em relação a marcas ocidentais, pela aplicação de *Lean Manufacturing/Lean Production*. Em virtude disso, o sistema de

produção *Lean* foi considerada como o fator crucial da reconstrução do Japão no panorama mundial, após os danos da economia japonesa, no período de pós Segunda Guerra Mundial (Womack et al., 1990).

Assim, o *Lean* surge como uma filosofia de gestão que promove formas de particularizar valor para o cliente, melhorar seqüências de fluxos e processos, tornar o desempenho mais eficiente, através da eliminação de desperdícios de produção (Rother & Shook, 1999; Womack & Jones, 2003). Por outras palavras, consiste em criar uma forma de fazer cada vez mais, utilizando menos equipamentos, menos esforço humano, menos tempo e menos espaço, ou seja, de uma forma eficiente (Womack & Jones, 2003). Assim, este pensamento realça essencialmente dois aspetos numa empresa: o desperdício e o valor (Stone, 2012).

Com o sucesso associado a esta filosofia, o seu conceito foi alargado e passou a contemplar não só as atividades humanas, como todo o tipo de atividades e recursos usados indevidamente, e que contribuem de forma negativa para o aumento dos custos, de tempo e da não satisfação do cliente. Assim, um dos princípios do *Lean thinking* é a criação de valor para todos indivíduos que, de forma direta ou indireta, usufruem dos produtos ou serviços fornecidos pela organização. O valor que as organizações geram destina-se à satisfação simultânea de todos os *stakeholders*, com necessidades e interesses específicos (Pinto, 2009).

Segundo, Womack & Jones (2003) existem cinco princípios fundamentais para o sucesso da filosofia *Lean thinking*:

i. Criação de Valor na perspetiva do cliente: o cliente percebe o valor através das características dos produtos, serviços ou soluções, na resposta às suas necessidades. Para isto, é fulcral entender quais são as necessidades do cliente, uma vez que é este que define o valor do produto, ao invés da empresa. Ou seja, é fundamental tentar perceber quais as verdadeiras especificações do produto pelo qual o cliente está disposto a pagar.

ii. Definição da Cadeia de Valor: as organizações devem garantir a satisfação dos *stakeholders*, analisando a cadeia de valor de cada parte interessada, de forma a fornecer-lhes valor. Para isto devem-se identificar os três tipos de processos: processos que geram valor; processos que não geram valor, contudo são necessários, e processos que não geram valor e que devem ser excluídos.

iii. Otimização do Fluxo: o fluxo de materiais, pessoas, informação e capital deverão ser contínuos e sem interrupções, de forma evitar a criação de *stocks* intermédios, reduzindo, assim, o *lead time* e aumentando a qualidade;

iv. Implementação do Sistema Pull: o cliente é quem solicita a produção de um produto, comandando, assim, a velocidade de produção e o lançamento das encomendas. Ou seja, de acordo com a quantidade e o momento desejados (filosofia *Just-in-Time*) do cliente, é possível originar uma redução de *stocks* e uma valorização do produto;

v. Perfeição: incentivar a melhoria contínua a todos os níveis da organização, de forma a fornecer apenas o que o cliente considera valor, eliminando, com isto, os desperdícios. Apesar da perfeição ser inalcançável, será sempre possível melhorar a partir da situação atual.

Na figura 2 encontram-se representados os cinco princípios do pensamento *Lean*. Estes princípios aplicados corretamente, em toda a cadeia de abastecimento, permitem aumentar a eficiência, reduzir o tempo de produção e os custos de qualquer empresa (Womack & Jones, 2003).



Figura 2: 5 princípios Lean (adaptado de Smith, 2015)

Segundo Pinto (2009), estes princípios não cobrem toda a dimensão do *Lean thinking* e apresentam algumas lacunas, pelo que o autor propôs a adoção de mais dois princípios:

vi. Conhecer os *stakeholders*: a cadeia de valor não é apenas constituída pelo cliente, pelo que se deve considerar e conhecer pormenorizadamente todas as partes interessadas do negócio. De facto, numa organização não existe apenas uma única cadeia de valor, mas várias.

vii. Inovar constantemente: para criar valor é essencial apostar na inovação de novos produtos, serviços e pessoas. As organizações não devem descurar esta atividade, e entrar em ciclos intermináveis de redução de desperdícios.

2.3 O desperdício

A gestão japonesa utiliza três conceitos para descrever as práticas de desperdício que devem ser eliminadas numa organização: *Muda*, *Muri* e *Mura* (Thürer et al., 2017). Ohno, (1988) traduziu o termo “muda” diretamente como desperdício, enquanto *mura* e *muri* foram traduzidos em inconsistência e excesso, respetivamente.

Deste modo, e tal como já mencionado, um dos principais objetivos da filosofia *Lean* passa pela identificação e eliminação dos desperdícios (*muda*). De facto, analisando a literatura existente relativa a este tópico, facilmente se identifica que não existe um consenso em relação à definição do termo “desperdício” e que existe uma enorme ambiguidade.

Para Fujio Cho, presidente honorário da Toyota Motor Corporation, desperdício é “tudo o que está para além da mínima quantidade de equipamentos, materiais, peças, espaço e mão-de-obra, estritamente essenciais para acrescentar valor ao produto” (Suzaki, 2013). Ou seja, a eliminação dos desperdícios aumenta a importância do trabalho para os colaboradores permitindo que, em simultâneo, valorizem os indivíduos e reduzam custos desnecessários (Ohno, 1988).

Com base nisto, e no contexto dos sistemas de fabrico, Ohno, (1988) e Shingo & Dillon, (1989) definiram os desperdícios como atividades que não acrescentam valor e sugeriram sete categorias de desperdícios. Deste modo, perceber os sete resíduos, posteriormente relatados por Womack & Jones (2003), é o passo preliminar para a aplicação do TPS. Estes incluem:

- Excesso de produção: produção de quantidades em excesso face às necessidades seguintes do processo. A sua eliminação corresponde à aplicação do princípio *Lean* baseado num sistema *pull* (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2013).

- **Espera:** qualquer atraso na atividade produtiva causado pela inatividade de pessoas, equipamentos, produtos ou informação crucial, originando *lead times* longos.
- **Transporte:** movimentações excessivas de pessoas, materiais ou informações.
- **Movimento desnecessário:** movimentos desnecessários ou que requerem demasiado esforço realizado pelos operadores. Isto pode ser causado pela pouca adequabilidade do *layout* produtivo, não garantindo um bom fluxo do material e da informação.
- **Processamento extra:** operações adicionais que não acrescentam valor ao produto final e que consistem na repetição ou utilização incorreta de um processo ou equipamento. Este desperdício é causado, normalmente, pela utilização inadequada e incorreta das máquinas e/ou ferramentas.
- **Inventário:** refere-se aos inventários de matéria-prima, de produto acabado ou em processamento, que não satisfazem diretamente as ordens atuais do cliente. Este desperdício acaba por ocultar alguns problemas na organização, nomeadamente os elevados tempos de *setup*, atrasos nas entregas, entre outros.
- **Defeitos:** todos os bens ou serviços acabados que não estão de acordo com os requisitos do cliente. Estes traduzem-se em elevados custos de inspeção, retrabalho e podem, ainda, contribuir para a insatisfação dos clientes.

Para além dos sete desperdícios mencionados, segundo Womack & Jones (2003), é possível identificar uma oitava categoria. Este relaciona-se com a subutilização de pessoas e, em particular, das suas ideias e do seu contributo criativo para melhorar processos e práticas.

Na opinião de vários autores, é possível, ainda, identificar mais fontes de desperdício, como por exemplo, o espaço, baixo desempenho dos equipamentos, má gestão de tempo, entre outros (Womack & Jones, 2003).

2.4 Técnicas e ferramentas *Lean*

De forma a identificar e eliminar atividades que não acrescentam valor, surgiram as ferramentas *Lean* para aplicação em diversos tipos de organizações. Para isso, é fulcral uma implementação correta da filosofia *Lean*, de forma a garantir que as ferramentas selecionadas estão enquadradas no problema em questão (Oliveira et al., 2017). A utilização das mesmas permite obter soluções simples e de baixo custo, adaptando-se às necessidades de cada indústria (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014).

Nesta secção serão apenas apresentadas as ferramentas *Lean* utilizadas neste projeto, apesar das inúmeras presentes na literatura.

2.4.1 Kaizen

O termo *Kaizen* surge em 1986, desenvolvido por Masaaki Imai, e representa uma filosofia descrita como “a chave para o sucesso competitivo do Japão”. Em japonês, *Kaizen* significa mudança para melhor ou aprimoramento contínuo (Morgan & Liker, 2006). O termo “melhoria contínua” sugere uma melhoria constante baseada na inovação e na intenção de envolver todos os níveis hierárquicos da organização (Imai, 2012). Para Ortiz (2006), esta filosofia visa eliminar desperdícios, criar *standards* e encontrar uma área de trabalho limpa e organizada. Desta forma, permite identificar causas e problemas fulcrais, fornecer soluções e criar valor (Marin-Garcia et al., 2018). Posto isto, são inúmeros os benefícios associados à implementação do *Kaizen*, nomeadamente o aumento da produtividade, redução do tempo gasto com retrabalho, redução do número e gravidade dos defeitos e, ainda, diminuição do número de etapas nos processos produtivos (Oropesa et al., 2016).

Esta metodologia é apoiada por uma ferramenta que surgiu na década de 1950, concebida pelo estatístico americano Shewhart e divulgada por Deming: ciclo PDCA ou ciclo de Deming.

2.4.1.1 PDCA

Inicialmente o ciclo PDCA foi utilizado como uma ferramenta de controlo de qualidade dos produtos (Silva et al., 2017). Mais tarde, foi possível observar que esta ferramenta permitia desenvolver diversas melhorias a nível organizacional, pelo que, atualmente, o PDCA caracteriza-se pela sua abordagem de melhoria contínua (Realyvásquez-Vargas et al., 2018; Sangpikul, 2017). De acordo com Realyvásquez-Vargas et al., (2018), este ciclo é muito mais do que uma ferramenta *Lean*, considerando que é uma filosofia de melhoria contínua dos processos, que foca na aprendizagem contínua e na criação de conhecimento (Jones et al., 2010; Sangpikul, 2017). O ciclo PDCA (figura 3) é uma ferramenta bastante clara e simples de compreender, no entanto a sua aplicação depende de todos os elementos da organização e que o entendam como algo que deve estar inserido na empresa e não como algo que só é utilizado uma única vez (Morgan & Stewart, 2017).

Este ciclo compreende quatro fase distintas (Rundle, 2019; Sangpikul, 2017):

- ***Plan (planear)***: nesta primeira fase identificam-se todas as oportunidades de melhoria e define-se a prioridade de cada uma. Para além disso, é analisada a situação atual, através de dados

mensuráveis e determinam-se as causas raiz dos problemas. Com base nisto, elabora-se um conjunto de possíveis soluções, com um plano de ação.

- **Do (fazer)**: esta fase visa a implementação das medidas propostas na fase anterior, com o plano de ação já definido e a documentação da informação que surgir como relevante;

- **Check (verificar)**: neste passo, analisam-se os resultados das ações implementadas no anterior passo. De seguida, é feita uma comparação entre o antes e o depois, de forma a verificar se, de facto, houve melhorias e se os objetivos foram cumpridos. Para isso, podem ser utilizadas inúmeras ferramentas, nomeadamente o diagrama de Pareto ou o diagrama de Ishikawa.

- **Act (Atuar)**: na última fase e no caso do cumprimento dos objetivos, desenvolvem-se os métodos destinados a normalizar as melhorias.



Figura 3: Ciclo PDCA (adaptado de Russell & Taylor, 2019)

Para compreender a aplicabilidade desta ferramenta, analisaram-se trabalhos elaborados por outros autores, onde é explicada a aplicação desta metodologia em diversas indústrias.

Assim, um exemplo claro dos benefícios desta metodologia, foram descritos por Neves et al. (2018), que desenvolveram um caso de estudo relativo à implementação de *Lean Tools*, numa empresa têxtil, com a utilização da metodologia PDCA. Com as ações implementadas, foi possível reduzir quatro horas de trabalho por operador, semanalmente, traduzindo-se no ganho de 10% de

disponibilidade por semana e operador, representando uma melhoria considerável na produtividade desta indústria.

Para além disso, Pellegrini et al. (2012), aplicaram a metodologia SMED e o ciclo PDCA, numa empresa de dimensão média, dedicada à produção de sistemas de suportes de rolos de pista, para utilização na indústria de aviação militar e comercial. Com a aplicação destas ferramentas, reduziram o tempo de *setup* de um posto de torneamento CNC, dedicado à produção de pistas externas, de 90 para 47 minutos e foram identificadas outras oportunidades de melhoria.

As vantagens desta aplicação foram, ainda, estudadas por Singh Sidhu et al. (2013), através da aplicação da metodologia 5S, numa média empresa, em conjunto com o ciclo PDCA como ferramenta de melhoria contínua, numa indústria de agropecuária. Os resultados demonstraram que, através da implementação destas metodologias, foi possível reduzir 8,5 minutos do tempo de ciclo de cada máquina.

Assim, e tal como nos trabalhos anteriormente apresentados, este ciclo é a metodologia base da realização deste projeto, pelo que subjacente a esta surgem algumas ferramentas fulcrais para o desenvolvimento deste trabalho. Deste modo, o 5S, *Standard Work* e SMED, serão brevemente enquadrados pela sua utilidade e aplicabilidade ao longo do projeto.

2.4.2 5S

A metodologia 5S (figura 4) surge de um estudo alargado do TPS, desenvolvido por Sakichi Toyoda, Kiichiro Toyoda e por Taiichi Ohno, em 1960 (Chavan et al., 2017). De acordo com Bharambe et al. (2020), esta ferramenta visa organizar e a padronizar o espaço, sendo um dos passos fulcrais para desenvolver uma cultura *Lean* crescente nas organizações. Desta forma, as ações de melhoria iniciam-se, normalmente, pela aplicação desta ferramenta, uma vez que ao tornar o local de trabalho limpo e organizado, permite identificar com mais facilidade os desperdícios. Passa a ser, então, uma base para a aplicação de qualquer outra ferramenta *Lean* (Sarkar, 2006).

O 5S permite identificar desperdícios, aumentar a produtividade dos colaboradores e garantir que os locais de trabalho estão organizados (Willis, 2013).

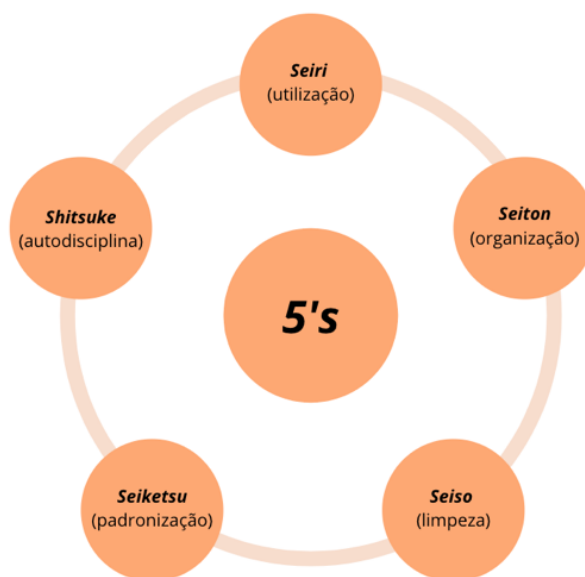


Figura 4: Metodologia 5S

Esta ferramenta segue os seguintes cinco passos (Bharambe et al., 2020):

- Seiri (senso de utilização): efetuar uma triagem de materiais e ferramentas presentes no local de trabalho, através da identificação dos itens úteis e da eliminação dos que são desnecessários para o processo. Deste modo, garante-se que apenas está presente o que é necessário para as operações contínuas imediatas, diminuindo a quantidade de obstáculos.
- Seiton (senso de organização): garantir que cada item está no lugar certo, de forma a maximizar a sua função no local de trabalho. Assim, *seiton* permite tornar o fluxo de trabalho mais simples. Para isto são utilizadas, normalmente, etiquetas, fitas, marcas de pavimentos e sinais.
- Seiso (senso de limpeza): manter todo o local de trabalho limpo, com os componentes nos respetivos lugares. A limpeza ajuda a tornar o espaço de trabalho agradável e melhora visibilidade, resultando num aumento de eficiência dos processos e na prevenção de defeitos.
- Seiketsu (senso de padronização): padronizar as práticas de trabalho para gerir, organizar e limpar o local de trabalho, através da criação de procedimentos e rotinas.
- Shitsuke (senso de autodisciplina): garantir que todos os passos anteriores se tornam num hábito por parte de todos os colaboradores. Esta etapa sustenta a disciplina e mantém o processo 5S em funcionamento.

2.4.3 *Standard work*

A ferramenta *standard work* ou trabalho normalizado surgiu em 1950 tendo sido desenvolvida por Ohno (Art of Lean, 2006; Ohno, 1988).

Segundo Mor et al. (2019), *standard work* define-se como um conjunto de procedimentos de trabalho, onde se estabelecem os melhores e mais fiáveis métodos e sequências para cada processo e colaborador, representando a forma mais segura e eficaz de desenvolver uma tarefa. Deste modo, esta ferramenta implica que exista apenas uma única forma de realizar as operações, sem margem para improvisos. Para uma aplicação de sucesso, é essencial que todas as etapas estejam documentadas com clareza e detalhe, bem como os pontos chave da qualidade, segurança e desempenho (Feng & Ballard, 2008).

Apesar disto, esta ferramenta não é uma norma estática e adequa-se continuamente aos processos, de forma a atingir o nível ótimo de trabalho e responder às exigências dos clientes (Pinto, 2009). De acordo com Imai (1986), o *standard work* é um componente essencial de uma abordagem *Lean*, uma vez que a documentação das melhores práticas formam a base da melhoria contínua. Ou seja, quando um processo é uniformizado e torna-se padrão serve de base para melhorias futuras.

Para Monden (1994) e Ohno (1988), o procedimento *standard work* compreende três elementos:

- Tempo de ciclo: quantidade de tempo despendida, de início ao fim, na produção de uma unidade num determinado posto de trabalho;
- Sequência de trabalho: ordem pela qual os operadores executam as diversas tarefas;
- Inventário *standard*: quantidade mínima de *stock* que deve ser mantida, para garantir o bom funcionamento do fluxo produtivo e não afetar a produção.

De facto, a inexistência de aleatoriedade permite reduzir variações do tempo de ciclo, uma vez que a sequência de operações está definida com base no *takt time* (ritmo a que uma tarefa deve ser realizada por forma a satisfazer a procura pelo mesmo) (Monden, 1994; Ohno, 1988). Para além disso, Emiliani (2008) e Suzaki (2013) referem, ainda, outras vantagens desta ferramenta, nomeadamente a diminuição de retrabalho e defeitos nos produtos, a clarificação dos processos, permitindo aumentar o controlo dos mesmos e, ainda, a disponibilização de uma base para medição, para formação e para treino. Porém, como desvantagem, destaca-se a dificuldade de manter a sequência de trabalho e garantir a aceitação por parte de todos os colaboradores, uma vez que é necessário investir na formação dos mesmos (Suzaki, 2013).

Esta ferramenta é um dos elementos-chave da metodologia SMED, já que a padronização facilita as trocas rápidas (Art of Lean, 2006).

2.4.4 SMED

O SMED (*Single Minute Exchange of Die*) é uma ferramenta *Lean* utilizada para reduzir os tempos de *setup* (troca de referência) (Shingo & Dillon, 1985).

Segundo McIntosh et al., (2000) e Ferradás & Salonitis (2013) o tempo de *setup*, designado, também, por tempo de mudança de referência ou *changeover time*, pode ser definido como o período entre a produção da última unidade conforme do lote anterior que sai da máquina até à produção da primeira unidade conforme do lote seguinte, proveniente dessa mesma máquina. Outros autores defendem, ainda, que *setup* é o processo de mudança de referência em produção, numa máquina ou numa série de máquinas, causado pela troca de peças, ferramentas, limpezas, moldes e apertos (Dave & Sohani, 2012; Schroeder et al., 2008). Deste modo, quanto mais elevado for o tempo de *setup*, maiores terão de ser os lotes de produção, por forma a não se desperdiçar muito tempo em mudanças de *setup*. Como resultado surge o excesso de *stock*, acarretando vários custos, nomeadamente mão-de-obra, espaço em armazém e, ainda, defeitos causados pela dificuldade em controlar o produto final. Por esta razão, o *setup* corresponde a uma atividade que não acrescenta qualquer valor ao processo produtivo, sendo um desperdício (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002).

Após a definição clara do que era o tempo de *setup*, Shingo & Dillon (1989) dividiram este tempo em quatro componentes:

- Preparação dos materiais e ferramentas (30% do tempo total de *setup*);
- Colocação e remoção de materiais e ferramentas (5% do tempo total de *setup*);
- Medições e ajustes (15% do tempo total de *setup*);
- Ajustes finais (50% do tempo total de *setup*).

Desta forma, surge o termo *Single Minute Exchange of Die* (SMED) ou troca rápida de ferramentas, desenvolvido por Shingo Shingo, um engenheiro japonês, cujo intuito é diminuir os elevados tempos de *setup*. Esta metodologia tem como o objetivo realizar as operações de transição em menos de dez minutos e é aplicável a qualquer indústria e equipamento (Cakmakci, 2009). Importa referir que, apesar de nem sempre ser possível diminuir o tempo de *avaloes* de um só dígito, pode-

se sempre aplicar esta metodologia, uma vez que trará sempre melhorias ao processo (Kochańska & Burduk, 2019).

Para Shingo & Dillon (1985), o SMED melhora o processo de troca de ferramentas e proporciona uma redução do tempo de *setup* até 90%, com baixos investimentos. Para além disso, os autores mencionam, ainda, diversos benefícios desta metodologia, nomeadamente:

- Redução do tempo de *setup*;
- Diminuição do tempo despendido com ajuste fino;
- Redução de erros no processo de trocas;
- Melhoria da qualidade;
- Aumento da segurança;
- Diminuição de *stock*;
- Maior flexibilidade de produção;
- Racionalização de ferramentas.

2.4.4.1 Origem da metodologia

A metodologia SMED foi desenvolvida em três etapas (Shingo & Dillon, 1985). Os primeiros passos surgiram em 1950, na fábrica Mazda da Toyo Kogyo em Hiroshima, onde Shingo foi convidado para elaborar um estudo, de forma a aumentar a produtividade da fábrica e diminuir gargalos em prensas de 350, 750 e 800 toneladas. Durante a observação da troca de molde numa prensa de 800 toneladas, constatou que esta ficou parada durante uma hora, porque o operador tinha ido procurar um parafuso que faltava.

Assim, Shingo verificou que existem dois tipos de atividade de *setup* (Çakmakçi et al., 2007; Shingo & Dillon, 1985):

- atividades internas: só podem ser efetuadas com a máquina parada;
- atividades externas: podem ser realizadas ainda com a máquina em funcionamento.

Com base nesta distinção, Shingo concluiu que a preparação dos parafusos poderia ser considerada uma atividade externa e poderia ser efetuada ainda com a máquina em funcionamento. Com esta identificação e distinguindo estas atividades, Shingo conseguiu aumentar a produtividade das prensas em cerca de 50%.

Posteriormente, em 1957, também em Hiroshima, Shingo foi convidado a fazer um estudo na Mitsubishi Heavy Industries, com o objetivo de aumentar a capacidade do processo de fabricação de bases de motores a diesel. Analisando o processo, Shingo percebeu que a centralização e dimensionamento do motor era realizado numa mesa de planeamento, o que diminuía a produtividade. Posto isto, o engenheiro sugeriu a aquisição de uma nova mesa para realizar a configuração dos motores separadamente. A aplicação desta medida contribuiu para um aumento de produção de 40% (Shingo & Dillon, 1985).

O terceiro momento, em 1969, surge na Toyota Motors Company, onde Shingo foi desafiado, uma vez mais, a diminuir o tempo de *setup* de uma prensa de 1000 toneladas, que demorava quatro horas a ser realizado. Após seis meses, Shingo conseguiu diminuir este tempo para noventa minutos, através da clara distinção entre atividades de *setup* externas e internas. Com o objetivo de reduzir ainda mais este tempo, Shingo transformou atividades de *setup* interno em atividades de *setup* externo, o que permitiu reduzir o tempo de paragem da prensa para apenas três minutos, em três meses (Shingo & Dillon, 1985).

Mais tarde, esta metodologia foi aplicada em todas as fábricas da Toyota e continua a evoluir, sendo considerada uma das ferramentas mais importantes do TPS. De entre todas as metodologias aplicadas na Toyota, apenas o SMED foi desenvolvido fora de suas instalações (Womack & Jones, 2003).

2.4.4.2 Fases do SMED

De acordo com Shingo & Dillon (1985), a metodologia SMED divide-se em quatro fases distintas (figura 5):

- **Fase preliminar:** fase inicial, onde não existe uma distinção entre *setup* interno e externo. Ou seja, nesta etapa existem passos que poderiam ser realizados externamente, com a máquina em funcionamento, no entanto são efetuados internamente, com a máquina parada, por longos períodos.

- **Fase 1:** separação do *setup* interno e externo. Esta é considerada a fase mais importante para o sucesso desta metodologia. Neste passo, é importante fazer uma análise contínua, através da observação do processo no chão de fábrica, filmagens e até questionários aos colaboradores.

- **Fase 2:** conversão do *setup* interno em externo. Devem ser encontrados meios para converter operações realizadas com a máquina parada em operações a realizar com a máquina em

funcionamento. A classificação das operações deve ser revista para garantir que não existem operações externas classificadas como internas.

- **Fase 3:** racionalização de todos os aspetos da operação de *setup*. Nesta última fase todas as atividades que fazem parte do *setup* devem ser melhoradas sistematicamente. Nesta fase deve ser analisado em detalhe cada elemento da operação de modo a encontrar soluções que permitam a redução de cada tarefa e inclusive a eliminação de algumas operações do *setup*. As fases 2 e 3 podem ser aplicadas em simultâneo.

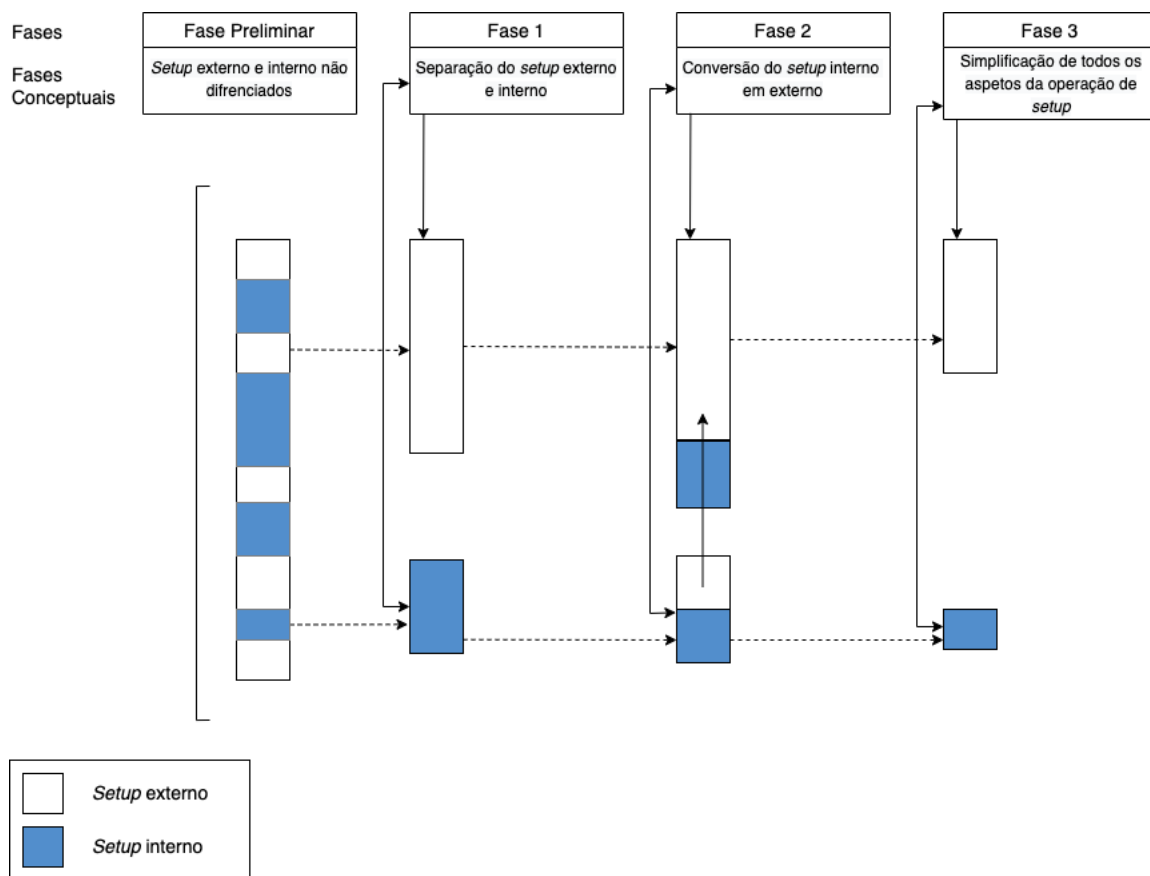


Figura 5: Fases conceituais da metodologia SMED (adaptado de Shingo & Dillon 1985)

2.4.4.3 Aplicações do SMED

A partir da análise de trabalhos publicados em revistas de carácter científico, foi possível constatar o vasto número de publicações sobre a aplicação do SMED em inúmeras indústrias, citada por vários autores.

Com base nesta pesquisa, foi possível encontrar diversas referências onde a mesma foi aplicada, nomeadamente na indústria têxtil, automóvel, de injeção e metalúrgica.

No caso da indústria têxtil, Bukhsh et al., (2021) estudaram a aplicação da metodologia SMED, em conjunto com a ferramenta 5S, para diminuir o tempo de *setup* geral da máquina de estampagem. Observou-se que a implementação do SMED, juntamente com a metodologia 5S, reduziu o tempo de *setup* de 142 minutos para 117 minutos, o que, por sua vez, aumentou a produtividade global da máquina.

Rosa et al., (2017), aplicou esta metodologia numa empresa do ramo da indústria automóvel, nas linhas de montagem. As soluções apresentadas permitiram obter uma redução semanal de cerca de 58,3 % do tempo de *setup*. Com isto, foi possível aumentar a disponibilidade da linha de montagem, bem como o aumento da capacidade produtiva.

A nível da indústria metalúrgica, Grzybowska & Gajdzik (2012) desenvolveram um caso de estudo para averiguar se seria viável implementar o SMED neste setor. Esta ferramenta apresentou resultados bastante positivos, tal como demonstrado no artigo, reduzindo o tempo de 67 minutos para 30 minutos.

Karasu & Salum (2018) elaboraram um estudo relativo ao tempo de *setup* de máquinas de injeção de plástico e moldes de aço/liga. Estes sugerem a versão de Taguchi, para a fase de testes, que passa por obter os parâmetros que permitem obter as primeiras injeções corretas num menor número de tentativas. Com isto, reduziram o número de ensaios para iniciar a produção e reduziram desperdícios com material. Nesta mesma indústria, Saravanan et al., (2018), reduziram o tempo de *setup* médio em 67,72%, aumentando a produtividade.

Assim, e após o estudo teórico dos diversos tópicos fulcrais para a realização deste relatório, nomeadamente o TPS, *Lean* e as suas diversas técnicas e ferramentas, é possível passar, então, para o estudo do caso prático, apresentado no próximo capítulo.

3. Caso de estudo

Neste capítulo será feito um breve enquadramento da empresa onde este projeto se desenvolveu, dos produtos fabricados nesta e, ainda, das etapas do processo produtivo da mesma. Nesta última fase, será dado destaque à tarefa de coloração e a todas as tarefas associadas a esta, por serem a base do projeto em questão. Adicionalmente, será apresentado todo o trabalho desenvolvido, tendo por base a metodologia PDCA.

3.1 Caracterização – ATEPELI, Ateliers de Portugal

A empresa ATEPELI - Ateliers de Portugal está presente em três cidades portuguesas: Ponte de Lima, Penafiel e Santa Maria da Feira.

Os *ateliers* de Ponte de Lima e Penafiel dedicam-se à produção de componentes de malas que se enquadram no setor da marroquinaria, ao passo que o *atelier* de Santa Maria da Feira foca-se na produção de calçado. A empresa encontra-se em crescimento, pelo que, para além destes três *ateliers*, já conta, atualmente, com duas empresas subcontratadas.

Esta organização iniciou a sua atividade em 2011, na freguesia de Calvelo, em Ponte Lima. Posteriormente, em 2018, abriu um segundo *atelier* em Caíde de Rei, tendo sido transferido para Penafiel, em 2020, num edifício construído de raiz. Ainda, em 2020, surge, também, o *atelier* de Santa Maria da Feira, alargando a área de negócio.

A ATEPELI pertence a um dos maiores grupos internacionais de artigos de luxo, fundado em 1987 e com presença em mais de 60 países, através de mais de 75 marcas de setores de moda, bebidas, perfumaria, relógios, entre outros.

O projeto de dissertação foi realizado no *atelier* de Penafiel, que está, atualmente, focado apenas na produção de marroquinaria (figura 6)



Figura 6: Instalações da ATEPELI

3.2 Produtos fabricados

Os componentes produzidos no *atelier* de Penafiel, tal como mencionado, incluem-se no setor da marroquinaria e são essencialmente componentes de malas, nomeadamente alças e pegas de bolsas. Desta forma, as diversas peças de marroquinaria distinguem-se pelo material, cor e formato, consoante o tipo de produto final a que se destinam, sendo, neste caso, o modelo da mala.

Assim, dentro do grupo da marroquinaria, a ATEPELI dedica-se à produção de dois tipos de produtos denominados por componentes planos e o *toron*.

Os componentes planos englobam um conjunto vasto de produtos, como por exemplo, os *bandoulières* (alças de ombro), *tiretes* (puxadores de fechos) ou *porte-adresses* (identificadores de morada), enquanto a produção de *toron* baseia-se apenas nos *poignées* (pegas de malas).

Na figura 7 apresentam-se alguns exemplos dos principais produtos fabricados pela ATEPELI.



Figura 7: Exemplo de componentes produzidos

3.3 Processo produtivo e *layout*

O fluxo de material em produção é altamente variável, pela vasta quantidade de produtos existentes, bem como pelas adaptações que existem em cada linha para os produzir. Contudo, é possível definir um percurso geral seguido pelos diversos produtos, nas várias linhas.

O processo produtivo inicia-se no armazém, onde as matérias-primas são rececionadas, contabilizadas e depositadas, vindas dos fornecedores. Neste posto são rececionados diversos materiais, tais como pele, material sintético, cartonagem, filtros, peças metálicas, fechos, *pré-coupes*, colas, tintas, fios, entre outros.

Nesta fase, é importante distinguir os *pré-coupes* dos *kits*. Tendo em consideração que esta empresa está inserida num grupo e produz única e exclusivamente para o mesmo, em determinados produtos o cliente final é também o fornecedor. Ou seja, no caso dos *pré-coupes*, o cliente envia a pele no formato desejado, com as respetivas peças metálicas, sendo apenas responsabilidade da ATEPELI os consumíveis, tais como a tinta, cola, filtros, entre outros. Já no caso dos *kits*, a empresa é responsável por todo o processo de encomenda de peles e peças metálicas

aos fornecedores, sendo este processo independente do cliente. Neste último caso, é necessário deslocar as peles para a zona de corte. Importa destacar que, apesar dos *kits* não serem enviados pelo cliente, a empresa tem previamente uma encomenda por parte do mesmo, antes de encomendar os materiais.

Ainda na zona do armazém, verifica-se toda a pele e, se for identificado algum defeito, é devolvida ao fornecedor.

Posteriormente, e no caso dos *kits*, a pele segue para a zona de corte, para adquirir o formato da peça. Na zona de corte a pele é verificada e é feita uma análise detalhada declarando quais as peças “OK” ou “KO”.

Todos os componentes considerados OK, tanto pela zona de corte, como pelo armazém, devem passar por uma das quatro linhas de preparação (P1, P2, P3 e P4). Cada uma destas linhas está preparada para produzir um *mix* de produtos. Este *mix* associado a cada linha de preparação depende não só do *know how* dos respetivos artesãos, como também do equipamento disponível em cada linha. Nestas linhas são realizados processos como: igualizar, filatear e colar. Esta etapa tem por objetivo preparar os componentes para uma das sete linhas de montagem (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7).

Nas linhas de montagem são realizadas essencialmente tarefas de costura, acabamento, coloração e cravação. Tal como acontece nas linhas de preparação, as linhas de montagem estão preparadas, também, para receber um determinado *mix* de produtos, pelas mesmas razões.

Importa destacar que os produtos seguem um sistema *job-shop*, passando tanto pelas linhas de preparação, como nas de montagem, em pequenos lotes e seguem percurso distintos consoante as especificações a que estão sujeitos.

No fim do processo, os produtos passam no “muro da qualidade”, onde se retira aleatoriamente uma das peças do lote e, se essa cumprir os requisitos necessários de qualidade, o lote é embalado. Os produtos que não garantam a qualidade e que podem ser recuperáveis, são devolvidos às linhas, para efetuarem as reparações. Nos casos onde não é possível restaurar, e se forem *pré-coupes*, estes são devolvidos como KO ao cliente. Nos casos dos *kits*, estas são destruídas por responsabilidade da empresa.

Depois de embalados, os produtos retornam ao armazém, para uma área distinta e inicia-se o processo de transporte para o cliente.

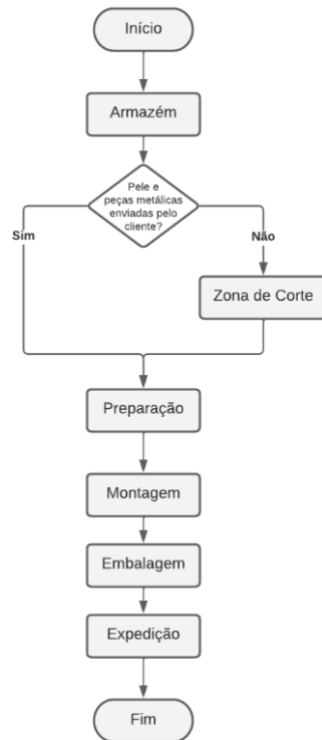


Figura 8: Fluxograma representativo do processo produtivo



Figura 9: Layout da empresa

O fluxograma apresentado na figura 8 representa o fluxo de material, desde a saída do armazém até que regressa ao mesmo. Na figura 9 está exposto o *layout* da empresa, representando todas as áreas fulcrais do processo produtivo.

Ao analisar o *layout*, observa-se que a linha P2 ocupa uma área útil significativamente maior do que as restantes três linhas de preparação. Isto acontece porque o *atelier* encontra-se numa fase de transição e as linhas P2 e M2 ainda não foram alteradas. Ou seja, na linha P2, para além de tudo o que é executado em todas as preparações, efetua-se, ainda, a coloração dos produtos. No caso da linha de montagem M2, que é atualmente abastecida pela linha P2, são realizadas apenas tarefas de costura e acabamentos na coloração. No entanto, o objetivo da empresa passa por transformar estas duas linhas e passar a coloração, na sua totalidade, para as linhas de montagem.

Para além desta alteração, este *layout* está em constante alteração, uma vez que o *atelier* se encontra em crescimento, pelo que é necessário estar constantemente em adaptações e criar novas linhas, para dar resposta aos pedidos dos clientes.

Importa destacar que este processo é feito por dois turnos de trabalho: turno da manhã e o turno da tarde e todos os colaboradores têm uma pausa de trabalho de, sensivelmente, 30 minutos.

3.3.1 Descrição do posto de coloração

Tal como já mencionado, será dado destaque ao posto de coloração e a todas as tarefas associadas ao mesmo, por serem a base da elaboração deste projeto.

O processo de coloração de produtos é um dos passos fulcrais do processo produtivo. Esta etapa é realizada nas linhas de montagem e engloba três grandes fases: aplicação de *sous-couche* (base primária), aplicação de tinta e secagem das peças.

A aplicação destes materiais é feita com os mesmos equipamentos e a diferença entre estes reside na quantidade de caudal de tinta/base primária que fornecem ou, ainda, pelo formato que apresentam. Assim, destacam-se os cinco equipamentos de coloração:

- Stiff: utilizado para componentes planos e para produtos mais longos (figura 10).

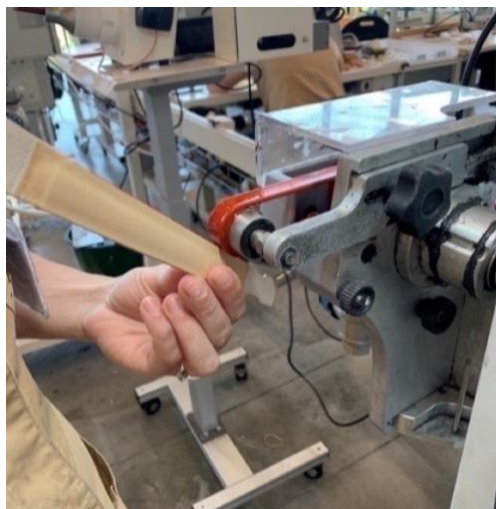


Figura 10: Stiff

- MAC2: utilizado para componentes planos e produtos mais curtos (figura 11).



Figura 11: MAC2

- Monet: utilizado para componentes planos, em produtos mais pequenos, mais finos ou com formatos irregulares (figura 12).



Figura 12: Monet

- Galli Polycolor: utilizado, geralmente, para peças *toron* (figura 13).



Figura 13: Galli Polycolor

- Pistolas de coloração: utilizado para efetuar coloração em lote de produtos, de componentes planos. Estas estão colocadas nos bancos de coloração, onde os produtos são dispostos em lote e efetua-se a coloração de várias peças em simultâneo (figura 14), através da passagem de tinta/base primária, com auxílio de pistolas de coloração (figura 15) que permitem a saída da tinta/base primária por pressão.



Figura 15: Banco de coloração



Figura 14: Pistolas de coloração

Nem todas as linhas contêm o mesmo número e tipo de equipamentos de coloração, uma vez que, tal como referido, estes fatores variam consoante o *mix* de produtos que cada linha recebe. Assim, a tabela seguinte resume que equipamentos de coloração presentes em cada linha, de entre os 75 que existem na empresa (tabela 1).

Tabela 1: Número de equipamentos de coloração por linha

| Linha/Equipamentos | Stiff | Monet | Pistolas de coloração | MAC2 | Galli Polycolor |
|--------------------|-------|-------|-----------------------|------|-----------------|
| P2 | 6 | 1 | 5 | | |
| M2 | 1 | 1 | | 2 | 1 |
| M1 | 3 | 1 | 5 | 1 | |
| M7 | 3 | 1 | 5 | 1 | |
| M4 | 3 | | 5 | 1 | |
| M5 | | 1 | | 1 | 5 |
| M3 | 4 | | 5 | 1 | 2 |
| M6 | 5 | | 5 | | |

3.4 Aplicação da metodologia PDCA

Tal como mencionado, o presente trabalho foi desenvolvido no departamento de métodos e melhoria contínua, na empresa ATEPELI- Ateliers de Portugal, Lda.

O principal objetivo deste projeto passa pela redução do tempo despendido com a limpeza dos equipamentos de coloração, que gera, conseqüentemente, o aumento da produtividade dos postos de coloração e a redução de custos. De modo a enquadrar o âmbito deste trabalho, a limpeza dos equipamentos, tal como já referido, faz parte do processo de coloração, presente em todas as linhas de montagem e na linha P2.

Tendo em conta que existem 75 equipamentos de coloração no *atelier*, o volume de produção é impactado negativamente, uma vez que, assim que o processo de limpeza é iniciado, a máquina é desligada e procede-se à limpeza do mesmo, ficando a produção parada.

Perante este cenário, e após um estudo aprofundado dos vários conceitos teóricos e do conhecimento do processo produtivo da empresa, optou-se pela aplicação da metodologia *plan-do-check-act*, de forma a cumprir com o objetivo delineado. Esta metodologia é uma abordagem iterativa de melhoria contínua, que incentiva à aprendizagem contínua e na criação de conhecimento (Jones et al., 2010).

Importa ainda destacar a importância deste trabalho, já que a tarefa de coloração é o posto gargalo de todas as linhas de montagem de componentes planos. Este pressuposto foi definido previamente pela empresa, uma vez que, nos componentes planos, é aquela que possui menor capacidade de produção ao longo de todo o fluxo produtivo.

3.4.1 Diagnóstico do estado inicial

O primeiro passo para se proceder à realização deste projeto, passou pela observação e descrição do processo de limpeza de equipamentos de coloração. Com isto, foi possível conhecer todo o processo e todas as tarefas que o envolvem, para efetuar a análise quantitativa da situação inicial e compreender qual o estado do projeto aquando do seu começo.

3.4.1.1 Limpeza dos equipamentos de coloração

Os equipamentos utilizados na tarefa de coloração contêm uma parte amovível que está constantemente em contacto com a tinta ou base primária. A figura 16 ilustra o exemplo de uma parte amovível de uma stiff.

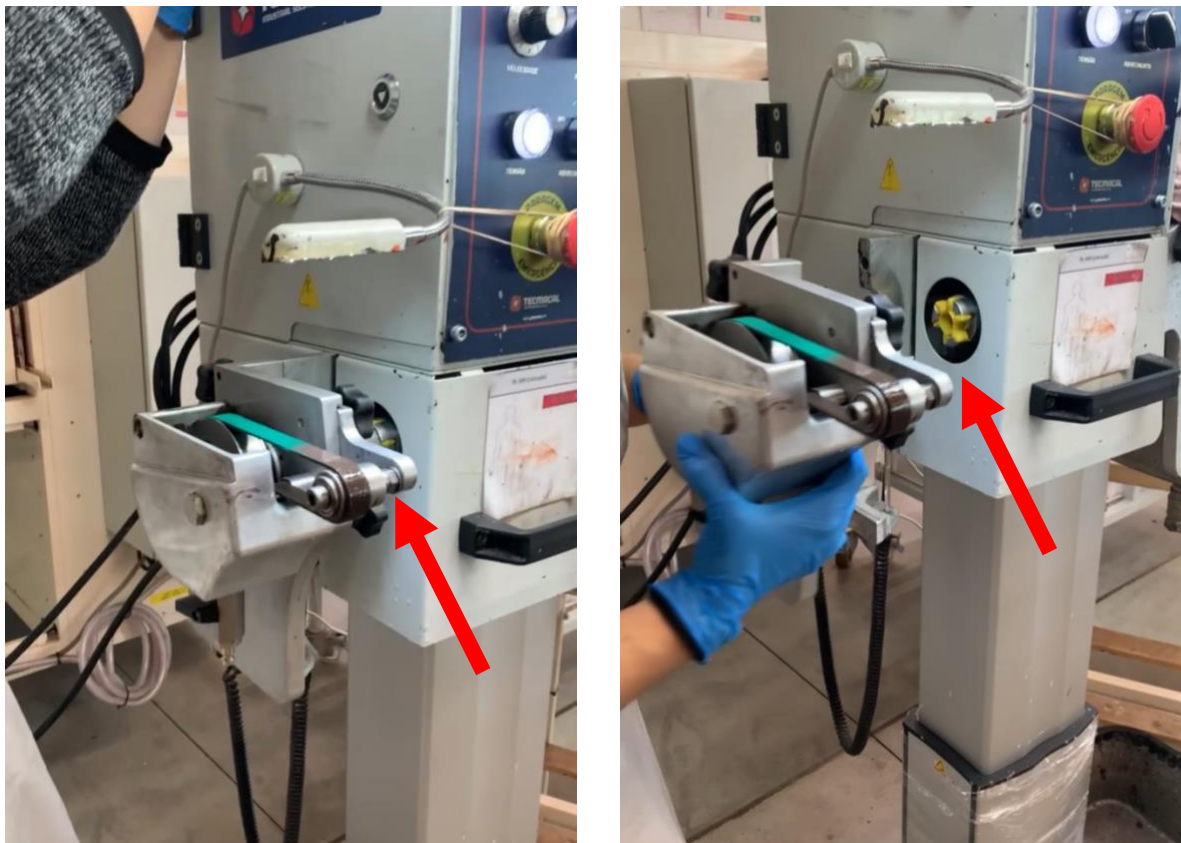


Figura 16: Exemplo de uma parte amovível de uma stiff, antes e depois da sua remoção

Tendo em conta que estas partes estão em contacto com a tinta/base primária, necessitam de ser lavadas com bastante frequência e em situações específicas, nomeadamente:

- Mudança de base primária para tinta ou vice-versa: em vários produtos é necessário aplicar uma base primária antes da tinta. Tendo em consideração, como já referido, que os equipamentos utilizados neste processo são os mesmos, é necessário lavar esta parte antes de efetuar a alteração.
- Alteração da cor da tinta a aplicar nos produtos: quando há uma alteração na ordem de fabrico nas linhas de produção, pode ser necessário alterar a cor da tinta a ser aplicada, uma vez que poderão surgir produtos diferentes. Por esta razão, os colaboradores devem efetuar a limpeza cuidada dos equipamentos.
- Troca do turno de trabalho: no final de cada turno de trabalho é regra do *atelier* limpar os equipamentos utilizados, para o turno seguinte. Neste caso, somente as pistolas de coloração não cumprem esta regra, já que estas são limpas apenas no final do turno de trabalho da tarde.
- Espessamento da tinta ou da base primária: em determinadas condições atmosféricas, nomeadamente com o calor, estes materiais começam a alterar as suas propriedades, dificultando a sua aplicação nos produtos. Neste caso, é necessário efetuar a limpeza e recolocar tinta ou base primária.

Em qualquer uma destas condições mencionadas, os artesãos necessitam de parar a produção para iniciarem este processo de limpeza, efetuado nas estações de lavagem.

Estações de lavagem

As estações de lavagem são, então, zonas do *atelier* que contêm todos os meios necessários para se efetuar a limpeza dos equipamentos de coloração. No *atelier*, existem quatro estações de lavagem: três totalmente manuais e uma estação manual com uma máquina automática. Estas zonas de lavagem estão dispersas pelo *atelier* (figura 17), pelo que cada linha produtiva tem uma estação a que deve deslocar-se, dada a proximidade à mesma. Apesar disto, e principalmente nos casos em que as zonas estão praticamente equidistantes, os artesãos devem decidir com base na disponibilidade de cada estação, optando pela que estiver desocupada.

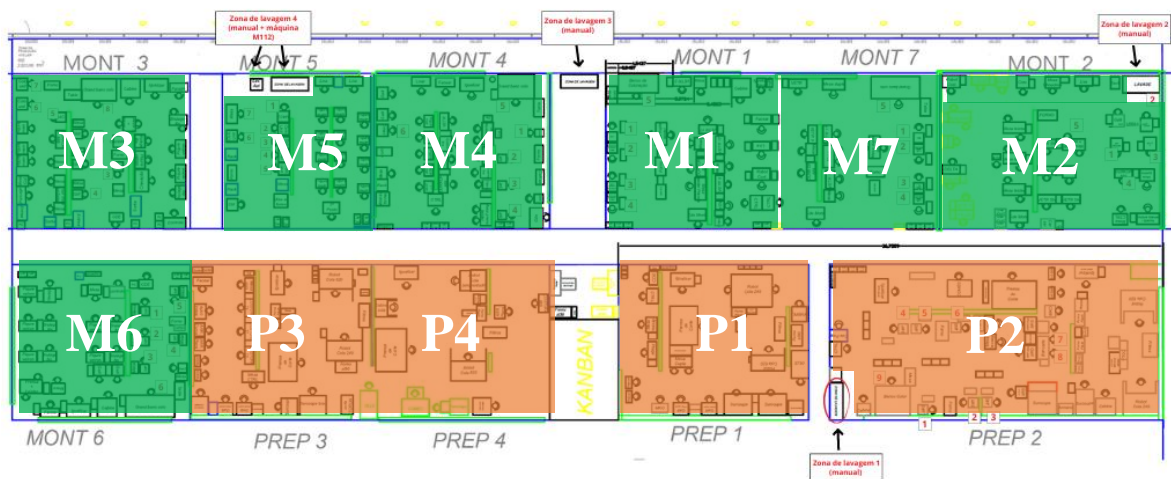


Figura 17: Identificação das estações de lavagem

As zonas de lavagem são, assim, as seguintes:

- Zona de lavagem 1: localizada na P2 (manual);
- Zona de lavagem 2: localizada na M2 (manual);
- Zona de lavagem 3: localizada entre a M1 e a M4 (manual);
- Zona de lavagem 4: localizada na linha de M5 (manual com máquina automática).

As estações manuais são compostas por tanques de lavagem (figura 18), que contêm duas torneiras com pincéis incorporados (figura 19), de onde sai um produto de limpeza (xileno sulfonato de sódio), que é reutilizado para todas as lavagens. Estes tanques são alugados e, portanto, a empresa externa garante a manutenção, trocando este líquido semanalmente, por um custo de 1 539,64 €/mês, pelos quatro equipamentos.



Figura 18: Tanque manual de lavagem

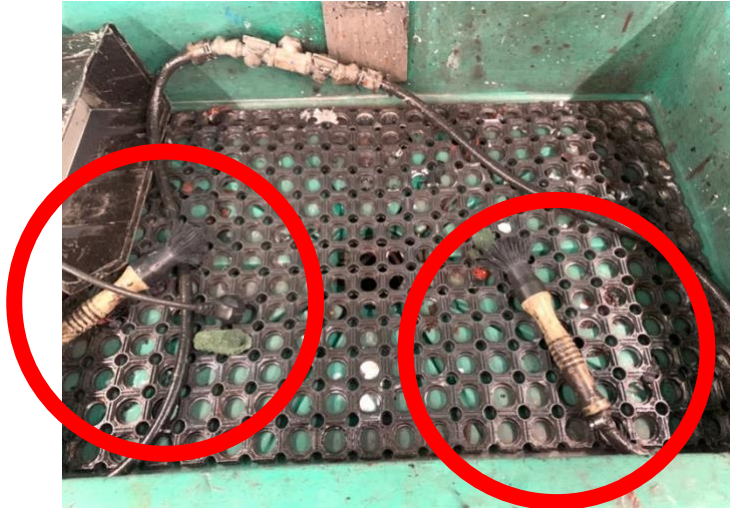


Figura 19: Pincéis de limpeza dos tanques manuais

A máquina automática (figura 20), denominada por M112, tal como a manual, é também alugada a uma outra empresa externa e reutiliza, da mesma forma, o líquido no seu interior, com uma manutenção a cada duas semanas, por um custo de 678,00 €/mês. Esta máquina contém um cesto, onde as peças são colocadas e efetua-se a limpeza automaticamente, através de injetores.

Importa destacar que nem todos os equipamentos podem ser lavados nesta máquina, pelas características de cada um, nomeadamente pela existência de tubos e circuitos. Desta forma, salientam-se os três tipos de equipamento que podem ser limpos com recurso a esta máquina: stiff, MAC2 e galli polycolor. Antes de colocar um equipamento na máquina M112, é necessário fazer uma pré-lavagem do mesmo no tanque manual para retirar o excesso de resíduos.



Figura 20: Máquina automática M112

Tendo em conta os valores mensais de aluguer destes equipamentos, é possível concluir que as quatro estações de lavagem têm um custo mensal de 2 217,64 €.

Descrição do processo

O processo de limpeza dos equipamentos de coloração é realizado pelo colaborador que está no posto de coloração, no momento em que surge a necessidade de limpar. Desta forma, para além das etapas deste posto, os colaboradores têm esta tarefa acrescida, que apesar de não acrescentar valor ao processo, é fulcral para o funcionamento do processo produtivo.

Tal como mencionado, foram estudados os cinco tipos de equipamentos de coloração. O processo de limpeza destes não segue pormenorizadamente os mesmos procedimentos, pela variedade de equipamentos existentes e pelas especificações de cada um. Todavia, e de forma a permitir a aplicação das diversas ferramentas *Lean*, optou-se por sintetizar-se os vários passos em macro tarefas semelhantes.

O processo de limpeza de equipamentos de coloração inicia-se com a colocação dos equipamentos de proteção individual (EPI), antes de qualquer outra tarefa. O conjunto de EPIs contém um par de luvas, uma bata descartável e uns óculos de proteção. Estes encontram-se colocados nas estações de lavagem, pelo que o artesão que está a efetuar a limpeza deve deslocar-se até às mesmas, recolher os EPIs, regressar ao posto de trabalho, colocá-los e dar seguimento ao processo.

Por conseguinte, inicia-se o desencaixe da parte amovível dos equipamentos que está em contacto com a tinta/base primária, através da remoção dos parafusos. O tempo para efetuar esta tarefa pode ser variável, dependendo do equipamento em questão. Após o desencaixe dessa parte, o operador dirige-se, com esta, a uma das estações de lavagem.

Assim que chegam à estação de lavagem, inicia-se o processo detalhado de lavagem. Neste passo, a duração de lavagem é, uma vez mais, bastante variável, tendo em consideração que os equipamentos apresentam diferentes tamanhos e características.

Posto isto, se o operador estiver numa das três zonas manuais, deve colocar o equipamento no tanque de lavagem, subdividi-lo em subcomponentes e efetuar a limpeza com o auxílio do pincel de limpeza, até não restarem vestígios de base primária ou tinta.

No caso da zona de lavagem 4, que contém a máquina automática, se for um dos três equipamentos que podem ser limpos na mesma, deve efetuar-se a pré-lavagem para retirar o excesso de tinta/base no tanque manual e de seguida colocar na máquina de lavar, durante um período aproximado de dez minutos. Enquanto a máquina está a efetuar a lavagem, os artesãos podem regressar à linha e efetuar outras tarefas, nomeadamente a colocação dos produtos no forno para secarem, ou até tarefas de outros postos.

Posteriormente, e em qualquer um dos cenários, deve secar-se o componente com um pano seco e limpo e regressar ao posto de trabalho. Nesta fase, deve recolocar-se a parte amovível no equipamento e o processo de lavagem está concluído.

Importa destacar que qualquer um dos componentes requer uma lavagem cuidada, de forma a garantir que algumas partículas não vão prejudicar posteriormente os produtos que passam por esses equipamentos.

De forma a facilitar a compreensão do processo, foi elaborada a seguinte tabela síntese (tabela 2):

Tabela 2: Procedimento relativo à limpeza da parte amovível

| Etapa | Procedimento: |
|--------------|--|
| 1 | Deslocar-se até à estação de lavagem |
| 2 | Colocar os EPIs |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho |
| 4 | Desencaixar a parte amovível |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente |
| 7 | Efetuar lavagem do componente no tanque manual |
| 8 | Secar com um pano |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho |
| 10 | Encaixar a parte amovível |
| 11 | Retirar EPIs |

Para além do que foi mencionado, um dos equipamentos de coloração obriga a passos adicionais neste processo. No caso das stiffes, para além da limpeza da parte amovível já mencionada, este equipamento contém, ainda, uma banda de limpeza, ligada a um tanque de água (figura 21), utilizada para retirar excessos de tinta/base primária que se acumulam nas partes laterais dos produtos. Desta forma, é necessário, forçosamente, efetuar a troca da água destes tanques no fim do turno.



Figura 21: Tanques das Stiffs

O processo de lavagem de tanques de stiffes começa com o operador a verter a água contaminada do tanque para um balde. De seguida, este desloca-se até uma das zonas de abastecimento de água (figura 22), deposita a água contaminada e reabastece o balde com água limpa. Posteriormente, regressa ao posto de trabalho, enche o tanque com água limpa e completa, assim, o processo de lavagem de tanque das stiffes.



Figura 22: Pontos de recolha de água

Importa referir que o *atelier* não contém água limpa nas estações de lavagem, pelo que os artesãos têm de se deslocar a outros pontos assinalados na figura 23 para efetuar a recolha dessa água.

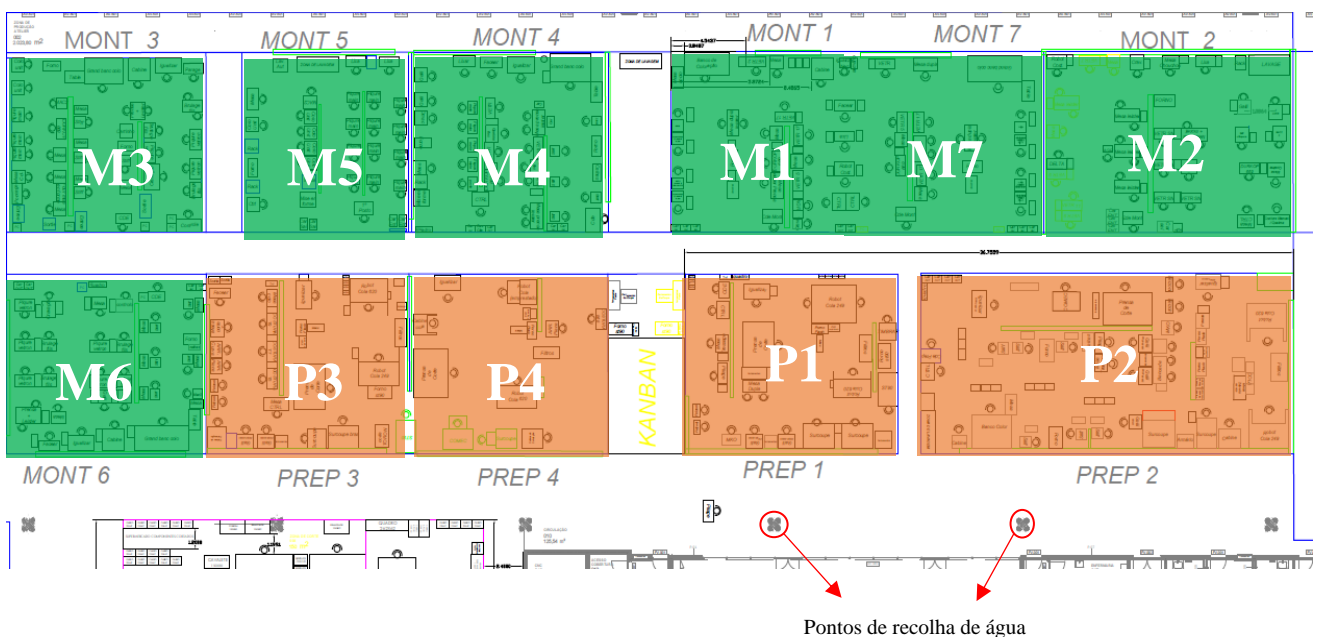


Figura 23: Representação pontos de recolha de água no layout

A tabela 3 resume o processo de limpeza dos tanques das stiff.

Tabela 3: Procedimento relativo à limpeza dos tanques das stiff

| Etapa | Procedimento: |
|--------------|---|
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde |
| 3 | Verter a água contaminada |
| 4 | Encher balde com água limpa |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa |

3.4.1.2 Recolha dos dados

Após a descrição detalhada do processo anterior, procedeu-se à recolha de dados. Esta recolha foi feita de quatro formas: questionários informais aos colaboradores, formulários, medição de tempos e, ainda, observação das deslocações feitas por cada colaborador.

Perante este cenário, começou-se pelos questionários informais de forma a entender a que estações de lavagem os operadores se deslocavam, por que razão os equipamentos eram lavados e quando é que necessitavam de limpeza. Com base nisto, e tal como já mencionado anteriormente, foi possível compreender as quatro razões fulcrais para efetuar este processo, sendo estas:

- Mudança de base primária para tinta ou vice-versa;
- Alteração da cor da tinta a aplicar nos produtos;
- Troca do turno de trabalho;
- Espessamento da tinta ou da base primária.

Algumas linhas de montagem, nomeadamente a M4, M1 e M2, para além das razões mencionadas, efetuam ainda a limpeza antes da pausa de trabalho, que se realiza, sensivelmente, a meio do turno.

Assim e com base nestes questionários, foi possível compreender que, apesar de todos os colaboradores terem as mesmas razões para efetuarem as lavagens, nem todos o fazem no mesmo momento. Por esta razão, observou-se que não existe um padrão nos horários de limpeza dos equipamentos, pelo que se considerou pertinente entender, dentro desta inconstância, quantas vezes por dia eram utilizadas as estações de lavagem e quais os equipamentos que requeriam limpeza. Para além disso, recolheu-se também o horário em que os colaboradores utilizavam as zonas de lavagem. Para efetuar este levantamento, colocou-se em cada zona de lavagem dois

formulários (anexo 1 e 2), durante três semanas. Na primeira folha cada artesão colocava o horário a que estava a lavar os equipamentos e por sua vez, no segundo, indicava a que linha de montagem pertencia e qual o equipamento que estava a lavar.

Com a recolha de dados vinda do primeiro formulário, foi possível compreender quais eram os horários mais comuns de lavagem e observar quais as variações na taxa de utilização de cada estação. Desta forma, foram recolhidos 3210 registos das diversas áreas de lavagem, durante 16 dias úteis (aproximadamente 3 semanas). A figura 24 ilustra os horários de maior afluência, bem como a média do número de utilização, naquele horário, de cada uma das zonas.

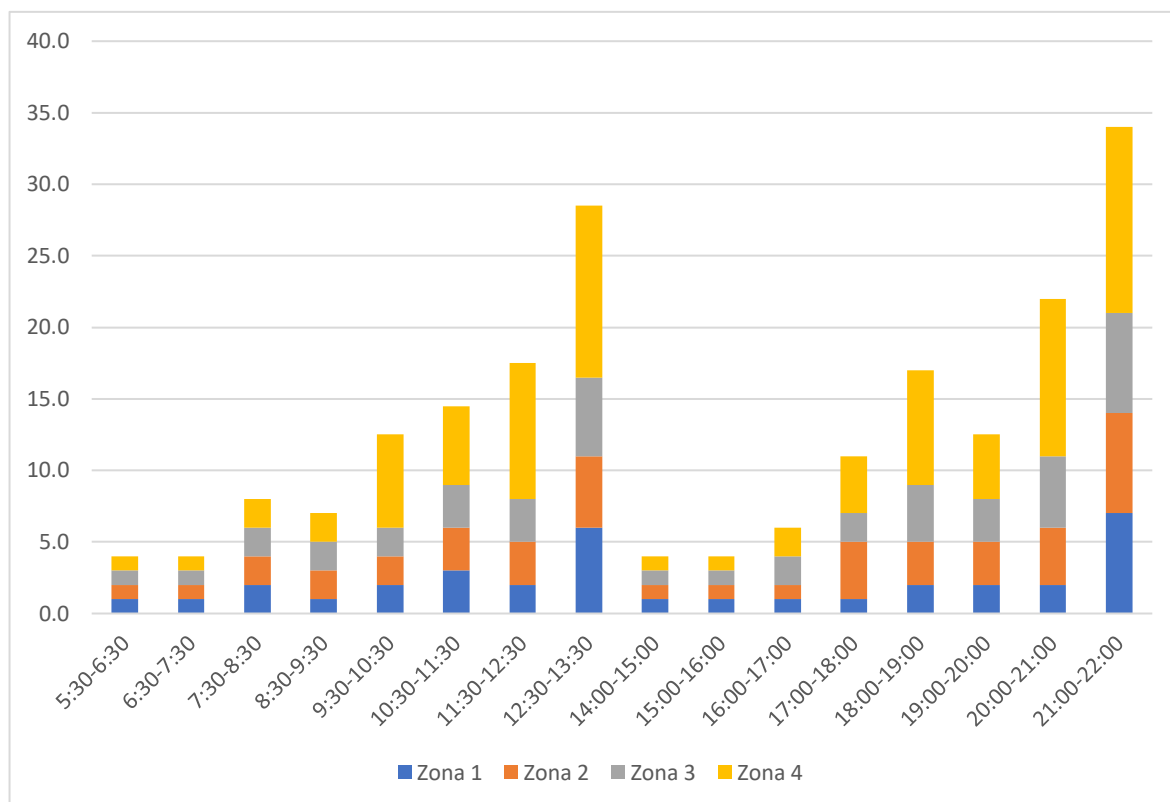


Figura 24: Média diária de utilizações de cada estação de lavagem, por hora

Com isto, é possível concluir que o fim de turno é o horário mais requisitado e que no começo deste existe pouca afluência a estas estações de lavagem. Os restantes horários são bastantes variados, não sendo possível observar um padrão. Com este gráfico observa-se, ainda, que a zona de lavagem 4 é a mais utilizada e que tem uma taxa de utilização significativamente superior às restantes, uma vez que esta é utilizada por três linhas de montagem, ao passo que as restantes são utilizadas, no máximo, por duas.

Através do segundo formulário, foi possível entender, ainda, quais são equipamentos, consoante a linha, que requerem maior número de lavagens. Com base nisto, pode-se ver a figura 25 que mostra o número médio de vezes que cada equipamento é limpo diariamente. Tal como formulário anterior, foram recolhidos 3210 registos, por um período de 16 dias.

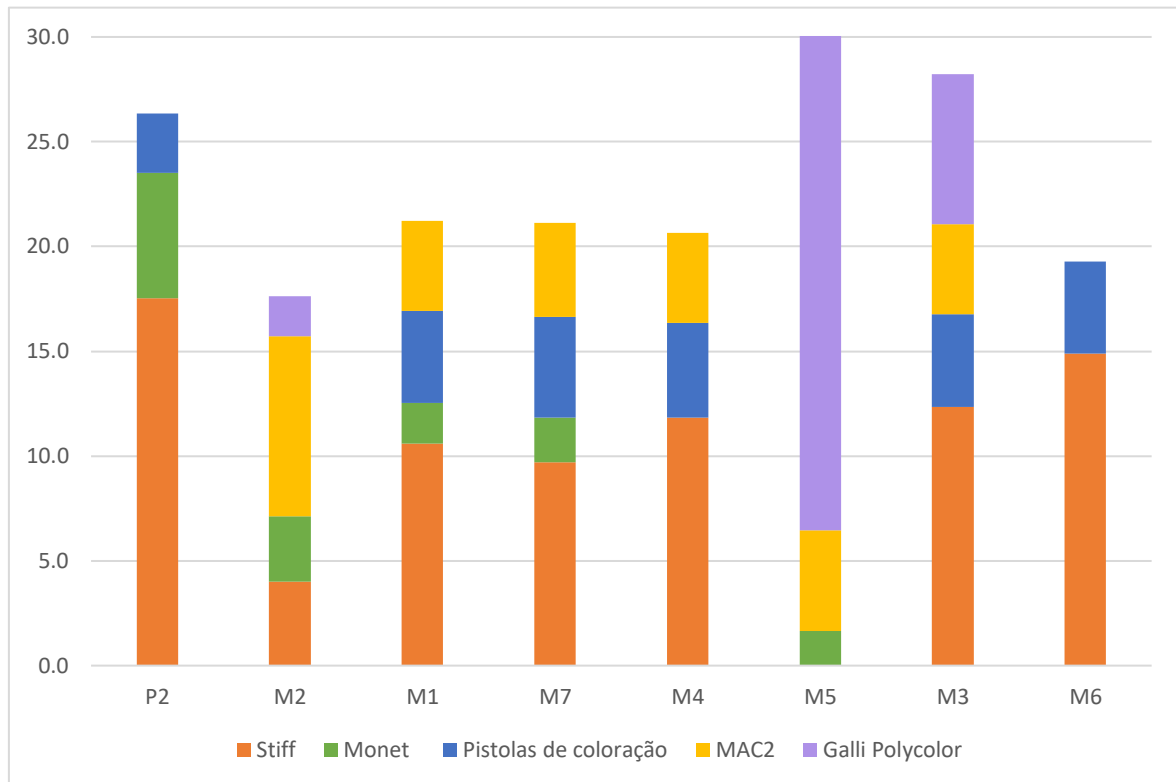


Figura 25: Número médio de limpezas feita aos equipamentos diariamente, por linha

No conjunto de todas as linhas, as stiffs são os equipamentos lavados mais vezes por dia, no entanto, observando as diversas linhas de forma independente, as gallis polycolor têm um elevado destaque, na linha M5. Apesar disto, não existe a garantia que estes serão os que ocupam a maior percentagem de tempo no processo de limpeza de equipamentos de coloração, já que esse fator depende de bastantes variáveis, como por exemplo, o tempo de desencaixe e encaixe da parte amovível, ou a duração da lavagem nos tanques de lavagem. Assim, e de forma a compreender quais os equipamentos que exigem mais tempo de paragem de produção, recorreu-se ao estudo dos tempos.

Tendo em consideração que nem sempre é possível observar o processo de limpeza desde o seu início até ao fim e que será aplicada a metodologia SMED, dividiu-se este processo em passos individuais e recolheu-se o tempo de cada passo.

Com base no processo já explicado anteriormente, a primeira tarefa do colaborador é a deslocação às estações de lavagem para recolher os EPIs para o posto de trabalho. Para entender quanto tempo era despendido nas deslocações, fez-se uma estimativa do mesmo tendo por base a distância percorrida até chegar às zonas de lavagem. Para isto, numerou-se cada um dos equipamentos de coloração e observaram-se os caminhos feitos pelos colaboradores quando surgia a necessidade de os lavar.

Nesta fase, foi construído um diagrama de *Spaghetti*, que permite identificar qual o percurso feito por um colaborador, tal como exemplificado na figura 26.

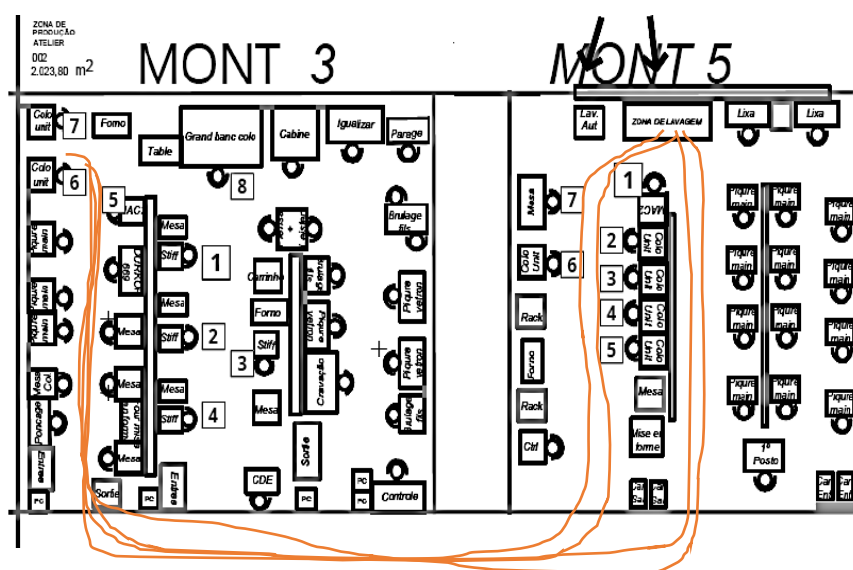


Figura 26: Diagrama de Spaghetti relativo à limpeza da galli polycolor, proveniente da linha M3

Este diagrama foi elaborado para cada um dos equipamentos de coloração, permitindo obter, de uma forma aproximada, o número de metros que eram percorridos cada vez que este processo era feito.

Apesar da tarefa de coloração e da limpeza dos equipamentos serem realizadas apenas por um operador, esta tarefa é executada, diariamente, por várias pessoas, já que a empresa tem 75 equipamentos de coloração e, além disso, trabalha em dois turnos. Por esta razão, o tempo gasto com deslocações é bastante variado, dependendo da velocidade de cada um. Deste modo, efetuou-se uma pesquisa sobre este tópico e, de acordo com Schimpl et al., (2011), a velocidade média de uma pessoa em caminhada é de, aproximadamente, 1,25 m/s (4,5 km/h). Posto isto, e através da fórmula da velocidade, estimou-se o tempo gasto com as deslocações.

A seguinte tabela ilustra o exemplo da linha M3, com a aplicação da fórmula da velocidade, que fornece o tempo das deslocações, em função do equipamento que estão a utilizar (tabela 4). Apesar de algumas linhas conterem mais do que um equipamento do mesmo tipo, estes são colocados lado a lado, pelo que se considerou o valor médio por equipamento, de forma a facilitar cálculos futuros.

Tabela 4: Duração das deslocações do posto de trabalho às estações de lavagem, da linha M3, em segundos

| Linha M3 | | | | | | |
|-----------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 4 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| Stiff | 1 | 14,8 | [m] | 11,9 | [s] | 13,6 |
| | 2 | 16,8 | [m] | 13,4 | [s] | |
| | 3 | 17,6 | [m] | 14,1 | [s] | |
| | 4 | 18,9 | [m] | 15,1 | [s] | |
| MAC2 | 5 | 15,9 | [m] | 12,7 | [s] | 12,7 |
| Galli Polycolor | 6 | 17,1 | [m] | 13,7 | [s] | 14,0 |
| | 7 | 18,0 | [m] | 14,4 | [s] | |
| Pistolas de coloração | 8 | 12,7 | [m] | 10,2 | [s] | 10,2 |

No anexo 3 estão apresentadas todas as restantes tabelas elaboradas para calcular as deslocações.

Na tabela 5 encontra-se um resumo dos dados recolhidos, apresentando uma estimativa do tempo médio, em segundos, despendido com cada deslocação feita por um operador, desde o posto de trabalho até à estação de lavagem, em função da linha e do equipamento.

Tabela 5: Tempo médio despendido em cada deslocação até às estações de lavagem, por linha, em segundos

| Linha/Equipamentos | Stiff | Monet | Pistolas de coloração | MAC2 | Galli Polycolor |
|--------------------|-------|-------|-----------------------|------|-----------------|
| P2 | 9,2 | 14,9 | 4,8 | | |
| M2 | 3,4 | 1,7 | | 2,3 | 1,6 |
| M1 | 15,9 | 20,1 | 19,3 | 18,6 | |
| M7 | 17,7 | 16,5 | 15,6 | 14,1 | |
| M4 | 22,5 | | 26,3 | 25,4 | |
| M5 | | 2,8 | | 0,8 | 3,8 |
| M3 | 13,6 | | 10,2 | 12,7 | 14,0 |
| M6 | 19,2 | | 23,3 | | |

Com os valores apresentados, e tendo em consideração o número de vezes que são feitas as diversas deslocações por dia, é possível concluir que se gastam, em todo o *atelier*, cerca de 2,7 horas, diariamente, com deslocações às estações de lavagem.

Para contabilizar os restantes passos do processo de limpeza, foram recolhidos tempos, por cronometragem, para quantificar as tarefas e operações. Para isto, foi necessário recolher uma amostra de tempos. A dimensão desta amostra depende de três fatores: variabilidade dos tempos cronometrados, precisão desejada e o nível de confiança pretendido. Assim, utilizou-se a seguinte fórmula, apresentada por Stevenson (2012), para definir o tamanho da amostra a retirar:

$$n = \left(\frac{z \times s}{a \times \bar{x}} \right)^2$$

n = Tamanho da amostra

z = Desvio padrão normal para o nível de confiança pretendido

s = Desvio padrão da amostra

a = Precisão pretendida (%)

\bar{x} = Média da amostra

Posteriormente, e para cada equipamento, recolheram-se tempos relativo ao desencaixe da parte amovível, ao processo de verter os restos de tinta/base primária num recipiente, à lavagem no tanque manual, à secagem e ao encaixe da parte amovível. Para além disso, cronometraram-se os tempos de colocação e remoção dos EPIs, que são tempos independentes dos equipamentos a lavar.

Para encontrar a média da amostra e o desvio padrão, recolheram-se, inicialmente, 10 observações e definiu-se uma precisão de 6% e um intervalo de confiança de 95% para todos os equipamentos. Um dos objetivos com a aplicação desta fórmula passa por definir um valor de precisão o mais pequeno quanto possível, no entanto dada a imprevisibilidade deste processo, considerou-se que 6% seria um valor adequado, uma vez que com valores menores de precisão o número de observações requeridas seria muito elevado e, desse modo, não seria possível recolher as amostras no período de tempo de vida útil do projeto. Para além disso, e mesmo com esta definição, em alguns casos, não foi possível atingir o número requerido de observações. Isto surge porque os tempos de lavagem apresentaram uma variabilidade elevada nas primeiras dez observações, o que

origina um desvio padrão elevado, resultando, conseqüentemente, num tamanho de observações elevado. Este caso foi relatado principalmente em processos que têm durações muito pequenas, nomeadamente no processo de encaixe e desencaixe da parte amovível. O anexo 4 apresenta os tempos recolhidos, com o número de observações mínimo, em função equipamento e da tarefa em questão.

De forma a sintetizar a recolha de tempos, elaborou-se a seguinte tabela (tabela 6), que apresenta o tempo médio, em segundos, de cada um dos passos, para cada tipo de equipamento.

Tabela 6: Síntese dos tempos médios associados ao processo de limpeza da parte amovível, em segundos

| Equipamento | Tempos | | | | | | | |
|-----------------------|----------------|------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|---------------|
| | Colocação EPIs | Desencaixe Parte Móvel | Verter restos de materiais | Lavagem no tanque | | Secar com um pano | Encaixe Equipamento | Retirar EPI's |
| | | | | Lavagem manual | Pré-lavagem (Máquina M112) | | | |
| Stiff | 22 | 39 | 17 | 282 | 123 | 31 | 27 | 17 |
| Monet | | 15 | 24 | 210 | --- | 23 | 15 | |
| Pistolas de coloração | | 12 | 13 | 398 | ---- | 12 | 9 | |
| MAC2 | | 76 | 15 | 147 | 92 | 28 | 36 | |
| Galli Polycolor | | 62 | 13 | 143 | 89 | 16 | 36 | |

Através da observação da tabela é possível concluir que, apesar de nem todos os equipamentos permitirem uma lavagem automática dadas as suas características, existe uma redução de tempo na pré-lavagem da máquina automática, comparativamente com as lavagens totalmente manuais.

De forma a entender quais os equipamentos que necessitam de mais tempo para efetuar a limpeza, somaram-se os passos da tabela anterior, representados na figura 27. Este gráfico ilustra a comparação do tempo de lavagem entre equipamentos.

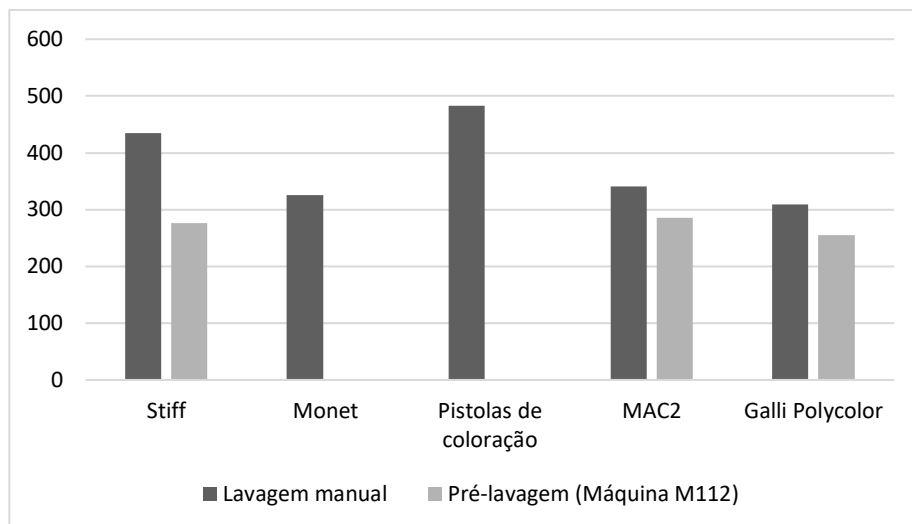


Figura 27: Duração média da lavagem, por equipamento, comparando o processo manual e com a utilização da máquina M112, em segundos

Importa destacar que, neste gráfico, não estão a ser contabilizadas as deslocações nem o número de vezes que os equipamentos são lavados, uma vez que o intuito é comparar o tempo de *setup* de cada um, independentemente da linha onde estão inseridos. Isto surge porque, existe repetição de postos de coloração nas diversas linhas e o mesmo equipamento em linhas diferentes, pode ter um *setup* diferente, causado pelas deslocações até às estações de lavagem.

Através da observação do gráfico é possível compreender que as pistolas de coloração se destacam como equipamentos que envolvem um tempo superior com este processo, seguindo-se das stiffes.

Posto isto, e após a recolha de todos estes dados, é possível, então, estimar quanto se gasta diariamente com a limpeza dos equipamentos. Deste modo, a tabela 7 exemplifica os cálculos elaborados, na linha M1, para a estimativa do tempo de paragem de produção. Para tal, somaram-se todas as tarefas do processo de limpeza, para cada equipamento e multiplicaram-se pela média de vezes que os equipamentos são limpos por dia.

As tabelas utilizadas para calcular o tempo das restantes linhas, são apresentadas no anexo 5.

Importa destacar que, no caso das linhas que utilizam a máquina automática e se forem equipamentos que podem ser lavados na mesma, nomeadamente a M3, M6 e M5, o passo relativo a “efetuar lavagem de componente”, corresponde, na realidade, à pré-lavagem, antes de colocar na máquina.

Tabela 7: Tempos totais estimados com processos de limpeza das partes amovíveis na linha M1, em segundos

| Linha M1 | | Equipamento | | | |
|---|---|-------------|------|----------------------|-------|
| Etapa | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistola de coloração | Monet |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 16 | 19 | 19 | 20 |
| 2 | Colocar os EPIs | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 16 | 19 | 19 | 20 |
| 4 | Desencaixar a parte amovível | 39 | 76 | 12 | 15 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 16 | 19 | 19 | 20 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 17 | 15 | 13 | 24 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 282 | 147 | 398 | 210 |
| 8 | Secar com um pano | 31 | 28 | 12 | 23 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 16 | 19 | 19 | 20 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 27 | 36 | 9 | 15 |
| 11 | Retirar EPIs | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 498 | 415 | 560 | 406 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 5278 | 1784 | 2471 | 789 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 10321 | | | |

Assim, e convertendo o tempo final de segundos para horas, conclui-se que são gastas diariamente cerca de 2,87h com o processo de limpeza dos equipamentos da linha M1. Posto isto, e replicando estes cálculos nas restantes linhas, é possível afirmar que, em todo o *atelier*, despendem-se, aproximadamente, 21,44 horas/dia com este processo.

Para além do que já foi calculado, acrescenta-se, no caso das stiffes, a lavagem dos tanques destas, que é realizada apenas no final do turno. Para compreender qual o tempo gasto com este processo foram recolhidos tempos das diversas tarefas, onde se decidiu o tamanho da amostra através da fórmula utilizada anteriormente, apresentada por Stevenson (2012). Assim, o anexo 6 apresenta todos os tempos recolhidos, relativo a este processo.

Para além disso, efetuou-se uma estimativa do tempo das deslocações com base na fórmula da velocidade. No entanto, neste caso, os artesãos vão carregados, com baldes de 10 litros, pelo que se considerou pertinente estimar a velocidade destes, ao invés de assumir um valor médio. Para isso recolheu-se uma amostra de 10 observações, onde foi possível constatar que a média de tempo para efetuar uma deslocação de 24,6 metros era de, aproximadamente, 60 segundos. A partir disto, concluiu-se que, com a deslocação dos baldes cheios, os colaboradores movem-se a uma velocidade de 0,41m/s.

Assim, surge a tabela 8, que sintetiza a duração das deslocações das stiffes de cada linha, aos pontos de recolha de água.

Tabela 8: Duração das deslocações desde o posto de coloração stiffs de cada linha, até aos pontos de recolha de água

| Linha | Distância | | Tempo | |
|-------|-----------|-----|-------|-----|
| M1 | 15,8 | [m] | 38,5 | [s] |
| M7 | 19,7 | [m] | 48,0 | [s] |
| M4 | 17,3 | [m] | 42,2 | [s] |
| P2 | 19,6 | [m] | 47,8 | [s] |
| M2 | 15,3 | [m] | 37,3 | [s] |
| M5 | --- | --- | --- | --- |
| M3 | 26,5 | [m] | 64,6 | [s] |
| M6 | 24,6 | [m] | 60,0 | [s] |

Posto isto, foi possível estimar o tempo envolvido com este processo, somando as diversas tarefas associadas ao mesmo e multiplicando pelo número de vezes que os tanques das stiffs são lavados, diariamente. A tabela seguinte exemplifica os cálculos efetuados para a linha M1 (tabela 9).

Tabela 9: Tempos totais estimados com processos de limpeza dos tanques das stiffs na linha M1, em segundos

| Linha M1 | | |
|---|---|-------------|
| Etapa | Procedimento: | Duração: |
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde | 161 |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde | 39 |
| 3 | Verter a água contaminada | 38 |
| 4 | Encher balde com água limpa | 58 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde | 39 |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa | 39 |
| Duração do processo de limpeza dos tanques | | 373 |
| Tempo diário despendido com a limpeza (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 2237 |

No anexo 7 são apresentadas as tabelas elaboradas, para as restantes linhas.

Através desta estimativa, concluiu-se que são gastas, diariamente, 5,51h causadas pela limpeza dos tanques das stiffs.

Estes cálculos foram efetuados para todas as linhas de montagem, obtendo-se a seguinte tabela resumo (tabela 10):

Tabela 10: Tempos totais gastos com processos de limpeza, por linha, em horas

| Linha | Tempo de limpeza das partes móveis | Tempo de limpeza dos tanques stiff | Total por linha |
|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| M1 | 2,87 | 0,62 | 3,49 |
| M7 | 2,82 | 0,65 | 3,47 |
| M4 | 2,99 | 0,63 | 3,63 |
| P2 | 3,33 | 1,30 | 4,64 |
| M2 | 1,79 | 0,21 | 2,00 |
| M5 | 2,67 | | 2,67 |
| M3 | 2,80 | 0,94 | 3,74 |
| M6 | 2,17 | 1,16 | 3,32 |
| Total Atelier | | | 26,95 |

Através da soma dos valores apresentados nesta tabela, conclui-se que são gastas, em todo o *atelier*, com todo o processo de limpeza, tanto da parte amovível dos equipamentos como dos tanques das stiff, por dia, 26,95 horas. Este valor corresponde a um valor médio de 3,5 colaboradores diários, que não estão a produzir. De facto, estes números têm um elevado impacto para a empresa onde este projeto está a ser desenvolvido, uma vez que pertence ao mercado de bens de luxo e formar artesãos para terem competências para esta produção, é uma tarefa bastante difícil. Assim, para além das horas perdidas em tarefas de valor não acrescentado, existe ainda um relevante desperdício a nível de recursos humanos.

A nível de análise financeira, é definido pela empresa que o custo homem-hora é de 24,95€. Deste modo, gastam-se, diariamente, 672,4 €, causados pelas horas em que a produção está parada. De facto, multiplicando este valor por 251 dias úteis, é possível compreender que, por ano, gastam-se, aproximadamente, 168 773,0 €, associado a tarefas de valor não acrescentado.

Para compreender os custos globais associados ao processo de limpeza, acrescentam-se, ainda, os custos com as estações de lavagem, perfazendo um custo final de 195 384,7€/ano.

3.4.1 Definição do estado alvo

A fase seguinte do projeto, passa por definir o que se pretende atingir aquando da implementação de melhorias.

Assim, e tendo em consideração que o objetivo inicial definido pela empresa passa por reduzir 30% dos gastos atuais com processos de limpeza, pretende-se atingir um valor de cerca de 18,87h diárias com este processo.

Com esta diminuição, gera-se um aumento da produtividade de até 8,09h, que corresponde aproximadamente ao dia de trabalho de um artesão. Esta redução é essencial na empresa em questão uma vez que, dada a exigência a nível de qualidade, a procura por colaboradores formados para produzir é cada vez maior.

Para além disso e como objetivos secundários, pretende-se melhorar as condições de trabalho dos colaboradores, uma vez que o processo de lavagem acaba por aumentar a fadiga dos mesmos. Além do mais, espera-se que as estações de lavagem sejam reestruturadas através da limpeza e da organização destas. Por último, é expectável, ainda, que se diminuam os defeitos que surgem nos produtos, causados pela limpeza inadequada de equipamentos.

Importa destacar que não é possível avaliar o impacto dos objetivos secundários, em termos quantitativos, uma vez que as melhorias das condições de trabalho são apenas a nível qualitativo. Para além disso, a nível de defeitos, a empresa não faz distinção das causas dos defeitos de coloração, pelo que não é possível concluir se efetivamente diminuíram, com recurso a dados mensuráveis.

3.4.2 Identificação das causas raiz

Após uma análise detalhada do processo de limpeza de equipamentos de coloração, bem como da recolha dos dados, foi possível identificar vários problemas e desperdícios.

Para compreender quais os problemas existentes, aplicou-se a metodologia da árvore dos problemas (figura 28), que permite identificar qual o problema central e quais as causas que originam o mesmo. Com esta ferramenta, devem-se analisar os problemas terminais, que são aqueles que surgem no fim de cada ramificação da árvore e são, portanto, a causa raiz (Pena, 2005).

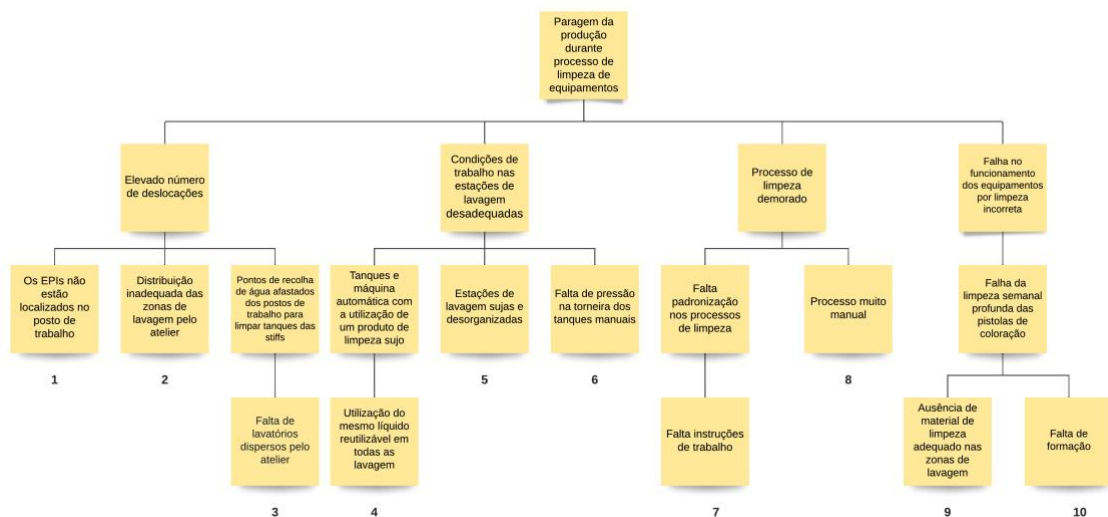


Figura 28: Árvore de Problemas

O primeiro problema identificado (nº 1), refere-se à localização inadequada dos EPIs, já que estes se encontram nas estações de lavagem. Tendo em consideração que os artesãos necessitam de ter os EPIs no começo do processo de limpeza, esta localização acaba por originar diversas deslocações para a colocação dos mesmos, acabando por gerar perdas de tempo e impactar, negativamente, a produtividade.

Para além disso, através de uma observação do *layout* e da análise da taxa de utilização de cada estação de lavagem, concluiu-se que as estas estão distribuídas de forma inadequada pelo *atelier*. Isto percebe-se pelo facto de algumas áreas de lavagem apresentarem uma taxa de utilização significativamente maior que outras, fazendo com que os artesãos se desloquem a estações mais afastadas, todavia disponíveis, para evitarem tempos de espera (nº2).

Além do mais, um dos problemas evidentes, neste projeto, passa pela inexistência de pontos de recolha de água e de lavatórios no chão de fábrica (nº3). Ou seja, existem apenas dois pontos de recolha, que estão afastados das linhas de montagem. Tendo em consideração que os tanques das stiffs se encontram nestas linhas e que necessitam de água para o seu funcionamento, os artesãos acabam por se deslocarem a locais do *atelier* distantes do posto de trabalho, para terem acesso a água. Esta deslocação é efetuada por cada tanque das 25 stiffs existentes, pelo que são feitas cerca de 100 deslocações diárias devido a este processo. Para além disso, estes pontos de recolha de água não têm torneira, o que não facilita a eventual lavagem de algum equipamento, junto a estes locais.

Para além do que já foi referido, destacam-se os problemas encontrados relativamente aos tanques de lavagem e máquina automática (nº4). Estes apresentam um líquido de limpeza no seu interior, que é reutilizável em todas as lavagens, com substituição semanal. Com isto, este acaba por acumular muitos resíduos, em poucas horas de utilização. Por esta razão, o processo de limpeza é dificultado, exigindo mais tempo e esforço por parte dos artesãos para garantir que a limpeza cumpre os requisitos.

Um outro problema observado, passa pela falta de condições de trabalho nas estações de lavagem (nº5), sendo de notar que estas zonas se encontravam desorganizadas e sujas.

Para além disso, destaca-se o facto das torneiras dos tanques de lavagem, apresentarem pouca pressão (1,8 bar) (nº6). Isto torna a tarefa da remoção de base primária/tinta que estão nos equipamentos mais demorada e exige mais esforço por parte dos artesãos.

Em relação ao processo de limpeza, foi possível observar que este não possuía instruções de trabalho (nº7). Por esta razão, surgiam variações no tempo de lavagem, dado que esta tarefa é realizada por vários colaboradores e nem todos efetuavam a limpeza da mesma forma. Assim, foi notório que alguns artesãos realizavam o processo de uma forma incorreta, o que acaba por gerar uma limpeza inadequada e, conseqüentemente, defeitos nas peças. Além do mais, observou-se, também, que alguns colaboradores gastavam mais tempo do que o necessário a efetuar a limpeza.

Um outro problema identificado passa pelo facto de o processo de lavagem ser bastante manual, o que acaba por acarretar elevadas perdas de tempo, uma vez que é o artesão que efetua todo o processo, do início até ao fim, com a exceção das linhas que utilizam a máquina automática (nº8).

Para além do que já foi mencionado, constatou-se que para se efetuar uma limpeza correta de alguns equipamentos, nomeadamente as pistolas de coloração, existe material fulcral, que deve estar disponível para utilização, nomeadamente escovilhões e chaves de fendas. Quando estes não estão nas áreas de lavagem, acaba por ser feita uma limpeza incorreta, que tal como mencionado, gerará defeitos nas peças e elevadas perdas de tempo (nº9).

Por último, destaca-se a falta de formação dos artesãos (nº10) relativamente ao processo de limpeza. Ou seja, apesar de já terem sido dadas várias formações, a empresa em questão está em crescimento, o que origina a entrada, constante, de novos colaboradores. Assim, se não forem dadas formações, estes acabarão por não efetuar os processos de forma correta, o que dará origem às mesmas conseqüências que a falta de instruções de trabalho.

3.4.3 Desenho e análise de soluções

O passo seguinte à identificação dos problemas, passa pela sugestão de medidas para os solucionar. Com isto, espera-se que o processo se torne mais eficiente e que a aplicação de algumas medidas propostas, resulte na diminuição ou mesmo eliminação de alguns dos problemas anteriormente apresentados.

Tendo em consideração que foi aplicada a metodologia SMED, a primeira fase desta metodologia visa a identificação das atividades internas e externas do processo. De facto, é possível observar que, quando o artesão começa o processo de limpeza, a máquina de coloração fica automaticamente parada, não existindo atividades externas. Assim, a fase seguinte desta metodologia, passa pela transformação do *setup* interno em externo.

| Quadro de medidas | EPIs não estão localizados no posto de trabalho | Distribuição inadequada das zonas de lavagem pelo atelier | Falta de lavatórios dispersos pelo atelier | Utilização do mesmo líquido reutilizável em todas as lavagem | Estações de lavagem sujas e desorganizadas | Falta de pressão na torneira dos tanques manuais | Falta de instruções de trabalho | Processo de limpeza muito manual | Ausência de material de limpeza adequado nas zonas de lavagem | Falta de formação relativa à lavagem |
|--|---|---|--|--|--|--|---------------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|
| Contratação de um colaborador responsável pela limpeza | | *** | *** | | ** | | | *** | *** | *** |
| Criação de um kit de EPIs para cada colaborador que trabalha com equipamentos de coloração | *** | | | | | | | | | |
| Reestruturação do layout | | *** | ** | | | | | | | |
| Criação de instruções de trabalho | | | | | | | *** | | | * |
| Aplicação de 5S na estação de lavagem | | | | | *** | | | | - | |
| Substituição dos tanques manuais de lavagem | | | | | | *** | | * | ** | |
| Criação de kits com material, colocados nas áreas de lavagem | | | | | | | | | *** | |
| Automatização do processo de lavagem | | | | | | | | *** | | |
| Formações de limpeza para os novos colaboradores | | | | | | | | | | *** |
| Colocação de lavatórios, com água limpa, dispersos pelo atelier | | | *** | *** | | | | | | |
| Aquisição de um equipamento com um repositório de água | | | * | | | | | | | |

Legenda:

*** Grande contribuição para a resolução do problema

** Contribuição para a resolução do problema

* Ligeira contribuição para a resolução do problema

Figura 29: Quadro de medidas

Com base nesta metodologia, surge o quadro de medidas apresentado na figura 29, que dá seguimento à metodologia de árvore dos problemas e permite, da mesma forma, identificar oportunidades de melhoria, de forma a dar resposta aos problemas identificados.

Tal como já mencionado, a segunda fase da metodologia SMED passa por propor medidas que transformem o *setup* interno em externo. Perante este cenário, surgiu a proposta de contratação de um novo colaborador, com o papel de responsável de limpeza. Ou seja, a solução passaria por

ter apenas, por turno, uma pessoa associada a este processo e de uma única estação de lavagem, totalmente dedicada e equipada a efetuar uma limpeza rápida e correta. Para além disto, e tendo em consideração que é possível adquirir todas as partes amovíveis dos equipamentos de coloração individualmente, a medida proposta passaria, também, pela aquisição de uma parte amovível suplente, por equipamento.

A par com isto, seria necessário proceder à alteração da localização dos EPIs. Estes encontram-se localizados nas estações de lavagem, pelo que sempre que é necessário realizar algum processo associado a limpeza de equipamentos, são efetuadas diversas deslocações. Assim, a solução proposta passa pela criação de *kits* individuais para cada artesão que utiliza os postos de coloração. Estes devem conter os óculos de proteção individual e as batas. Importa destacar que o objetivo desta medida é, também, substituir as batas descartáveis por reutilizáveis, de forma a diminuir os gastos associadas a estas e reduzir os consumos de materiais como estes. Relativamente às luvas, estas são descartáveis, sendo que não farão parte dos *kits*, todavia cada linha de montagem deve ter uma caixa.

Deste modo, no começo de cada linha de montagem existiriam dois repositórios colocados lado a lado. Um destes estaria totalmente pronto para receber os equipamentos recentemente utilizados e outro continha *stock* de equipamentos limpos e prontos para recolher. Assim, quando um artesão necessitasse de lavar o equipamento, deslocava-se até aos repositórios, colocava o componente sujo e regressava ao posto com um limpo. Cada operador ficaria, ainda, responsável por verificar se existe sempre o *stock* mínimo de componentes limpos, definido por linha, para cada tipo de equipamento. Se o artesão trazer o último componente que garante o *stock* mínimo, deve desencadear uma luz, que comunica automaticamente ao responsável de limpeza que essa linha necessita de ser abastecida. O responsável desloca-se até essa linha, recolhe os equipamentos sujos e reabastece com equipamentos limpos.

Juntamente com isto, todos os equipamentos que são recolhidos pelo responsável, são lavados e colocados num *stock* intermédio, junto à área de lavagem. Este *stock* é essencial nesta área, já que dada a imprevisibilidade deste processo, permite ao responsável de limpeza dar uma resposta imediata ao pedido das linhas.

A estação de lavagem ficaria localizada junto aos repositórios de água, tendo disponível água limpa para utilizar e simultaneamente não gastaria espaço no chão de fábrica, uma vez que naquele espaço do corredor não existe produção e garante-se, da mesma forma, as dimensões do corredor

de segurança (figura 30). Esta estação de lavagem seria composta por um tanque manual, por uma máquina automática, dois repositórios para *stock* intermédio e, ainda, por um lavatório.

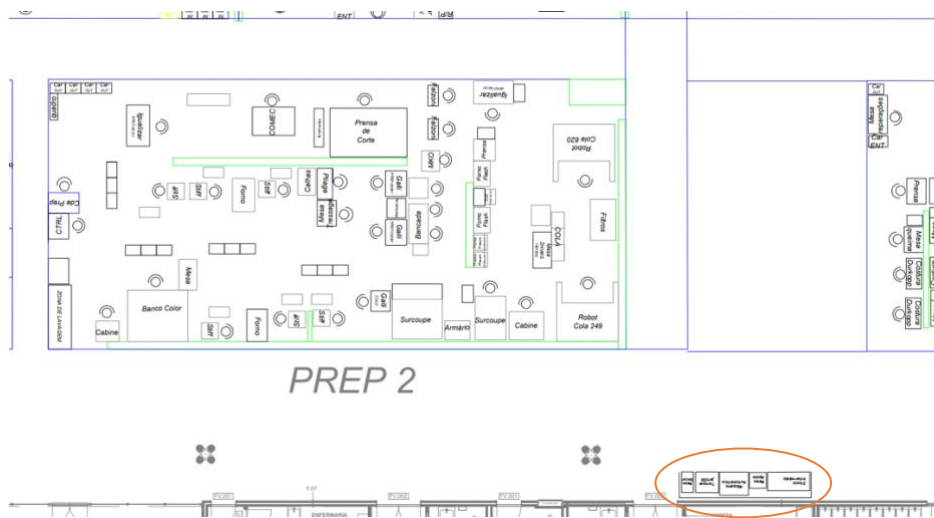


Figura 30: Representação da estação de lavagem única, no layout

Para entender, através de dados mensuráveis, de que forma esta ideia poderia impactar positivamente a produtividade, procedeu-se à análise da estimativa do tempo gasto com e sem a implementação desta ideia.

Para isto, assumiu-se que os operadores teriam apenas de realizar seis tarefas: colocar os EPIs, desencaijar a parte amovível do equipamento, deslocar-se até ao começo da linha, efetuar a troca de equipamento sujo pelo equipamento limpo, regressar ao posto de trabalho, encaixar a parte amovível e, por fim, retirar os EPIs. Todas as restantes tarefas associadas à limpeza da parte amovível seriam realizadas pelo responsável de limpeza, que seria independente da produção. Importa destacar que a limpeza dos tanques das stiffes continuaria a ser responsabilidade do artesão.

Para se estimarem os ganhos, utilizaram-se os tempos já recolhidos relativos à colocação e remoção de EPIs e de encaixe e desencaije da parte amovível. Relativamente ao tempo gasto com deslocações, este foi calculado por estimativa, através da fórmula da velocidade, tal como utilizada na análise da situação inicial. O anexo 8 apresenta todos os cálculos feitos para estimar estes valores. Relativamente à troca do equipamento sujo, pelo limpo, assumiu-se que esta tarefa demoraria, em média, 15 segundos.

Assim sendo, somou-se o tempo das tarefas que seriam realizadas pelos artesãos e multiplicou-se pelo número de vezes médio que é necessário efetuar a limpeza. Com isto, calcularam-se os ganhos em comparação à situação inicial.

Surge, portanto, a tabela 10, que ilustra a redução do tempo da situação proposta, face à inicial.

Tabela 11: Comparação do tempo médio da situação inicial, com a proposta de contratar mais um colaborador, em horas

| Linha | Tempo limpeza total atelier (inicial) | Tempo limpeza total atelier (proposta) |
|--------------|---------------------------------------|--|
| M1 | 3,49 | 1,38 |
| M4 | 3,47 | 1,40 |
| M7 | 3,63 | 1,40 |
| P2 | 4,64 | 2,30 |
| M2 | 2,00 | 0,94 |
| M5 | 2,67 | 1,60 |
| M3 | 3,74 | 2,06 |
| M6 | 3,32 | 1,81 |
| Total | 26,95 | 12,90 |

Com esta medida, transformavam-se cerca de 14,05h de tempo de *setup* interno, uma vez que esta tarefa passaria a ser realizada por um outro colaborador e seria possível dar seguimento ao trabalho da máquina. Este aumento de horas de produção representaria um ganho de, aproximadamente, 88 037,43 €/ano, face à situação inicial.

A nível de análise financeira, esta medida teria um custo de aproximadamente 13 500€, por ano, com cada colaborador. Tendo em conta que cada turno de trabalho precisaria de um responsável de limpeza, o custo total com a contratação de colaboradores seria, ao todo, de, aproximadamente, 27 000 €/ano. Para além disso, a compra de partes amovíveis extras envolveria um investimento que, rondaria, em média, os 52 650€. Adicionalmente, a aquisição de um lavatório colocado nesta estação teria um custo de 244€. Por outro lado, ter-se-ia uma diminuição de três tanques manuais, reduzindo os custos relacionados com o seu aluguer e manutenção em 13 856,76€ por ano.

Na seguinte tabela, sintetizaram-se os ganhos, por ano, com a implementação desta medida (tabela 12). Consideram-se apenas os ganhos com o aumento de horas de produção e redução de tanques manuais e descontou-se o custo da contratação de dois colaboradores.

Tabela 12: Balanço dos ganhos anuais com contratação de um colaborador extra

| | |
|--|--------------------|
| Ganho com transformação do <i>setup</i> interno em externo | 88 037,43 € |
| Custo com a aquisição de um novo colaborador | -27 000,00 € |
| Ganho com redução dos tanques manuais | 13 856,76 € |
| Balanço final | 74 894,19 € |

No entanto, esta tabela não considera o investimento inicial, pelo que se procedeu à elaboração de um gráfico de *payback* (figura 30), que permite estimar em que momento surge o retorno do investimento.

Para isto, estudou-se um período de apenas cinco anos, uma vez que os custos de homem-hora e os preços das empresas subcontratadas vão sendo atualizadas constantemente e um período mais longo poderia enviesar os dados.

Com isto, surge, então, a tabela 13, que representa os valores de *cash-flow* e *cash-flow* acumulado, que dão origem ao gráfico ilustrado na figura 31.

Tabela 13: *Cashflow* e *Cashflow* acumulado

| Ano | <i>Cashflow</i> | <i>Cashflow</i> acumulado |
|-----|-----------------|---------------------------|
| 0 | -52 650,00 € | -52 650,00 € |
| 1 | 74 894,19 € | 22 244,19 € |
| 2 | 74 894,19 € | 97 138,38 € |
| 3 | 74 894,19 € | 172 032,58 € |
| 4 | 74 894,19 € | 246 926,77 € |
| 5 | 74 894,19 € | 321 820,96 € |
| | Payback | 0,70 anos |

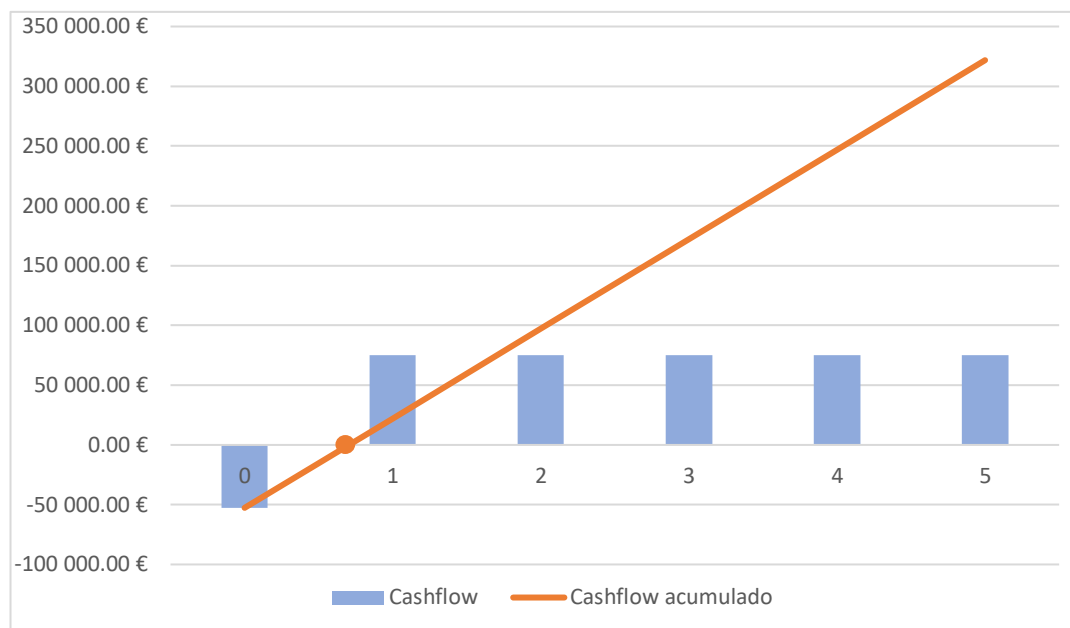


Figura 31: Gráfico de payback relativo ao projeto de contratação de um responsável de limpeza

Com a observação do gráfico e através da divisão do investimento inicial pelos ganhos estimados, conclui-se que o retorno do que foi investido inicialmente surge ao fim de, aproximadamente, 8,4 meses.

Apesar das vantagens desta solução, em conversações com a empresa, foi acordado que este não é o momento ideal para a implementação da mesma, uma vez que o *atelier* está em crescimento e optou-se por não tirar a responsabilidade aos operadores, numa fase tão precoce. Importa destacar que estes valores são apenas estimativas dos ganhos, pelo que não existe a garantia que na prática chegariam apenas dois colaboradores, para o número de máquinas inicialmente definido. Assim, aquando da sua implementação, poderia ser necessário reajustar estes valores.

Tendo em conta que a medida estudada não avançará, no momento, e que não é possível transformar mais nenhuma atividade de *setup* interno, em externo, transita-se para a última fase do SMED, que visa melhorar todas as atividades que fazem parte do *setup*.

Através da observação da taxa de utilização de cada uma das áreas de lavagem, é possível concluir que existe alguma disparidade entre estas. Relativamente à área de lavagem 4, esta é a mais utilizada, comparativamente com as restantes zonas. Assim, e tendo em consideração que as estações de lavagem 1 e 2 estão relativamente próximas, propôs-se a alteração do *layout*. Com esta mudança sugeriu-se a passagem da estação de lavagem 1, para um local próximo da linha M3 e M6, uma vez que são linhas que utilizam a zona 4. Apesar disto, não foi possível encontrar um lugar

nestas linhas que cumprisse com todos os requisitos de segurança e de qualidade. Assim e tendo em consideração que existe, ainda, algum espaço disponível na zona 4, propôs-se a junção desta zona com a zona 1, aumentando o número de tanques. Com esta medida é possível dar uma resposta efetiva às linhas de montagem que utilizam esta estação e reduzir os tempos de espera. Para além disso, a zona 1 está localizada na linha P2 que, tal como referido inicialmente, está em fase de transição e irá passar todas as tarefas de coloração para a linha M2, pelo que não será útil ter uma área de lavagem na linha P2.

Relativamente às instruções de trabalho referentes ao processo de limpeza, uma das medidas propostas passou pela criação destas. Isto permite standardizar a realização das tarefas de limpeza, diminuindo os tempos causados pelo procedimento incorreto, ou, ainda, aprimorar tarefas que estão a ser executadas de forma errada e que causam defeitos nas peças.

Para além disto, e como medida fulcral, destaca-se a aplicação da ferramenta 5S em todas as estações de lavagem, garantindo que estas se mantêm organizadas e limpas. De facto, é fundamental que esta ferramenta se mantenha na cultura da organização. Para assegurar que o mesmo era feito, é essencial que se crie um calendário relativo à limpeza e organização destas áreas, para que cada linha fique responsável, semanalmente, para verificar e garantir as condições das estações de lavagem.

De seguida, sugeriu-se a substituição e atualização dos tanques manuais das estações de lavagem por equipamentos mais sofisticados, que permitam aumentar a temperatura e a pressão na saída do produto de limpeza. Estas condições tornam o processo de limpeza mais curto e garantem uma limpeza adequada. Para isso, contactaram-se vários fornecedores, de forma a entender quais as soluções já presentes no mercado. Desta forma, foi escolhido o tanque denominado por jet100, que cumpria com os requisitos pedidos para a substituição dos tanques antigos, já que incorporava uma mangueira com pressão e poderia estar em teste durante três semanas.

Para além disto e apesar de existir no *atelier* uma máquina automática, a sugestão de melhoria surgiu no sentido de aumentar o número de máquinas M112 que efetuam uma limpeza autónoma, e que, simultaneamente, permitem garantir a limpeza correta. Adicionalmente, e a par com a medida anterior, efetuou-se, também, uma pesquisa aprofundada das várias máquinas de limpeza existentes no mercado. Através disto, surgiu a possibilidade da aquisição da máquina de ultrassons, que permite uma limpeza bastante pormenorizada dos equipamentos, como forma de automatizar

a limpeza de pistolas de coloração e monets, que não podem ir à máquina M112. Esta máquina poderia estar em teste, também, durante três semanas.

Um outro ponto relevante, passa pela aposta em formações para os colaboradores, uma vez que foi observado que vários artesãos que efetuam a limpeza de equipamentos, não estão formados para o fazerem. Por esta razão, sugeriu-se que nas semanas de acolhimento dos novos colaboradores, sejam feitas formações relativas a este processo, a fim de garantir que estes o fazem de forma correta e eficaz.

Por fim, sugere-se a implementação de lavatórios dispersos pelo *atelier*, garantindo que se diminuam as deslocações no final do turno para efetuar a mudança da água dos tanques das stiffes e que poderiam vir, também, a substituir os tanques alugados. Apesar desta sugestão, não foi possível avançar com esta medida para a prática, já que este projeto envolveria obras no *atelier*, por não existir esgoto industrial para além dos pontos indicados na figura 32.

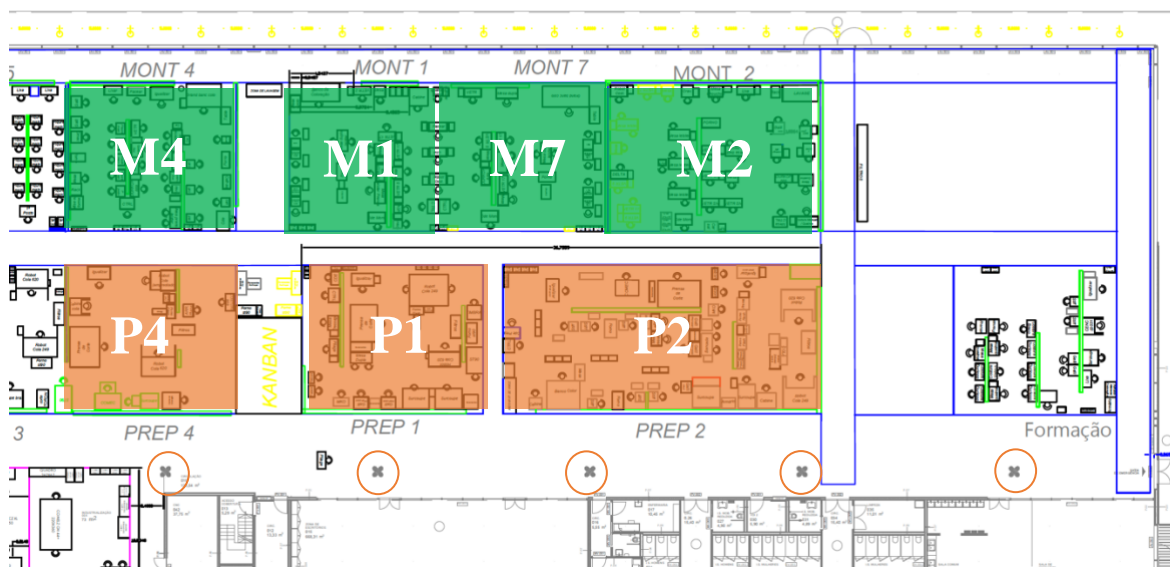


Figura 32: Identificação dos pontos do atelier com esgoto industrial

Em conversação com a empresa, concluiu-se que os custos da implementação seriam realmente elevados, em comparação com os benefícios, e por esta razão, este projeto não avançou. Contudo, e para solucionar as elevadas deslocações associadas à limpeza dos tanques, surgiu a proposta de aquisição de uma máquina com dois repositórios para colocação de líquidos, com capacidade de até 30 litros cada um, já utilizada noutros *ateliers* do grupo onde a ATEPELI se insere. Cada repositório tem capacidade para 30 litros, permitindo aspirar água contaminada e ejetar água

limpa. Tendo em consideração que cada tanque de stiff contém 10 litros, esperou-se que fosse possível abastecer 3 tanques, de uma só vez, reduzindo, assim, as deslocações.

Para compreender quais as medidas prioritárias para proceder à implementação, elaboração uma matriz de custo-benefício (figura 33). Nesta matriz, priorizaram-se as soluções encontradas que acarretam um maior benefício a menor custo, de seguida as que causam um menor benefício e um menor custo, posteriormente as que possibilitam um maior benefício e para um custo maior e por último as que trazem menor benefício e um maior custo.

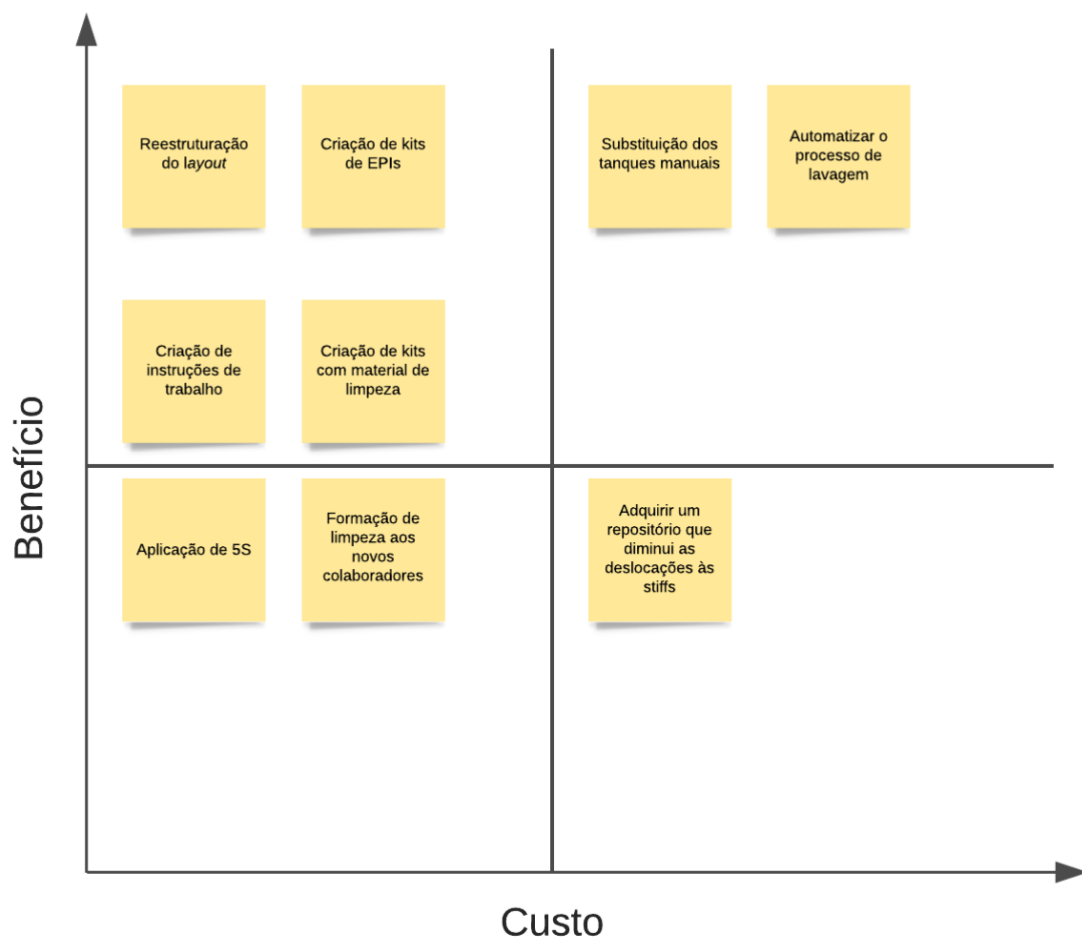


Figura 33: Matriz custo-benefício

3.4.4 Implementação das soluções

Nesta fase são apresentadas as soluções implementadas, ilustrando o trabalho elaborado, os resultados atingidos com cada medida e as principais dificuldades. Para cada medida, analisou-se não só a redução do tempo, como também os três pilares da sustentabilidade: económico, social e ambiental. Assim, ponderaram-se todos os fatores e, para as medidas que o permitiam, analisou-se o impacto a nível económico, ambiental (sugestão de medidas ecológicas) e, inevitavelmente, social (foco nas pessoas e na melhoria das condições de trabalho destas).

A primeira medida implementada seria a alteração do *layout*, já que é a medida com maior benefício para um custo menor. Contudo, tendo em consideração que o *atelier* está em crescimento e que se estão a saturar todas as linhas de montagem, optou-se por atrasar esta implementação. Assim, a primeira implementação passou pela criação de *kits* de equipamentos de proteção individual.

- Criação dos *kits* de equipamentos de proteção individual

De forma a evitar deslocações desnecessárias às estações de lavagem, definiu-se que cada artesão que utiliza os equipamentos de coloração deve ter o seu próprio *kit* de EPIs. Para além disso, um dos objetivos com a aquisição destes *kits* passou, também, pela eliminação das batas descartáveis, constituídas por polietileno e respetiva substituição por materiais reutilizáveis, compostos por poliéster, que permitem, para além de reduzir custos com a compra de EPIs, tornar o processo de limpeza mais ecológico.

A figura 34 ilustra o local inicial dos EPIs, onde as luvas e batas estavam colocados na mesa de apoio das estações de lavagem e os óculos estavam situados nas traseiras dos biombos dessas mesmas estações.



Figura 34: Localização dos EPIs nas estações de lavagem

Através da implementação das melhorias, foi entregue a cada artesão um *kit*, como ilustrado na figura 35, com uma bata reutilizável e uns óculos de proteção individual. Em cada linha de montagem, perto dos postos de coloração, foram colocadas as luvas. Para garantir que estas estão situadas no local correto, sem interferir com o trabalho dos colaboradores, adquiriu-se um suporte para luvas (figura 36).



Figura 35: Kits de EPIs para cada colaborador



Figura 36: Suporte para luvas

Esta medida foi implementada como teste piloto na linha M5, tendo sido observado que se reduziu, em cada processo de limpeza, duas deslocações às estações de lavagem, para colocar os EPIs. Deste modo, considerou-se que esta medida seria bastante positiva, por esta redução.

A replicação desta medida por todo o *atelier*, permitia diminuir, aproximadamente, 1,35 horas/dia, com deslocações. Portanto, o *setup* total causado pelos processos de limpeza reduziria, aproximadamente, de 26,95h/dia para 25,60h/dia.

Apesar das vantagens desta medida, aquando da implementação da mesma, questionou-se a necessidade de se colocarem os EPIs logo no começo do processo de lavagem. Em conversações com outros elementos da equipa e da área da segurança, definiu-se que seria apenas necessário colocar os EPIs na estação de lavagem, uma vez que o contacto com materiais perigosos surge, apenas, nestas áreas. Através disto, geram-se os mesmos ganhos a nível de tempos, uma vez que se reduzem, da mesma forma, as deslocações. Com isto, estes *kits* foram recolocados nas estações de lavagem e o suporte de luvas foi instalado nestas.

- Criação de instruções de trabalho

Em todo o processo de limpeza de equipamentos foi possível observar que não existia qualquer procedimento padrão, pelo que cada artesão o realizava de uma forma diferente. Por esta razão, alguns procedimentos estavam errados, causando uma limpeza incorreta, que conseqüentemente gerava defeitos nas peças. Para além disso, alguns artesãos garantiam que os equipamentos estavam limpos, mas gastavam demasiado tempo a efetuarem a tarefa, por não estarem a seguir um procedimento. Assim, foram desenvolvidas as instruções de trabalho, relativas ao processo de limpeza, de forma a diminuir estes problemas e impactar positivamente o processo.

O único equipamento que não necessitou destas foi a monet, uma vez que este já continha as instruções elaboradas.

No anexo 9 apresentam-se as instruções de trabalho que foram criadas durante o projeto.

- Criação de kits com material de limpeza

Tal como referido, as estações de lavagem não apresentavam as condições necessárias para garantir uma limpeza correta. Assim, foi observada a inexistência de material de limpeza adequado, nomeadamente escovilhões e chaves de fendas para desagregar alguns equipamentos e limpar de forma correta no seu interior. Posto isto, foi criado um kit (figura 37) e colocado em todas as estações de lavagem, com todos os materiais necessários.



Figura 37: Kit para auxiliar a limpeza de equipamentos

- Aplicação de 5S

Como já mencionado nos tópicos anteriores, foi possível observar que as estações de lavagem se encontravam desorganizadas e sujas. De forma a dar uma resposta efetiva a isto, procedeu-se à aplicação da ferramenta 5S. Para isto, inicialmente foi feita uma triagem aos materiais obsoletos e que já não eram utilizados pelos artesãos. Nestas zonas de lavagem foi de facto fácil observar bastantes panos já utilizados, bandas dos tanques das stiff que deveriam estar no lixo e EPIs já utilizados. Assim, eliminaram-se todos estes componentes, colocando os panos utilizados no contentor dos materiais contaminados e considerando o restante como resíduo.

De seguida, procedeu-se à organização dos materiais que permaneceram. Para isto, procurou-se facilitar um fluxo de trabalho contínuo por parte dos operadores.

Assim, já neste estado, procedeu-se à limpeza da zona de lavagem, onde se observou a existência de bastantes resíduos, nomeadamente tinta e base primária seca, em vários locais destas estações.

Por fim, identificaram-se todos os locais da estação de lavagem, de forma a padronizar este processo e apelou-se a todos os artesãos para manterem estas condições, através da demonstração do impacto positivo que esta metodologia tem, quando aplicada.

Este processo foi replicado em todas as estações de lavagem. A figura 38 ilustra o antes e o depois da aplicação do 5S.



Figura 38: Antes e depois da aplicação da metodologia 5S

Para garantir que esta medida se conservava ao longo do tempo, foi elaborado um calendário semanal (figura 39), para que cada linha de montagem limpasse e organizasse a zona de lavagem, conforme o que foi definido aquando da aplicação da ferramenta 5S. Posteriormente, assinam a folha, confirmando que mantêm as condições.

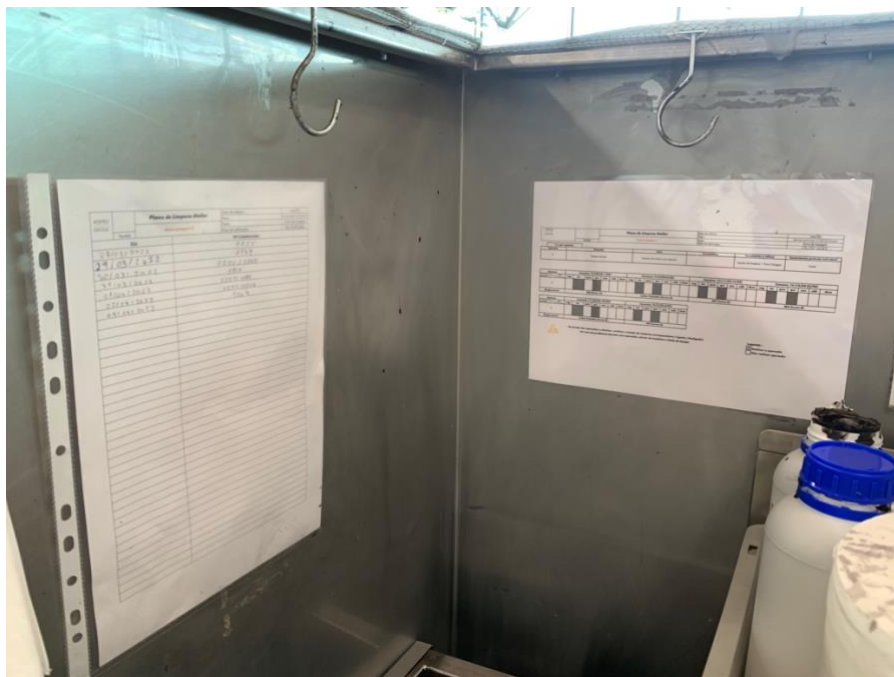


Figura 39: Calendário de limpeza colocado nas estações de lavagem

Apesar das vantagens desta medida, e como aspeto negativo, destaca-se o facto de não ser possível garantir que todos os colaboradores cumprem, sempre, este calendário. Para solucionar isto, foram feitas algumas auditorias, com o departamento, para tentar manter as condições.

- Formações de limpeza para os novos colaboradores

De forma a sensibilizar os colaboradores para a importância da lavagem correta dos equipamentos, apostou-se em formações. O principal foco destas passou pela sensibilização, principalmente a nível das pistolas de coloração, uma vez que foi observado que não se encontravam, nas linhas de montagem, pistolas que garantissem o fornecimento correto de tinta para efetuar a coloração. Assim, estas formações surgiram com o intuito de demonstrar a importância da limpeza cuidada e pormenorizada destas.

O *feedback* das formações foi bastante positivo, pelo que se apelou aos formadores que transmitissem aos novos colaboradores a importância do papel da limpeza e, ainda, de seguir as instruções de trabalho.

Apesar do benefício desta medida, como dificuldade, destaca-se o facto de não ser possível garantir que todas as técnicas instruídas serão cumpridas.

○ Substituição dos tanques de lavagem manuais

Um dos problemas anteriormente mencionados passou pela falta de pressão na torneira dos tanques de lavagem, causando dificuldades ao artesão em remover a tinta e base primária.

Assim, contactaram-se vários fornecedores de forma a entender se existiria uma opção melhor, em comparação com os tanques atuais. Com isto, surgiram os tanques denominados por jet100 (figura 40), que incorporam duas mangueiras. A primeira é utilizada quando o tanque tem o tampo aberto, que permite uma lavagem semelhante aos tanques anteriores (2,1 bar), com um pincel de limpeza (figura 41).



Figura 41: Tanque manual jet100



Figura 40: Pincel de limpeza tanques jet100

A segunda torneira é acionada quando o tampo é fechado, aumentando a pressão na saída do produto de limpeza para 3,5 bar (figura 42).

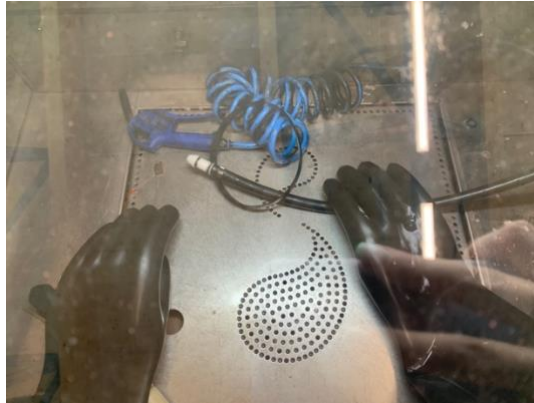


Figura 42: Mangueira de alta pressão

A par com isto, acresce o facto de este equipamento trabalhar a 45°C, facilitando a remoção da tinta e base primária.

Este equipamento esteve em teste durante três semanas, na zona de lavagem 4, para compreender se, de facto, facilitava e melhorava o processo de limpeza.

Antes da análise dos tempos, foi possível constatar que os tanques anteriores apresentavam uma área exterior de 0,68m² ao passo que a nova proposta ocupa, apenas, 0,43m². Este fator é, de facto, favorável para a empresa, uma vez que, tal como mencionado, o *atelier* está em crescimento e este espaço é fundamental para permitir o aumento de máquinas na produção e, conseqüentemente, de colaboradores.

De seguida, contabilizou-se o tempo gasto, relativo à etapa da lavagem nos tanques manuais, comparando o tanque inicial e o proposto. Na tabela 14, apresentam-se sintetizados os tempos médios da lavagem manual, em segundos, dos diversos equipamentos.

No anexo 10 são expostos os tempos recolhidos, com o número de observações mínimas necessárias, em função do equipamento.

Tabela 14: Comparação entre o tempo médio de lavagem no tanque inicial e no tanque jet100 nas áreas de lavagem manuais, em segundos

| | Tanque inicial | Tanque proposto |
|------------------------------|----------------|-----------------|
| Stiff | 282 | 173 |
| Monet | 210 | 116 |
| Pistolas de coloração | 398 | 216 |
| MAC2 | 147 | 102 |
| Galli Polycolor | 143 | 87 |

De facto, é notória a redução do tempo de lavagem com a utilização do tanque jet100, causada pela saída do líquido com uma pressão superior e, também, pela temperatura de funcionamento, mais elevada.

Para além disso, no caso das linhas que utilizam a máquina M112, é possível, também, que com a aquisição dos tanques propostos reduza-se, significativamente, os tempos da pré-lavagem dos equipamentos. A tabela 15 ilustra a comparação entre os tanques iniciais e os propostos, para efetuar a pré-lavagem.

No anexo 11 apresentam-se os dados recolhidos, bem como o número de observações mínimas, dos três equipamentos que são lavados podem ser lavados na M112.

Tabela 15: Comparação entre o tempo médio de pré-lavagem no tanque inicial e no tanque jet100, para utilização da máquina M112, em segundos

| | Tanque inicial | Tanque proposto |
|------------------------|----------------|-----------------|
| Stiff | 123 | 62 |
| MAC2 | 92 | 31 |
| Galli Polycolor | 89 | 24 |

Com base nestes resultados, compreende-se que estes foram realmente positivos, uma vez que reduziram, significativamente, o tempo de limpeza. Para além disso, o *feedback* vindo por parte dos artesãos foi, também, positivo, uma vez que mencionaram que o tanque manual jet100 reduzia, significativamente, o esforço para remover a tinta/base primária.

Com isto, é possível efetuar uma estimativa da sua aplicação em todo o *atelier* e qual o impacto em todo o processo de limpeza. Com a aplicação destes tanques, estima-se uma redução do tempo total com processos de limpeza de equipamentos de 25,60h/dia para 20,74h/dia. Esta diferença corresponde a um ganho de, aproximadamente, 30 435,51€/ano.

Apesar disto e antes de replicar por todo o *atelier* é importante ter em consideração que os preços de aluguer dos novos tanques são superiores, acarretando um custo de 435€/mês. Tendo em conta que os tanques anteriores custavam apenas 384,91€/mês, isto gera um acréscimo total de 200,30€/mês, com a substituição dos quatro tanques.

Contudo, fazendo um balanço anual, e apesar destas diferenças de valores de aluguer, no final do ano geram-se, ainda assim, ganhos de cerca de 28 031,91€/ano.

Este valor é bastante positivo, pelo que se passou para a replicação destes nas restantes estações de lavagem.

- Automatizar o processo, através de máquinas automáticas

Tal como mencionado, um dos principais problemas encontrados foi o facto de todo o processo ser manual. Por esta razão procuraram-se formas de solucionar isto, através do investimento em máquinas automáticas, que permitissem reduzir o tempo de lavagem manual.

Para isto, fez-se um estudo ao mercado para compreender quais seriam as melhores opções para solucionar este problema. A primeira fase passou por analisar a máquina já existente no *atelier* e utilizá-la como teste piloto, localizada na zona de lavagem 4, para compreender se compensaria replicar e aumentar o número de máquinas.

Máquina M112

Tal como já mencionado, através da utilização da máquina M112, é possível observar uma redução elevada do tempo de lavagem. Com esta máquina, é apenas necessário gastar tempo com a pré-lavagem dos equipamentos, sendo que no tempo em que a máquina está em funcionamento (10 minutos), os artesãos podem regressar às linhas e efetuar outras tarefas da produção.

Para isto, efetuou-se uma comparação dos tempos entre a lavagem no processo totalmente manual e os tempos gastos com a pré-lavagem necessária para colocar na máquina M112 (tabela 16).

Tabela 16: Comparação dos tempos entre efetuar lavagem manual e a pré-lavagem para utilização da máquina M112, em segundos

| | Lavagem manual | Pré-lavagem |
|------------------------|-----------------------|--------------------|
| Stiff | 173 | 62 |
| MAC2 | 102 | 31 |
| Galli Polycolor | 87 | 24 |

De facto, é notório que há uma redução significativa quando se compara o processo manual com a utilização da máquina.

Analisando estes tempos, pode dizer-se que, se não se utilizasse a máquina M112 na zona 4, o tempo total gasto com tarefas de limpeza iria aumentar de 20,74h/dia para 21,85h/dia, ou seja, gerar-se-ia um aumento de 1,10h/dia. Perante este cenário, é possível destacar que a utilização da máquina traz vantagens a nível de redução de tempos, contudo procedeu à análise a viabilidade económica para compreender se compensa, na realidade, ter esta máquina alugada, na zona 4. Com a redução deste tempo, ganham-se, aproximadamente, 6888,70€/ano, no entanto importa ter em consideração que o preço do aluguer da máquina é superior (8136€/ano) aos ganhos. Por esta razão e pelo facto de, durante os 10 minutos em que a máquina está em funcionamento, a tarefa de coloração estar parada, considerou-se que esta medida não era viável. No entanto, e durante a realização do projeto, a empresa manteve a máquina, já que o aumento das horas de produção, tal como já referido, são um fator de elevado realce, todavia será uma medida a reconsiderar.

Perante este cenário, optou-se, ainda assim, por estudar, então, a possibilidade da replicação da M112 pelas diversas estações, para compreender se, na globalidade, poderia vir a ser uma medida viável. Através dos dados da tabela 16, é possível estimar que a replicação destas máquinas nas restantes zonas de lavagem, geraria uma diminuição de 2,09h/dia com a limpeza de equipamentos, correspondendo a uma redução do tempo total diário de 20,74h/dia para 18,65h/dia. Assim, com o aumento destas horas de produção, estimam-se ganhos anuais de 13 088,5€/ano. No entanto, importa ter em consideração que o aumento de três máquinas M112, para as restantes zonas de lavagem, teria um acréscimo de 24 408,00€/ano, valor bastante superior aos ganhos. Por esta razão, optou-se por não replicar estas máquinas.

A par com o estudo anterior, analisaram-se opções para melhorar o processo de limpeza das monets e das pistolas de coloração, já que são equipamentos críticos e causam várias vezes defeitos nas peças. Com isto, foi necessário procurar uma opção que garantisse que estes equipamentos possuíam uma limpeza eficaz e que, simultaneamente, se diminuíssem os tempos associados a este processo.

Máquina ultrassons

Posto isto, surgiu como opção a máquina de ultrassons (figura 43), que esteve em teste durante três semanas, na zona de lavagem 1.



Figura 43: Máquina ultrassons

Para efetuar a limpeza das pistolas na máquina de ultrassons, é apenas necessário desagregar as mesmas, fazer uma pré-lavagem no tanque manual, colocá-las na máquina e, ao fim do tempo, retirá-las e voltar a agregar os componentes.

Assim, foram testados os fatores de tempo e temperatura, de forma a compreender quais seriam os valores ideais. Por uma questão de segurança, considerou-se que 45°C era o máximo permitido para utilizar esta máquina. Em relação ao tempo, inicialmente testaram-se 10 minutos, mas não garantia uma limpeza correta, pelo que ao fim de seis testes com diferentes pistolas, definiu-se que 15 minutos seria o tempo ideal de lavagem das mesmas, na máquina de ultrassons.

Para além disso, a desagregação, pré-lavagem e agregação deste equipamento demora, em média, 63 segundos. Ou seja, através da implementação desta máquina, é possível reduzir o tempo de lavagem efetuado pelos artesãos de 216 segundos para 63 segundos. Com isto, esta máquina garante a limpeza correta destes equipamentos, em menos tempo e permite a limpeza até 12 pistolas, simultaneamente.

O anexo 12 representa os dados recolhidos relativamente aos tempos de pré-lavagem das pistolas de coloração.

Tendo em consideração que esta máquina é utilizada apenas para as pistolas de coloração, considerou-se que seria suficiente adquirir apenas uma. Isto porque, as pistolas são limpas apenas no final do turno da tarde e não se utilizam diariamente as 5 pistolas de cada banco de coloração, pelo que é possível agrupar as pistolas das diversas linhas.

Importa destacar que no *atelier* era recorrente várias pistolas serem consideradas “KO” - designação dada aos equipamentos e produtos não conformes - por problemas associados a limpeza. Para efetuar os testes, utilizaram-se 6 pistolas “KO” e foi possível recuperar todas as pistolas testadas. A figura 44 ilustra uma pistola não conforme, antes e depois de ir à máquina de ultrassons.



Figura 44: Pistola antes (esquerda) e depois (direita) de ser colocada na máquina ultrassons

Apesar de não terem sido contabilizadas, a nível de ganhos, o número de pistolas recuperadas, ou a redução de defeitos nos produtos associados a este processo, este equipamento teve bastante impacto no *atelier* e o *feedback* foi bastante positivo.

Deste modo, com a aquisição da máquina ultrassons e da redução do tempo de limpeza das pistolas, é possível diminuir o valor total de 20,75h/dia para 19,67h/dia. Isto perfaz um ganho anual de 6620,25€/ano com a utilização deste equipamento. A nível de aluguer da máquina, esta acarreta um custo de, aproximadamente, 550€/mês, ou seja, 6600 €/ano.

Apesar de compensar pouco a nível económico, analisando apenas as horas de produção, a empresa optou por avançar, já que se gera um aumento da produtividade de, aproximadamente, 1,1 horas. Para além disso e apesar de não ser possível, por falta de dados, contabilizar estes valores a nível de ganhos, diminuíram-se os defeitos causados pela limpeza incorreta e, por fim, recuperam-se bastantes pistolas já consideradas KO.

Contudo, e por ter sido desenvolvido um trabalho apenas relativo às pistolas de coloração, não foi possível testar a monet nesta máquina, no tempo de vida útil do projeto.

- Aquisição de um equipamento com um repositório de água

De forma a diminuir as deslocações até aos pontos de água, propôs-se a aquisição de um equipamento com rodas, que contém dois repositórios e permite, dessa forma, armazenar 30 litros de água limpa e água contaminada. A figura 45 ilustra o equipamento implementado, onde foram identificados os recipientes de água limpa e suja, através de cores. Com isto, as tampas não são confundidas e garante-se que estão a encher/esvaziar o recipiente certo.



Figura 45: Equipamento com repositório de 30L

Para utilizar este equipamento, os artesãos devem deslocarem-se até ao posto de recolha de água limpa e encher o recipiente correspondente. Posteriormente, regressam ao posto da stiff, aspiram a água contaminada e ejetam com água limpa. Após esgotarem toda a água limpa, regressam ao ponto de abastecimento de água, ativam o botão para despejar a água suja e voltam a encher com água limpa.

Assim, testou-se esta máquina na linha piloto, M3. Nesta linha, o resultado foi bastante positivo permitindo reduzir de seis deslocações para apenas duas deslocações.

No entanto, quando se tentou implementar noutras linhas, surgiram diversos problemas, relativamente à hora de lavagem dos tanques. Isto porque a necessidade de trocar os tanques surge em todas as linhas, no mesmo momento, ou seja, no final do turno, e apesar de este equipamento reduzir deslocações, acaba por causar tempos de espera, nas restantes linhas. Por esta razão, não daria para ter apenas uma máquina pelo *atelier*, uma vez que esta abastece apenas 3 stiffes. Assim, seria necessário ter cerca de 8 máquinas para dar resposta a todas as stiffes existentes no *atelier*. Tendo em conta que cada máquina custa cerca de 5 000€, seria um investimento de cerca de

40 000€ pelas oitos máquinas, o que foi considerado, pela empresa, um valor muito elevado para reduzir cerca de 1,41 horas diárias. Ainda assim, foram feitos os cálculos para entender quando surgiria o retorno deste investimento e conclui-se que o *payback* seria, aproximadamente, ao fim de 4 anos e 6 meses. Apesar disto, considerou-se este período elevado e optou-se por não replicar esta medida no restante *atelier*.

- Alteração do *layout*

Tendo em conta que foi observado que algumas zonas de lavagem teriam uma afluência superior a outras, reestruturou-se o *layout* do *atelier*. Para isto, foi necessário dar uma resposta mais eficiente na zona de lavagem 4, optando-se por fundir a zona de lavagem 1 com esta. Com isto, esta zona apresenta mais um tanque manual, comparativamente com as restantes. Esta transição não impactou a linha P2, apesar de ser a única que utilizava esta estação de lavagem, uma vez que aquando do fim do projeto, a linha P2 passou todas as tarefas de coloração para a linha M2. Para além disso, a zona de lavagem 2 foi recolocada entre a M7 e a M2 (figura 46). Com resultado desta implementação, cada estação de lavagem é utilizada por duas linhas, com a exceção da zona 4, que apesar de ter três linhas a utilizar, apresenta, também, dois tanques manuais.

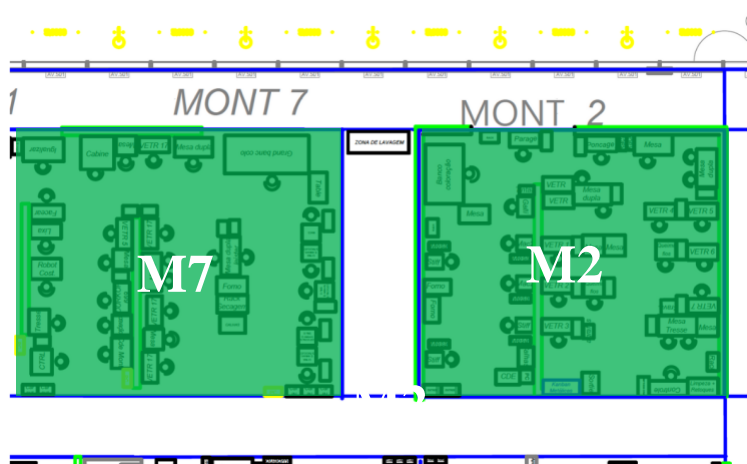


Figura 46: Alteração de layout da zona de lavagem 2

Para além disso, e tendo em conta que existe apenas uma máquina ultrassons, esta foi centralizada na zona 3 (figura 47), de modo a reduzir o número de deslocações efetuadas.

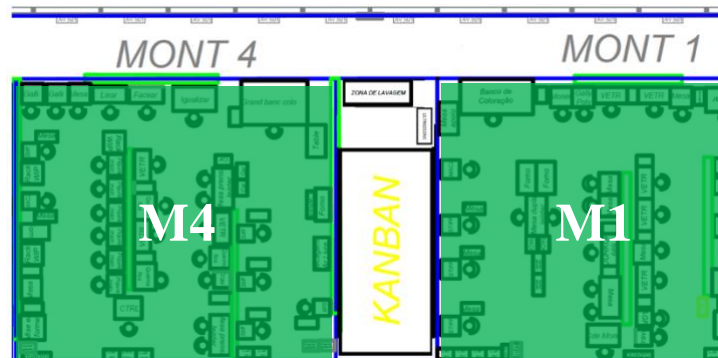


Figura 47: Zona de lavagem 3, com a máquina ultrassons

3.4.5 Confirmação de objetivos

Neste ponto, serão comparados os objetivos inicialmente definidos com o que se implementou na prática.

Tal como já mencionado, o objetivo inicial proposto, passava por reduzir 30% dos gastos com processos de limpeza, atingindo, portanto, um valor de cerca de 18,87 h diárias com este processo.

Apesar das diversas medidas implementadas, a nível de estimativa, foi apenas possível contabilizar a redução do tempo relativa à alteração do local de colocação dos EPIs, substituição dos tanques manuais e, ainda, a automatização do processo de lavagem.

Com isto, o tempo despendido, inicialmente, com o processo de lavagem no *atelier* era de 26,95h/dia, tendo sido reduzido, com a implementação de todas as medidas mencionadas, para 19,67h/dia, gerando um ganho de 7,28h/dia. Assim este valor é bastante positivo e próximo dos objetivos iniciais (redução de aproximadamente 27%). Apesar disto, outras medidas que não puderem ser implementadas, nomeadamente a contratação de um colaborador extra, poderiam vir a atingir, na totalidade, os objetivos iniciais e a terem um impacto bastante positivo.

O seguinte gráfico (figura 48) ilustra a redução do tempo à medida que as medidas foram sendo implementadas.

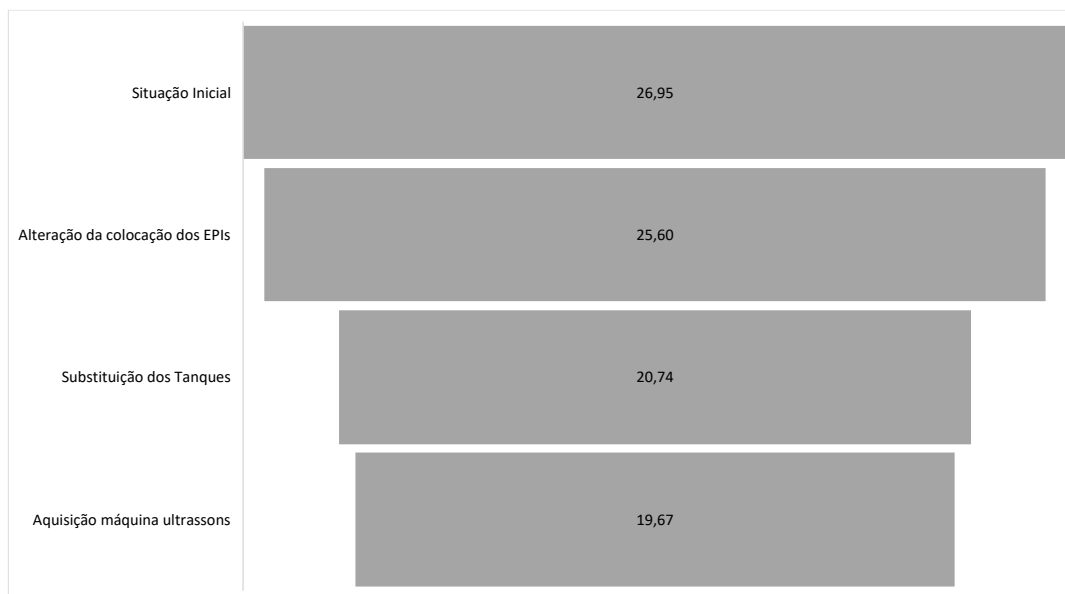


Figura 48: Tempo total estimado, em horas, despendido diariamente com processos de limpeza, em função das medidas propostas

De facto, e apesar de não se cumprir com o objetivo inicial, este estudo teve em análise diversos fatores para além da redução do tempo, tais como os fatores económicos, ambientais e sociais. Por esta razão, algumas medidas propostas reduziriam o tempo e fariam atingir o objetivo, contudo não compensavam ao analisar na globalidade.

Assim, considerando os custos com as estações de lavagem atuais e os ganhos com as 7,28h diárias de produção, é possível avaliar a nível económico as medidas implementadas.

Os custos iniciais com as horas gastas em lavagem, rondavam os 168 773€/ano, tendo-se reduzido para 123 182,4 €/ano, o que gerou ganhos de 45 590,6 €/ano. Apesar disto, foram colocados mais equipamentos nas estações de lavagem, aumentando o custo do aluguer de 26 611,68 €/ano para 32 616,1 €/ano. Portanto, avaliando na globalidade, o balanço foi bastante positivo, permitindo um ganho de 12 974,5 € anual, com a diminuição de 7,28h diárias associadas ao processo de limpeza.

Para além disso é de elevado destaque o facto de terem sido reduzidos os defeitos que, apesar de não ter sido possível contabilizar nível económico, uma vez que não existe distinção do tipo de defeitos causados pelo processo de coloração, foi dado um *feedback* positivo por parte dos chefes de equipa.

Importa ainda referir que se melhoraram as condições de trabalho dos colaboradores, já que as estações de lavagem estão mais limpas e organizadas e através da implementação dos tanques

jet100 e da máquina ultrassons, foi possível reduzir o esforço dos artesãos para efetuar a limpeza dos equipamentos.

4. Conclusão

Neste capítulo serão mencionadas as conclusões do trabalho desenvolvido, através da descrição das principais barreiras e limitações, bem como propostas de trabalho futuro para dar seguimento ao que não foi possível desenvolver no tempo útil do projeto.

4.1 Conclusões

O projeto desenvolvido na ATEPELI- Ateliers de Portugal, Lda, teve como objetivo principal reduzir o tempo em, aproximadamente, 30% do valor inicial despendido com as tarefas de limpeza dos equipamentos de coloração. Para cumprir com o objetivo proposto, foi feita uma análise de todo o processo de limpeza e recolheram-se vários dados, compreendendo-se que esta tarefa ocupa, diariamente, 26,95 horas do tempo de produção. Posteriormente analisaram-se as causas deste tempo e propuseram-se medidas que reduzissem o mesmo. As medidas propostas passaram por: reestruturações no *layout*, criação de instruções de trabalho, implementação de 5S, automatização do processo de limpeza, substituição dos tanques de lavagem, aquisição de *kits* de EPIs no posto de trabalho, colocação de lavatórios dispersos pelo *atelier*, formações aos colaboradores, aquisição de um equipamento com repositório de água, criação de um *kit* com material de limpeza nas estações de lavagem e, ainda, contratação de um colaborador dedicado à limpeza.

De uma forma geral, as medidas foram testadas, no entanto algumas destas soluções não foram implementadas, por decisão da empresa em não o fazer no imediato, ou porque o impacto destas, na sua globalidade, não era vantajoso.

De qualquer modo, os resultados da implementação foram positivos e bastante próximos do inicialmente proposto, permitindo reduzir, aproximadamente, 27% do tempo do processo de lavagem de equipamentos. Esta redução permitiu aumentar a produtividade dos colaboradores e, consequentemente, reduzir custos. Para além disto, foi possível cumprir com os restantes objetivos propostos, nomeadamente a melhoria das condições de trabalho dos artesãos e a diminuição de defeitos nas peças causados pela limpeza incorreta. Isto porque, por exemplo, no caso das pistolas, foi possível observar que estas, quando colocadas na máquina ultrassons, ficavam sem resíduos de outras tintas, garantindo que não passam partículas para os produtos. Para além disso, foi possível recuperar seis pistolas que tinham sido consideradas não conformes, pela limpeza inadequada que não permitia que o circuito de ar funcionasse na totalidade. Com esta máquina, espera-se que não voltem a surgir problemas como estes.

Apesar de tudo, surgiram algumas barreiras e limitações com a implementação deste projeto. Primeiramente destaca-se o facto de não ter sido possível contratar o colaborador extra, apesar de todo o estudo desenvolvido em relação a esta medida. Por esta razão, a aplicação da metodologia SMED acabou por, no momento, ficar condicionada. No entanto, estas ferramentas são um ciclo e exigem um trabalho contínuo, pelo que se iniciou, com este trabalho, a aplicação da mesma, apesar de não ter sido possível implementar tudo o que era pretendido.

Para além disso, destaca-se a dificuldade da colaboração dos artesãos no projeto, ou seja, apesar das formações e da colocação das instruções de trabalho, foi difícil demonstrar aos operadores as vantagens de colaborarem com este estudo. Além do mais, foi observado recorrentemente que estes não cumpriam a limpeza semanal das estações de lavagem, dificultando a melhoria das condições de trabalho nestas zonas. Por fim, é de realçar a inexistência de água limpa no *atelier* e as barreiras que existem para permitir criar estes postos e lavatórios, já que os esgotos industriais são reduzidos e todo este processo teria de envolver grandes investimentos.

4.2 Trabalhos futuros

Algumas tarefas essenciais não foram executadas durante os 8 meses de projeto, pelo que serão mencionadas algumas sugestões de trabalho futuro.

O primeiro ponto passa pelo acompanhamento do trabalho desenvolvido e o seguimento da metodologia SMED. Para além disso, deve garantir-se que não se gasta mais tempo do que o estipulado e que todos os colaboradores cumprem as instruções de trabalho. Destaca-se, ainda, a necessidade das auditorias de 5S, para garantir que são mantidas todas as condições de trabalho nas estações de lavagem.

Uma outra sugestão passa pela implementação da medida proposta relativamente à contratação de um colaborador extra responsável pela limpeza. Apesar da proposta, a empresa não quis avançar, nesta fase, para essa medida, sendo que é expectável que a sua implementação, no futuro, venha a ter um elevado impacto.

A nível da máquina ultrassons, não foi possível testar a monet na mesma, uma vez que não houve tempo, nos 8 meses de projeto, mas seria interessante avaliar o impacto desta máquina, no tempo de lavagem deste equipamento. Para além disso, como sugestão de trabalhos futuros, poderia, ainda, avaliar-se a possibilidade de lavar todos os equipamentos na máquina ultrassons.

Durante o desenvolvimento deste projeto, foi possível, de facto, compreender que existem equipamentos de coloração com finalidades semelhantes. Posto isto, seria interessante avaliar este ponto, uma vez que quanto menor a variabilidade de equipamentos, mais fácil é a implementação de qualquer sistema e melhorias.

Como sugestão de trabalho futuro, realça-se, por último, o facto de a empresa não fazer a distinção entre os defeitos de coloração, o que seria interessante para avaliar indicadores e permitir, eventualmente, atuar nas causas raiz.

Referências Bibliográficas

- Art of Lean, I. (2006). *Toyota Production System Basic Handbook*.
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of high impact Lean production tools in automobile industries using weighted average method. *Procedia Engineering, 97*, 2072–2080. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.450>
- Arunagiri, Poovendan, & Gnanavelbabu, A. (2013). *using Lean six sigma (LSS) systems. September 2014*.
- Bharambe, V., Patel, S., & Moradiya, P. (2020). Implementation of 5S in Industry: a Review. *Multidisciplinary International Research Journal of Gujarat Technological University, 2(1)*, 12.
- Bukhsh, M., Khan, M. A., Zaidi, I. H., Yaseen, R., Khalid, A., Razzaque, A., & Ali, M. (2021). Productivity improvement in textile industry using Lean manufacturing practices of 5s & single minute die exchange (Smed). *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 7374–7385*.
- Cakmakci, M. (2009). Process improvement: Performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 41(1–2)*, 168–179. <https://doi.org/10.1007/S00170-008-1434-4>
- Çakmakçi, R., Dönmez, M. F., & Erdoğan, Ü. (2007). The effect of plant growth promoting rhizobacteria on Barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 31(3)*, 189–199. <https://doi.org/10.3906/tar-0701-8>
- Chavan, Y. ., Jambhale, S. ., Kambale, R. K., Gharal, S. ., & Mulla, M. G. (2017). *Study and Implementation of First “S” Of “5S” In College Workshop: A Case Study - The University of Auckland. 8(4)*, 300–305.
- Dave, Y., & Sohani, N. (2012). *Single Minute Exchange of Dies: Literature Review*.
- Dennis, P. (2007). *Lean production simplified*. Productivity Press.
- Emiliani, M. L. (2008). Standardized work for executive leadership. *Leadership and Organization Development Journal, 29(1)*, 24–46. <https://doi.org/10.1108/01437730810845289>

- Feng, P. P., & Ballard, G. (2008). Standard work from a Lean theory perspective. *Proceedings of IGLC16: 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, May*, 703–712.
- Ferradás, P. G., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7(December 2013), 598–603.
<https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.039>
- Grzybowska, K., & Gajdzik, B. (2012). Optymisation of equipment setup processes in enterprises. *Metalurgija*, 51(4), 555–558.
- Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). Trading off between heijunka and just-in-sequence. *International Journal of Production Economics*, 118(2), 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.12.014>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key To Japan's Competitive Success*.
- Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*.
- Jones, E. C., Parast, M. M., & Adams, S. G. (2010). A framework for effective Six Sigma implementation. *Total Quality Management and Business Excellence*, 21(4), 415–424.
<https://doi.org/10.1080/14783361003606720>
- Karasu, M. K., & Salum, L. (2018). FIS-SMED: a fuzzy inference system application for plastic injection mold changeover. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1–4), 545–559. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0799-7>
- Kocbek, M., Jošt, G., Heričko, M., & Polančič, G. (2015). Business process model and notation: The current state of affairs. *Computer Science and Information Systems*, 12(2), 509–539.
<https://doi.org/10.2298/CSIS140610006K>
- Kochańska, J., & Burduk, A. (2019). Rationalization of retooling process with use of SMED and simulation tools. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 854, 303–312.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-99993-7_27
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

- Marin-Garcia, J. A., Juarez-Tarraga, A., & Santandreu-Mascarell, C. (2018). Kaizen philosophy: The keys of the permanent suggestion systems analyzed from the workers' perspective. *TQM Journal*, 30(4), 296–320. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2017-0176>
- Maware, C., & Adetunji, O. (2019). *Lean manufacturing implementation in Zimbabwean industries: Impact on operational performance*. <https://doi.org/10.1177/1847979019859790>
- McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's "SMED" (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, 38(11), 2377–2395. <https://doi.org/10.1080/00207540050031823>
- Monden, Y. (1994). *Toyota Production System An Integrated Approach to Just-In-Time* (1th ed.). Institute of Industrial Engineers.
- Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2019). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), 899–919. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
- Morgan, J. M., & Liker, J. K. (2006). *"The Toyota Product Development System Integrating People, Process, and Technology."* Taylor & Francis Group, LLC.
- Morgan, S., & Stewart, A. (2017). Continuous Improvement of Team Assignments: Using a Web-Based Tool and the Plan-Do-Check-Act Cycle in Design and Redesign. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, 15(3), 303–324. <https://doi.org/10.1111/dsji.12132>
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Oropesa, V. M., García, A. J. L., Maldonado, M. A. A., & Martínez, L. V. (2016). The impact of managerial commitment and Kaizen benefits on companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27, 692–712.

- Ortiz, C. A. (2006). *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. CRC Press.
- Pellegrini, S., Shetty, D., & Manzione, L. (2012). Study and implementation of single minute exchange of die (SMED) methodology in a setup reduction kaizen. *3rd 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 3-6 July 2012*, 2353–2363.
- Pena, R. (2005). *Metodologia da Árvore*. AEP (Associação Empresarial de Portugal).
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras* (6ª Edição).
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(11).
<https://doi.org/10.3390/app8112181>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rosin, F., & Forget, P. (2019). Samir Lamouri & Robert Pellerin (2020) Impacts of Industry 4.0 technologies on Lean principles. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1644–1661. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1672902>
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*.
- Rundle, R. (2019). *Deming Cycle PDCA – Plan Do Check Act Journal in Daily Life TOYOTA way*.
- Russell, R. S., & Taylor, B. W. (2019). *Operations and Supply Chain Management* (10th Edition).
- Sangpikul, A. (2017). Implementing academic service learning and the PDCA cycle in a marketing course: Contributions to three beneficiaries. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport and Tourism Education*, 21(March), 83–87. <https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2017.08.007>
- Saravanan, V., Nallusamy, S., & Balaji, K. (2018). Lead Time Reduction through Execution of Lean Tool for Productivity Enhancement in Small Scale Industries. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 34(May 2021), 116–127.

<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.34.116>

- Sarkar, D. (2006). *5S for Service Organizations and Offices: A Lean Look at Improvements* (ASQ Quality Press (ed.)).
- Schimpl, M., Moore, C., Lederer, C., Neuhaus, A., Sambrook, J., Danesh, J., Ouwehand, W., & Daumer, M. (2011). Association between walking speed and age in healthy, free-living individuals using mobile accelerometry—a cross-sectional study. *PLoS ONE*, 6(8).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0023299>
- Schroeder, M., Shook, J., & Alexis. (2008). *Lean lexicon: A graphical glossary for Lean thinkers*. (L. E. Institute (ed.)).
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press.
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Singh Sidhu, B., Kumar, V., & Bajaj, A. (2013). The “5S” Strategy by Using PDCA Cycle for Continuous Improvement of the Manufacturing Processes in Agriculture Industry. *International Journal of Research in Industrial Engineering Journal Homepage*, 2(3), 10–23.
www.nvlscience.com/index.php/ijrie
- Stevenson, W. J. (2012). *Operations Management* (13^a). McGraw-Hill Education.
- Stone, K. B. (2012). Four decades of Lean: A systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 3(2), 112–132. <https://doi.org/10.1108/20401461211243702>
- Suzaki, K. (2013). *Gestão no chão da fábrica Lean*. LeanOp Press.
- Thürer, M., Tomašević, I., & Stevenson, M. (2017). On the meaning of ‘Waste’: review and definition. *Production Planning and Control*, 28(3), 244–255.
<https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1264640>

Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 18(3–4), 205–214. [https://doi.org/10.1016/S0736-5845\(02\)00011-X](https://doi.org/10.1016/S0736-5845(02)00011-X)

Willis, D. (2013). *Process Implementation Through 5S: Laying the Foundation for Lean* (P. Press (ed.); 1st editio).

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*.

Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production- Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry*.

Anexos

Anexo 1: Formulário do registo horário de utilização das zonas de lavagem

| REGISTO DE HORÁRIO UTILIZAÇÃO ÁREAS DE LAVAGEM | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Instrução: Sempre que for utilizado o posto de lavagem, indicar com um traço no horário correspondente. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hora/Data | 08/nov | 09/nov | 10/nov | 12/nov | 15/nov | 16/nov | 17/nov | 18/nov | 19/nov | 22/nov | 23/nov | 24/nov | 25/nov | 26/nov | 29/nov | 30/nov |
| 5:30-6:30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6:30-7:30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7:30-8:30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8:30-9:30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9:30-10:30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10:30-11:30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11:30-12:30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12:30-13:30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14:00-15:00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15:00-16:00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16:00-17:00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17:00-18:00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18:00-19:00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19:00-20:00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20:00-21:00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21:00-22:00 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 2: Formulário de registo do número de vezes que os equipamentos lavados, na zona de lavagem 2

| REGISTO DE UTILIZAÇÃO ÁREAS DE LAVAGEM | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-----------------|------|--------------------|-------|-------|-----------------|------|-------------------|-------|
| Instrução: Sempre que for utilizado o posto de lavagem, indicar com um traço no turno e na linha correspondente. | | | | | | | | | | | |
| Linha | | M2 | | | | | M7 | | | | |
| Data | Turno | Stiff | Galli Polycolor | MAC2 | Pistolas Coloração | Monet | Stiff | Galli Polycolor | MAC2 | Pistola coloração | Monet |
| 24/nov | A | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | |
| 25/nov | A | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | |
| 26/nov | A | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | |
| 29/nov | A | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | |
| 30/nov | A | | | | | | | | | | |
| | B | | | | | | | | | | |

Anexo 3: Estimativa do tempo gasto com deslocações, dos postos de trabalho às estações de lavagem, em segundos

| Linha P2 | | | | | | |
|-----------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 1 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| Stiff | 1 | 9,9 | [m] | 7,9 | [s] | 9,2 |
| | 2 | 13,6 | [m] | 10,9 | [s] | |
| | 3 | 14,6 | [m] | 11,7 | [s] | |
| | 4 | 8,7 | [m] | 7,0 | [s] | |
| | 5 | 9,5 | [m] | 7,6 | [s] | |
| | 6 | 12,6 | [m] | 10,0 | [s] | |
| Monet | 7 | 18,6 | [m] | 14,9 | [s] | 14,9 |
| | 8 | 18,6 | [m] | 14,9 | [s] | |
| Pistolas de coloração | 9 | 6,0 | [m] | 4,8 | [s] | 4,8 |

| Linha M2 | | | | | | |
|-------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 2 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| Stiff | 1 | 4,2 | [m] | 3,4 | [s] | 3,4 |
| MAC-2 | 2 | 1,8 | [m] | 1,4 | [s] | 2,3 |
| | 3 | 3,9 | [m] | 3,1 | [s] | |
| Monet | 4 | 2,1 | [m] | 1,7 | [s] | 1,7 |
| Galli Polycolor | 5 | 2,0 | [m] | 1,6 | [s] | 1,6 |

| Linha M1 | | | | | | |
|-----------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 3 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| MAC2 | 1 | 23,24 | [m] | 18,6 | [s] | 18,6 |
| Stiff | 2 | 21,5 | [m] | 17,2 | [s] | 15,9 |
| | 3 | 19,7 | [m] | 15,8 | [s] | |
| | 4 | 18,3 | [m] | 14,6 | [s] | |
| Pistolas de coloração | 5 | 24,1 | [m] | 19,3 | [s] | 19,3 |
| Monet | 6 | 25,1 | [m] | 20,1 | [s] | 20,1 |

| Linha M7 | | | | | | |
|-----------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 2 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| MAC2 | 1 | 17,7 | [m] | 14,1 | [s] | 14,1 |
| Stiff | 2 | 19,5 | [m] | 15,6 | [s] | 17,7 |
| | 3 | 22,9 | [m] | 18,3 | [s] | |
| | 4 | 23,9 | [m] | 19,2 | [s] | |
| Pistolas de coloração | 5 | 19,5 | [m] | 15,6 | [s] | 15,6 |
| Monet | 6 | 20,6 | [m] | 16,5 | [s] | 16,5 |

| Linha M4 | | | | | | |
|-----------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 3 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| MAC2 | 1 | 31,8 | [m] | 25,4 | [s] | 25,4 |
| | 2 | 29,9 | [m] | 23,9 | [s] | |
| Stiff | 3 | 28,1 | [m] | 22,5 | [s] | 22,5 |
| | 4 | 26,3 | [m] | 21,1 | [s] | |
| Pistolas de coloração | 5 | 32,8 | [m] | 26,3 | [s] | 26,3 |

| Linha M5 | | | | | | |
|-------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 4 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| MAC2 | 1 | 1,0 | [m] | 0,8 | [s] | 0,8 |
| Galli Polycolor | 2 | 3,6 | [m] | 2,9 | [s] | 3,8 |
| | 3 | 4,5 | [m] | 3,6 | [s] | |
| | 4 | 5,5 | [m] | 4,4 | [s] | |
| | 5 | 6,1 | [m] | 4,9 | [s] | |
| | 6 | 4,3 | [m] | 3,5 | [s] | |
| Monet | 7 | 3,5 | [m] | 2,8 | [s] | 2,8 |

| Linha M3 | | | | | | |
|-----------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 4 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| Stiff | 1 | 14,8 | [m] | 11,9 | [s] | 13,6 |
| | 2 | 16,8 | [m] | 13,4 | [s] | |
| | 3 | 17,6 | [m] | 14,1 | [s] | |
| | 4 | 18,9 | [m] | 15,1 | [s] | |
| MAC2 | 5 | 15,9 | [m] | 12,7 | [s] | 12,7 |
| Galli Polycolor | 6 | 17,1 | [m] | 13,7 | [s] | 14,0 |
| | 7 | 18,0 | [m] | 14,4 | [s] | |
| Pistolas de coloração | 8 | 12,7 | [m] | 10,2 | [s] | 10,2 |

| Linha M6 | | | | | | |
|-----------------------|----|-----------|-----|-------|-----|-------------|
| Zona de lavagem 4 | | | | | | |
| Equipamento | Nº | Distância | | Tempo | | Tempo Médio |
| Stiff | 1 | 24,1 | [m] | 19,2 | [s] | 19,2 |
| | 2 | 26,4 | [m] | 21,1 | [s] | |
| | 3 | 27,6 | [m] | 22,1 | [s] | |
| | 4 | 25,8 | [m] | 20,6 | [s] | |
| | 5 | 22,6 | [m] | 18,1 | [s] | |
| Pistolas de coloração | 6 | 29,1 | [m] | 23,3 | [s] | 23,3 |

Anexo 4: Duração média das etapas do processo da limpeza da parte amovível, por equipamento, em segundos

| Stiff | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|------------|----------------|-------------------------|
| Tempos (em segundos) | | | | | | |
| Observação | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque | | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| | | | Manual | Automática | | |
| 1 | 33 | 15 | 268 | 100 | 33 | 14 |
| 2 | 42 | 17 | 296 | 132 | 40 | 27 |
| 3 | 45 | 15 | 246 | 135 | 29 | 23 |
| 4 | 36 | 21 | 302 | 129 | 27 | 25 |
| 5 | 40 | 16 | 293 | 125 | 31 | 21 |
| 6 | 38 | 21 | 204 | 139 | 30 | 30 |
| 7 | 39 | 19 | 301 | 126 | 33 | 39 |
| 8 | 41 | 18 | 289 | 113 | 25 | 37 |
| 9 | 35 | 15 | 306 | 120 | 30 | 18 |
| 10 | 39 | 17 | 338 | 113 | 33 | 38 |
| 11 | | 20 | 339 | | 36 | |
| 12 | | 21 | 260 | | 41 | |
| 13 | | 14 | 248 | | 26 | |
| 14 | | 19 | 303 | | 27 | |
| 15 | | 17 | 287 | | 31 | |
| 16 | | 15 | 215 | | 34 | |
| 17 | | 15 | 340 | | 26 | |
| 18 | | 16 | 241 | | 33 | |
| 19 | | 19 | | | | |
| Média | 39 | 17 | 282 | 123 | 31 | 27 |

| Stiff | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-------------------|------------|----------------|-------------------------|
| Valores das primeiras 10 observações (em segundos) | | | | | | |
| | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque | | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| | | | Manual | Automática | | |
| Média (t/) | 38,8 | 17,4 | 284,3 | 123,2 | 31,1 | 27,2 |
| Desvio Padrão (S) | 3,5 | 2,3 | 37,1 | 11,9 | 4,1 | 8,7 |
| Nível de confiança | 95% | | | | | |
| Z | 1,96 | | | | | |
| Precisão (P) | 6% | | | | | |
| Número de observações mínimo | 9 | 19 | 18 | 10 | 18 | 109 |

| MAC2 | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|------------|----------------|-------------------------|
| Tempos (em segundos) | | | | | | |
| Observação | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque | | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| | | | Manual | Automática | | |
| 1 | 82 | 16 | 162 | 83 | 25 | 27 |
| 2 | 67 | 18 | 135 | 105 | 31 | 35 |
| 3 | 78 | 14 | 142 | 98 | 27 | 44 |
| 4 | 69 | 13 | 123 | 91 | 32 | 36 |
| 5 | 94 | 16 | 171 | 79 | 26 | 41 |
| 6 | 76 | 19 | 142 | 109 | 23 | 32 |
| 7 | 77 | 15 | 151 | 94 | 28 | 39 |
| 8 | 63 | 14 | 147 | 82 | 24 | 43 |
| 9 | 71 | 13 | 139 | 103 | 29 | 24 |
| 10 | 86 | 16 | 153 | 81 | 31 | 43 |
| 11 | 95 | 15 | | 79 | 26 | |
| 12 | 89 | 17 | | 84 | 33 | |
| 13 | 67 | 14 | | 96 | 30 | |
| 14 | 53 | 19 | | 106 | 27 | |
| 15 | 81 | 13 | | 91 | | |
| 16 | 68 | 15 | | | | |
| 17 | | 14 | | | | |
| 18 | | 16 | | | | |
| 19 | | | | | | |
| Média | 76 | 15 | 147 | 92 | 28 | 36 |

| MAC2 | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-------------------|------------|----------------|-------------------------|
| Valores das primeiras 10 observações (em segundos) | | | | | | |
| | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque | | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| | | | Manual | Automática | | |
| Média (t/) | 76,3 | 15,4 | 146,5 | 92,5 | 27,6 | 36,4 |
| Desvio Padrão (S) | 9,4 | 2,0 | 13,7 | 11,0 | 3,1 | 7,0 |
| Nível de confiança | 95% | | | | | |
| Z | 1,96 | | | | | |
| Precisão (P) | 6% | | | | | |
| Número de observações mínimo | 16 | 18 | 9 | 15 | 14 | 39 |

| Galli Polycolor | | | | | | |
|----------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|------------|----------------|-------------------------|
| Tempos (em segundos) | | | | | | |
| Observação | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque | | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| | | | Manual | Automática | | |
| 1 | 53 | 12 | 139 | 91 | 17 | 29 |
| 2 | 64 | 15 | 132 | 99 | 20 | 38 |
| 3 | 73 | 12 | 127 | 85 | 13 | 27 |
| 4 | 59 | 14 | 164 | 97 | 16 | 59 |
| 5 | 67 | 11 | 159 | 77 | 15 | 36 |
| 6 | 58 | 16 | 154 | 84 | 13 | 27 |
| 7 | 66 | 15 | 151 | 92 | 15 | 33 |
| 8 | 49 | 12 | 159 | 88 | 19 | 49 |
| 9 | 60 | 11 | 112 | 75 | 16 | 30 |
| 10 | 73 | 13 | 142 | 99 | 17 | 36 |
| 11 | | 16 | 155 | 101 | 21 | |
| 12 | | 12 | 108 | 79 | 23 | |
| 13 | | 14 | 133 | | 14 | |
| 14 | | 15 | 109 | | 12 | |
| 15 | | 16 | | | 20 | |
| 16 | | 12 | | | 17 | |
| 17 | | 11 | | | 20 | |
| 18 | | 13 | | | 13 | |
| 19 | | 15 | | | 12 | |
| 20 | | 13 | | | 15 | |
| 21 | | | | | 16 | |
| Média | 62 | 13 | 139 | 89 | 16 | 36 |

| Galli Polycolor | | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-------------------|------------|----------------|-------------------------|
| Valores das primeiras 10 observações (em segundos) | | | | | | |
| | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque | | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| | | | Manual | Automática | | |
| Média (t/) | 62,2 | 13,1 | 143,9 | 88,7 | 16,1 | 36,4 |
| Desvio Padrão (S) | 7,9 | 1,8 | 16,6 | 8,6 | 2,3 | 10,3 |
| Nível de confiança | 95% | | | | | |
| Z | 1,96 | | | | | |
| Precisão (P) | 6% | | | | | |
| Número de observações mínimo | 17 | 20 | 14 | 10 | 21 | 86 |

| Monet | | | | | |
|----------------------|----------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| Tempos (em segundos) | | | | | |
| Observação | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| | | | Manual | | |
| 1 | 19 | 23 | 221 | 21 | 19 |
| 2 | 13 | 19 | 198 | 23 | 15 |
| 3 | 14 | 22 | 213 | 26 | 10 |
| 4 | 8 | 25 | 222 | 17 | 10 |
| 5 | 18 | 22 | 205 | 23 | 18 |
| 6 | 19 | 27 | 199 | 20 | 15 |
| 7 | 20 | 24 | 232 | 21 | 20 |
| 8 | 14 | 28 | 201 | 25 | 14 |
| 9 | 21 | 23 | 211 | 27 | 11 |
| 10 | 17 | 25 | 194 | 22 | 13 |
| 11 | 9 | 22 | | 26 | 19 |
| 12 | 17 | 30 | | 24 | 20 |
| 13 | 13 | 27 | | 21 | 15 |
| 14 | 13 | | | 18 | 13 |
| 15 | 18 | | | 27 | 11 |
| 16 | 14 | | | 25 | 11 |
| 17 | 15 | | | 23 | 10 |
| 18 | 14 | | | 20 | 11 |
| 19 | 11 | | | 22 | 35 |
| 20 | 19 | | | | 12 |
| 21 | 15 | | | | 11 |
| Média | 15 | 24 | 210 | 23 | 15 |

| Monet | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------------------|
| Valores das primeiras 10 observações (em segundos) | | | | | |
| | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| | | | Manual | | |
| Média (t/) | 16,3 | 23,8 | 209,6 | 22,5 | 14,5 |
| Desvio Padrão (S) | 4,0 | 2,6 | 12,4 | 3,0 | 3,6 |
| Nível de confiança | 95% | | | | |
| Z | 1,96 | | | | |
| Precisão (P) | 6% | | | | |
| Número de observações mínimo | 64 | 13 | 4 | 19 | 67 |

| Pistolas de coloração | | | | | |
|-----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| Tempos (em segundos) | | | | | |
| Observação | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque Manual | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| 1 | 14 | 15 | 390 | 9 | 8 |
| 2 | 10 | 13 | 429 | 13 | 5 |
| 3 | 12 | 11 | 421 | 10 | 5 |
| 4 | 11 | 13 | 399 | 11 | 8 |
| 5 | 15 | 12 | 428 | 14 | 10 |
| 6 | 16 | 16 | 345 | 11 | 9 |
| 7 | 9 | 11 | 442 | 12 | 11 |
| 8 | 16 | 15 | 346 | 11 | 13 |
| 9 | 11 | 14 | 406 | 13 | 7 |
| 10 | 10 | 12 | 376 | 10 | 8 |
| 11 | 8 | 15 | | 9 | 12 |
| 12 | 15 | 12 | | 14 | 13 |
| 13 | 10 | 11 | | 13 | 13 |
| 14 | 14 | 11 | | 10 | 8 |
| 15 | 9 | 14 | | 12 | 6 |
| 16 | 10 | 12 | | 16 | 11 |
| 17 | 8 | 13 | | 10 | 11 |
| 18 | 17 | 11 | | 12 | 6 |
| 19 | 9 | 14 | | 14 | 5 |
| 20 | 13 | | | 15 | 11 |
| 21 | | | | | |
| Média | 12 | 13 | 398 | 12 | 9 |

| Pistolas de coloração | | | | | |
|--|----------------------------|--------------------|--------------------------|----------------|-------------------------|
| Valores das primeiras 10 observações (em segundos) | | | | | |
| | Desencaixar parte amovível | Verter os resíduos | Lavagem no tanque Manual | Secar com pano | Encaixar parte amovível |
| Média (t/) | 12,4 | 13,2 | 398,2 | 11,4 | 8,4 |
| Desvio Padrão (S) | 2,6 | 1,8 | 34,1 | 1,6 | 2,5 |
| Nível de confiança | 95% | | | | |
| Z | 1,96 | | | | |
| Precisão (P) | 6% | | | | |
| Número de observações mínimo | 48 | 19 | 8 | 20 | 95 |

Anexo 5: Estimativa do tempo gasto com a limpeza das partes amovíveis na situação inicial, por linha, em segundos

| Linha M1 | | Equipamento | | | |
|--|---|-------------|------|----------------------|-------|
| Etapa | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistola de coloração | Monet |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 16 | 19 | 19 | 20 |
| 2 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 16 | 19 | 19 | 20 |
| 4 | Desencaixar a parte móvel | 39 | 76 | 12 | 15 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 16 | 19 | 19 | 20 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 17 | 15 | 13 | 24 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 282 | 147 | 398 | 210 |
| 8 | Secar com um pano | 31 | 28 | 12 | 23 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 16 | 19 | 19 | 20 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 27 | 36 | 9 | 15 |
| 11 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 498 | 415 | 560 | 406 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 5278 | 1784 | 2471 | 789 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 10321 | | | |

| Linha M7 | | Equipamento | | | |
|--|---|-------------|------|----------------------|-------|
| Etapa | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistola de coloração | Monet |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 18 | 14 | 16 | 16 |
| 2 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 18 | 14 | 16 | 16 |
| 4 | Desencaixar a parte móvel | 39 | 76 | 12 | 15 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 18 | 14 | 16 | 16 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 17 | 15 | 13 | 24 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 282 | 147 | 398 | 210 |
| 8 | Secar com um pano | 31 | 28 | 12 | 23 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 18 | 14 | 16 | 16 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 27 | 36 | 9 | 15 |
| 11 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 506 | 398 | 545 | 392 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 4909 | 1777 | 2631 | 830 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 10147 | | | |

| Linha M4 | | Equipamento | | |
|--|---|-------------|------|----------------------|
| Etapa | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistola de coloração |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 23 | 25 | 26 |
| 2 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 23 | 25 | 26 |
| 4 | Desencaixar a parte móvel | 39 | 76 | 12 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 23 | 25 | 26 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 17 | 15 | 13 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 282 | 147 | 398 |
| 8 | Secar com um pano | 31 | 28 | 12 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 23 | 25 | 26 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 27 | 36 | 9 |
| 11 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 525 | 443 | 588 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 6207 | 1901 | 2664 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 10772 | | |

| Linha P2 | | Equipamento | | |
|--|---|-------------|----------------------|-------|
| Etapa | Procedimento: | Stiff | Pistola de coloração | Monet |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 9 | 5 | 15 |
| 2 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 9 | 5 | 15 |
| 4 | Desencaixar a parte móvel | 39 | 12 | 15 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 9 | 5 | 15 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 17 | 13 | 24 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 282 | 398 | 210 |
| 8 | Secar com um pano | 31 | 12 | 23 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 9 | 5 | 15 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 27 | 9 | 15 |
| 11 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 472 | 502 | 386 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 8269 | 1418 | 2313 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 12000 | | |

MELHORIA DO PROCESSO DE LIMPEZA DE EQUIPAMENTOS DE COLORAÇÃO DE UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES DE MARROQUINARIA

| Linha M2 | | Equipamento | | | |
|--|---|-------------|------|-------|-----------------|
| Etapa | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Monet | Galli Polycolor |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 2 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | Desencaixar a parte móvel | 39 | 76 | 15 | 62 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 17 | 15 | 24 | 13 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 282 | 147 | 210 | 143 |
| 8 | Secar com um pano | 31 | 28 | 23 | 16 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 27 | 36 | 15 | 36 |
| 11 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 448 | 350 | 333 | 315 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 1794 | 3006 | 1038 | 607 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 6444 | | | |

| Linha M5 (com máquina M112) | | Equipamento | | |
|--|---|-------------|-------|-----------------|
| Etapa | Procedimento: | MAC2 | Monet | Galli Polycolor |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 1 | 3 | 4 |
| 2 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 1 | 3 | 4 |
| 4 | Desencaixar a parte móvel | 76 | 15 | 62 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 1 | 3 | 4 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 15 | 24 | 13 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 92 | 210 | 89 |
| 8 | Secar com um pano | 28 | 23 | 16 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 1 | 3 | 4 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 36 | 15 | 36 |
| 11 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 289 | 337 | 270 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 1395 | 555 | 7665 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 9616 | | |

| Linha M3 (com máquina M112) | | Equipamento | | | |
|--|---|-------------|------|-----------------------|-----------------|
| Etapa | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistolas de coloração | Galli Polycolor |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 14 | 13 | 10 | 14 |
| 2 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 14 | 13 | 10 | 14 |
| 4 | Desencaixar a parte móvel | 39 | 76 | 12 | 62 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 14 | 13 | 10 | 14 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 17 | 15 | 13 | 13 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 123 | 92 | 398 | 89 |
| 8 | Secar com um pano | 31 | 28 | 12 | 16 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 14 | 13 | 10 | 14 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 27 | 36 | 9 | 36 |
| 11 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 331 | 337 | 524 | 311 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 4083 | 1446 | 2311 | 2232 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 10072 | | | |

| Linha M6 (com máquina M112) | | Equipamento | |
|--|---|-------------|-----------------------|
| Etapa | Procedimento: | Stiff | Pistolas de coloração |
| 1 | Deslocar-se à estação de lavagem | 19 | 23 |
| 2 | Colocar os EPis | 22 | 22 |
| 3 | Regressar ao posto de trabalho | 19 | 23 |
| 4 | Desencaixar a parte móvel | 39 | 12 |
| 5 | Deslocar-se à estação de lavagem | 19 | 23 |
| 6 | Verter o resto dos materiais num recipiente | 17 | 13 |
| 7 | Efetuar lavagem do componente | 123 | 398 |
| 8 | Secar com um pano | 31 | 12 |
| 9 | Regressar ao posto de trabalho | 19 | 23 |
| 10 | Encaixar a parte móvel | 27 | 9 |
| 11 | Retirar EPis | 17 | 17 |
| Duração processo de limpeza, por equipamento | | 353 | 576 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 5253 | 2542 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 7795 | |

Anexo 6: Duração média das etapas do processo da limpeza dos tanques das stiffs, em segundos

| Tanques das Stiffs | | | | |
|-----------------------|------------------------|------------------|-------------------------|---|
| Duração (em segundos) | | | | |
| Observação | Remover água do tanque | Verter água suja | Encher balde água limpa | Encher o tanque da stiff com água limpa |
| 1 | 161 | 44 | 66 | 36 |
| 2 | 163 | 38 | 62 | 38 |
| 3 | 171 | 36 | 52 | 37 |
| 4 | 139 | 37 | 63 | 42 |
| 5 | 155 | 41 | 60 | 39 |
| 6 | 141 | 33 | 62 | 43 |
| 7 | 168 | 39 | 57 | 44 |
| 8 | 157 | 36 | 49 | 38 |
| 9 | 161 | 40 | 54 | 39 |
| 10 | 191 | 35 | 56 | 35 |
| Média | 161 | 38 | 58 | 39 |

| Tanques das Stiffs | | | | |
|--|------------------------|------------------|-------------------------|---|
| Valores das primeiras 10 observações (em segundos) | | | | |
| Observação | Remover água do tanque | Verter água suja | Encher balde água limpa | Encher o tanque da stiff com água limpa |
| Média (t/) | 160,7 | 37,9 | 58,1 | 39,1 |
| Desvio Padrão (S) | 14,9 | 3,2 | 5,4 | 3,0 |
| Nível de confiança | 95% | | | |
| Z | 1,96 | | | |
| Precisão (P) | 6% | | | |
| Número de observações mínimo | 9 | 8 | 9 | 6 |

Anexo 7: Estimativa do tempo gasto com a limpeza dos tanques das stiff na situação inicial, por linha, em segundos

| Linha M1 | | |
|---|---|-------------|
| Etapa | Procedimento: | Duração: |
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde | 161 |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde | 39 |
| 3 | Verter a água contaminada | 38 |
| 4 | Encher balde com água limpa | 58 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde | 39 |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa | 39 |
| Duração do processo de limpeza dos tanques | | 373 |
| Tempo diário despendido com a limpeza (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 2237 |

| Linha M7 | | |
|---|---|-------------|
| Etapa | Procedimento: | Duração: |
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde | 161 |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde | 48 |
| 3 | Verter a água contaminada | 38 |
| 4 | Encher balde com água limpa | 58 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde | 48 |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa | 39 |
| Duração do processo de limpeza dos tanques | | 392 |
| Tempo diário despendido com a limpeza (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 2351 |

| Linha M4 | | |
|---|---|-------------|
| Etapa | Procedimento: | Duração: |
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde | 161 |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde | 42 |
| 3 | Verter a água contaminada | 38 |
| 4 | Encher balde com água limpa | 58 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde | 42 |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa | 39 |
| Duração do processo de limpeza dos tanques | | 380 |
| Tempo diário despendido com a limpeza (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 2281 |

| Linha P2 | | |
|---|---|-------------|
| Etapa | Procedimento: | Duração: |
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde | 161 |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde | 48 |
| 3 | Verter a água contaminada | 38 |
| 4 | Encher balde com água limpa | 58 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde | 48 |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa | 39 |
| Duração do processo de limpeza dos tanques | | 391 |
| Tempo diário despendido com a limpeza (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 4697 |

| Linha M2 | | |
|---|---|------------|
| Etapa | Procedimento: | Duração: |
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde | 161 |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde | 37 |
| 3 | Verter a água contaminada | 38 |
| 4 | Encher balde com água limpa | 58 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde | 37 |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa | 39 |
| Duração do processo de limpeza dos tanques | | 370 |
| Tempo diário despendido com a limpeza (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 741 |

MELHORIA DO PROCESSO DE LIMPEZA DE EQUIPAMENTOS DE COLORAÇÃO DE UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES DE MARROQUINARIA

| Linha M3 | | |
|---|---|-----------------|
| Etapa | Procedimento: | Duração: |
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde | 161 |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde | 65 |
| 3 | Verter a água contaminada | 38 |
| 4 | Encher balde com água limpa | 58 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde | 65 |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa | 39 |
| Duração do processo de limpeza dos tanques | | 425 |
| Tempo diário despendido com a limpeza (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 3401 |

| Linha M6 | | |
|---|---|-----------------|
| Etapa | Procedimento: | Duração: |
| 1 | Remover a água contaminada do tanque para um balde | 161 |
| 2 | Deslocar-se aos pontos de recolha de água com o balde | 60 |
| 3 | Verter a água contaminada | 38 |
| 4 | Encher balde com água limpa | 58 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho com o balde | 60 |
| 6 | Encher o tanque da stiff com água limpa | 39 |
| Duração do processo de limpeza dos tanques | | 416 |
| Tempo diário despendido com a limpeza (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 4158 |

Anexo 8: Estimativa dos tempos gastos pelos artesãos, em segundos, com a contratação de um responsável de limpeza

| Linha M1 | | Equipamento | | | |
|---|---|-------------|------|----------------------|-------|
| Etapas | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistola de coloração | Monet |
| 1 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 2 | Desencaixar a parte amovível | 39 | 76 | 12 | 15 |
| 3 | Deslocar-se até ao começo da linha | 4 | 8 | 7 | 8 |
| 4 | Efetuar troca parte amovível suja, pela limpa | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho | 4 | 8 | 7 | 8 |
| 6 | Encaixe parte amovível | 27 | 36 | 9 | 15 |
| 7 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Tempo gasto pelo artesão com o processo de limpeza, por equipamento | | 129 | 182 | 89 | 99 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 1364 | 782 | 394 | 192 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 2731 | | | |

| Linha M7 | | Equipamento | | | |
|---|---|-------------|------|----------------------|-------|
| Etapas | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistola de coloração | Monet |
| 1 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 2 | Desencaixar a parte amovível | 39 | 76 | 12 | 15 |
| 3 | Deslocar-se até ao começo da linha | 4 | 8 | 7 | 7 |
| 4 | Efetuar troca parte amovível suja, pela limpa | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho | 4 | 8 | 7 | 7 |
| 6 | Encaixe parte amovível | 27 | 36 | 9 | 15 |
| 7 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Tempo gasto pelo artesão com o processo de limpeza, por equipamento | | 129 | 182 | 89 | 99 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 1250 | 813 | 431 | 210 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 2703 | | | |

| Linha M4 | | Equipamento | | |
|---|---|-------------|------|----------------------|
| Etapas | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistola de coloração |
| 1 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 |
| 2 | Desencaixar a parte amovível | 39 | 76 | 12 |
| 3 | Deslocar-se até ao começo da linha | 6 | 9 | 9 |
| 4 | Efetuar troca parte amovível suja, pela limpa | 15 | 15 | 15 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho | 6 | 9 | 9 |
| 6 | Encaixe parte amovível | 27 | 36 | 9 |
| 7 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 |
| Tempo gasto pelo artesão com o processo de limpeza, por equipamento | | 132 | 184 | 93 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 1561 | 790 | 421 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 2772 | | |

| Linha P2 | | Equipamento | | |
|---|---|-------------|----------------------|-------|
| Etapas | Procedimento: | Stiff | Pistola de coloração | Monet |
| 1 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 |
| 2 | Desencaixar a parte amovível | 39 | 12 | 15 |
| 3 | Deslocar-se até ao começo da linha | 14 | 8 | 18 |
| 4 | Efetuar troca parte amovível suja, pela limpa | 15 | 15 | 15 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho | 14 | 8 | 18 |
| 6 | Encaixe parte amovível | 27 | 9 | 15 |
| 7 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 |
| Tempo gasto pelo artesão com o processo de limpeza, por equipamento | | 148 | 91 | 120 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 2594 | 257 | 720 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 3571 | | |

MELHORIA DO PROCESSO DE LIMPEZA DE EQUIPAMENTOS DE COLORAÇÃO DE UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE COMPONENTES DE MARROQUINARIA

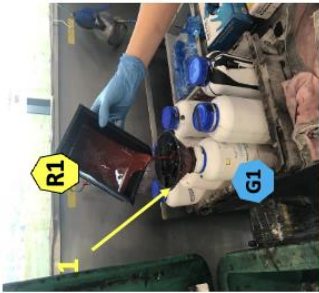
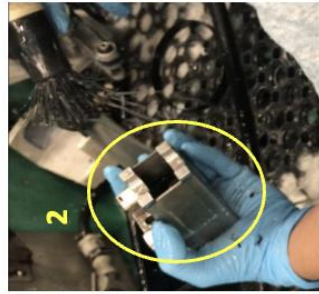

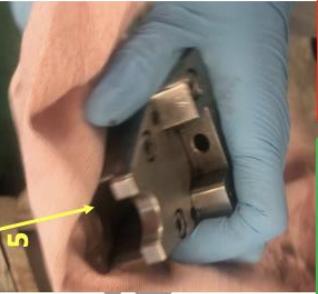

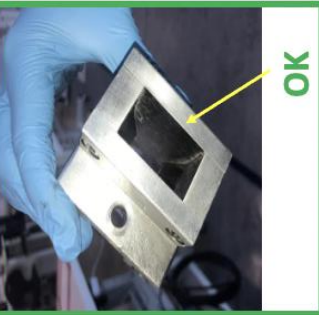

| Linha M2 | | Equipamento | | | |
|---|---|-------------|------|-------|-----------------|
| Etapas | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Monet | Galli Polycolor |
| 1 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 2 | Desencaixar a parte amovível | 39 | 76 | 15 | 62 |
| 3 | Deslocar-se até ao começo da linha | 4 | 6 | 5 | 6 |
| 4 | Efetuar troca parte amovível suja, pela limpa | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho | 4 | 6 | 5 | 6 |
| 6 | Encaixe parte móvel | 27 | 36 | 15 | 36 |
| 7 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Tempo gasto pelo artesão com o processo de limpeza, por equipamento | | 128 | 178 | 94 | 164 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 512 | 1529 | 293 | 315 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 2649 | | | |

| Linha M5 | | Equipamento | | |
|---|---|-------------|-------|-----------------|
| Etapas | Procedimento: | MAC2 | Monet | Galli Polycolor |
| 1 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 |
| 2 | Desencaixar a parte amovível | 76 | 15 | 62 |
| 3 | Deslocar-se até ao começo da linha | 9 | 9 | 7 |
| 4 | Efetuar troca parte amovível suja, pela limpa | 15 | 15 | 15 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho | 9 | 9 | 7 |
| 6 | Encaixe parte móvel | 36 | 15 | 36 |
| 7 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 |
| Tempo gasto pelo artesão com o processo de limpeza, por equipamento | | 184 | 102 | 166 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 888 | 168 | 4707 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 5762 | | |

| Linha M3 | | Equipamento | | | |
|---|---|-------------|------|-----------------------|-----------------|
| Etapas | Procedimento: | Stiff | MAC2 | Pistolas de coloração | Galli Polycolor |
| 1 | Colocar os EPis | 22 | 22 | 22 | 22 |
| 2 | Desencaixar a parte amovível | 39 | 76 | 12 | 62 |
| 3 | Deslocar-se até ao começo da linha | 4 | 8 | 10 | 10 |
| 4 | Efetuar troca parte amovível suja, pela limpa | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho | 4 | 8 | 10 | 10 |
| 6 | Encaixe parte móvel | 27 | 36 | 9 | 36 |
| 7 | Retirar EPis | 17 | 17 | 17 | 17 |
| Tempo gasto pelo artesão com o processo de limpeza, por equipamento | | 128 | 182 | 95 | 172 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 1581 | 782 | 419 | 1234 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 4016 | | | |

| Linha M6 | | Equipamento | |
|---|---|-------------|-----------------------|
| Etapas | Procedimento: | Stiff | Pistolas de coloração |
| 1 | Colocar os EPis | 22 | 22 |
| 2 | Desencaixar a parte amovível | 39 | 12 |
| 3 | Deslocar-se até ao começo da linha | 5 | 10 |
| 4 | Efetuar troca parte amovível suja, pela limpa | 15 | 15 |
| 5 | Regressar ao posto de trabalho | 5 | 10 |
| 6 | Encaixe parte móvel | 27 | 9 |
| 7 | Retirar EPis | 17 | 17 |
| Tempo gasto pelo artesão com o processo de limpeza, por equipamento | | 130 | 95 |
| Tempo diário despendido com a limpeza, por equipamento (multiplicação do tempo unitário pelo número de vezes por dia) | | 1935 | 419 |
| Tempo total das linhas gasto com o processo de limpeza | | 2354 | |

| | | | | | | | | | |
|------------------|--|-----------------------|--|--|--|-----------------|--|-------------------|--|
| ATEPELI PORTUGAL | | INSTRUÇÃO DE TRABALHO | | ATELIER PENAFIEL | | DOCUMENTO | | PÁGE 2 | |
| DESCRÇÃO | | PROCESSO | | LIMPEZA DA STIFF | | DATA FICHEIRO | | DATA DE APLICAÇÃO | |
| Nº | | OPERAÇÃO | | = HSE OPERADOR | | = PUNTO CHAVE | | = QUALIDADE | |
| | | | | = VISUAL | | = COM AS MÃOS | | = COM FERRAMENTA | |
| | | | | = POR BARULHO | | FOTOGRAFIAS | | | |
| 20 | | Lavar equipamento | | <p>1 - Fazer a separação de resíduos vazando a tinta do reservatório para a garrafa G1</p> <p>2 - Girar para a esquerda cada parafuso do reservatório de tinta</p> <p>3 - Desagregar o reservatório de tinta, separando as duas peças que o compõe</p> <p>4 - Lavar cada uma das peças com o pincel de lavagem</p> <p>NOTA: Assegurar que não existem resíduos de tinta nas peças</p> <p>5 - Utilizar um pano limpo e secar todas as peças lavadas</p> <p>6 - Retirar equipamentos de proteção individual e colocar no lixo</p> | | | | | |
| ELABORADO | | ASSINATURA/DATA | | APROVADO | | ASSINATURA/DATA | | ASSINATURA/DATA | |
| NOME | | NOME | | NOME | | NOME | | NOME | |
| FUNÇÃO/METODO | | CHEFE/EQUIPA | | HSE | | CHEFE/FAB. | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|------------------|--|-----------------------|--|--|--|---|--|-------------------|--|-------------|--|
| ALEPELI PORTUGAL | | INSTRUÇÃO DE TRABALHO | | ATELIER PENAFEL | | Nº DOCUMENTO | | DATA DE APROVAÇÃO | | PÁGINA | |
| | | | | | | 23/04 | | 23/04 | | 2 | |
| REVISÃO | | PROCESSO | | LIMPEZA DA MAÇZ | | =VIS =COMAS MÁQS =CONFIRMAMENTA | | =BARULHO | | FOTOGRAFIAS | |
| OPERADOR | | QUALIDADE | | R1 | | G1 | | R1 | | OK | |
| Nº | | OPERADOR | | QUALIDADE | | R1 | | G1 | | R1 | |
| 20 | | Lavar equipamentos | | <p>1 - Fazer separação dos resíduos vazando a tinta do recipiente R1 para a garrafa G1</p> <p>2 - Lavar reservatório de tinta com o pincel de lavagem</p> <p>3 - Lavar rolo com o pincel de lavagem</p> <p>NOTA: Assegurar que não ficam resíduos de tinta nas peças</p> <p>4 - Lavar o recipiente R1</p> <p>5 - Limpar cada uma das peças com um pano limpo e seco</p> <p>NOTA: Assegurar que as peças estão secas antes de serem colocadas no equipamento</p> <p>6 - Retirar avental e manguitos e colocar no lixo</p> | |        | | | | | |
| ELABORADO | | APPROVADO | | APPROVADO | | APPROVADO | | APPROVADO | | APPROVADO | |
| NOME | | NOME | | NOME | | NOME | | NOME | | NOME | |
| FUNÇÃO | | FUNÇÃO | | FUNÇÃO | | FUNÇÃO | | FUNÇÃO | | FUNÇÃO | |
| MÉTODO | | MÉTODO | | MÉTODO | | MÉTODO | | MÉTODO | | MÉTODO | |

| | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|--|-------------------------------|--|-------------------|--|--|--|
| ATEPELI ATelier de PELO FABRIL DO PORTUGAL | | INSTRUÇÃO DE TRABALHO | | ATELIER PENAFEL | | Nº DOCUMENTO | | PÁG. 3 | |
| ESPECIFICAÇÃO | | PROCESSO | | LIMPEZA DO BANCO DE COLORAÇÃO | | DATA DE APLICAÇÃO | | | |
| OPERADOR | | HSE OPERADOR | | PUNTO CHAVE | | QUALIDADE | | FOTOGRAFIAS | |
| Nº | | OPERÇÃO | | VISUAL | | COM MÃOS | | BARULHO | |
| 30 | | Lavagem das pistolas de coloração | | + | | + | |       | |
| FUNÇÃO/MÉTODO | | APROVADO | | APROVADO | | APROVADO | | APROVADO | |
| NOME: | | NOME: | | NOME: | | NOME: | | NOME: | |
| CHEFE DE EQUIPA: | | CHEFE DE EQUIPA: | | CHEFE DE EQUIPA: | | CHEFE DE EQUIPA: | | CHEFE FAB: | |

Anexo 10: Duração média da lavagem manual no tanque jet100, em segundos

| Tanques propostos | | | | | |
|----------------------|------------|------------|-----------------|------------|-----------------------|
| Tempos (em segundos) | | | | | |
| Observação | Stiff | MAC2 | Galli Polycolor | Monet | Pistolas de coloração |
| 1 | 182 | 112 | 90 | 116 | 197 |
| 2 | 195 | 97 | 82 | 94 | 199 |
| 3 | 155 | 106 | 67 | 131 | 166 |
| 4 | 157 | 99 | 84 | 102 | 283 |
| 5 | 210 | 79 | 90 | 132 | 208 |
| 6 | 158 | 123 | 89 | 126 | 248 |
| 7 | 144 | 112 | 87 | 115 | 177 |
| 8 | 145 | 85 | 98 | 130 | 214 |
| 9 | 206 | 107 | 84 | 87 | 219 |
| 10 | 182 | 100 | 95 | 98 | 225 |
| 11 | 197 | 115 | | 132 | 154 |
| 12 | 156 | 112 | | 102 | 283 |
| 13 | 199 | 89 | | 130 | 223 |
| 14 | 176 | 87 | | 105 | 170 |
| 15 | 177 | 110 | | 133 | 247 |
| 16 | 144 | 95 | | 108 | 198 |
| 17 | 189 | 111 | | 123 | 192 |
| 18 | 198 | 92 | | 118 | 219 |
| 19 | 153 | | | 101 | 153 |
| 20 | 171 | | | 129 | 275 |
| 21 | 199 | | | 132 | 270 |
| 22 | 123 | | | 109 | 211 |
| 23 | | | | 98 | 199 |
| 24 | | | | 127 | 222 |
| 25 | | | | | 245 |
| 26 | | | | | 235 |
| 27 | | | | | 177 |
| 28 | | | | | 238 |
| Média | 173 | 102 | 87 | 116 | 216 |

| Tanques propostos | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------------|-----------|-----------------------|
| Valores das primeiras 10 observações (em segundos) | | | | | |
| | Stiff | MAC2 | Galli Polycolor | Monet | Pistolas de coloração |
| Média (t/) | 173,4 | 102,0 | 86,6 | 113,1 | 213,6 |
| Desvio Padrão (S) | 24,8 | 13,1 | 8,5 | 16,8 | 33,8 |
| Nível de confiança | 95% | | | | |
| Z | 1,96 | | | | |
| Precisão (P) | 6% | | | | |
| Número de observações mínimo | 22 | 18 | 10 | 24 | 27 |

Anexo 11: Duração média da pré-lavagem para a utilizar a máquina M112, em segundos

| Pré-lavagem M112 | | | |
|----------------------|-----------|-----------|-----------------|
| Tempos (em segundos) | | | |
| Observação | Stiff | MAC2 | Galli Polycolor |
| 1 | 75 | 27 | 17 |
| 2 | 68 | 31 | 33 |
| 3 | 68 | 44 | 16 |
| 4 | 56 | 40 | 34 |
| 5 | 60 | 43 | 27 |
| 6 | 53 | 39 | 20 |
| 7 | 49 | 29 | 32 |
| 8 | 46 | 39 | 33 |
| 9 | 61 | 31 | 20 |
| 10 | 47 | 36 | 19 |
| 11 | 57 | 29 | 18 |
| 12 | 74 | 25 | 17 |
| 13 | 86 | 18 | 28 |
| 14 | 80 | 20 | 20 |
| 15 | 50 | 23 | 23 |
| 16 | 45 | 33 | 23 |
| 17 | 69 | 22 | 31 |
| 18 | 72 | 39 | 31 |
| 19 | 73 | 29 | 24 |
| 20 | 89 | 35 | 33 |
| 21 | 57 | 32 | 17 |
| 22 | 84 | 34 | 23 |
| 23 | 65 | 25 | 15 |
| 24 | 42 | 29 | 32 |
| 25 | 55 | 35 | 17 |
| 26 | 82 | 22 | 33 |
| 27 | 61 | 19 | 17 |
| 28 | 40 | 21 | 28 |
| 29 | 68 | 29 | |
| 30 | 77 | 18 | |
| 31 | 42 | | |
| Média | 63 | 31 | 24 |

| Pré-lavagem M112 | | | |
|--|-----------|-----------|-----------------|
| Valores das primeiras 10 observações (em segundos) | | | |
| | Stiff | MAC2 | Galli Polycolor |
| Média (t/) | 58,3 | 35,9 | 25,1 |
| Desvio Padrão (S) | 9,9 | 6,0 | 7,4 |
| Nível de confiança | 95% | | |
| Z | 1,96 | | |
| Precisão (P) | 6% | | |
| Número de observações mínimo | 31 | 30 | 93 |

Anexo 12: Duração da pré-lavagem das pistolas de coloração, para a utilizar a máquina ultrassons

| Observação | Pré-lavagem ultrassons |
|--------------|------------------------|
| | Tempos (em segundos) |
| | Pistolas de Coloração |
| 1 | 52 |
| 2 | 58 |
| 3 | 59 |
| 4 | 50 |
| 5 | 79 |
| 6 | 62 |
| 7 | 56 |
| 8 | 74 |
| 9 | 69 |
| 10 | 62 |
| 11 | 73 |
| 12 | 78 |
| 13 | 72 |
| 14 | 53 |
| 15 | 65 |
| 16 | 67 |
| 17 | 78 |
| 18 | 51 |
| 19 | 72 |
| 20 | 69 |
| 21 | 50 |
| 22 | 46 |
| 23 | 65 |
| 24 | 58 |
| Média | 63 |

| | Pré-lavagem ultrassons |
|-------------------------------------|--|
| | Valores das primeiras 10 observações (em segundos) |
| | Pistolas de coloração |
| Média (t/) | 62,1 |
| Desvio Padrão (S) | 9,4 |
| Nível de confiança | 95% |
| Z | 1,96 |
| Precisão (P) | 6% |
| Número de observações mínimo | 24 |