



MELHORIA DOS PROCESSOS AMBIENTAIS COM A APLICAÇÃO DO LEAN GREEN NUMA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

JOSÉ EDUARDO DE PINHO FERNANDES

Novembro de 2021

MELHORIA DOS PROCESSOS AMBIENTAIS COM A APLICAÇÃO DO *LEAN GREEN* NUMA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

José Eduardo de Pinho Fernandes
1180376

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

MELHORIA DOS PROCESSOS AMBIENTAIS COM A APLICAÇÃO DO *LEAN GREEN* NUMA INDÚSTRIA METALOMECÂNICA

José Eduardo de Pinho Fernandes
1180376

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do professor Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá e do tutor da empresa Engenheiro Manuel António Pereira Bexiga.

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor José Carlos Sá, pela constante disponibilidade e prontidão no acompanhamento e orientação neste trabalho.

Ao meu tutor da empresa, Engenheiro Manuel Bexiga, por todo o acompanhamento ao longo da dissertação, por todos os ensinamentos, conselhos e partilha de experiências, e por todas as correções necessárias para o meu desenvolvimento como homem e engenheiro, sem nunca me desmotivar.

Aos gerentes da ARSOPI, Engenheiro Armando Pinho e Engenheiro Jorge Pinho, pela confiança e oportunidade de permitirem a realização da dissertação e de garantirem todas as condições necessárias para o bom sucesso do mesmo, permitindo assim a minha integração no mundo empresarial.

A todos os meus colegas da ARSOPI, que ajudaram e contribuíram de forma, direta ou indireta, para o meu crescimento profissional e pessoal.

Por último, à minha família e amigos, que me apoiaram durante todo o processo e sei que o continuarão a fazer.

A todos os mencionados, um MUITO OBRIGADO!

PALAVRAS CHAVE

Lean; Green; Desperdícios; Melhoria Contínua; Processo Produtivo; Desenvolvimento Sustentável.

RESUMO

A realização da presente dissertação efetuou-se numa época difícil e complicada para toda a humanidade, devido à pandemia originada pelo vírus SARS-CoV-2, vulgarmente denominado de *Covid-19*.

A dissertação tem como princípio fundamental a aplicação dos conhecimentos teóricos e académicos desenvolvidos, num contexto industrial e profissional. O objetivo do trabalho é perceber o impacto ambiental que a indústria causa no meio ambiente e minimizar esse impacto através da implementação do conceito *Lean*, da utilização das suas ferramentas e de uma gestão *Green*, verificando os ganhos ambientais e o aperfeiçoamento do processo produtivo que a conjugação dessas metodologias originam. Para essa análise é realizado um caso de estudo, numa empresa metalomecânica, com o auxílio do método de investigação *Action Research*, ao longo de todo o seu desenvolvimento, possibilitando desta forma comparar e quantificar os impactos ambientais, sociais e económicos que a empresa suporta.

A revisão da literatura permite identificar o *Lean* como um método de gestão ou filosofia amplamente estudada e que a sua implementação na indústria origina um aumento da produtividade e da qualidade do produto e/ou processo, através da diminuição de desperdícios e práticas que não geram valor acrescentado. Na realização deste estudo são utilizadas duas ferramentas: Eventos *Kaizen* e *5S*. Contudo, essa diminuição de desperdício muitas das vezes não tem em conta a parte ambiental, colocando assim um possível ganho para a empresa num risco para a Natureza. Dessa análise surge a metodologia *Green* que tem como objetivo auxiliar na diminuição do desperdício e aumento da capacidade produtiva, sem motivar preocupações para o bem do meio ambiente, melhorando assim o desempenho ambiental de uma indústria. No estudo realizado na ARSOPI, foram diminuídas as quantidades de cartão e plástico em 33% e 23%, respetivamente e foi alcançada uma poupança mensal de 320€ com a diminuição do consumo de resíduos e sucatas. Os resultados obtidos permitem afirmar a existência de uma simbiose entre o *Lean Green* e a melhoria ambiental de uma indústria metalomecânica.

KEYWORDS

Lean; Green; Wastes; Continuous Improvement; Productive Process; Sustainable Development.

ABSTRACT

The following dissertation was realized in a difficult and complicated time for all humanity, due to the pandemic caused by the SARS-CoV-2 virus, commonly known by Covid-19.

The fundamental principle of this dissertation is the application of theoretical and academic knowledge developed in an industrial and professional context. The purpose of the work is to understand the environmental impact that the industry causes in the environment and minimize this impact through the implementation of the Lean concept, the use of its tools and, Green management, verifying the environmental gains and the improvement of the productive process that the combination of these methodologies originates. For this analysis is realized a case study in a metalworking company with the help of the Action Research investigation method, throughout its development, thus making it possible to compare and quantify the environmental, social and economic impacts that the company supports.

The literature review allows us to identify Lean as a management or a philosophy studied and that its implementation in the industry leads to an increase of productivity and quality of the final product and/or process, through the reduction of wastes and practices that do not generate any kind of processed value. In the realization of this study two tools are used: Kaizen Events and 5S.

However, this waste reduction often does not take into account the environmental aspect, thus placing a possible gain for the company at risk for Nature. From this analysis emerges the Green methodology, which aims to help reduce waste and increase production, without motivating concerns for the good of the environment, thus improving the environmental performance of an industry. In the study carried out at ARSOPI, the quantities of cardboard and plastic were reduced by 33% and 23%, respectively, and a monthly saving of 320€ was achieved with the reduction in the consumption of waste. The results allow us to affirm the existence of a symbiosis between Lean Green and the environmental improvement of a metalworking industry.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ARM-2	Armazém - 2
ARM-3	Armazém - 3
ARM-4	Armazém - 4
ARM-7	Armazém - 7
ARSOPI	Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, Lda.
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CM-2	Construções Mecânicas - 2
CM-F	Centro de Maquinação - Fresas
CM-T	Centro de Maquinação - Tornos
DMADV	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
GPM	<i>Green Performance Map</i>
IDOV	<i>Identify, Design, Optimize, Verify</i>
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
LSS	<i>Lean Six Sigma</i>
MIG/MAG	<i>Metal Inert Gas/Metal Active Gas</i>
ML-1	Maquinaria Leve-1
MP-1	Maquinaria Pesada-1
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PIE	Plano Inspeção Ensaio
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
SS	<i>Six Sigma</i>
TIG	<i>Tungsten Inert Gas</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

Lista de Unidades

kg	Quilograma
m	Metro
min	Minutos
s	Segundo

Lista de Símbolos

&	Anglicismo denominado <i>ampersand</i>
€	Euro
%	Porcentagem
≈	Sinal matemático de “aproximadamente igual”

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Action Research</i>	Metodologia de investigação.
<i>Flow Production</i>	Produção em série e contínua de produtos.
Gestão <i>Green</i>	Avaliação dos impactos causados pelo processo produtivo no meio ambiente.
<i>Kaizen</i>	Palavra de origem japonesa que tem como significado melhoria contínua.
<i>Lean</i>	Metodologia de identificação e eliminação de desperdícios, através da implementação de diversas ferramentas.
<i>Muda</i>	Desperdícios indesejáveis numa organização/empresa.
<i>Stakeholder</i>	Parte interessada que pode afetar ou ser afetado por uma empresa.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - FASES DA METODOLOGIA <i>ACTION RESARCH</i> (ADAPTADO DE ALVES ET AL., 2020).	5
FIGURA 2 - INSTALAÇÕES DA ARSOPI.	7
FIGURA 3 - INSTALAÇÕES DA ARSOPI-THERMAL.	8
FIGURA 4 - INSTALAÇÕES DA TECNOCON.	8
FIGURA 5 - INSTALAÇÕES DA ARSOPI ESPAÑA.	8
FIGURA 6 - INSTALAÇÕES DA ARSOPI BRASIL.	9
FIGURA 7 - CICLO DE <i>DEMING</i> (CICLO PDCA).	14
FIGURA 8 - SETE DESPERDÍCIOS (MUDA) <i>LEAN</i> .	17
FIGURA 9 - FERRAMENTA 5S.	20
FIGURA 10 – <i>LEAN SIX SIGMA</i>	21
FIGURA 11 - METODOLOGIA <i>GREEN</i> – ADAPTADO DO <i>WEBSITE</i> DA COMISSÃO EUROPEIA, ARTIGO “ <i>GREEN GROWTH</i> ”	22
FIGURA 12 - Nº DE CITAÇÕES DO <i>LEAN GREEN</i> POR ANO - ADAPTADO DO <i>WEBSITE WEB OF SCIENCE</i> .	24
FIGURA 13 - ORGANOGRAMA ARSOPI.	35
FIGURA 14 - PLANTA PISO 1 ARSOPI.	36
FIGURA 15 - PLANTA DA SECÇÃO CM-2.	36
FIGURA 16 – BOMBA CENTRÍFUGA BSP-2.	37
FIGURA 17 – DIAGRAMA DE PROCESSO.	39
FIGURA 18 – CERTIFICADO DE QUALIFICAÇÃO (PROCEDIMENTO DE SOLDADURA).	41
FIGURA 19 – DESENHO 2D DE UMA BOMBA BSP.	42
FIGURA 20 – DETALHES DA BLINDAGEM DE PROTEÇÃO DA BOMBA.	43
FIGURA 21 - DESENHO 3D DE UMA BOMBA BSP.	43
FIGURA 22 - DESENHO DE FABRICO DE TANQUE DE ARMAZENAGEM.	45
FIGURA 23 – MÁQUINAS DE SOLDAR E EQUIPAMENTOS DE APOIO AO PROCESSO.	46
FIGURA 24 – FASES DMAIC INTEGRADO COM O CICLO PDCA (ADAPTADO DE J.C. SÁ ET AL., 2020).	48
FIGURA 25 – DESORGANIZAÇÃO DA SECÇÃO.	49
FIGURA 26 – IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS A REALIZAR NA SECÇÃO.	49
FIGURA 27 – DEGRADAÇÃO DO ARMÁRIO DE ARMAZENAMENTO DE MATERIAIS.	50
FIGURA 28 – DISPOSIÇÃO INCORRETA DE EQUIPAMENTO E COMPONENTES.	51
FIGURA 29 – DISPOSIÇÃO DAS BANCADAS NA SECÇÃO.	54
FIGURA 30 – RECIPIENTE INCORRETO PARA ARMAZENAGEM DE RESÍDUOS.	55
FIGURA 31 – GANCHO PARA PISTOLA DE AR COMPRIMIDO.	57
FIGURA 32 - ORGANIZAÇÃO PÓS - <i>LEAN GREEN</i> .	58
FIGURA 33 - RENOVAÇÃO DO ESPAÇO ARMAZENAGEM.	59
FIGURA 34 – SUBSTITUIÇÃO DOS PAINÉIS SUPERIORES DO ARMÁRIO.	60
FIGURA 35 - REPARAÇÃO E PINTURA DOS PAINÉIS LATERAIS DO ARMÁRIO.	60
FIGURA 36 - CARRINHO DE TRANSPORTE.	61
FIGURA 37 - TEMPOS DE DESLOCAÇÃO [S], PRÉ E PÓS- <i>LEAN GREEN</i> .	62
FIGURA 38 – BARREIRA DE PROTEÇÃO COM SISTEMA DE RODAS.	64

FIGURA 39 – ECOPONTOS PRESENTES NA SECÇÃO E NA ZONA ENVOLVENTE.	65
FIGURA 40 - SEPARAÇÃO DE SUCATAS METÁLICAS.	66
FIGURA 41 – PRODUÇÃO MENSAL DE RESÍDUOS E SUCATAS.	66
FIGURA 42 – MAPA DE PROCESSO DA PRODUÇÃO METALOMECÂNICA.	82

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PRINCÍPIOS <i>LEAN</i> (WOMACK, J.P. & JONES, 1996)	15
TABELA 2 - IMPACTO CAUSADO PELOS DIFERENTES DESPERDÍCIOS (MUDA) NO AMBIENTE	18
TABELA 3 - SETE DESPERDÍCIOS <i>GREEN</i>	23
TABELA 4 - ARTIGOS CIENTÍFICOS SOBRE <i>LEAN GREEN</i>	25
TABELA 5 - RELAÇÃO ENTRE <i>LEAN</i> E <i>GREEN</i>	30
TABELA 6 - DESEMPENHO AMBIENTAL ATRAVÉS DE FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	31
TABELA 7 – IMPACTO AMBIENTAL DOS PROCESSOS DE SOLDADURA	46
TABELA 8 – DISTÂNCIAS E TEMPOS DE DESLOCAÇÃO ENTRE A SECÇÃO E OS ARMAZÉNS	52
TABELA 9 – IDENTIFICAÇÃO DO TEMPO SEMANAL GASTO POR DESLOCAÇÕES	53
TABELA 10 – DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS NA SECÇÃO	55
TABELA 11 - IDENTIFICAÇÃO DO TEMPO SEMANAL GASTO POR DESLOCAÇÕES, PÓS – <i>LEAN GREEN</i>	62
TABELA 12 – GANHOS OBTIDOS COM O NOVO MÉTODO DE DISTRIBUIÇÃO	63
TABELA 13 - GANHOS OBTIDOS ATRAVÉS DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA <i>LEAN GREEN</i>	67
TABELA 14 – GANHOS ECONÓMICOS, PÓS – <i>LEAN GREEN</i>	68

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Contextualização	3
1.2	Objetivos	4
1.3	Metodologia de Investigação	5
1.4	Estrutura do Relatório	6
1.5	Entidade Empregadora	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	METODOLOGIA <i>LEAN</i>	13
2.1.1	BREVE HISTÓRIA DA METODOLOGIA <i>LEAN</i>	14
2.1.2	PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA <i>LEAN</i>	15
2.1.3	DESPERDÍCIOS <i>LEAN</i>	16
2.2	FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	18
2.2.1	EVENTOS <i>KAIZEN</i>	19
2.2.2	5S	19
2.2.3	VALUE STREAM MAPPING (<i>VSM</i>)	20
2.3	<i>LEAN SIX SIGMA</i>	21
2.4	FILOSOFIA <i>GREEN</i>	22
2.4.1	SETE DESPERDÍCIOS VERDES (<i>GREEN</i>)	23
2.5	PERSPETIVA IDEOLÓGICA DE DIFERENTES AUTORES	24
2.6	RELAÇÃO ENTRE <i>LEAN</i> E <i>GREEN</i>	30
2.6.1	RELAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS <i>LEAN</i> E GESTÃO <i>GREEN</i>	31
2.6.2	LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA <i>LEAN</i> , <i>GREEN</i> E <i>LEAN GREEN</i>	31
3	DESENVOLVIMENTO	35
3.1	APRESENTAÇÃO DA SECÇÃO EM ESTUDO	35
3.1.1	DIAGRAMA DE PROCESSO	38
3.1.2	MATERIAIS E MÉTODOS DE SOLDADURA	40
3.1.2.1	ANÁLISE AO PROCESSO SOLDADURA – COMPONENTE AMBIENTAL	45
3.2	PRÉ - <i>LEAN GREEN</i>	47

3.2.1	ORGANIZAÇÃO.....	48
3.2.2	RENOVAÇÃO	50
3.2.3	TEMPOS DE ESPERA E MOVIMENTAÇÃO.....	51
3.2.4	DELIMITAÇÃO	53
3.2.5	PRODUÇÃO DE RESÍDUOS E SUCATAS	54
3.2.6	RESUMO DOS DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS NA SECÇÃO	55
3.3	PÓS - <i>LEAN GREEN</i>	56
3.3.1	ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO	57
3.3.2	RENOVAÇÃO DE ESPAÇO	58
3.3.3	TEMPOS DE ESPERA E MOVIMENTAÇÃO.....	61
3.3.4	DELIMITAÇÃO	64
3.3.5	PRODUÇÃO DE RESÍDUOS E SUCATAS	65
3.4	ANÁLISE DOS GANHOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO <i>LEAN GREEN</i>	67
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	71
4.1	CONCLUSÕES.....	71
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	72
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	75
6	ANEXOS	81
6.1	ANEXO A.....	82

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia de Investigação

1.4 Estrutura do Relatório

1.5 Entidade Empregadora

1 INTRODUÇÃO

Com este capítulo pretende-se dar a conhecer o conteúdo da presente dissertação, expor os objetivos que se pretendem atingir com a realização deste trabalho académico, tendo como intuito a aplicação de *Lean Green* numa componente prática e industrial e a retirada das conclusões da sua importância.

Neste capítulo será ainda possível encontrar a estrutura da dissertação, a metodologia que será empregue para o desenvolvimento do trabalho a realizar e, por último, a entidade empregadora onde será desenvolvido.

1.1 Contextualização

A preocupação com o meio ambiente e o estado de saúde do nosso planeta tem vindo a crescer de dia para dia, tal como a pressão exercida por entidades governamentais e não-governamentais sobre organizações industriais, de maneira que estas tomem medidas para diminuírem o impacto negativo causado na Natureza (Sonal Chodhary et al., 2019). O setor industrial não fica indiferente a essa pressão e preocupação constante, procurando ativamente acautelar e reduzir os impactos que causam no meio ambiente, sem colocar em causa o bem-estar da organização e dos colaboradores que dela dependem.

Essa motivação e procura, por parte das empresas, pela redução da pegada ecológica e redução de emissões poluentes sem o prejudicar da sua produção, levam as indústrias a adotar a metodologia *Lean Green* como uma técnica sustentável, permitindo melhorar o seu desempenho ambiental sem colocar em causa a sua eficiência e competitividade no desenrolar da sua atividade (Thanki & Thakkar, 2016).

O método *Lean Green*, como o próprio nome indica é uma conjugação de duas técnicas que procuram a melhoria contínua através da diminuição de desperdícios, existindo uma relação de simbiose entre as duas, isto porque as técnicas *Green* estão intrinsecamente associadas ao *Lean* e por sua vez a aplicação de técnicas *Lean*, originam ganhos *Green* para as organizações onde sejam implementadas (redução de emissões, ganhos de consumos energéticos, entre outros) (S. Silva et al., 2020), fazendo assim do *Lean Green* um método com um crescimento exponencial, seja numa componente académica, pois cada vez são mais os estudos associados a este método, seja numa

componente prática e industrial, porque diminuir os riscos ambientais e capacitar a produção é o pretendido por todos os grupos setoriais da indústria.

A finalidade deste trabalho segue dois princípios básicos, primeiro acompanhar e contribuir para o progresso que esta área do conhecimento (*Lean Green*) está a desenvolver de dia para dia com o aparecimento de novos casos de estudos, novas informações, práticas e experiências; e segundo possibilitar a ARSOPI a melhorar os seus desempenhos ambientais, melhorar o seu processo produtivo e, conseqüentemente, melhorar o seu desempenho económico.

Este segundo princípio terá como auxílio a aplicação de três ferramentas Lean: Eventos *Kaizen*, *5S* e *Value Stream Mapping* (VSM), em conjunto com uma gestão ambiental *Green*. O principal objetivo após a integração da metodologia *Lean Green* é avaliar a eficiência e eficácia da sua implementação, retirar conclusões quanto ao desempenho e ganho ambiental produzido e por último, tal como mencionado anteriormente, verificar o ganho económico para a empresa.

1.2 Objetivos

No contexto industrial, em específico no sector metalomecânico, a questão ambiental tem sido por diversas vezes negligenciada, causando impactos negativos que afetam a organização e o seu desenvolvimento socioeconómico.

A presente dissertação é realizada em colaboração com a ARSOPI com o intuito de melhorar as condições ambientais da mesma e procurar um desenvolvimento sustentável da organização. Conjuntamente com o tutor da empresa e a sua gerência, definiu-se como prioritário analisar quais os impactos negativos que a organização produzia no meio ambiente e como reduzi-los e/ou eliminá-los. De forma a mitigar esses impactos definiram-se as seguintes estratégias:

- Introduzir o conceito de *Lean Green* na organização;
- Colocar em prática os princípios da metodologia;
- Identificar desperdícios e implementar ferramentas e métodos para os eliminar, melhorando a produção;
- Melhorar o desempenho ambiental da organização;
- Registrar as melhorias desenvolvidas e os impactos ambientais e económicos que a introdução do *Lean Green* produz na empresa.

Os principais objetivos que se pretendem atingir com a realização desta dissertação são dois: 1 – apresentar melhorias do desempenho ambiental, do espaço de trabalho e da redução de desperdícios; 2 – verificar se é possível alcançar o primeiro objetivo sem colocar em causa a integridade da contínua produção da empresa e do seu ganho.

No final pretende-se fornecer informações, métodos de estudo e de trabalho, exemplos e processos a implementar, de forma a auxiliar organizações industriais e outro tipo de estabelecimentos a contribuírem para um desenvolvimento sustentável das suas atividades, sem colocar em causa a sua existência e a do meio ambiente.

1.3 Metodologia de Investigação

O modelo de investigação utilizado no desenvolver da dissertação é o *Action Research*.

A escolha deste modelo tem como principal justificação a possibilidade de dissolver a barreira existente entre a teoria e a prática, fazendo deste um método dinâmico, inovador e direto, possibilitando assim coabitar com as duas formulações, ou seja, procurar e encontrar respostas através da implementação de investigações (teóricas) e ações (práticas) a desenvolver.

Este método permite identificar um problema, testar uma hipótese, reunir dados e determinar se esta resulta ou não. Sempre que as ações implementadas não atingem os objetivos esperados, o processo é reiniciado e é retomado um novo ciclo até se atingir o(s) resultado(s) esperado(s) (Alves et al., 2020).

Na figura 1, abaixo, é possível verificar as fases da metodologia, descritas anteriormente.

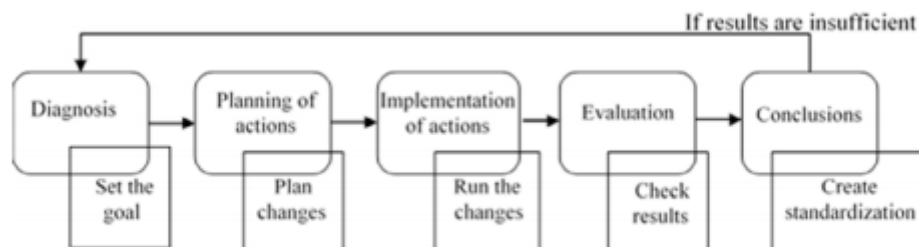


Figura 1 - Fases da Metodologia *Action Research* (Adaptado de Alves et al., 2020).

Este método que permite uma avaliação científica tradicional, ou seja, uma investigação mais quantitativa, não descurando da parte interpretativa e da qualidade do estudo a efetuar, como possibilita ainda a integração de todas as partes no processo de procura de soluções para a resolução de problemas identificados (R. Pena et al., 2020).

1.4 Estrutura do Relatório

Este relatório será suportado por cinco capítulos, estando esses capítulos divididos em subcapítulos, sempre que necessário, assim como poderá existir uma subdivisão dos subcapítulos de forma a contextualizar e expor com melhor rigor, coerência e esquematização toda a informação para a correta partilha dos conhecimentos adquiridos.

O primeiro capítulo, denominado de Introdução, na qual se encontra o presente subcapítulo que fornece a informação de como está estruturada a dissertação, permite a contextualização do relatório, os objetivos que se pretendem atingir com a realização do mesmo, qual a metodologia de investigação utilizada ao longo da realização do trabalho e, por último dá a conhecer a entidade empregadora na qual é realizado o caso de estudo.

A Revisão Bibliográfica, segundo capítulo, será o principal capítulo deste relatório, pois dispõem da informação mais oportuna e que permitirá ao leitor adquirir um conhecimento prévio do que será desenvolvido posteriormente.

O terceiro capítulo apresenta o caso de estudo propriamente dito, ou seja, a aplicação dos conhecimentos desenvolvidos previamente no trabalho prático industrial.

A retirada e exposição das conclusões obtidas através da realização do trabalho, é feita no quarto capítulo, onde ainda são apresentadas perspetivas de melhoria do processo da empresa.

1.5 Entidade Empregadora

As origens da ARSOPI – Indústrias Metalúrgicas Arlindo S. Pinho, Lda. remontam a 1942 quando, em plena II Grande Guerra, Arlindo Soares de Pinho, instala em Vale de Cambra uma pequena unidade fabril em regime praticamente artesanal.

Inicialmente dedicada à assistência e reparação de equipamentos da indústria de laticínios existente na zona e à reparação de viaturas, as dificuldades da guerra foram um estímulo que levou à aquisição de máquinas para a produção de pequenas peças de manutenção.

Em contínuo crescimento a empresa constrói novas instalações, ainda na década de 40, que são ampliadas em 1950.

Com a evolução dos tempos, modernização da indústria e espírito empreendedor do fundador e de todas as gerências, ao longo dos anos, as instalações foram ampliadas e

o seu mercado alargado, dando assim, numa primeira fase, origem a duas novas empresas: Arsopi-Thermal e Tecnocon, em 1989.

Mais tarde, já em pleno século XXI, surgem duas novas organizações no Grupo ARSOPI:

- Em 2007, a Arsopi España é fundada, fortalecendo assim as relações comerciais entre os dois países e melhorando a internacionalização do grupo;
- Em 2013, é fundada, no nosso país irmão, a Arsopi Brasil.

A ARSOPI Lda., empresa-mãe e sede do Grupo ARSOPI, é uma empresa que concebe, produz e monta equipamentos em aço inoxidável, aço carbono, aço clad, aço duplex, níquel e suas ligas, cobre e suas ligas, titânio, alumínio e outros materiais. Estes são destinados, maioritariamente, às áreas dos Lacticínios, Vinhos e Bebidas, da Química e Petroquímica, Nuclear e outras.

Também é possível encontrar na empresa uma fundição que produz peças vazadas em aços inoxidáveis, refratários e ligas de níquel.

Atualmente, conta com cerca de 340 colaboradores, 35.000 m² de área coberta e 141.975 m² de área total.

Na figura 2, abaixo, é possível ver as instalações da empresa, sediada em Vale de Cambra.



Figura 2 - Instalações da ARSOPI.

A ARSOPI-THERMAL, figura 3, dedica a sua atividade ao projeto, fabrico e assistência técnica de Permutadores de Calor de Placas.

Todas as atividades de desenho e produção são totalmente executadas *in-house* com total controlo sobre todos os processos (cálculo mecânico e térmico, projeto e fabrico).



Figura 3 - Instalações da ARSOPI-THERMAL.

A TECNOCON, figura 4, tem como atividade principal a automação industrial que inclui o desenvolvimento e produção de soluções para automação e controlo de processos industriais, projeto e montagem de infraestruturas elétricas, assistência técnica e comercialização de componentes industriais.



Figura 4 - Instalações da TECNOCON.

A ARSOPI ESPAÑA, representada na figura 5, é uma empresa comercial, representante do Grupo ARSOPI para o mercado espanhol e tem a sua sede em Madrid.



Figura 5 - Instalações da ARSOPI ESPAÑA.

A ARSOPI BRASIL, tem como objetivo atender as várias áreas de negócio das empresas do grupo ARSOPI no mercado brasileiro.

A empresa tem 1.350 m² de área industrial e está localizada na Grande São Paulo. Na figura 6, é possível ver as suas instalações.



Figura 6 - Instalações da ARSOPI BRASIL.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 METODOLOGIA *LEAN*

2.2 FERRAMENTAS *LEAN*

2.3 *LEAN SIX SIGMA*

2.4 FILOSOFIA *LEAN*

2.5 PERSPETIVA IDEOLÓGICA DE DIFERENTES AUTORES

2.6 RELAÇÃO ENTRE *LEAN* E *GREEN*

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com este capítulo, pretende-se desenvolver uma pesquisa bibliográfica e científica sobre o tema a apresentar ao longo da presente dissertação, assim como expor a metodologia que será aplicada na mesma.

A revisão bibliográfica apresentada tem como principal protagonista o estudo da filosofia *Lean Green* e o impacto positivo, através da sua correta implantação na indústria, que tem para o meio ambiente.

De forma a demonstrar o valor e a melhoria que esta filosofia produz nas organizações, são apresentadas ideias e perspetivas de diferentes autores e as consequências das mesmas.

2.1 METODOLOGIA *LEAN*

Ao longo dos últimos anos, a consciencialização ambiental e a preocupação pela preservação do meio ambiente têm vindo a crescer de dia para dia.

Um dos grandes setores da sociedade que tem acompanhado essa evolução e que tem vindo a adaptar-se para diminuir o seu impacto no meio ambiente, é o setor industrial. Para ir de encontro a essa diminuição, torna-se imperativo encontrar ferramentas que permitam alcançar esse objetivo, sem colocar em causa a sua atividade socioeconómica e as razões que justificam a sua existência.

Uma das metodologias mais estudadas e com grande aplicação nesse contexto é a metodologia *Lean* que tem como objetivo diminuir recursos, quer sejam eles em termos de espaço, equipamento, tempo, stock e esforço humano, para atingir o mesmo fim (S. Silva et al., 2020).

A correta aplicação desta metodologia e desta forma de pensar, permite a uma empresa aumentar a sua capacidade de produção e, consequentemente, os seus lucros através da diminuição de desperdícios (P. Neves et al., 2018).

2.1.1 BREVE HISTÓRIA DA METODOLOGIA *LEAN*

O surgimento desta metodologia tem origem no início do século vinte, por *Henry Ford*, fundador da *Ford Motor Company*, após introduzir na produção do *Ford Model T* o fabrico de peças em série. A esta metodologia inovadora, *Ford*, deu o nome de “*flow production*”. Com essa inovação industrial, a empresa conseguia produzir carros com maior rapidez, maior eficácia e com uma taxa de eficiência muito superior aos seus concorrentes.

Durante os anos 50, após a Segunda Guerra Mundial, *W. Edwards Deming* contribui para o renascer da indústria japonesa, ao dar a conhecer e ensinar o ciclo de *Deming*, mais conhecido por Ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA), abaixo na figura 7, e outros métodos de melhoria contínua às empresas japonesas.

Ao longo dos anos 60, a *Toyota* desenvolve um sistema de gestão baseado em filosofias *Lean*. O líder desse desenvolvimento foi *Taiichi Ohno* que é considerado por muitos o pai do *Toyota Production System* (TPS). Numa das suas célebres frases afirma que “*tudo o que estamos a fazer é olhar para a linha de tempo, desde o momento em que o cliente nos faz uma encomenda até ao momento em que recebemos o pagamento. E nós estamos a diminuir a linha de tempo, através da redução de desperdícios que não geram valor.*”, explicando de forma sucinta e clara o conceito subjacente ao sistema desenvolvido.

Contudo, a designação TPS não era aceite pela comunidade académica, profissionais da área e investigadores, pois no seu nome contém uma marca empresarial.

Em 1990, *James P. Womack*, juntamente com *Daniel T. Jones* e *Daniel Roos*, apresentam ao mundo o livro “*The Machine That Changed The World*”, onde num dos capítulos foi apresentada a descrição completa do pensamento *Lean*. Esse capítulo tinha como título “*Lean Production*”, termo que foi aceite de imediato por toda a comunidade científica.

A origem da metodologia *Lean* teve como princípio a otimização de processos, a redução de desperdício e a criação de valor (C. Ferreira et al., 2019).

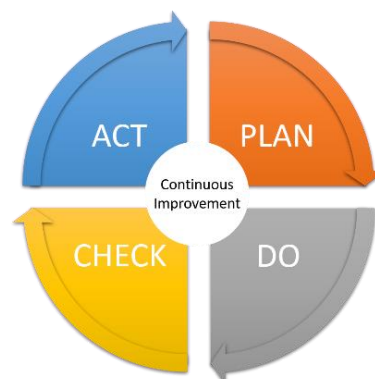


Figura 7 - Ciclo de *Deming* (Ciclo PDCA).

2.1.2 PRINCÍPIOS DA METODOLOGIA *LEAN*

Em 1990, tal como mencionado no subcapítulo anterior, foi lançado o livro “*The Machine That Changed The World*”, na qual é exposto o conceito de *Lean Production*.

Contundo, só em 1996, *James P. Womack* e *Daniel T. Jones* apresentam ao mundo, detalhadamente, os princípios da metodologia *Lean* no livro “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*”. Esses princípios têm como objetivo eliminar desperdícios e auxiliarem as organizações na procura pela melhoria contínua, quando bem administrados.

Abaixo, na tabela 1, são descritos os cinco princípios defendidos pelos autores (Womack, J.P. & Jones, 1996).

Tabela 1 - Princípios *Lean* (Womack, J.P. & Jones, 1996)

Princípio <i>Lean</i>	Definição
Valor	Especificar o valor desejado pelo cliente. Necessário conhecer o cliente, de maneira a ir de encontro ao pretendido pelo mesmo e especificar o valor do produto e/ou serviço aos olhos e na perspectiva do cliente.
Fluxo de Valor ou Cadeia de Valor	Identificar o fluxo de valor do produto, fornecendo assim o respetivo valor e identificando os desperdícios e atividades que não acrescentam valor nas várias etapas subjacentes ao fabrico do produto. Existem três tipos de atividades a identificar: • As que acrescentam valor; • As que não acrescentam valor, mas são necessárias - desperdício necessário; • As que não acrescentam valor e não são necessárias - desperdício puro. As últimas atividades, segundo a metodologia <i>Lean</i> , devem ser eliminadas de imediato e completamente, pois são uma origem de desperdício no valor do produto (S. Silva et al., 2020).
Fluxo	Manter um fluxo constante da cadeia de valor do produto. Depois de executados os dois princípios iniciais, é necessário assegurar o terceiro princípio <i>Lean</i> , ou seja, um fluxo contínuo da produção, onde não se registem esperas, interrupções e quebras de <i>stock</i> .
Sistema Puxado	Sistema de produção focado na produção por encomenda e na eliminação da acumulação de <i>stocks</i> . Permite a uma organização ter um fluxo contínuo de produção, informação fidedigna dos gastos e diminuição dos tempos de entrega, garantido assim uma maior satisfação do cliente.
Perfeição ou Melhoria Contínua	Perseguir a perfeição, de forma que o número de operações, a quantidade de tempo e a informação necessária para garantir a conformidade do produto, seja o menor possível.

Princípio <i>Lean</i>	Definição
	Este princípio tem como definição a procura constante pela melhor forma de criar valor!

2.1.3 DESPERDÍCIOS *LEAN*

De forma a reforçar a importância de identificar desperdícios numa organização e facilitar a designação dos mesmos, *Masaki Imai* atribui o termo *muda* a desperdícios possíveis de encontrar numa empresa (J. Oliveira et al., 2017).

Além de *Muda*, existem outros dois tipos de desperdícios identificados *Mura* (desperdício relacionado com a irregularidade de processos produtivos) e *Muri* (desperdício relacionado com o sobrecarregar de recursos humanos e/ou máquinas), formando assim o conceito *3M's*.

Originalmente, foram sete os desperdícios (*Muda*) identificados por *Taiichi Ohno* (1998), considerado um dos fundadores da metodologia *Lean*. São eles:

- **Inventário** – neste caso o excesso dele. A origem desta *muda* (desperdício) está relacionada com a utilização desadequada de espaço, excesso de movimentação e não conformidades registadas.
O excesso de *stock* omite vários problemas de uma organização.
- **Tempos de Espera** – podem dividir-se em dois grupos principais: 1 – colaboradores a aguardar material ou equipamentos; e 2 - equipamento inativo e/ou parado.
Os tempos de espera tem várias origens: falta de material, falta de capacidade de resposta das máquinas, falta de mão-de-obra, atrasos, mudança de ferramentas, entre outros tipos de tempos a identificar em diferentes tipos de indústria.
- **Defeitos** – ocorrem quando o produto não é adequado para o propósito pretendido. Este é o tipo de desperdício (*muda*) mais habitual e mais fácil de identificar, assim como, regra geral, o mais dispendioso a curto prazo para uma empresa.
Normalmente, surgem de requisitos não cumpridos e não conformidades registadas na sua produção, o que origina retrabalho ou muitas vezes a repetição de todo o processo produtivo, provocando um aumento de custos e a criação de sucata.
- **Sobreprodução** – contribui para o aumento de *stocks*, um consumo de matéria-prima desnecessária e um maior custo de logística para a empresa (desde o transporte do produto até ao local e espaço necessário para o armazenamento do produto);
- **Movimentação** – esta *muda* está relacionada com o movimento desnecessário de pessoas, equipamentos ou máquinas. Todo o movimento efetuado sem

qualquer tipo de justificação é considerado um desperdício, uma vez que não está a ser utilizado para acrescentar valor ao produto final.

Tarefas que exijam uma necessidade constante de movimento devem ser repensadas, de forma a diminuir o desperdício resultante.

- **Transporte** – considerado desde o fornecedor de matéria-prima até à entrega do produto final ao cliente. Todo o transporte de materiais necessários para a produção de um produto final tem associado custos logísticos.
- **Sobre processamento** – realizar mais trabalho do que o necessário ou antecipar trabalho, é um desperdício que em nada enaltece o valor de um produto. Origina um gasto de recursos superior ao estimado inicialmente e, consequentemente, aumenta o custo do produto final, não indo de encontro aos requisitos pretendidos pelo cliente.

Na figura 8, abaixo, é possível verificar uma ilustração com esses mesmos desperdícios evidenciados.



Figura 8 - Sete desperdícios (*muda*) *Lean*.

Posteriormente, com a evolução dos estudos, investigações sobre *Lean* e colocação em prática desses mesmos trabalhos, surgiu o aparecimento do oitavo desperdício (*muda*) – **Desaproveitamento do Engenho Humano** – isto é, o desperdiçar do talento e conhecimento de cada colaborador (Liker, 2004).

Os desperdícios, acima evidenciados, causam um sério e grave impacto ambiental que pode ser diminuído e/ou eliminado através da implementação de técnicas e ferramentas *Lean*, uma vez que estas permitem identificar, analisar e remover esses desperdícios.

Na tabela 2, é apresentada a relação entre os diferentes desperdícios (*muda*) e o impacto ambiental daí resultante (Chiarini, 2014).

Tabela 2 - Impacto causado pelos diferentes desperdícios (muda) no Ambiente

Desperdício (Muda)	Impacto Ambiental
Defeitos	Matéria-prima consumida para corrigir produtos defeituosos Reciclagem de componentes Produção de sucatas Maior necessidade de espaço físico, trabalho, consumíveis e energia
Tempos de Espera	Energia desperdiçada devido a tempos de inatividade de produção Deterioração de material ou componentes, devido a elevado tempo de espera
Sobreprodução	Consumo desnecessário de matéria-prima Consumo desnecessário de energia
Transporte e Movimentação	Maior consumo de energia para transporte. Aumento de emissões poluentes emitidas devido ao transporte Consumo de materiais e matérias-primas para proteção dos componentes em movimento
Inventário	Deterioração de produtos devido ao longo tempo que estão em <i>stock</i> Produção de sucata Consumo desnecessário de energia elétrica Maior necessidade de espaço de armazenagem Consumo de materiais e matérias-primas para proteção dos componentes em <i>stock</i>
Sobre processamento	Maior consumo de materiais e matérias-primas por cada produto fabricado Consumo desnecessário de energia, e consequente, aumento de emissão de gases poluentes devido ao processo de fabrico
Desaproveitamento do Engenho Humano	Desaproveitamento de ideias e sugestões no combate à poluição Desaproveitamento de oportunidades para reduzir desperdícios (muda)

2.2 FERRAMENTAS *LEAN*

A utilização de ferramentas *Lean* permitem a criação de valor para uma organização e um posicionamento favorável perante as suas partes interessadas (Oliveira et al., 2017).

Uma empresa para se adaptar há constante mudança na indústria tem de ter uma estrutura organizacional forte para identificar possíveis pontos de melhoria (Pombal et al., 2019).

Essa identificação está assente num pensamento *Lean* e na utilização de ferramentas e técnicas que permitam a eliminação de resíduos, desperdícios e atividades que não geram valor.

Ao longo da dissertação, serão abordadas as seguintes ferramentas:

- Eventos *Kaizen*
- 5S
- *Value Stream Mapping (VSM)*

2.2.1 EVENTOS KAIZEN

“*Kaizen* pode ser definido como uma mentalidade ou filosofia, *Lean* deve ser interpretado como o método prático para a aplicação desta filosofia” (Monteiro et al., 2019).

Esta mentalidade é uma das principais na implementação de sistemas *Lean* e tem como objetivo eliminar qualquer tipo de desperdício, identificado através do envolvimento total dos trabalhadores de diferentes áreas da empresa. Este tem como fim comum agregar mais valor com menos desperdício e aproveitar o importante contributo que cada colaborador tem para fornecer à sua entidade, procurando sempre a melhoria contínua do produto e processos.

Os Eventos *Kaizen* são ferramentas protagonistas no conceito *Lean Green*, pois adicionar os conceitos de produção *Green* a esta ferramenta, permite aumentar a eficiência dos processos e a sustentabilidade das operações, garantindo assim uma melhoria económica e ambiental para uma organização (M.Kurdve & M.Bellgran, 2020).

2.2.2 5S

Esta ferramenta *Lean* é definida como uma metodologia de organização, mas a sua importância e abrangência numa empresa vai muito mais além do conceito de organização.

Além da cultura de organização evidenciada e comprovada, o 5S permite um processo de diálogo entre os colaboradores sobre o que deve ser feito, onde ser feito e como ser feito, aumentando assim a confiança entre colaboradores e estimulando o sentido de responsabilidade de cada um (Costa et al., 2019).

5S é composto por cinco sentidos ou princípios, demonstrados na figura 9. São eles:

- *Seiri* – Senso de Utilização (separar o necessário do desnecessário);
- *Seiton* – Senso de Organização (cada coisa no lugar pré-estabelecido);
- *Seiso* – Senso de Limpeza (zelo pelo local de trabalho);
- *Seiketsu* – Senso de Padronização ou Normalização;
- *Shitsuke* – Senso de Autodisciplina.



Figura 9 - Ferramenta 5S.

2.2.3 VALUE STREAM MAPPING (VSM)

O *Value Stream Mapping* (VSM), ou Mapa de Fluxo de Valor, é uma ferramenta que permite analisar e identificar atividades sem valor acrescentado ao longo de toda a cadeia de produção, desde os fornecedores de matéria-prima até à expedição do produto final.

A aplicação prática do VSM consiste no preenchimento de um mapa com informações e dados observados ao longo de toda a produção de um bem.

Essas informações e dados serão posteriormente analisados, na procura de uma melhoria a implementar.

A implementação da metodologia VSM deve seguir quatro passos (Tomás Nero, 2017):

1. Seleção do produto ou família de produtos.
2. Representação/Desenvolvimento do mapa VSM do estado atual do processo.
3. Através do mapa desenvolvido anteriormente, identificar as tarefas/processos que não acrescentam valor e retirá-las do novo mapa.
4. Elaboração do novo mapa VSM, com as alterações evidenciadas no passo anterior, de maneira a garantir a eliminação das formas de desperdício encontradas.

O uso do VSM ajuda na identificação de fontes de desperdício e permite uma forma de comunicação simples e eficaz, eliminando assim a origem de *mudas* existentes.

2.3 LEAN SIX SIGMA

O *Six Sigma* (SS) nasce em 1987, criado pela *Motorola*, com o intuito de enfrentar a concorrência do mercado internacional, visto estarem a fabricar produtos de qualidade superior com um custo inferior ao praticado pela empresa americana.

Esta filosofia tem como objetivo aumentar a rentabilidade de uma organização, através da melhoria da qualidade dos produtos e processos e, conseqüentemente, aumento da confiança dos *stakeholders*. Para alcançar esse objetivo, tem subjacente três métodos estratégicos (Sá et al., 2020):

- DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).
- DMADV (*Define, Measure, Analyze, Design, Verify*).
- IDOV (*Identify, Design, Optimize, Verify*)

Na figura 10, temos presente uma ilustração desta filosofia associada a uma das suas estratégias, o método DMAIC.

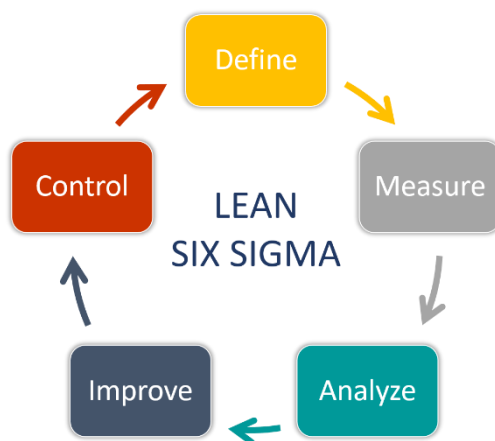


Figura 10 – Lean Six Sigma

Ronald D. Snee, define o *Six Sigma* como “uma abordagem à melhoria de negócios que procura eliminar causas de erros ou defeitos em processos de negócios, focando-se nas saídas que são de importância crítica para os clientes” (Snee, 2010).

Numa componente ambiental, a filosofia *Six Sigma*, permite a uma organização minimizar desperdícios, diminuir a emissão de poluentes e desenvolver processos e produtos mais ecológicos e amigos do ambiente (Amna Farrukh et al., 2020)

A procura pela melhoria contínua, o aumento dos conhecimentos e a evolução constante das ferramentas tecnológicas ao longo dos tempos, originou a criação do conceito *Lean Six Sigma* (LSS). Este conceito, tal como o próprio nome indica, resulta da combinação de duas filosofias de melhoria contínua *Lean* e *Six Sigma*.

O conceito LSS compreende os princípios *Lean* para redução de desperdícios com ferramentas e técnicas *Six Sigma* para alcançar variação zero (Sá et al., 2020).

2.4 FILOSOFIA GREEN

A revolução industrial foi um dos grandes marcos da história mundial, devido ao que possibilitou, às tecnologias que desenvolveu e toda a panóplia de conhecimentos e ganhos evolucionais que advém desse momento.

Contundo, esse período de evolução e prosperidade tecnológica, trouxe consigo desvantagens que, aos dias de hoje, são cada vez mais preocupantes.

De várias que poderiam ser mencionadas, a que tem um maior prejuízo para toda a humanidade é o impacto negativo causado no meio ambiente pelo setor industrial.

De forma a combater esse impacto, as indústrias são, a cada dia que passa, pressionadas para arranjam alternativas que causem o menor impacto no meio ambiente e que permitam um desenvolvimento sustentável de toda a indústria (Teixeira et al., 2021).

Dessa procura por um desenvolvimento sustentável e amigável para o meio ambiente, surge a metodologia de produção/gestão *Green*.

Uma produção/gestão *Green* é definida como uma implementação contínua de estratégias preventivas ambientais aplicadas a produtos, processos e serviços (S. Silva et al., 2020).

Esta metodologia tem como objetivo assegurar o contínuo crescimento industrial, sem colocar em causa o desenvolvimento sustentável das matérias-primas, do sector empresarial e de toda a sociedade, mantendo sempre um ciclo estável e constante, tal como demonstra a figura 11.

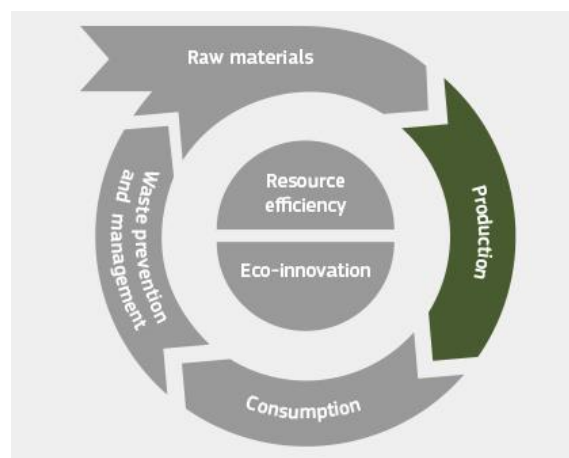


Figura 11 - Metodologia *Green* – Adaptado do *website* da Comissão Europeia, artigo "*Green Growth*"

2.4.1 SETE DESPERDÍCIOS VERDES (*GREEN*)

Os desperdícios originados pelas indústrias, contribuem para um elevado impacto ambiental.

Vários investigadores (*Sonal Choudhary 2019; Garza Reyes 2015; Mollenkopf et al. 2010*) atestam que a implementação da metodologia *Lean* na indústria, além das melhorias a nível da eliminação de desperdícios no processo produtivo, também provocam um desempenho a nível ambiental superior.

Assim, como no pensamento original dos desperdícios *Lean*, também a filosofia *Green* apresenta sete desperdícios que devem ser diminuídos em larga escala ou erradicados de todo.

A identificação destes desperdícios *verdes* procura extrair o máximo benefício dos produtos fabricados e minimizar o desperdício criado (Wills, 2009).

Na tabela seguinte, tabela 3, são apresentados os sete desperdícios *Green* e uma breve descrição do que cada um representa (Sonal Chodhary et al., 2019).

Tabela 3 - Sete Desperdícios *Green*

Desperdício <i>Green</i>	Descrição
Energia	Uso incorreto e desnecessário de energia. Uso de fontes de energia não-renováveis.
Água	Uso desnecessário de água potável. Falta de eficiência das instalações e o não reaproveitamento de água.
Materiais	Uso de materiais não recicláveis. Não reaproveitamento de materiais.
Sucatas	Uso indevido de material, provocando assim a obsolescência do mesmo e o aumento de sucatas.
Transporte	Transporte desnecessários de pessoas e bens.
Emissão de Poluentes	Criação e descarga para o meio ambiente de toxinas e partículas poluentes. Falta do cumprimento de regulamentações e diretivas ambientais.
Biodiversidade	Impacto extremamente negativo na flora e fauna. Demora da regeneração dos recursos naturais.

2.5 PERSPETIVA IDEOLÓGICA DE DIFERENTES AUTORES

A metodologia *Lean* apresenta-se como uma ferramenta estudada de forma extensa e aprofundada ao longo da história moderna, contudo, a sua ligação com os cuidados ambientais e formação do conceito denominado *Lean Green* é recente e não conta com os inúmeros casos de estudo, investigações e modelos do conceito base (J.A. Garza-Reyes, 2014).

De acordo com o website *Web of Science*, existe um total de mil publicações com o tópico *Lean Green*, estando todas elas compreendidas no espaço temporal do século XXI, entre 2002 e o presente ano, embora a sua importância tenha-se evidenciado apenas no início da última década, com o aumento do número de citações, tal como é possível comprovar pela figura 12.

Por esse mesmo motivo, os vários estudos apresentados ao longo dos últimos anos apresentam diferentes perspetivas e aplicações da metodologia *Lean Green* em vários ambientes e indústrias, por inúmeros autores e instituições.

Número de citações por ano

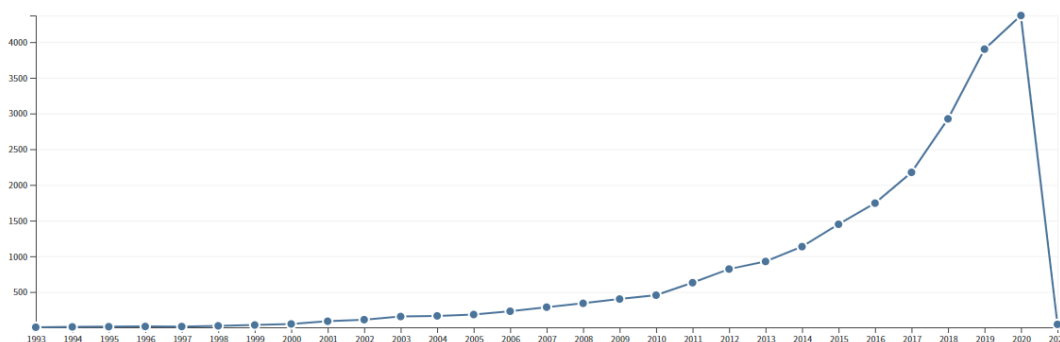


Figura 12 - Nº de citações do *Lean Green* por ano - Adaptado do website *Web of Science*.

Na tabela 4, encontram-se diversos artigos científicos sobre *Lean Green* e/ou variantes da metodologia, assim como objetivo de cada artigo e os resultados apresentados nos mesmos.

A tabela apresenta um pequeno resumo que tem como objetivo elucidar sobre vários artigos desenvolvidos que têm como ponto comum a metodologia *Lean Green*, focando-se também noutras matérias e assuntos que ajudam a perceber, integrar e melhorar o impacto da metodologia na indústria.

Tabela 4 - Artigos Científicos sobre *Lean Green*

Autor, Ano	Título do Artigo	Objetivo do Artigo	Ferramentas <i>Lean</i> Aplicadas	Área	Conclusões e Resultados Obtidos
(Silva et al., 2020)	<i>Lean Green - The importance of Integrating Environment into Lean Philosophy – A Case Study</i>	Identificar desperdícios existentes na organização, através das ferramentas <i>Lean</i> implementadas	<i>Kaizen</i> <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> <i>Jidoka</i> <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	Indústria Metalomecânica (Foco no processo de Soldadura Robotizada)	Redução dos consumos de energia em 38%. Redução de 66% na quantidade de sucata produzida. Redução do sobre processamento em 30%. Redução média dos tempos de ciclo em 33%.
(Amna Farrukh, Sanjay Mathrani & Nazim Taskin, 2020)	<i>Investigating the Theoretical Constructs of a Green Lean Six Sigma Approach towards Environmental Sustainability: A Systematic Literature Review and Future Directions</i>	Investigar as várias estratégias possíveis na construção do <i>Green Lean Six Sigma (GLSS)</i> .	<i>Six Sigma</i>	Investigação	A correta implementação desta estratégia permite a uma organização minimizar os desperdícios, reduzir a emissão de poluentes e conservar as matérias-primas.

Autor, Ano	Título do Artigo	Objetivo do Artigo	Ferramentas <i>Lean</i> Aplicadas	Área	Conclusões e Resultados Obtidos
(Ribeiro et al., 2019)	<i>The impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study</i>	Implementar ferramentas <i>Lean</i> nos principais produtos da organização, de forma a reduzir os tempos de espera, aumentar a produção e reduzir as reclamações sobre os produtos.	5S <i>Visual Management</i> <i>Kanban</i> <i>Mizusumashi</i>	Indústria Plásticos (Foco na produção de tampões de jantes e para-choques frontal)	Redução do tempo de transporte na linha de pintura em 70%. Aumento do índice OEE de 18% no processo de injeção, 16% na linha de produção da pintura de tampões de jantes e 17% na linha de produção do para-choques frontal.
(Ferreira et al., 2019)	<i>ILeanDMAIC – A methodology for implementing the lean tools</i>	Combinar as ferramentas <i>Lean</i> com o ciclo DMAIC, com o intuito de auxiliar organizações a identificar e resolver problemas com maior precisão e facilidade.	DMAIC VSM <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i> 5S	Indústria Madeira	da Redução de tempos na troca de ferramentas de 39 minutos para 17 minutos, resultando num ganho de 44% na produção.

Autor, Ano	Título do Artigo	Objetivo do Artigo	Ferramentas <i>Lean</i> Aplicadas	Área	Conclusões e Resultados Obtidos
(Martin Kurdve & Monica Bellgran, 2020)	<i>Green lean operationalisation of the circular economy concept on production shop floor level</i>	Demonstrar a eficiência da ferramenta <i>Green Performance Map</i> , na produtividade das indústrias, numa pesquisa com diferentes casos de estudo, compreendidos entre 2010 e 2018.	<i>Green Performance Map (GPM)</i> <i>Green Kaizen</i>	Pesquisa Indústria Caso de Estudo	O artigo desenvolveu-se com a aplicação prática em oito casos industriais que demonstra um aumento da eficiência na utilização de recursos, assim como uma melhoria geral no comportamento ambiental.
(Christina Maria Dües, Kim Hua Tan & Ming Lim, 2011)	<i>Green as the New Lean: How to Use Lean Practices as a Catalyst to Greening Your Supply Chain</i>	Explorar e avaliar trabalhos desenvolvidos anteriormente focados na relação e ligação entre <i>Lean</i> e <i>Green</i> .		Pesquisa Literatura	O artigo fornece evidências de que a metodologia <i>Lean</i> beneficia as práticas <i>Green</i> e a implementação de práticas <i>Green</i> é, por sua vez, influenciada positivamente pela existência de práticas <i>Lean</i> .

Autor, Ano	Título do Artigo	Objetivo do Artigo	Ferramentas <i>Lean</i> Aplicadas	Área	Conclusões e Resultados Obtidos
(Jose Arturo Garza-Reyes, 2015)	<i>Lean and green – a systematic review of the state of the art literature</i>	O artigo tem como principal objetivo oferecer uma atualização da literatura existente sobre <i>Lean Green</i> para possibilitar uma orientação sobre o conceito, auxiliar nas lacunas e inconsistências encontradas e encontrar novos caminhos de pesquisa.		Pesquisa Literatura	O artigo permite um guia/forma de pesquisar e explorar o conceito de <i>Lean Green</i> , além de permitir às indústrias uma visão geral dos conceitos <i>Lean</i> e <i>Green</i> , assim como, aquilo que devem desenvolver e investigar de forma a desenvolverem um crescimento sustentável.
(William Faulkner & Fazleena Badurdeen, 2014)	<i>Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance</i>	Apresentar uma metodologia que permita o desenvolvimento do <i>Value Stream Mapping (VSM)</i> numa componente	<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	Indústria Caso de Estudo	O artigo apresenta uma metodologia desenvolvida para integrar o VSM numa componente ambiental sustentável que inclui métricas para avaliar o

Autor, Ano	Título do Artigo	Objetivo do Artigo	Ferramentas <i>Lean</i> Aplicadas	Área	Conclusões e Resultados Obtidos
		ambiental e sustentável.			desempenho ambiental e social sustentável, na linha de produção.
(Andrea Chiarini, 2014)	<i>Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers</i>	Investigar se as ferramentas <i>Lean</i> podem ou não ajudar na redução dos impactos ambientais nas indústrias.	<i>Value Stream Mapping (VSM)</i> 5S Produção em Células SMED <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	Indústria Casos de Estudo	Através da implementação das cinco ferramentas <i>Lean</i> , foi possível comprovar uma redução nos impactos ambientais com a utilização de quatro das ferramentas (VSM, 5S, Produção em células e TPM). A única que não apresentou melhorias significativas foi a ferramenta SMED.

2.6 RELAÇÃO ENTRE *LEAN* E *GREEN*

Existe uma simbiose entre a metodologia *Lean* e a metodologia *Green* que tem vindo a ser identificada nos variados setores da indústria.

A implementação de ferramentas *Lean* além de diminuir os desperdícios identificados por esta metodologia, também tem auxiliado na diminuição dos desperdícios *Green*. Esta verificação permite concluir que existe uma relação benéfica entre as duas metodologias e que, por sua vez, acrescenta ganhos monetários, produtivos e ambientais para uma empresa.

Na tabela 5, estão identificados os desperdícios *Lean*, as consequências destes desperdícios e a relação comum que possuem com os desperdícios *Green*.

Tabela 5 - Relação entre *Lean* e *Green*

Desperdícios <i>Lean</i>	Consequência	Desperdícios <i>Green</i>
Inventário	Desperdício de Matéria-Prima Desperdício de Armazenamento	Energia, Material
Tempos de Espera	Desperdício de Tempo Desperdício de Energia	Energia
Defeitos	Origina sucatas Desperdício de Tempo	Energia, Material, Sucata
Sobreprodução	Desperdício de Armazenamento Desperdício de Tempo	Energia Sucata
Movimentação	Desperdício de Tempo	Material, Energia
Transporte	Desperdício de Tempo	Transporte, Energia
Sobre processamento	Excesso do Tempo de Produção Desperdício de Matéria-Prima	Energia, Material

2.6.1 RELAÇÃO ENTRE FERRAMENTAS *LEAN* E GESTÃO *GREEN*

A utilização de ferramentas *Lean* em conjunto com estratégias e técnicas sustentáveis *Green* apresentam vantagens para as empresas, sendo as principais protagonistas, a melhoria do desempenho ambiental e a redução de custos (S. Silva et al., 2020).

Na tabela 6, abaixo, é possível verificar a relação entre as ferramentas *Lean* apresentadas anteriormente e a sua contribuição na melhoria do desempenho ambiental de uma organização.

Tabela 6 - Desempenho Ambiental através de Ferramentas *Lean*

Ferramenta Lean	Melhoria do Desempenho Ambiental
Eventos <i>Kaizen</i>	Participação de diversos colaboradores de diferentes áreas de atuação de uma empresa, permite a identificação de diferentes processos a melhorar, visto que, regra geral, são os trabalhadores que conhecem melhor o seu local de trabalho, o seu processo e quais os pontos a melhorar e, consequentemente, diminuir desperdícios e os impactos ambientais causados pelos mesmos.
5S	Existe uma melhor identificação e separação de diferentes tipos de materiais, uma redução de itens desnecessários e uma preocupação por manter o local de trabalho limpo e organizado. Com a introdução destes princípios está a contribuir-se diretamente para uma diminuição de desperdícios ambientais e melhoria do processo produtivo.
<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	Permite um mapeamento e identificação de desperdícios que afetam negativamente o meio ambiente, ao longo de todo o processo produtivo na empresa (W. Faulkner & F.Badurdeen, 2014)

2.6.2 LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA *LEAN*, *GREEN* E *LEAN GREEN*

A implementação das metodologias *Lean* e *Green* apresentam aspetos positivos e efeitos enriquecedores no bem-estar de uma organização e no seu contributo para o meio ambiente, contudo, a sua implementação não acarreta apenas benefícios e vantagens, também apresentam limitações.

De acordo com M.S. Kaswan, a metodologia *Lean*, isoladamente, não consegue superar os problemas de deteção de defeitos e redução de desperdícios para abordar questões de natureza ambiental. De igual forma, Kaswan, defende que a metodologia *Green* não permite lidar com a variabilidade de problemas existentes nos processos que estão na origem dos desperdícios que causam graves impactos ambientais (Amna Farrukh et al., 2020).

A principal limitação da metodologia *Green* reside na estratégia a adotar para garantir uma oportunidade de investimento, isto é, como implementar práticas ambientais e garantir um crescimento sustentável, não colocando em causa ganhos económicos e processuais para uma organização (B. Nunes & D. Bennett, 2010).

Devido às limitações das duas metodologias (*Lean* e *Green*), desenvolveu-se o conceito *Lean Green* que permite identificar os desperdícios que causam impactos ambientais.

A principal limitação deste conceito está assente na falta de uma abordagem estruturada para a diminuição dos desperdícios (J.A Garza-Reyes, 2015; S.H. Han et al., 2008). Essa é a limitação mais comum e consensual na comunidade científica, também justificada pelo facto de ser uma metodologia recente e que ainda se encontra numa fase embrionária do seu estudo e do registo das suas dificuldades.

DESENVOLVIMENTO

3.1 APRESENTAÇÃO DA SECÇÃO EM ESTUDO

3.2 PRÉ - *LEAN GREEN*

3.3 PÓS - *LEAN GREEN*

3.4 ANÁLISE DOS GANHOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN GREEN*

3 DESENVOLVIMENTO

Com este capítulo pretende-se dar a conhecer o processo de fabrico, os métodos e os resultados da implementação da metodologia *Lean Green* na secção em estudo na ARSOPI e os ganhos ambientais resultantes dessa implementação.

3.1 APRESENTAÇÃO DA SECÇÃO EM ESTUDO

A presente dissertação focar-se-á nas melhorias a implementar numa secção específica da empresa, de forma a obter resultados concretos e permitir assim identificar se é algo exequível e produtivo para a secção e, conseqüentemente, para toda a unidade fabril.

A secção da ARSOPI selecionada para estudo e implementação do *Lean Green* em contexto industrial denomina-se de Construções Mecânicas – 2 (CM-2) e encontra-se no piso 1 das instalações da fábrica.

Atualmente, na secção, a ARSOPI conta com um total de treze colaboradores. No organograma geral, representado na figura 13, é possível identificar a direção em que se encontra a secção CM-2 – Direção da Produção.

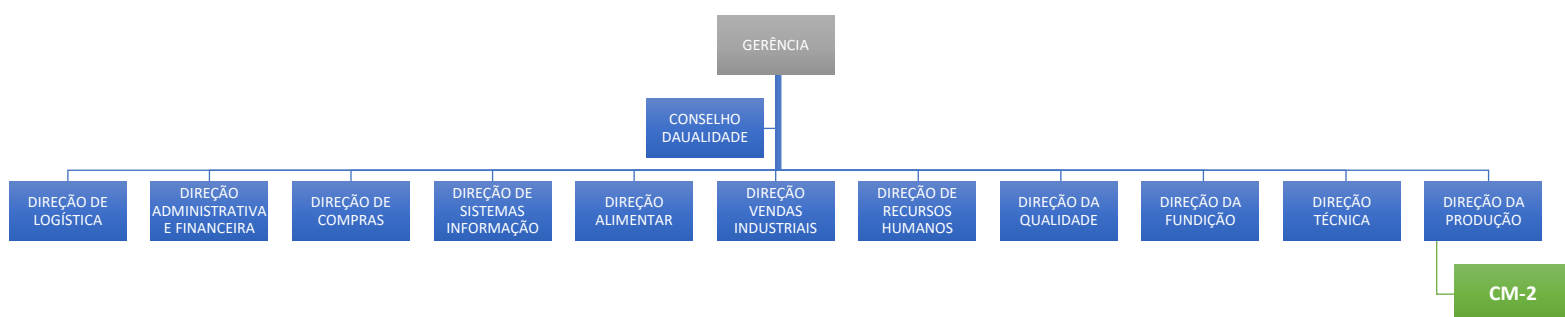


Figura 13 - Organograma ARSOPI.

Na figura 14, temos a representação das diferentes secções presentes no piso 1 (AR-2,3,4 e 7 – Armazém 2,3,4 e 7, respetivamente; MP-1 – Maquinaria Pesada1; ML-1 – Maquinaria Leve 1; CM-F – Centro de Maquinação-Fresas; CM-T – Centro de Maquinação-Tornos; CM-2 – Construções Mecânicas-2), enquanto na figura 15 é demonstrada apenas a planta da secção CM-2.

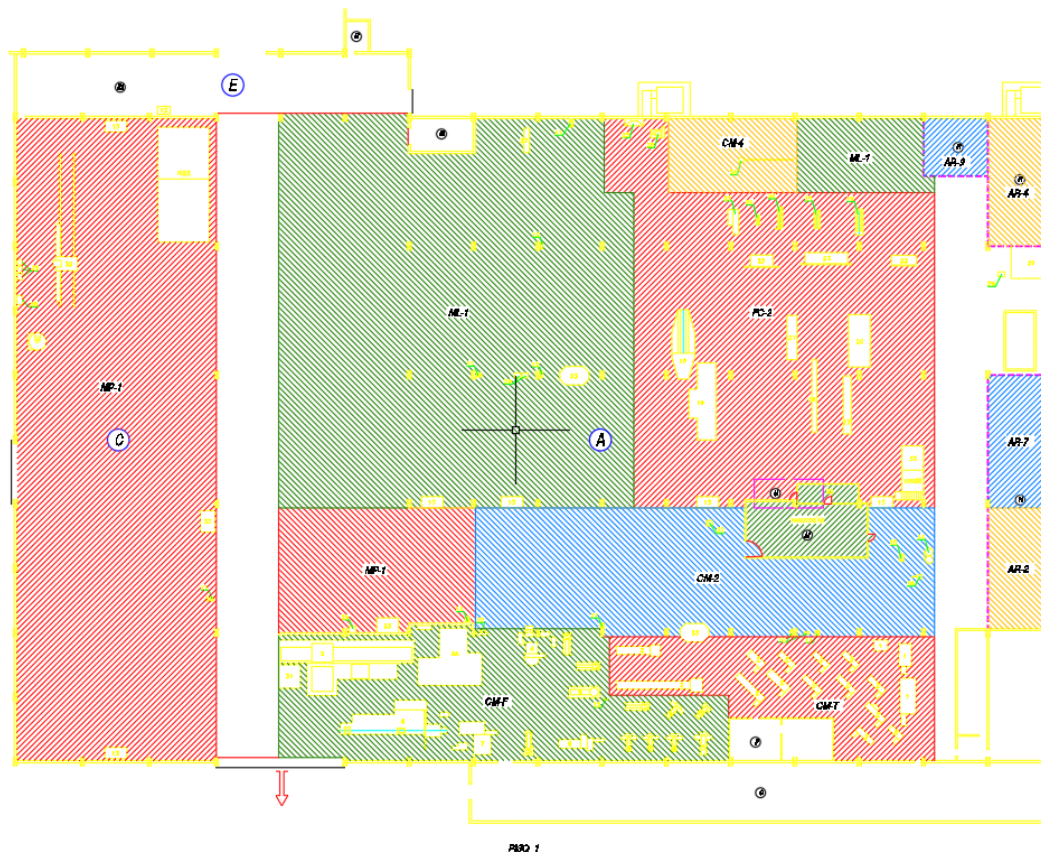


Figura 14 - Planta Piso 1 ARSOPI.

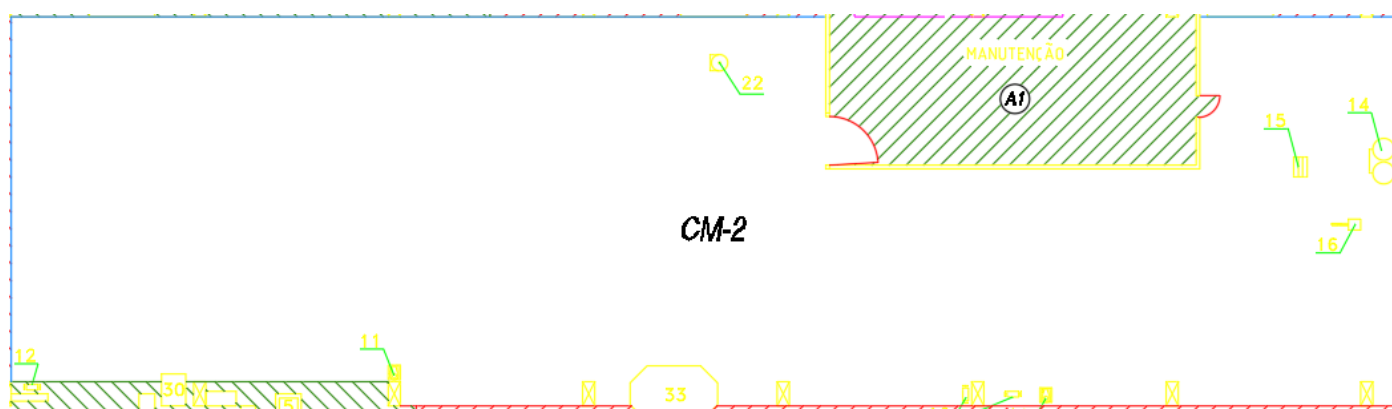


Figura 15 - Planta da Secção CM-2.

A secção tem como principal tarefa e objetivo a produção de peças que serão integradas futuramente em equipamentos e máquinas desenvolvidas nas instalações da fábrica.

Esses equipamentos e máquinas são, maioritariamente, utilizados nos processos de produção da indústria alimentar, das quais se destacam:

- Válvulas;
- Bombas
 - Centrífugas;
 - Lobulares;
 - Parafuso.
- Agitadores;
- Homogeneizadores;
- Centrifugadoras;
- Outros equipamentos.

Na figura 16, é apresentada uma bomba centrífuga, modelo denominado de BSP-2 que representa um dos equipamentos com maior produção na secção estudada.



Figura 16 – Bomba Centrífuga BSP-2.

Conforme é possível depreender da imagem disponibilizada acima, a fabricação deste tipo de equipamento está dependente da utilização de vários materiais e de vários processos de conformação e ligação.

Além da produção dessas peças/componentes e equipamentos, na secção CM-2 podemos ainda encontrar um grupo que se dedica à manutenção de equipamentos integrados nos processos da indústria alimentar, tal como os que se encontram descritos acima.

Para ajudar nos trabalhos a realizar na secção, estão presentes os seguintes equipamentos (legendados de acordo com a numeração presente na planta da secção CM-2, figura 14):

- 11 – Máquinas de Furar;
- 12 – Esmeriladores;
- 14 – Tanques de Ensaio de Bombas;
- 15 – Serrote de Fita;
- 16 – Máquina de Soldar por Pontos;

- 22 – Posicionador de Mesa Rotativo.

3.1.1 DIAGRAMA DE PROCESSO

Na figura 17, apresenta-se o diagrama de processo da secção em estudo, comum a todo o setor metalomecânico da empresa.

O diagrama tem como principal objetivo auxiliar a identificar as principais atividades do processo produtivo, a sequência das mesmas e a forma como são monitorizadas e controladas.

No anexo A, apresenta-se o documento completo onde se insere o diagrama de processo. Nesse documento é possível encontrar informação pormenorizada das tarefas realizadas ao longo de todo o diagrama, as secções e documentos responsáveis pelo correto desenvolvimento do processo e as ações de monitorização necessárias a desenvolver de forma a garantir a realização de um produto final conforme.

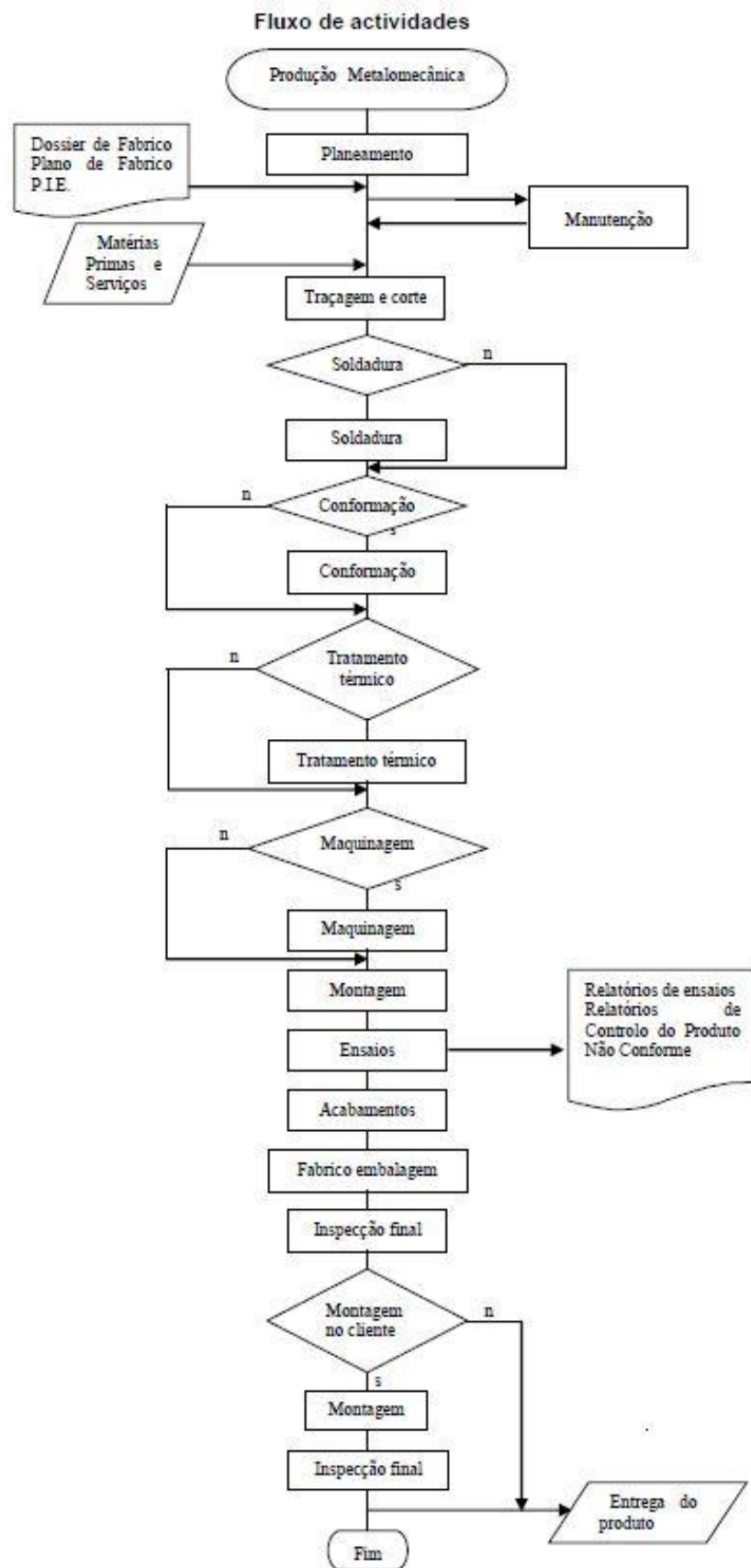


Figura 17 – Diagrama de Processo.

3.1.2 MATERIAIS E MÉTODOS DE SOLDADURA

O material com maior uso na secção, assim como em toda a empresa, é o aço inoxidável.

Dentro das variadas gamas de aço inoxidável existentes na indústria, as mais comuns e mais trabalhadas na ARSOPI e, conseqüentemente, no CM-2, são de acordo com a norma **NP EN 10088-1 2012 – Aços inoxidáveis, Parte 1: Lista de aços inoxidáveis:**

- **Aço Inoxidável X5CrNi18-10** (designação simbólica) ou **Aço Inoxidável 1.4301** (designação numérica) - vulgarmente conhecido como 304 – é o aço inox com maior utilização na empresa;
- **Aço inoxidável X5CrNiMo17-12-2** ou **Aço Inoxidável 1.4401** – vulgarmente conhecido como 316 – é o aço inox com maior utilização no setor alimentar da empresa.

Ambos os aços apresentam características de boa soldabilidade e, regra geral, não requerem qualquer tipo de tratamento térmico, antes e/ou depois do processo de soldadura.

Ainda ao nível do processo, todos os colaboradores da ARSOPI que possuam funções de soldadura necessitam de estar qualificados para executar essa operação, de forma a seguirem os requisitos de qualidade mínimos exigidos.

Se executarem vários processos de soldadura (*TIG – Tungsten Inert Gas; MIG/MAG – Metal Inert Gas/Metal Active Gas; Eléctrodo Revestido*, entre outros praticados), independentemente da quantidade dos mesmos, têm de apresentar certificados de qualificação para cada um dos métodos.

Na figura 18, está disponível o exemplar de um certificado de qualificação para um processo de soldadura TIG.

Este certificado tem como objetivo assegurar que o processo é executado de acordo com as especificações exigidas e que o soldador em questão tem capacidade para produzir soldaduras com os requisitos de qualidade mínimos exigidos.

Como é possível comprovar pela figura 18, o certificado de soldadura é emitido pelo ISQ – Instituto de Soldadura e Qualidade - um dos vários parceiros de atividade da ARSOPI e a entidade especialista de soldadura em Portugal.


**instituto de soldadura
e qualidade**

Certificado de Qualificação

PROCEDIMENTO DE SOLDADURA

WELDING PROCEDURE QUALIFICATION CERTIFICATE

CERTIF. Nº 2002/0189

 CÓDIGO ASME IX 2001
CODE

A - EMPRESA ARSOPI - INDÚSTRIAS METALÚRGICAS ARLINDO S. PINHO, S.A.
COMPANY
B - SOLDADOR / OP.-DE-SOLDADURA
WELDER/WELDING OPERATOR
C - MATERIAL DE BASE (BASE METAL)

 Designação: ASTM A 312 TP 316L (Group: 09)
Specification

 Proveniência: LAMEUSIENNE
Origin

 Designação: _____
Specification

 Proveniência: _____
Origin

 Esp. 3.91 mm Ø 60.3 mm
Thick

 Nº. de Vaz. 098873
Heat Nº

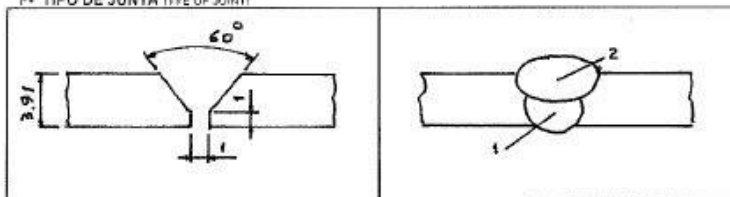
 Esp. --- mm Ø --- mm
Thick

 Nº. de Vaz. ---
Heat Nº
D - MATERIAL DE ADIÇÃO (FILLER METAL)

Tipo (Type)	Designação (Specification)	Design. Comercial (Trade Mark)	Nº. Lote (Batch Nº)	Ø mm
Wm	AWS ER 316L-Si (A 5.9)	SANDVIK 19.12.3.LSI	23796	2.0
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---

E - PROCESSO DE SOLDADURA (WELDING PROCESS)

GTAW

F - TIPO DE JUNTA (JVE OF JOINT)

**G - POSIÇÃO DE
EXECUÇÃO**
(POSITION)

1G

H - CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO (WELDING VARIABLES) See Welding

Tipo de gás: Argon Caudal: 12 l/min

Details

 Passagens (Pass) 1,2
 Mat. de Adição (Ø mm) (Filler Metal) 2.0
 Amperagem (A) (Current) 100
 Voltagem (V) (Voltage) 13
 Veloc. Soldadura (Travel Speed) (mm/min) 57
 Entrega Térmica (Heat Input) (KJ/mm) 1.37
 Polaridade (Polarity) DC(-)

Pré-aquecimento --- °C Temperatura Interpassos --- °C

Pre-heating
Interpass Temperature
I - CONTROLE DE EXECUÇÃO DE ENSAIOS (CONTROL AND TESTS)

Exame visual (Visual Examination)	☒	Ensaio de Tração (Tensile Test)	☒	Durezas (Hardness Test)	☒
Exame radiográfico (Radiogr. Exam.)	☒	Dobragens (Guided Bend Test)	☒	Fractura (Fracture Test)	☒
Líquidos penetrantes (dye penetrant test)	☒	Resiliências (Toughness Test)	☒	Análise Química (Chemical Analysis)	☒
Macro/Micrografia (Macro/Micro)	☒	Cor. Intergranular (Inter. Cor)	☒	Teor de Fósforo (Phos. wt. Frac.)	☒

J - RESULTADO (RESULT)

 O Procedimento de Soldadura foi qualificado pelo Instituto de Soldadura e Qualidade em conformidade
The Welding Procedure was qualified by Instituto de Soldadura e Qualidade in accordance

com o código mencionado, em 2002.02.17

Anexo (Enclosures)

Págs. (Pages)

 O Inspector
Inspector

 O responsável
Responsible



Figura 18 – Certificado de Qualificação (Procedimento de Soldadura).

Na secção CM-2, existem três principais processos de soldadura utilizados diariamente, sendo descritos por ordem descendente de utilização:

1. TIG;
2. Soldadura Semiautomática: MIG/MAG;
3. Eléctrodo Revestido.

Conforme é possível comprovar pela listagem anterior, o processo de soldadura mais utilizado é o TIG. O motivo dessa utilização advém do facto de serem praticadas soldaduras em tubagens, chapas e/ou perfis de pequena espessura (materiais comuns da indústria alimentar), o que permite um ótimo controlo do banho de fusão para uma soldadura mais fluída, assegurando assim um melhor acabamento do cordão de soldadura, uma boa limpeza e higienização.

O trabalho de soldadura realizado na secção apresenta uma característica comum a todos os trabalhos de produção realizados na organização: apenas se realiza qualquer tipo de serviço após a receção dos desenhos de fabrico 2D e/ou 3D.

Esses desenhos são a base do trabalho a realizar, pois contêm várias informações necessárias para o desenvolvimento do processo produtivo, tais como:

- Apresentação da peça/componente a realizar;
- Dimensões;
- Esquema de soldadura e procedimento a executar;
- Material da matéria-prima;
- Lista de materiais;
- Ensaios a realizar - quando aplicável;
- Fluxo do processo de fabrico – secção a que destina.

Abaixo, exemplo das informações mencionadas nos tópicos anteriores, para uma bomba BSP, apresentada anteriormente (figura 16).

➤ Desenho 2D

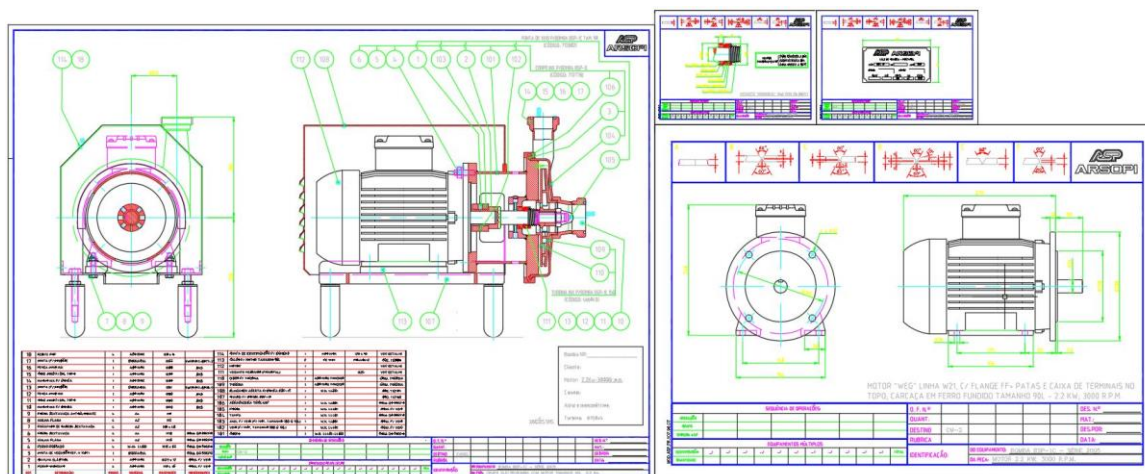


Figura 19 – Desenho 2D de uma Bomba BSP.

O desenho 2D é realizado, regra geral, no *software Autodesk AutoCAD*.

A figura 19, acima, representa o desenho geral, isto é, o desenho da montagem final da peça/equipamento que se pretende fabricar e a listagem de todos os componentes que a constituem. Este documento apresenta, normalmente, as várias informações descritas nos tópicos anteriormente mencionados.

Para obter o resultado final, são realizados vários desenhos de detalhe para produção de cada um dos componentes necessários que serão posteriormente montados, atingindo o objetivo (peça ou equipamento) pretendido.

A figura seguinte, figura 20, representa um dos componentes necessários para a fabricação da bomba, a sua blindagem de proteção, e todos os detalhes necessários para a sua produção.

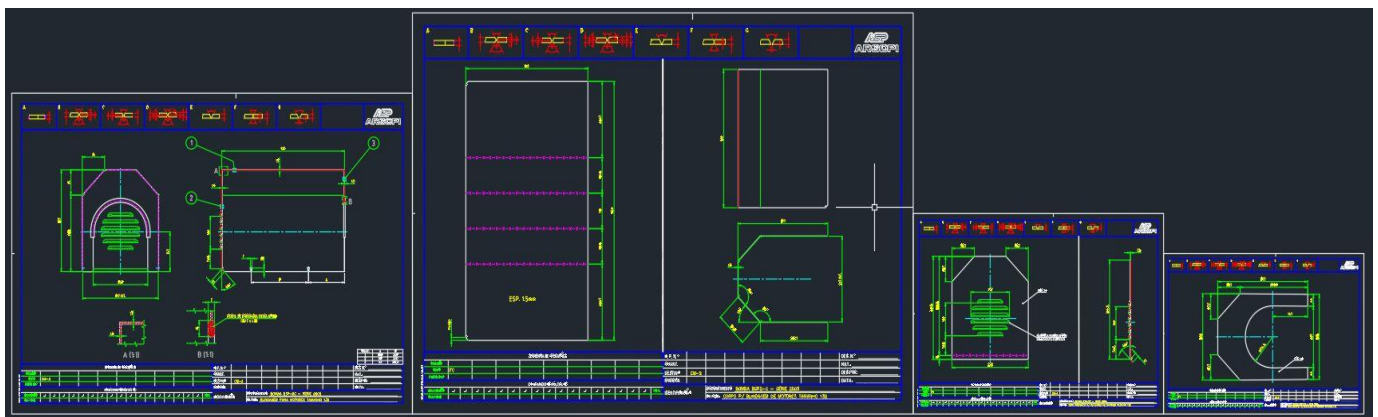


Figura 20 – Detalhes da Blindagem de Proteção da Bomba.

➤ Desenho 3D

Para a realização do desenho, é utilizado o *software CAD - Computer-Aided Design 3D, SolidWorks*. Na figura 21, apresenta-se o desenho 3D da bomba BSP.

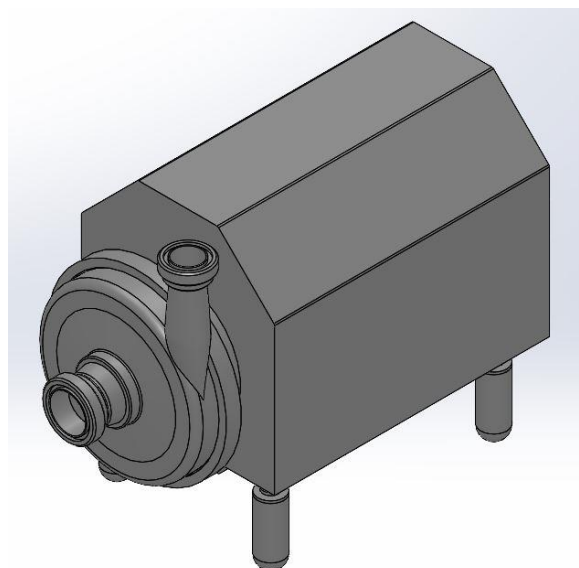


Figura 21 - Desenho 3D de uma Bomba BSP.

A utilização do desenho 3D auxilia bastante na compreensão do resultado final a alcançar e permite a análise pormenorizada de detalhes que são de difícil visualização no desenho 2D, possibilitando assim verificar erros que só seriam detetados depois do equipamento estar em fabrico, originando desperdícios, principalmente sucatas e sobreprodução.

➤ Esquema de Soldadura

Este tipo de documento e informação nem sempre é inserido nos desenhos de fabrico, tal como se sucede no caso da fabricação das bombas BSP, demonstradas acima.

A introdução do esquema de soldadura está dependente do tipo de equipamento a realizar e da integridade da sua componente estrutural, tal como:

- Estruturas;
- Reatores;
- Permutadores;
- Equipamentos Sob pressão;
- Silos;
- Tanques de Armazenagem.

O desenho de fabrico do tanque de armazenagem, representado na figura 22, demonstra o esquema de soldadura a respeitar na produção do equipamento. Estas soldaduras serão inspecionadas e verificadas pelo departamento de Qualidade da ARSOPI, segundo o PIE - Plano de Inspeção Ensaio, realizado para o processo de fabrico do tanque em questão.

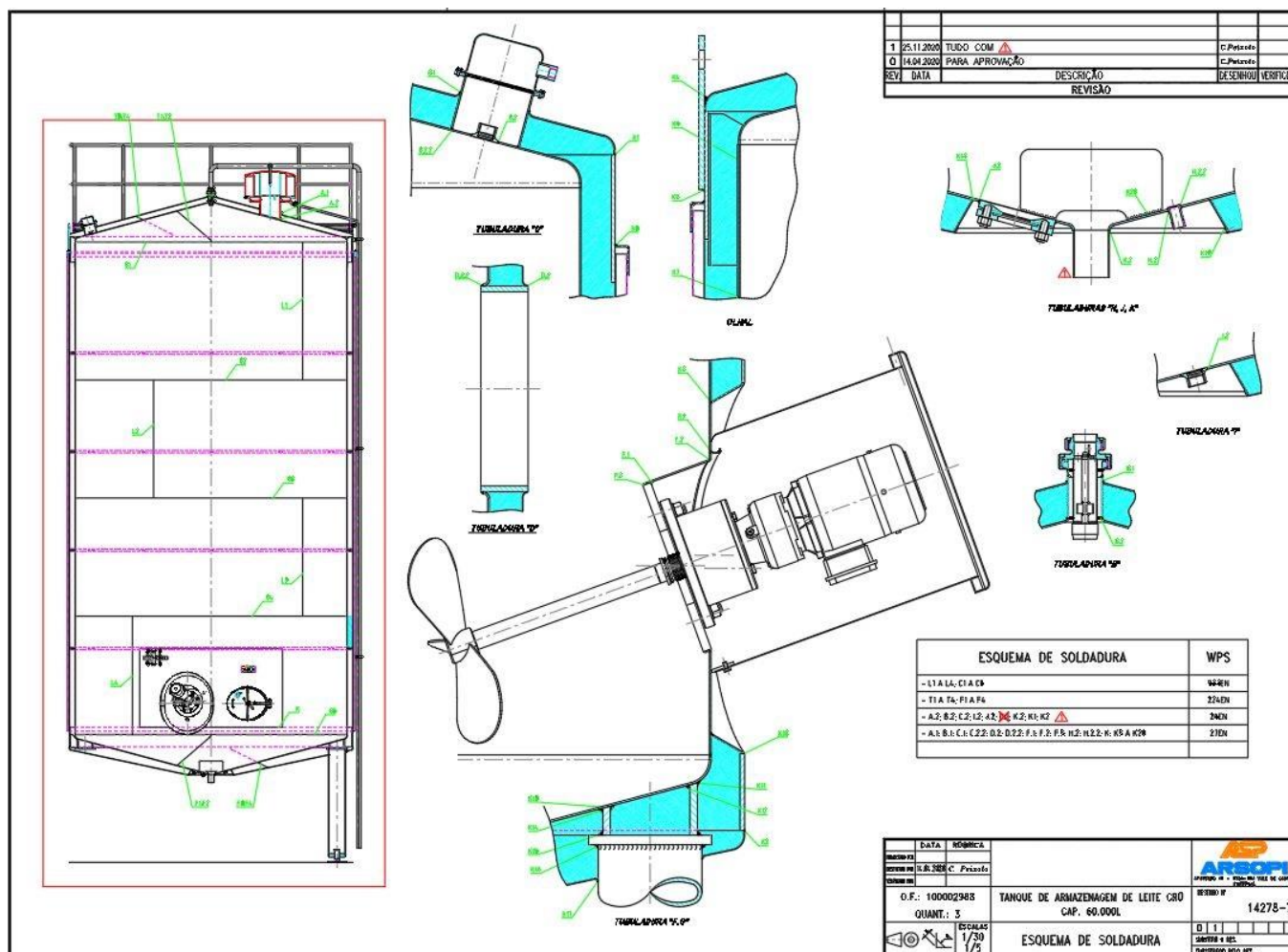


Figura 22 - Desenho de fabrico de tanque de armazenagem.

3.1.2.1 ANÁLISE AO PROCESSO SOLDADURA – COMPONENTE AMBIENTAL

A soldadura é a principal técnica e processo de fabrico implementado na ARSOPI, empresa que se tem dedicado a essa temática ao longo de toda a sua existência.

Para a realização do processo de soldadura, na presente secção, a ARSOPI apresenta uma elevada quantidade de equipamentos de soldadura idênticas às apresentadas na figura seguinte, figura 23.

Estes equipamentos, porque não têm uma posição fixa de trabalho, são móveis, estando montados sobre uma estrutura com rodas (carro) que dispõe de suportes adequados para colocação/arrumação de cabos, mangueiras e outros acessórios da respetiva máquina.



Figura 23 – Máquinas de soldar e equipamentos de apoio ao processo.

Relativamente aos gases de proteção da soldadura, os mais comuns e mais utilizados na secção são:

- Árgon;
- Azoto.

No subcapítulo 3.1.2, definiram-se quais os processos de soldadura mais comuns a toda a secção CM-2, tendo-se verificado que o processo TIG é o mais amplamente utilizado.

Contudo, no presente subcapítulo, pretende-se estudar o impacto ambiental que a utilização desses processos provoca, assim como as soluções para atenuar e eliminar, sempre que possível, esses desperdícios inerentes ao impacto causado.

O processo TIG é o processo de soldadura que provoca menos fumos e é o processo mais sustentável dos praticados na secção.

Na tabela 7, é apresentado um resumo do estudo realizado ao efeito que os diferentes processos de soldadura provocam no meio ambiente.

Tabela 7 – Impacto Ambiental dos Processos de Soldadura

Processo Soldadura	Proteção	Impacto Ambiental	Desperdício Green	Solução Proposta
<i>TIG – Tunsten Inert Gas</i>	Gasosa • Inerte	Produtos químicos para limpeza das soldaduras – criação de atmosfera tóxica.	Energia Emissão de Poluentes	Limpeza em ambiente controlado com ventilação.

Processo Soldadura	Proteção	Impacto Ambiental	Desperdício Green	Solução Proposta
		Aumento do Efeito de Estufa.		Verificação dos parâmetros de soldadura praticados. Limpeza correta da peça, antes de soldar.
<i>MIG/MAG – Metal Inert Gas/Metal Active Gas</i>	Gasosa - Inerte - Ativo	Aumento do Efeito de Estufa. Ambiente prejudicial para a saúde dos trabalhadores.	Emissão de Poluentes Energia	Manutenção dos equipamentos de soldadura (Aparelho e Tocha). Diminuição do tempo de pré-gás e pós-gás.
Elétrodo Revestido	Sólida Escória	Criação de resíduos sólidos. Elevado volume de gases e fumos gerados no processo.	Emissão de Poluentes Energia Materiais	Centro de aspiração de poeiras e fumos.

3.2 PRÉ - LEAN GREEN

Para a identificação, interpretação e análise dos problemas existentes na secção CM-2, foi utilizada a metodologia *DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve, Control*.

Na figura 24, podemos encontrar a definição das diferentes fases da metodologia especificada:

- Definir;
- Medir/Quantificar;
- Analisar;
- Melhorar;
- Controlar.

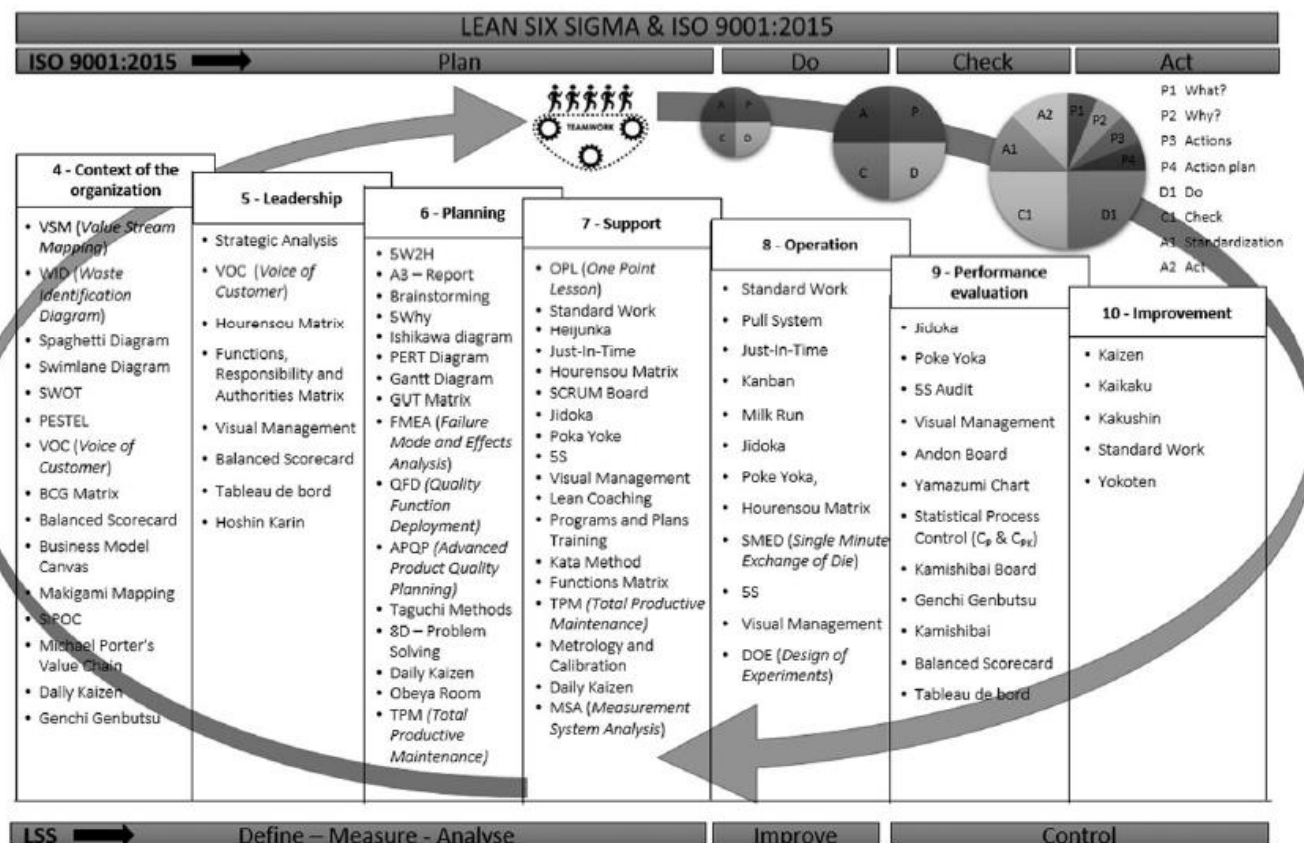


Figura 24 – Fases DMAIC integrado com o ciclo PDCA (Adaptado de J.C. Sá et al., 2020).

Neste subcapítulo, temos como primeiro passo a definição dos seguintes problemas existentes na secção em estudo:

- Organização;
- Renovação;
- Tempos de Espera e Movimentação;
- Delimitação;
- Produção de Resíduos e Sucatas;

Estes tópicos têm como objetivo providenciar a informação do que estava presente na secção antes da implementação do *Lean Green*, de como era processado o trabalho desenvolvido, do que estava correto e era benéfico para os colaboradores e empresa (garantido que assim continuava) e, por último, das melhorias a introduzir na secção.

3.2.1 ORGANIZAÇÃO

A organização de um espaço de trabalho está diretamente relacionada com a produtividade de uma empresa. Um ambiente de trabalho desorganizado resulta em atrasos, menor produção, menor eficiência e menor eficácia.

O principal problema da secção em estudo era a organização da mesma, ou neste caso a falta dela, tal como é possível comprovar na figura 25.



Figura 25 – Desorganização da Secção.

A figura 26, abaixo, demonstra aspetos a melhorar relativamente à organização do espaço da secção:

- Reciclagem/reaproveitamento das caixas de cartão utilizadas;
- Reciclagem de plásticos;
- Componentes espalhados no chão da secção;
- Falta de identificação da ordem de produção das peças entregues na secção, principalmente, nas peças de pequenas dimensões;
- Retenção de materiais finalizados na secção.

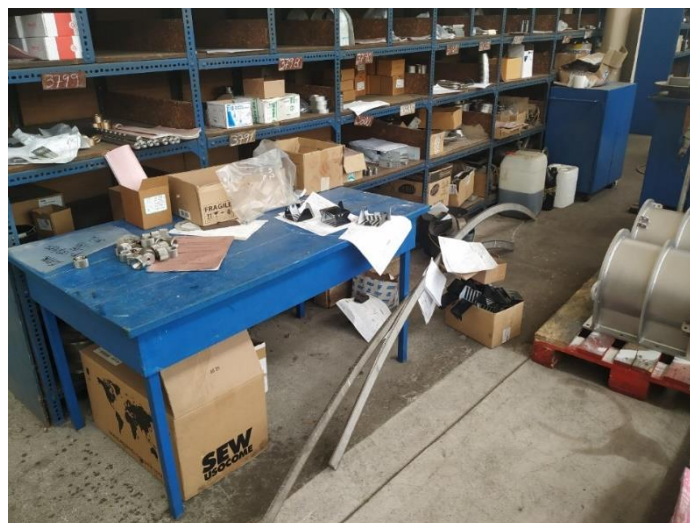


Figura 26 – Identificação de melhorias a realizar na secção.

Relativamente ao estado da secção, o mesmo originava perdas de tempo na procura por materiais, sobreprodução de peças e sobre processamento.

3.2.2 RENOVAÇÃO

A secção apresentava vestígios dos vários anos de existência e de todo o trabalho desenvolvido nas instalações desde a sua implementação.

Um dos exemplos dessa degradação reside no armário presente na figura 27, que tem como finalidade o armazenamento de peças e/ou componentes de acordo com cada ordem de produção referente aos vários projetos a desenvolver nas instalações da ARSOPI, independentemente da área a que se destina (alimentar, química ou petroquímica).



Figura 27 – Degradação do armário de armazenamento de materiais.

Dentro do sector, era o elemento que apresentava mais sinais de uso e a necessitar de melhorias e renovação.

A renovação visa atingir os seguintes objetivos:

- Aumento de produtividade;
- Facilitar na procura das peças pretendidas (diminuição de tempos de espera);
- Redução de custos;
- Melhorar a segurança no trabalho;
- Melhorar o ambiente de trabalho.

3.2.3 TEMPOS DE ESPERA E MOVIMENTAÇÃO

A falta de organização da secção em causa, além dos problemas evidenciados no subcapítulo 3.2.1, tem como principal consequência aumento de tempos de espera, sejam eles de materiais, processo e/ou recursos humanos.

Os motivos identificados que levam ao aumento desses tempos de espera são os seguintes:

- Procura de componentes;
- Aprovisionamento deficiente da matéria-prima;
- Circulação de pessoal não essencial ao processo;
- Disposição incorreta de materiais e equipamentos – exemplificado na figura 28;
- Erros de fabrico e/ou processo.



Figura 28 – Disposição incorreta de equipamento e componentes.

Além dos motivos evidenciados nos tópicos acima, também existe a perda de tempo associada à movimentação/deslocação entre os colaboradores e os diferentes armazéns da ARSOPI.

De forma a ter noção do tempo despendido entre a secção e os diferentes armazéns presentes nas instalações, abaixo, na tabela 8, um conjunto de informações com as distâncias percorridas e os tempos médios para um adulto de estatura média do sexo masculino.

Tabela 8 – Distâncias e tempos de deslocação entre a secção e os armazéns

Percurso	Distância [m]	Tempo de Deslocação Total [s]
Secção – Armazém 2	8	97,20
Secção – Armazém 4	35	168,52
Secção – Armazém 7	15	121,88

NOTA: o tempo de deslocação total (t_{DT}) tem em conta o trajeto a realizar entre a secção e o armazém pretendido (t_{DA}), o tempo da realização da requisição (t_R) ao armazém, o tempo da entrega do material (t_{EM}) necessário por parte do armazém. Desta descrição temos a seguinte fórmula:

$$t_{DT} = (2 \times t_{DA}) + t_R + t_{EM},$$

Após observação do dia-a-dia dos colaboradores no seu posto de trabalho e na sua atividade em específico, podemos afirmar, de uma maneira geral, que os mesmos se deslocam diariamente uma vez ao armazém quatro (ARM4). Ao armazém dois (ARM2) e sete (ARM7) as deslocações são realizadas num número bastante inferior; uma deslocação por semana, no máximo, ao armazém 2 e entre duas a três deslocações por semana ao armazém 7.

Estas deslocações realizam-se por diferentes motivos, das quais são destacados os seguintes:

- Requisitar material e/ou componentes identificados no desenho fornecido – regra geral, no armazém 4;
- Requisitar consumíveis de soldadura necessários para o desempenho das suas funções – armazém 4;
- Requisitar consumíveis (parafusos, anilhas, discos de corte, entre outros) necessários para o desempenho das suas funções – armazém 7;
- Requisitar material de proteção e segurança (protetores auditivos, luvas, botas, entre outros) – armazém 2;
- Requisitar e/ou trocar produtos e/ou materiais em falta para a correta realização do seu trabalho.

Na tabela abaixo, tabela 9, é realizado um estudo ao tempo semanal (considerando cinco dias úteis) gasto pelos colaboradores da secção, considerando o pior cenário, isto é, o máximo número de deslocações que realizam numa semana a cada um dos armazéns, tal como evidenciado anteriormente.

Tabela 9 – Identificação do tempo semanal gasto por deslocações

Percurso	Distância [m]	Tempo de Deslocação [s]	Número de Deslocações	Tempo Semanal [s]
<u>A</u> CM-2 – ARM-2	8	97,20	1 p/semana	97,20
<u>B</u> CM-2 – ARM-4	35	168,52	1 p/dia	842,6 (≈14 min)
<u>C</u> CM-2 – ARM-7	15	121,88	3 p/semana	365,64 (≈6 min)

Desta análise, é possível concluir que o percurso crítico é o percurso B e tem como principal justificação os seguintes motivos:

- Maior número de deslocações dos colaboradores ao armazém 4;
- Armazém mais distante da secção e, por consequência, que tem um tempo de deslocação mais alargado.

Através dos resultados demonstrados, e da criticidade do percurso, facilmente percebemos que será necessário implementar uma solução que permita diminuir o tempo despendido entre a secção e o armazém 4 e 7.

3.2.4 DELIMITAÇÃO

A área de manutenção da secção CM-2, conta com a existência de várias bancadas de trabalho, demonstradas na figura 29, que têm como função auxiliar nos processos de montagem e desmontagem de equipamentos, de soldadura e de manutenção. Contudo, é possível comprovar que muitas das vezes são utilizadas como local para “armazenar”, erradamente, peças a entregar na secção. Essa situação causa transtornos tanto ao processo como aos colaboradores da secção, porque muitas das vezes desconhecem a finalidade do material (principalmente, se não apresentar identificação).



Figura 29 – Disposição das bancadas na secção.

Na presente área também existe a passagem incorreta de colaboradores, pois esta secção permite atravessar para outras secções que se encontram na envolvente do CM-2.

Essa passagem além de permitir perdas de tempo, também apresentava um elevado risco de acidentes visto ser uma secção em que, regra geral, estão presentes peças pesadas e com movimento associado.

3.2.5 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS E SUCATAS

Uma das características mais comuns em toda a indústria metalomecânica é a produção de resíduos e, principalmente, a produção de sucatas metálicas.

Outra característica comum na indústria metalomecânica é a contribuição negativa que essas sucatas produzem no meio ambiente, quando não bem-acondicionadas e tratadas após a sua produção.

Na secção em causa, existem dois tipos de aço com a maior percentagem de sucatas produzidas, sendo eles:

- Aço carbono;
- Aço inoxidável.

A nível global, a empresa produz, mensalmente, nove toneladas de quilos de sucatas que são, posteriormente, designadas por “Aparas e limalhas de metais ferrosos”.

Quanto aos resíduos mais comuns e mais prejudiciais para o meio ambiente que se podem encontrar no CM-2, temos:

- Gases de proteção da soldadura;
- Fumos resultantes do processo de soldadura;
- Cartão e Plásticos;
- Óleos;
- Massas lubrificantes;
- Borrachas.

A nível quantitativo, é produzida cerca de uma tonelada e quatrocentos quilos de papel/cartão na empresa e a nível da produção de resíduos plásticos, são produzidos, mensalmente, quinhentos quilos em toda a organização.

O principal problema identificado neste subcapítulo foram os recipientes onde colocar os resíduos e sucatas identificadas acima, os quais não eram apropriados para este fim, tal como é possível identificar na figura 30, pelo bidão de aço de cor vermelha.



Figura 30 – Recipiente incorreto para armazenagem de resíduos.

3.2.6 RESUMO DOS DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS NA SECÇÃO

No presente subcapítulo, através da tabela 10, serão apresentados os desperdícios relacionados com os problemas identificados na secção em estudo e, consequentemente, o impacto ambiental que originam.

Tabela 10 – Desperdícios Identificados na Secção

Problema Identificado	Desperdício <i>Lean</i>	Desperdício <i>Green</i>	Causa do Problema	Impacto Ambiental
Organização	Inventário		Falta de organização	Utilização de
	Sobreprodução	Energia	da secção.	materiais não
	Sobre processamento	Material	Inércia para modificar.	biodegradáveis. Necessidade de maior consumo de

Problema Identificado	Desperdício <i>Lean</i>	Desperdício <i>Green</i>	Causa do Problema	Impacto Ambiental
			Uso intensivo de cartão e plásticos para acondicionamento de materiais.	matéria-prima e, consequentemente, aumento de sucatas.
Renovação	Inventário	Energia Material	Incorreta utilização do armazenamento disponível, originando perdas de material e, consequentemente, nova produção do mesmo. Aumento desnecessário de stocks.	Uso desnecessário de matéria-prima, provocando aumento de sucatas.
Tempos de Espera e Movimentação	Tempos de Espera de Movimentação	Transporte	Elevado número de deslocamentos para levantamento de materiais.	Material acondicionado por materiais não biodegradáveis.
Produção de Resíduos e Sucatas	Defeitos Sobreprodução	Emissão de Poluentes	Aumento da repetição de peças já produzidas. Gases de soldadura inadequados ao processo - Inércia dos soldadores para ajustar os parâmetros de soldadura.	Aumento de sucatas. Impacto na saúde dos colaboradores e na vida do meio ambiente.

3.3 PÓS - LEAN GREEN

O presente subcapítulo seguirá os tópicos definidos no subcapítulo 3.2 e apresentará as respostas e as melhorias introduzidas na secção CM-2.

Para essas mesmas respostas e melhorias, foi necessário definir as ferramentas *Lean* a implementar na parte prática da presente dissertação e, no caso em específico, na secção em estudo e avaliação.

Após uma análise, cuidada e conjunta, dos problemas presentes na secção e das melhorias a realizar, definiram-se as metodologias *Kaizen* e *5S* como as protagonistas no processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento do setor analisado.

3.3.1 ORGANIZAÇÃO DO ESPAÇO

Identificados os problemas relativos à organização do espaço, procedeu-se à análise e identificação das soluções para minimizar e/ou eliminar o impacto que esses problemas originam na secção.

Tal como identificando, a metodologia *5S* foi a ferramenta *Lean* utilizada para a análise e organização do espaço de trabalho e de toda a sua envolvente. Assim sendo, e respeitando os cinco princípios apresentados anteriormente que esta metodologia defende, foram desenvolvidas as seguintes práticas:

- Verificação do espaço de trabalho e remoção de tudo o que não era necessário para a prática da atividade produtiva;
- Criação de espaços apropriados para a arrumação de ferramentas, de forma a permitir um rápido e fácil acesso – exemplificado na figura 31 – gancho para colocação da pistola de ar comprimido;



Figura 31 – Gancho para Pistola de Ar Comprimido.

- Criação de local próprio para a disposição das matérias-primas;
- Criação de local adequado para a colocação das peças produzidas e finalizadas;
- Sensibilização dos colaboradores para a importância da arrumação e organização do local de trabalho.

Na figura 32, abaixo, é possível comprovar o ganho de espaço que se obteve na secção após a reorganização dos equipamentos, bancadas e matérias-primas, assim como verificar a diferença da limpeza e organização das bancadas existentes na secção.



Figura 32 - Organização Pós - *Lean Green*.

Também foi possível obter espaço entre bancadas, após a alocação de matérias-primas e peças produzidas para um local próprio, isto é, ganho de espaço assente no facto de não acumular na secção peças ou componentes não essenciais ao desenvolvimento do(s) processo(s), seja antes e/ou após o seu fabrico.

Esta reorganização permitiu alcançar vários objetivos estabelecidos, tais como:

- Facilidade de movimentação na secção;
- Facilidade da carga e descarga de componentes e/ou peças;
- Fluidez na preparação das peças a realizar;
- Verificação de componentes e peças;
- Diminuição do risco de acidentes de trabalhos.
 - Menor número de equipamentos/peças pesadas na secção;
 - Diminuição do número de cabos (elétricos, ar comprimido) no chão;
 - Menor constrangimento na movimentação dos colaboradores afetos à secção.

3.3.2 RENOVAÇÃO DE ESPAÇO

Foi realizada a reparação e substituição dos painéis do armário presente na secção, de forma a melhorar a função que o mesmo possuía (armazenagem de peças e componentes), diminuir o risco de acidente, garantir uma melhor visibilidade e melhorar a estética do mesmo.

Essa renovação permitiu dar continuidade ao trabalho desenvolvido na secção, através da armazenagem de peças necessárias para a produção dos equipamentos com a

atribuição da ordem de produção correspondente. Prática já existente na secção, mas que não se encontrava a ser executada e cumprida de forma correta, rápida e eficaz.

A ARSOPI neste subcapítulo apresentou uma mais-valia, pois apresenta uma secção de carpintaria, o que permitiu o reaproveitamento de materiais na atualização do designado armário, assim como permitiu a reciclagem da madeira retirada.

A principal mudança com a renovação, residiu na formação e sensibilização dos colaboradores para a importância do aproveitamento do espaço renovado de forma correta e com uma ordem bem definida, de forma a evitar atrasos, excesso e/ou falta de materiais e dificuldade em encontrar os componentes necessários para a produção dos equipamentos em questão.

Na figura seguinte, figura 33, é possível verificar a organização de várias peças atribuídas a diferentes ordens de produção.



Figura 33 - Renovação do Espaço Armazenagem.

De notar a organização do espaço de armazenagem e a sua evolução relativamente ao previamente demonstrado na figura 26, em que várias peças não tinham ordem nem identificação e encontravam-se espalhadas pela secção.

O armário, tal como referido anteriormente no capítulo homólogo, foi submetido a alterações em que foram realizados os seguintes trabalhos:

- Substituição dos painéis superiores – Figura 34;



Figura 34 – Substituição dos painéis superiores do armário.

- Reparação e pintura dos painéis laterais – Figura 35.



Figura 35 - Reparação e pintura dos painéis laterais do armário.

Estas reparações/substituições tiveram como principais os seguintes resultados:

- Diminuição do risco de acidente de trabalho, em específico, corte e entalamento dos membros superiores;
- Proteção aos componentes/peças armazenados;
- Criação de novas divisões e possibilidade de aumentar ou diminuir as mesmas conforme a necessidade;
- Rapidez na procura pelo componente/peça pretendida;

- Diminuição da utilização de caixas de cartão e plásticos para proteção de materiais.

3.3.3 TEMPOS DE ESPERA E MOVIMENTAÇÃO

Após a criação de espaços para organização do CM-2, os principais problemas identificados foram minimizados, tal como evidenciado no subcapítulo 3.3.1.

Quanto aos tempos de espera e a diminuição do tempo de deslocação entre os funcionários e os armazéns foi criado um corredor de circulação para a entrega dos materiais requisitados, sem ser necessário a deslocação dos colaboradores sempre que necessitam de algum material, componente e/ou ferramentas necessárias ao processo produtivo.

A deslocação destes aos armazéns apenas se fará em situações pontuais, estritamente necessárias e sempre que necessitem de equipamento para a sua segurança e/ou proteção individual.

A distribuição dos materiais é realizada pelos colaboradores afetos a cada um dos vários armazéns da ARSOPI com o auxílio de um carrinho de transporte igual ao demonstrado na figura abaixo, figura 36.



Figura 36 - Carrinho de Transporte.

As requisições de material são enviadas para o armazém diretamente e estes providenciam os materiais necessários para cada projeto, de acordo com as ordens de produção estabelecidas previamente e os prazos de entrega especificados.

No caso em particular do CM-2, esta modificação permite diminuir a movimentação dos colaboradores ao armazém, facilitar na preparação das tarefas a realizar e aumentar a concentração no trabalho a desenvolver.

Na tabela abaixo, tabela 11, encontram-se os resultados relativos ao tempo de deslocação semanal gasto pelos colaboradores da secção nas deslocações aos diferentes armazéns, após implementação do *Lean Green*.

Tabela 11 - Identificação do tempo semanal gasto por deslocações, Pós – *Lean Green*

Percurso	Distância [m]	Tempo [s]	Número de Deslocações	Tempo Semanal [s]
<u>A</u> CM-2 – ARM-2	8	97,20	1 p/semana	97,20
<u>B</u> CM-2 – ARM-4	35	168,52	3 p/semana	505,56 (≈8 min)
<u>C</u> CM-2 – ARM-7	15	121,88	1 p/semana	121,88 (≈2 min)

Na figura 37, são apresentados os gráficos circulares que demonstram o ganho de tempo que a implementação do corredor de circulação, para entrega dos materiais requisitados, permitiu aos colaboradores.

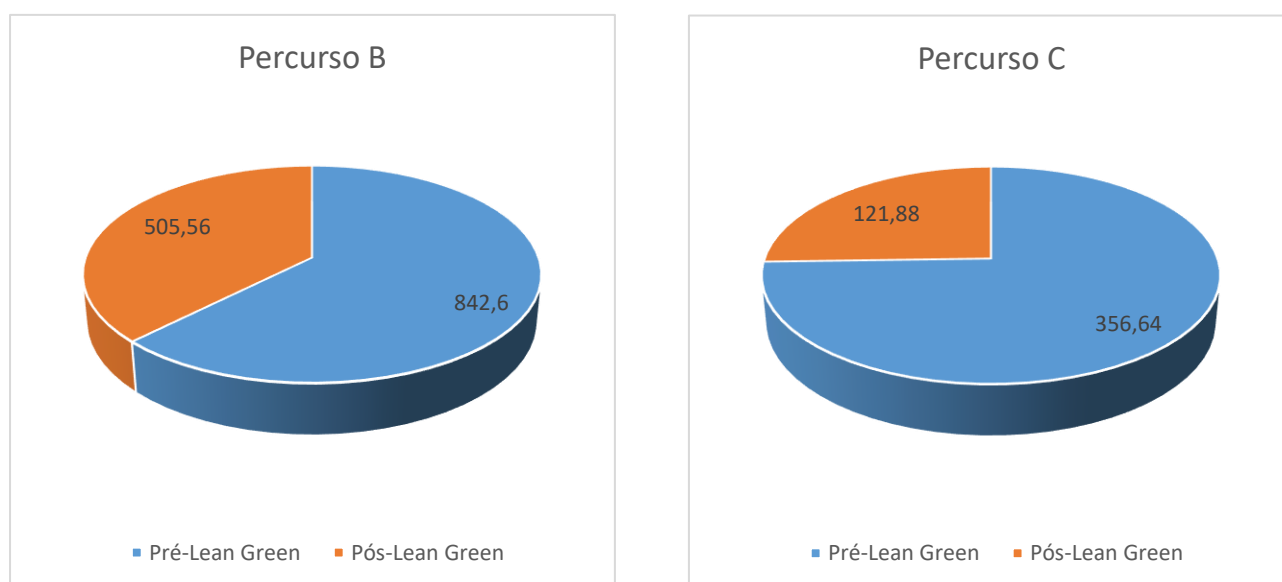


Figura 37 - Tempos de Deslocação [s], Pré e Pós-*Lean Green*.

No percurso B, foi possível diminuir o tempo de deslocação semanal de 842,60s para 505,56s, traduzindo-se num ganho de tempo, de aproximadamente, 40%.

No percurso C, o tempo semanal despendido para a deslocação da secção ao armazém sete passou de 356,64s para 121,88s, obtendo-se um ganho de, aproximadamente, 66%.

O percurso A, não apresenta qualquer alteração, pois o tempo de deslocação relativo a este percurso não teve necessidade de intervenção.

A utilização deste método de distribuição, além de permitir os pontos evidenciados acima, também origina uma significativa diminuição do desperdício de materiais, principalmente:

- Consumíveis de soldadura;
- Papel/cartão de proteção a componentes e peças;
- Plásticos de proteção a componente e peças.

Na tabela abaixo, tabela 12, podemos verificar os ganhos que o método de distribuição implementado originou, a nível de diminuição de tempos de deslocação dos colaboradores e a nível ambiental.

Tabela 12 – Ganhos obtidos com o novo método de distribuição

Situação	Pré-Lean Green	Pós-Lean Green	Ganhos
Consumíveis de Soldadura	Em média, requisitado por cada colaborador 1 quilograma de material de adição.	Entrega do material apenas necessário para a fabricação da peça especificada.	Redução de 50 % nos consumíveis de soldadura.
Papel/cartão de proteção a componentes e peças	Proteção de cada peça/componente.	Entrega da peça/componente no tempo necessário para fabrico.	Redução de desperdícios de Papel/Cartão em 33 %. Ganho no tempo despendido a acondicionar os mesmos.
Plásticos de proteção a componente e peças	Proteção de peças/componentes mais frágeis.	Contínua aposta na proteção de peças/componentes frágeis, mas com redução da quantidade de plástico necessário.	Melhor acondicionamento das peças, garantindo a proteção das mesmas. Redução do desperdício de plástico em 23 %.

3.3.4 DELIMITAÇÃO

O principal problema identificado no subcapítulo correspondente ao da delimitação Pré-*Lean Green* era a passagem incorreta de pessoas na área de trabalho.

A primeira ação desenvolvida para prevenir essa adversidade, comum a todas as melhorias implementadas, foi a formação dos colaboradores e a sensibilização dos mesmos para os perigos que essa circulação pode causar em todos os envolventes e em toda a sua atividade.

Após essa sensibilização, foram colocadas barreiras de proteção com sistemas de rodados, tradicionalmente denominadas de biombos, que delimitam a área de trabalho e a área de circulação.

Na secção já existiam barreiras de proteção, mas não do tipo móvel.

Essas barreiras móveis, demonstradas na figura 38, permitem mover as mesmas sempre que seja necessário aumentar o espaço da secção, sem colocar em causa a proteção dos colaboradores da secção e a contínua produção dos componentes.



Figura 38 – Barreira de Proteção com sistema de rodas.

3.3.5 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS E SUCATAS

De forma a contrariar os problemas identificados anteriormente, foram implementadas medidas simplistas, mas eficazes, tais como:

- Colocação de ecopontos na secção e na zona de circulação – permite a separação correta dos diferentes materiais e resíduos criados (figura 39);
- Formação dos colaboradores – sensibilização do pessoal para a importância da reciclagem no contexto social, ambiental e empresarial.



Figura 39 – Ecopontos presentes na secção e na zona envolvente.

Além das medidas apresentadas acima, foram melhoradas e otimizadas algumas soluções existentes na empresa, tais como:

- Separação e acondicionamento correto das sucatas criadas através do trabalho produzido em diferentes aços. Medida já presente na empresa, na secção dos tornos, onde é criada a maior quantidade de sucatas metálicas através da remoção de aparas. Este método de separação, demonstrado na figura 40, foi adaptado à dimensão e quantidade de sucatas metálicas produzidas na secção CM-2;



Figura 40 - Separação de sucatas metálicas.

- Reaproveitamento das sucatas, após a correta separação dos diferentes aços, através da fundição que a ARSOPI possui nas suas instalações;
- Criação de áreas separadas de trabalho para aços ao carbono e aços inoxidáveis evitando contaminação cruzada.

Através da solução apresentada no subcapítulo 3.3.3, com a introdução do carrinho e corredor de circulação para entrega dos materiais necessários, reduziu-se a quantidade de cartão e plástico utilizado na proteção dos componentes a entregar.

Nos gráficos de barras presentes na figura 41, podemos evidenciar as diferenças, *Pré-Lean Green* e *Pós-Lean Green*, em relação ao consumo de produtos que têm impactos no meio ambiente. Estes gráficos que traduzem a média da produção mensal dos seguintes materiais:

- Cartão e Plástico, apresentando a quantidade, em quilogramas [kg], de cada uma das matérias-primas gastas – em concordância com os ganhos apresentados, anteriormente, na tabela 12 do subcapítulo 3.3.3;
- Sucatas de Aço Carbono e Aço Inoxidável.

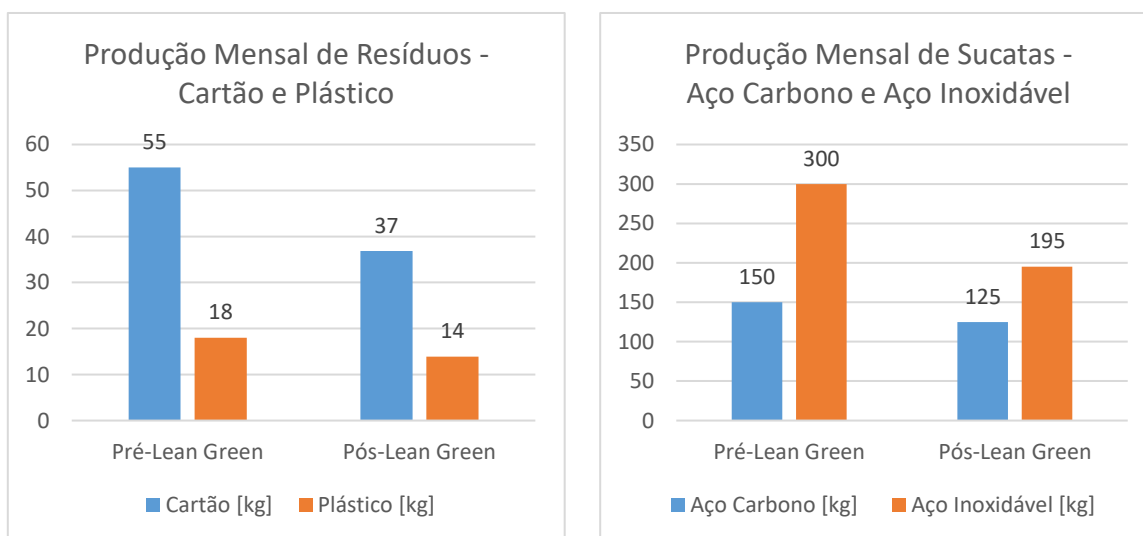


Figura 41 – Produção Mensal de Resíduos e Sucatas.

3.4 ANÁLISE DOS GANHOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN GREEN*

Neste subcapítulo, é possível encontrar os ganhos obtidos através da implementação da metodologia *Lean Green* na secção CM-2 e a nível dos vários problemas identificados ao longo da realização do trabalho.

De forma a sintetizar toda a informação, a tabela 13, apresenta uma correlação entre os desperdícios *Green* identificados, a ferramenta *Lean* que auxiliou na melhoria e, quando possível, na anulação desse desperdício e, por fim, o ganho obtido para a secção e empresa.

Tabela 13 - Ganhos obtidos através da implementação da metodologia *Lean Green*

Problema	Desperdício <i>Green</i>	Desperdício <i>Lean</i>	Ferramenta <i>Lean</i> Utilizada	Ganho Obtido
Organização	Materiais Sucatas	Inventário Sobreprodução	5S <i>Kaizen</i>	Diminuição do desperdício de matéria-prima.
				Diminuição dos tempos de transporte e de recursos humanos.
Renovação	Biodiversidade Energia Materiais		<i>Kaizen</i>	Reaproveitamento de materiais, diminuindo a utilização de matéria-prima.
Tempos de Espera	Transporte	Tempos de Espera Movimentação	<i>Kaizen</i>	Diminuição dos tempos de deslocação em 40 % no percurso B e 66 % no percurso C.
Delimitação		Movimentação	<i>Kaizen</i> 5S	Diminuição da passagem incorreta de pessoas, diminuindo o risco de acidentes.
Produção de Resíduos e Sucatas	Materiais Sucatas Transporte	Defeitos Sobreprodução	5S <i>Kaizen</i>	Diminuição da utilização de cartão e plástico

Problema	Desperdício <i>Green</i>	Desperdício <i>Lean</i>	Ferramenta <i>Lean</i> Utilizada	Ganho Obtido
				em 33 % e 23 %, respectivamente. Diminuição do consumo de matérias-primas.

Na tabela seguinte, tabela 14, são apresentados os resultados a nível de ganhos económicos que a implementação da metodologia *Lean Green* produziu na organização.

Tabela 14 – Ganhos económicos, Pós – *Lean Green*

Desperdício	Custo p/ Empresa			Ganho Obtido
	Pré- <i>Lean Green</i>	Solução Aplicada	Pós- <i>Lean Green</i>	
Deslocação de Colaboradores	170 €/mês	Criação de corredor de circulação para entrega de materiais.	52,45 €/mês	Poupança de, aproximadamente, 69% nos custos de pessoal.
Resíduos e Sucatas	500 €/mês	Aprovisionamento correto e na quantidade necessária da matéria-prima.	320 €/mês	Poupança de 36 % nos custos de resíduos e sucatas.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 CONCLUSÕES

A realização da presente tese de mestrado decorreu num tempo nunca antes vivido na era moderna da nossa sociedade, devido à pandemia de SARS-CoV-2, que originou a doença designada de *Covid-19*.

O trabalho desenvolvido na presente dissertação teve como suporte duas ferramentas *Lean*: Eventos *Kaizen* e *5S*. Além destas ferramentas, também esteve em estudo a aplicação do conceito *Green*, conjugando assim na metodologia *Lean Green* e na sua implementação no setor da indústria metalomecânica.

A utilização da metodologia *Lean Green* permitiu concluir que, quando bem implementada, a metodologia acarreta diversos ganhos económicos, sociais e ambientais, sendo esta última parte o foco essencial do trabalho desenvolvido.

Para a sua implementação foi necessário entender a forma como a empresa gere a sua atividade e entender quais as falhas existentes na sua gestão, em específico na secção protagonista do estudo realizado, CM-2.

Foram diminuídas as quantidades de cartão e plástico entregues pelos armazéns em 33% e 23%, respetivamente, assim como foram diminuídos os tempos de deslocação aos mesmos armazéns, através da implementação de um corredor de circulação.

A quantidade de sucatas produzidas também foi diminuída, sendo o aço inoxidável o material com maior expressão nessa redução, visto ser o que tem maior utilização na secção em estudo.

O intuito da tese, tal como o próprio nome indica, era apresentar e comprovar a existência de melhorias ambientais nos processos produtivos de uma organização industrial, algo que foi comprovado com os resultados desenvolvidos e apresentados.

Através desta conclusão, também é possível comprovar que os investimentos necessários para a implementação do *Lean Green* devem ser encarados como um investimento no bem-estar da empresa, na sua evolução económico-social e na sua contribuição para um desenvolvimento sustentável da própria empresa e de toda a indústria.

Resumindo e concluindo, foram alcançados com sucesso os diferentes objetivos a que esta dissertação se submeteu.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

A presente dissertação centrou-se e desenvolveu-se numa secção específica da ARSOPI, de forma a retirar as conclusões necessárias com a implementação da metodologia *Lean Green*, das ferramentas e do trabalho realizado.

A proposta para o futuro passa por implementar a metodologia noutros departamentos e, consequentemente, noutras secções, tendo sempre em conta que diferentes ferramentas e metodologias terão de ser estudadas e aplicadas em conformidade.

Teremos de ter sempre em atenção o contexto, a indústria em que será desenvolvida e as instalações onde serão implementadas, de forma a maximizar os processos produtivos, os benefícios para os colaboradores e os ganhos económico-sociais para a organização.

Uma possível sequência de ações a desenvolver no futuro:

- Apresentação dos resultados deste trabalho à gestão de topo da empresa;
- Apresentação de proposta de implementação noutras secções / departamentos da empresa e obtenção da aprovação para implementação;
- Seleção dos responsáveis pela implementação em cada secção;
- Apresentação da proposta aos responsáveis de cada secção e sua formação nas técnicas / ferramentas a implementar;
- Implementação da proposta em cada secção;
- Medição e avaliação dos resultados;
- Definição e implementação de ações corretivas e de melhoria numa metodologia PDCA.

A realização da presente tese de mestrado permitiu concluir que existem vários tipos de indústria que podem gerar valor acrescentado às suas empresas ao apostar na implementação do *Lean Green* nas suas instalações. Essa aplicação, registo das ferramentas utilizadas, tratamento de dados do antes e depois da implementação da metodologia e conclusão das melhorias e ganhos obtidos é uma proposta de trabalho futuro a realizar, de forma a explorar a metodologia *Lean Green* e aprofundar tudo aquilo que a mesma pode contribuir para a otimização de uma empresa, tendo sempre em atenção a diminuição do impacto ambiental causado.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Alves, D., Ferreira, L.P., Pereira, T., Sá, J.C., Silva, F.J.G. & Fernandes, N.O. (2020). Analysis and Improvement of the Packaging Sector of an Industrial Company. *Procedia Manufacturing*, 51, 1327-1331. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.185>
- Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A., & Elfezazi, S. (2018). Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206, 79–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.031>
- Chiarini, A. (2014). Sustainable manufacturing-greening processes using Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 85, 226-233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080>
- Choudhary, S., Nayak, R., Dora, M., Mishra, N. & Ghadge, A. (2019). An integrated lean and green approach for improving sustainability performance: a case study of a packaging manufacturing SME in the U.K. *Production Planning & Control*, 30:5-6, 353-368. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501811>
- Costa, C., Ferreira, L.P., Sá, J.C. & Silva, F.J.G. (2018). Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company. *DAAAM International Scientific Book*, 1, 1-12. <https://doi.org/10.2507/daaam.scibook.2018.01>
- Dües, C.M., Tan, K.H. & Lim, M. (2011). Green as the new lean: how to use lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, 40, 93-100. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.023>
- Farrukh, A., Mathrani, S. & Taskin, N. (2020). Investigating the Theoretical Constructs of a Green Lean Six Sigma Approach towards Environmental Sustainability: A Systematic Literature Review and Future Directions. *Sustainability*, 12(19), 8247. <https://doi.org/10.3390/su12198247>
- Faulkner, W. & Badurdeen, F. (2014). Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 85, 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.042>
- Ferreira, C., Sá, J.C., Ferreira, L.P., Lopes, M.P., Pereira, T. & Silva, F.J.G. (2019). iLeanDMAIC – A methodology for implementing lean tools. *Procedia Manufacturing*, 41, 1095-1102. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.038>

- Garza-Reyes, J.A. (2015). Lean and green – a systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*, 102, 18-19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.064>
- Han, S.H., Chae, M.J., Im, K.S. & Ryu, H.D. (2008). Six sigma-based approach to improve performance in construction operations. *Journal of Management in Engineering*, 24, 21-31. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(2008\)24:1\(21\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(2008)24:1(21))
- Kaswan, M.S. & Rathi, R. (2019). Analysis and modeling the enablers of Green Lean Six Sigma implementation using Interpretive Structural Modeling. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1182-1191. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.253>
- Kurdve, M. & Bellgran, M. (2020). Green lean operationalisation of the circular economy concept on production shop floor level. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123223. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123223>
- Liker, J.K. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer, McGraw-Hill Education, EUA. ISBN: 9780071392310
- Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W.L. & Ueltschy, M. (2010). Green, Lean, and Global Supply Chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40 (1-2), 14-41. <https://doi.org/10.1108/09600031011018028>
- Monteiro, C., Ferreira, L.P., Fernandes, N.O., Sá, J.C., Ribeiro, M.T., & Silva, F.J.G. (2019). Improving the Machining Process of the Metalworking Industry Using the Lean Tool SMED. *Procedia Manufacturing*, 41, 555-562. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.043>
- Nero, T.L.P. (2017). COSM – Mapeamento do Fluxo de Troca de ferramenta: Uma proposta de integração do VSM no método SMED. Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- 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>
- Nunes, B. & Bennet, D. (2010). Green operations initiatives in the automotive industry: An environmental reports analysis and benchmarking study. *Benchmarking: An International Journal*, 17, 396-420. <https://doi.org/10.1108/14635771011049362>
- Ohno, T. (1988). Toyota production system: beyond large-scale production, Productivity Press, EUA. ISBN: 978-0-91529-914-0.
- 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>

- Pena, R., Ferreira, L.P., Silva, F.J.G., Sá, J.C., Fernandes, N.O., Pereira, T. (2020). Lean manufacturing applied to a wiring production process. *Procedia Manufacturing*, 51, 1387-1394. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.193>
- Pombal, T., Ferreira, L.P., Sá, J.C., Pereira, M.T. & Silva, F.J.G. (2019). Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company. *Procedia Manufacturing*, 38, 975-982. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.181>
- Ribeiro, P., Sá, J.C., Ferreira, L.P., Silva, F.J.G., Pereira, M.T. & Santos, G. (2019). The impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study. *Procedia Manufacturing*, 38, 765-775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Sá, J.C., Vaz, S., Carvalho O., Lima V., Morgado, L., Fonseca L., Doiro, M., & Santos, G. (2020). A model of integration ISO 9001 with Lean six sigma and main benefits achieved. *Total Quality Management & Business Excellence*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2020.1829969>
- Silva, F.J.G (2014). *Tecnologia da Soldadura – Uma Abordagem Técnico-Didática*, Publindústria, Edições Técnicas, Lda, Engebook – Conteúdos de Engenharia e Gestão, Portugal. ISBN: 978-989-723-063-9
- Silva, S., Sá, J.C., Silva, F.J.G., Ferreira, L.P. & Santos, G. (2020). Lean Green – The Importance of Integrating Environment into Lean Philosophy – A Case Study. *Proceedings of the 6th European Lean Educator Conference*, 122, 211-219. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41429-0_21
- Snee, R.D. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1, 9-29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>
- Teixeira P., Sá J.C., Silva F.J.G., Ferreira L.P., Santos G., Fontoura P. (2021). Connecting lean and green with sustainability towards a conceptual model. *Journal of Cleaner Production*, 322, 129047. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129047>
- Thanki, S., & Thakkar, J. (2016). Value-value load diagram: a graphical tool for lean-green performance assessment. *Production Planning & Control*, 27, 1280-1297. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1220647>
- Wills, B. (2009). *Green intentions: Creating a green value stream to compete and win*, Productivity Press, ISBN 9781420089615
- Womack, J. P. & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster, EUA. ISBN: 9780743231640.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (2007). *The machine that changed the world: the story of lean production - Toyota's secret weapon in the global car wars that is revolutionizing world industry*, Harper Perennial, EUA. ISBN: 9781847370556

ANEXOS

6.1 ANEXO A

6 ANEXOS

6.1 ANEXO A

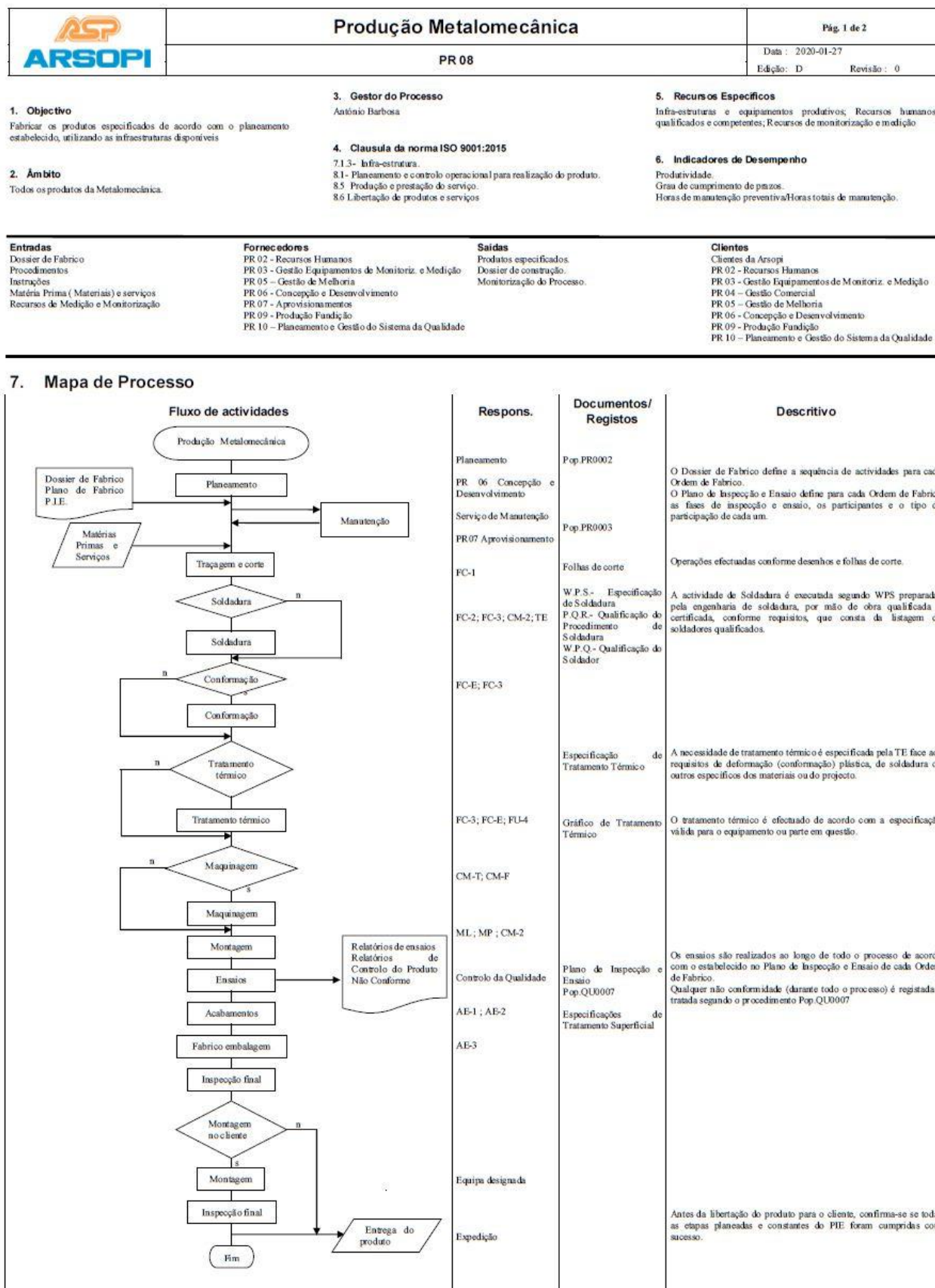


Figura 42 – Mapa de Processo da Produção Metalomecânica.