

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Rita Carolina da Silva

Análise e melhoria da eficiência (OEE) de uma
secção numa empresa de cablagens.

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sobre a orientação do

Professor Doutor Nélson Bruno Martins Marques da Costa

Fevereiro de 2023

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho.



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações
CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Finda mais uma etapa da minha vida, quero aproveitar para aqui deixar os merecidos agradecimentos a todos os que fizeram parte dela.

Agradeço à minha família por tudo o que fizeram por mim ao longo da minha vida e em particular nos anos em que frequentei este curso. Agradeço especialmente aos meus pais por compreenderem as dificuldades enfrentadas e me proporcionarem todos os meios possíveis para as ultrapassar.

Agradeço aos meus amigos pelo apoio durante todos este percurso e pela compreensão da ausência que este projeto pessoal implicou.

Agradeço ao meu orientador académico, o professor Nélson Costa, pelas sugestões apresentadas e pela disponibilidade em acompanhar o desenvolvimento da dissertação.

Agradeço à Leoni pela oportunidade de realização do projeto e a todas as pessoas com quem me cruzei na empresa e que de alguma forma contribuíram para levar esta tarefa a bom porto.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

RESUMO

A presente dissertação baseia-se num projeto realizado em ambiente industrial no âmbito do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial. O projeto foi desenvolvido na secção de corte de uma empresa de produção de cablagens elétricas da indústria automotiva, a Leoni Portugal. Como o nome da dissertação indicia, o objetivo do projeto foi analisar e melhorar a eficiência na forma do indicador OEE dessa secção. Para tal foram aplicados alguns conceitos e ferramentas do TPS e *Lean*.

Para o desenvolvimento do projeto foi utilizada a metodologia de investigação Ação-Investigação que pressupõe a discussão de problemas e a definição em grupo de subsequentes ações, seguida de uma avaliação dos resultados. Assim, inicialmente foi feita uma revisão bibliográfica dos conceitos relevantes para o projeto, nomeadamente o *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*, o *Toyota Production System (TPS)* e o *Lean* e ainda algumas ferramentas usadas. A componente prática da dissertação está estruturada em três partes principais: análise do sistema produtivo com diagnóstico de problemas, proposta de melhorias e avaliação de resultados das mesmas.

A análise do sistema produtivo da secção onde o projeto foi desenvolvido permitiu identificar problemas e oportunidades de melhoria categorizadas em seis grupos: problemas com a organização do posto de trabalho, elevado número de deslocações, repetição de *setups*, informação e/ou fluxo de informação ineficientes, desempenho dos operadores, métodos e/ou recursos ineficientes e fiabilidade dos dados.

Finalizada a fase de diagnóstico, foram desenvolvidas propostas de melhoria com o objetivo de colmatar os problemas identificados e melhorar o resultado do OEE. Foi utilizada a ferramenta *Single Minute Exchange of Die (SMED)* para analisar e determinar melhorias no *setup*, nomeadamente a alocação de um abastecedor de fio, a aquisição de equipamento de medição para evitar deslocações ou a impressão de etiqueta para evitar trabalho manual. As propostas de melhoria relacionadas com a ferramenta SMED revelaram um potencial para reduzir o tempo de *setup* em 13%. Paralelamente, com o intuito de reduzir o número de *setups*, foi feita uma alteração do trabalho alocado a duas máquinas permitindo a redução de cerca de 1288 *setups* anuais, correspondentes a 221 horas anuais. Estima-se que as melhorias propostas alcancem uma poupança de sensivelmente 30000 Unidades Monetárias por ano. Para além disso, as ações implementadas visaram melhorar a organização do posto de trabalho, reduzir o número de deslocações e melhorar a formação e desempenho dos colaboradores.

PALAVRAS-CHAVE

OEE, Velocidade, Disponibilidade, SMED, *Lean*

ABSTRACT

The current paper is based on a project done in an industrial environment as part of the 5^o year of the Integrated Master's in Industrial Engineering and Management. The project was developed in the cutting section of a factory that produces electrical wiring systems for the automotive industry, Leoni Portugal. As per the title, the aim of this project was to analyse and improve the efficiency of that section, namely the OEE, with the help of Lean and TPS concepts and tools.

The Action-Research methodology was used during the development of this project, according to which there should be a discussion of the problems followed by a group definition of subsequent actions and the assessment of its results. Thus, the project began with a literary review about the relevant concepts, such as OEE, TPS and Lean and some tools used during the development of the project. The practical component of this paper is structured in three main parts: analysis of the production system with a diagnosis of problems, proposal of improvements and assessment of its results.

The data and analysis of cutting section production system where the project was developed allowed the identification of several problems and improvement opportunities that were divided in six groups: problems with the organization of the workplace, numerous movements or displacements, repetition of setups, inefficient information and/or flow of information, operator's performance, inefficient methods and/or resources and data reliability.

Once the diagnosis was finished, several improvement proposals were identified and defined aiming to solve the identified problems and thus improve the OEE result. The SMED tool was used to analyse and determine improvements on setup process such as appointing an operator to the task of supplying the wire, acquiring measuring equipment to avoid displacements, or printing a label to avoid manual work. The improvement proposals related to SMED tool showed the potential of reducing the average setup time in 13%. In parallel, aiming to reduce the number of setups, a modification of the allocated work in two machines took place, allowing a reduction of approximately 1288 setups per year, that is, approximately 221 hours per year. It is expected that the proposed or implemented improvements reach a saving of nearly 30000 Currency Units per year. Furthermore, several other activities were done to improve the workplace organization, reduce the number of displacements and improve operators training and performance.

KEYWORDS

OEE, Performance, Availability, SMED, Lean

ÍNDICE

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vi
Índice	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xiii
Índice de Equações.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xv
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia de Investigação.....	2
1.4. Estrutura da dissertação	4
2. Revisão da Literatura	5
2.1. <i>Toyota Production System e Lean Production</i>	5
2.1.1. <i>Do Toyota Production System ao Lean Production</i>	5
2.1.2. <i>Lean Thinking</i> : princípios.....	8
2.1.3. Desperdícios	9
2.2. Overall Equipment Effectiveness.....	10
2.2.1. Surgimento do OEE e relevância.....	10
2.2.2. Cálculo do OEE	12
2.2.3. Vantagens do OEE.....	13
2.2.4. Limitações e dificuldades do OEE	15
2.2.5. Evoluções do OEE	17
2.3. Ferramentas aplicadas.....	18
2.3.1. <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	18

2.3.2.	5W.....	20
2.3.3.	Diagramas de Pareto, <i>Ishikawa</i> e <i>Spaghetti</i>	21
2.3.4.	5S.....	22
3.	Apresentação da Empresa	24
3.1.	Grupo LEONI AG	24
3.2.	Leoni Portugal	25
3.3.	Produto	27
3.4.	Processo Produtivo	28
4.	Descrição e análise crítica do estado atual	32
4.1.	Descrição do corte de fio.....	32
4.1.1.	Descrição da secção de corte de fio.....	32
4.1.2.	Descrição do processo de corte de fio.....	36
4.1.3.	Descrição do processo de otimização	38
4.1.4.	Registo de dados e monitorização do OEE	40
4.2.	Análise crítica e descrição dos problemas.....	42
4.2.1.	Resultados gerais	42
4.2.2.	Resultados por turno	45
4.2.3.	Análise das paragens	48
4.2.4.	Análise do <i>setup</i>	52
4.3.	Resumo dos problemas	56
4.3.1.	Problemas com a organização do Posto de Trabalho.....	56
4.3.2.	Elevado número de deslocações.....	58
4.3.3.	Repetição de <i>setups</i>	59
4.3.4.	Informação e/ou fluxo de informação ineficientes	61
4.3.5.	Desempenho dos operadores	62
4.3.6.	Métodos e/ou recursos ineficientes	64
4.3.7.	Fiabilidade dos dados.....	65

5.	Apresentação de propostas de melhoria	66
5.1.	Aplicação da ferramenta SMED	66
5.1.1.	Etapa Preliminar	66
5.1.2.	Etapa 1	66
5.1.3.	Etapa 2.....	67
5.1.4.	Etapa 3.....	70
5.2.	Outras propostas de melhoria	75
6.	Discussão e avaliação dos resultados.....	82
6.1.	Impacto no tempo de <i>setup</i> (SMED).....	82
6.2.	Impacto nas distâncias percorridas	85
6.3.	Impacto no Posto de Trabalho.....	85
6.4.	Impacto na otimização do trabalho.....	86
6.5.	Impacto na informação e integração dos colaboradores.....	86
6.6.	Síntese dos ganhos.....	87
7.	Conclusões e trabalho futuro.....	88
7.1.	Considerações finais	88
7.2.	Trabalho futuro	90
	Referências Bibliográficas.....	92
	Apêndice I – Fluxograma do processo de corte de fio.....	97
	Apêndice II – Folha de observação SMED 1	98
	Apêndice III – Diagrama de Spaghetti 1	100
	Apêndice IV - Folha de observação SMED 2	101
	Apêndice V – Diagrama de Spaghetti 2.....	102
	Apêndice VI – Análise da mudança de fios por Hora	103
	Apêndice VII – Estudo dos tempos: abastecimento do fio.....	104
	Apêndice VIII – <i>Checklist</i> . auditorias às máquinas de corte	105
	Apêndice IX – <i>Checklist</i> . Guia de formação de Integração	110
	Apêndice X – Formação sobre OEE e divulgação de objetivos.....	111
	Apêndice XI – Croqui: Ajuste de aplicadore de terminais	113

Apêndice XII – Relatório diário de resultados.....	114
Apêndice XIII – Lista de códigos de paragem	120
Apêndice XIV – Lista de operações elementares do <i>setup</i> após SMED.....	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Quantidade de artigos na ScienceDirect com o termo “ <i>overall equipment effectiveness</i> ”	11
Figura 2 - Cálculo do OEE e as Seis Perdas (adaptado de (S.Nakajima, 1988)).....	12
Figura 3 - Presença da LEONI AG no mundo.....	25
Figura 4 - Histograma de projetos na Leoni.....	26
Figura 5 - Clientes da Leoni em 2022.....	26
Figura 6 - 10 Maiores empregadores do Município de Guimarães.....	27
Figura 7 - Instalações da Leoni	27
Figura 8 - Cablagem elétrica.....	28
Figura 9 - Linha de montagem (<i>Multipart Carousel</i>).....	30
Figura 10 - Fluxograma geral de produção.....	31
Figura 11 - Layout da secção de corte	32
Figura 12 - Componentes usados na secção de corte: fio, vedantes e terminais	33
Figura 13 - Máquina de corte e equipamentos adicionais.....	35
Figura 14 - Aplicador de terminais	35
Figura 15 - Kit de vedante	36
Figura 16 - LPCS.....	37
Figura 17 - Output da máquina de corte (maço de fios cortados com terminais).....	38
Figura 18 - Combinação alocada à máquina 718.....	40
Figura 19 - Registo de paragens	41
Figura 20 - Base de dados do OEE	41
Figura 21 - <i>Dashboard</i> para análise de dados do OEE.....	42
Figura 22 - Resultados mensais do OEE em 2022	43
Figura 23 - Evolução mensal da disponibilidade e velocidade em 2022	44
Figura 24 - Objetivo e resultados velocidade e disponibilidade em 2022.....	44
Figura 25 - Resultados semanais de OEE por turno.....	46
Figura 26 - Resultados semanais de 2022 de velocidade e disponibilidade por turno.....	46
Figura 27 - Nível de experiência por turno.....	47
Figura 28 - Absentismo (%) por turno	48
Figura 29 - Diagrama de Pareto das paragens registadas.....	49
Figura 30 - Análise 5 Porquês ao código de paragem E4.....	51

Figura 31 - Diagrama de <i>Ishikawa</i> sobre o elevado tempo de paragem A1	53
Figura 32 - Diagrama de Spaghetti do operador durante o <i>setup</i>	56
Figura 33 - Espaço entre máquinas de corte e corredor	57
Figura 34 - <i>Layout</i> da zona de corte.....	58
Figura 35 - Bico para fio na máquina de corte	60
Figura 36 - Quadro de Equipa (OEE)	63
Figura 37 - Sistema <i>quick-change</i>	67
Figura 38 - Sequência do abastecimento de fio.....	69
Figura 39 - Mesa da impressora: antes e depois	71
Figura 40 - Bobines de terminais do Lado 2: antes e depois.....	72
Figura 41 - Calibrador Komax e dinamómetro Q1210	73
Figura 42 - Etiqueta das 3 amostras: antes e depois	73
Figura 43 - Suporte para bicos: antes e depois	74
Figura 44 - Caixa de kits de vedante: antes e depois	74
Figura 45 - LPCS: fila de trabalho	78
Figura 46 - LPCS: pesquisa por aplicador de terminais	79
Figura 47 - Identificações da estante de fio: antes e depois	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Informação sobre Segmentos da Produção (dados de agosto de 2022).....	28
Tabela 2 - Resultados mensais do OEE em 2022.....	43
Tabela 3 - Resultados mensais de Disponibilidade, Velocidade e Qualidade OEE em 2022	43
Tabela 4 - Dados mensais de 2022: fios cortados, nº itens e média de lote.....	45
Tabela 5 - Média semanal de 2022 (até semana 40): OEE, performance e disponibilidade.....	45
Tabela 6 - Tempo Total de Paragens.....	49
Tabela 7 – Média mensal de tempo e número de paragens do código A e diagrama de Pareto.....	50
Tabela 8 - Média mensal de tempo e número de paragens do código G e diagrama de Pareto.....	50
Tabela 9 - Média mensal de tempo e número de paragens do código E e diagrama de Pareto	51
Tabela 10 - Operações elementares do <i>setup</i>	54
Tabela 12 - Distâncias entre máquinas de corte, telefone, dinamómetro central e armazém	59
Tabela 13 - Operações elementares do <i>setup</i> : sequências 8 e 22	68
Tabela 14 - Operações elementares do <i>setup</i> : sequência 14.....	69
Tabela 15 -Proposta de melhoria SMED (ferramenta 5W2H)	70
Tabela 16 - Proposta de melhoria adicionais (ferramenta 5W2H)	75
Tabela 17 - Recuperação de investimento dos dinamómetros e do calibrador.....	84
Tabela 18 - Comparação de métricas de <i>setup</i> antes e depois do SMED	84
Tabela 19 - Síntese dos resultados quantificáveis.....	87
Tabela 20 - Registos de mudanças de fios por hora	103
Tabela 21 - Tempo médio par abastecimento de fio por metro	104
Tabela 22 - Códigos de paragem do OEE: lista original.....	120
Tabela 23 - Códigos de paragem do OEE: lista alterada	122
Tabela 24 - Lista de operações elementares do <i>setup</i> após SMED.....	123

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Fórmula para calcular o OEE.....	12
Equação 2 - Fórmula para calcular a Disponibilidade	13
Equação 3 - Fórmula para calcular a Velocidade	13
Equação 4 - Fórmula para calcular a Qualidade	13
Equação 5 - Fórmula do cálculo da dimensão da amostra.....	104

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

IT – Instrução de Trabalho

JIT - *Just In Time*

KPI – *Key Performance Indicators*

LP – *Lean Production*

LPCS – *Leoni Portugal Cutting System*

OC – Ordem de Corte

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OP – Ordem de Produção

SMED – *Single Minute Exchange of Die*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TPS – *Toyota Production System*

UM – Unidade(s) Monetária(s)

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo introdutório apresenta primeiramente o enquadramento do tema da dissertação salientando a sua pertinência para a realidade industrial atual. Segue-se a enumeração dos objetivos definidos para o projeto e a explanação da metodologia utilizada para a realização do mesmo. O capítulo termina com uma breve esquematização da estrutura da dissertação.

1.1. Enquadramento

São vários os desafios que as organizações enfrentam atualmente. A competitividade crescente do mercado global, a necessidade de diversificação e customização dos produtos e até a escassez de recursos, são apenas algumas dificuldades que as organizações têm de ultrapassar para subsistirem. Para se manterem competitivas, as organizações têm de responder a estas exigências através da disponibilização de produtos com qualidade, rapidez e a baixo custo (Andersson & Bellgran, 2015). Para fazerem face às exigências do mercado, as organizações devem empreender num esforço constante de controlo e melhoria do sistema produtivo (Hendri et al., 2020).

A monitorização dos resultados nas organizações é geralmente efetuada recorrendo a indicadores de desempenho, comumente conhecidos como *Key Performance Indicators* (KPI). Os KPI traduzem requisitos de desempenho dos processos organizacionais com objetivos mensuráveis a alcançar num determinado período (Wannes & Ghannouchi, 2019). Um dos indicadores de desempenho mais utilizados nas organizações é o OEE, conceito introduzido por Seiichi Nakajima (Nakajima, 1988) em 1988 como parte integrante da TPM. Trata-se de um importante indicador de desempenho usado para medir o desempenho dos equipamentos (L. del C. N. Corrales et al., 2020) sendo, por isso, relevante para as organizações com grande utilização de máquinas, como é o caso do setor onde foi desenvolvido este projeto. Os resultados obtidos nas suas três componentes – disponibilidade, desempenho e qualidade – fornecem importantes informações acerca do estado do sector, ajudando no processo de tomada de decisão sobre melhorias da produtividade através de melhorias dos equipamentos (Muchiri & Pintelon, 2008).

Os dados obtidos através do cálculo do OEE permitem identificar desperdícios e análises posteriores permitirão identificar atividades sem valor acrescentado (Corrales et al., 2022). A aplicação de ferramentas de *Lean* poderá ajudar a melhorar substancialmente o OEE (Nallusamy et al., 2018), pois a metodologia *Lean* dispõe um conjunto de ferramentas e técnicas que podem ser aplicadas à redução desses desperdícios, por exemplo o SMED, 5S, gestão visual, *Standard Work* ou o *Value Stream Mapping*

(VSM) (Costa et al., 2013). De facto, *Lean* é fazer mais com menos, isto é, usar o mínimo de esforço, energia, equipamentos, tempo, espaço, materiais e dinheiro para dar aos clientes exatamente o que pediram (Womack & Jones, 1996).

As aprendizagens que o TPM e o *Lean* forneceram às organizações permitiram que estas alterassem os sistemas produtivos focando-se na otimização da utilização de recursos. Neste projeto recorre-se a essas aprendizagens para analisar um sistema produtivo e posteriormente definir melhorias para os problemas encontrados pois estes são fontes de desperdícios e, por isso, prejudiciais à organização. A eliminação de desperdícios e a otimização dos recursos existentes numa organização é essencial ao seu bom desempenho e, em caso extremo, à sua sobrevivência.

1.2. Objetivos

O foco do projeto desenvolvido na empresa foi a análise e melhoria do indicador OEE de uma empresa no sector de cablagens elétricas. A incapacidade de atingir os objetivos de OEE definido nos últimos anos despoletou a necessidade de efetuar uma análise dos fatores contribuintes para esta situação

Posto isto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Avaliar o atual método de cálculo do OEE na empresa;
- Identificar quais os fatores que contribuem de forma negativa para o resultado de OEE alcançado;
- Determinar as causas-raiz desses fatores;
- Identificar possíveis propostas de melhoria;
- Selecionar e implementar propostas de melhoria;
- Avaliar resultados das melhorias implementadas.

No final do projeto espera-se obter uma melhoria consistente do indicador OEE resultante das melhorias aplicadas.

1.3. Metodologia de Investigação

A primeira fase deste projeto consistiu numa pesquisa bibliográfica e revisão da literatura. Após a clarificação do foco e objetivos do projeto junto da empresa, foi necessário aprofundar conceitos através da pesquisa e análise de livros, artigos de investigação e casos de estudo relacionados com o tema. Isto permitiu elucidar que metodologias aplicar e que direção seguir para levar o projeto a bom porto. De facto, a revisão bibliográfica foi a primeira fase do projeto, mas não se restringiu a esse momento. O

desenvolvimento do projeto foi sempre acompanhado por uma revisão de literatura para auxiliar na aplicação de ferramentas pretendidas. Considera-se, por isso, que esta foi uma das vertentes cruciais do projeto.

Paralelamente, para a vertente prática do projeto, recorreu-se à metodologia de Investigação-Ação. O termo Investigação-Ação foi introduzido por Kurt Lewis em 1946 para denominar uma abordagem pioneira da investigação na área social que combinava a criação de teoria com a mudança do sistema social através de ações do investigador sobre esse sistema (Susman & Evered, 1978). Desde essa época, esta metodologia qualitativa tem sido utilizada nas mais variadas áreas, inclusive no meio industrial, com o intuito de analisar e atuar de forma prática na resolução de problemas, simultaneamente gerando conhecimento científico e contribuindo para o desenvolvimento de competências dos intervenientes.

No entanto, o seu método de aplicação não é consensual. Diferentes investigadores que usam a metodologia Investigação-Ação poderão discordar na abordagem, mas concordam nos objetivos fundamentais. A escolha da abordagem específica para a aplicação desta metodologia está ao encargo dos investigadores (Dickens & Watkins, 1999). De forma resumida, a Investigação-Ação pode ser exemplificada pela discussão de problemas seguida de decisões do grupo sobre o que fazer a seguir. É fundamental a inclusão e participação ativa na exploração de problemas por parte das pessoas que levarão a cabo as tarefas sobre os problemas que identificaram e anteciparam (Adelman, 1993). A maioria dos investigadores que usam a metodologia concordam que esta consiste em ciclos de planeamento, ação, reflexão ou avaliação e posteriormente novas ações (Dickens & Watkins, 1999).

Comumente a estrutura da metodologia Investigação-Ação divide-se em cinco fases: 1) diagnóstico através da identificação e exploração aprofundada do problema primário e respetivas causas; 2) planeamento das ações desenvolvido conjuntamente pelos intervenientes com base em fundamentos teóricos; 3) implementação das ações; 4) avaliação dos resultados obtidos aferindo se correspondem às expectativas em termos práticos (efeitos sobre o problema) e teóricos; 5) especificar a aprendizagem poderá ser realizada só no final ou durante todo o ciclo (Baskerville, 1999). Se as ações não surtirem os efeitos esperados, estas fases deverão ser repetidas de forma cíclica até se obterem resultados satisfatórios

O desenvolvimento deste projeto foi estruturado de acordo com as fases acima descritas e será brevemente explicado no ponto seguinte.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em 7 capítulos onde se pretende demonstrar o trabalho realizado durante o projeto.

O primeiro e presente capítulo tem carácter introdutório, apresentando o enquadramento do projeto e a sua relevância no contexto industrial atual. Neste capítulo também são enumerados os principais objetivos do projeto e a forma como foi desenvolvida a investigação do mesmo.

O segundo capítulo foca-se na contextualização teórica das metodologias e ferramentas utilizadas aquando ao desenvolvimento do projeto, abordando brevemente alguns conceitos como *Lean Production* (LP), TPS e OEE.

O terceiro capítulo fornece informações sobre a empresa que acolheu o projeto e sobre o seu processo produtivo.

O quarto capítulo apresenta primeiramente a descrição da secção onde foi desenvolvido o projeto, isto é, a secção de corte de fio, seguida por uma análise crítica da mesma e identificação dos principais problemas.

O quinto capítulo é dedicado à enumeração e explanação das propostas de melhoria que visam colmatar alguns dos problemas identificados no capítulo anterior.

O sexto capítulo apresenta os resultados obtidos ou esperados com a implantação das propostas de melhoria.

O sétimo capítulo oferece as principais conclusões referentes ao projeto realizado, assim como um resumo dos expectantes desenvolvimentos futuros.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será apresentada a revisão bibliográfica das filosofias, metodologias, ferramentas e conceitos aplicados durante o projeto. O capítulo inicia com uma breve descrição do *Toyota Production System* e de *Lean Production*, explanando o surgimento de ambos, no que consistem e principais premissas. De seguida, é brevemente abordada a metodologia TPM de forma a contextualizar o conceito de OEE. Sendo o OEE o principal foco do projeto, a pesquisa e revisão bibliográficas do conceito foram particularmente aprofundadas para permitir a aquisição de todo o conhecimento necessário. A parte final do capítulo é dedicado à apresentação sucinta das ferramentas LP aplicadas durante o projeto.

2.1. *Toyota Production System e Lean Production*

As últimas décadas têm assistido a várias mudanças dos sistemas produtivos industriais. A globalidade dos mercados, a procura pela customização dos produtos cada vez mais frequente e a crescente competitividade obrigaram à transformação do âmbito industrial. Esta crescente exigência e volatilidade dos mercados na economia global obrigam a maiores esforços das empresas para que consigam ser cada vez mais competitivas (Pinto et al., 2020). A capacidade de produzir produtos personalizados que atendam às necessidades de cada consumidor quase ao custo da produção em massa é o objetivo final da atual tendência de customização em massa (Ginste et al., 2022). Para garantir a sobrevivência face ao crescente nível de exigência, surgiram algumas filosofias e metodologias que pretendem dotar as empresas das ferramentas necessárias.

2.1.1. *Do Toyota Production System ao Lean Production*

A evolução industrial ao longo dos séculos está marcada por revoluções industriais que permitem perceber os grandes saltos dados pela indústria para se adaptar às necessidades dos mercados e das sociedades (Agostinho & Baldo, 2021). Na indústria automóvel, Henry Ford revolucionou a forma como os automóveis eram produzidos ao iniciar a sua produção em linhas de montagem móveis. Antes de Ford os automóveis eram produzidos de forma quase artesanal, depois de Ford o mundo foi posto em rodas (Krafcik, 1988). No entanto, o tipo de produção preconizado por Ford era sustentado pelo princípio de produção em massa, isto é, quantidades elevadas e baixa ou nula variação de produto. Embora esta tenha sido a alavanca necessária para a disseminação do automóvel, pois permitiu baixar os seus custos produtivos e torná-lo acessível à generalidade da população, a evolução dos mercados durante o século XX tornou este tipo de produção inadequado. O TPS surgiu como resposta às novas condicionantes

económicas e do mercado. O desenvolvimento deste novo sistema de produção decorreu ao longo de vários anos até se tornar aquilo pelo que hoje é conhecido.

No acordar da Segunda Guerra Mundial, a indústria japonesa passava por um momento difícil devido à situação económica do país. Entre as empresas afetadas, encontrava-se a Toyota, empresa produtora de automóveis fundada em 1918 por Sakichi Toyoda e transferida para o seu filho Kiichiro que viria a ser substituído pelo seu primo Eiji Toyoda na direção da empresa. Inicialmente Eiji Toyoda estava determinado a implementar um sistema de produção em massa, no entanto, as limitações de capital e os baixos volumes do mercado japonês não justificavam os grandes lotes de produção comuns na Ford ou na General Motors (Holweg, 2007). O principal impulso para o desenvolvimento do TPS surgiu de Taiichi Ohno, um engenheiro mecânico que fazia parte da Toyota desde 1932, mas que nunca tinha trabalhado na área da produção automóvel até 1943, o que lhe dava uma perspetiva diferente sobre as abordagens e condicionantes dos sistemas produtivos da época. Neste contexto, Taiichi Ohno analisou os sistemas produtivos ocidentais e identificou duas falhas lógicas: a produção em grandes lotes originava grandes inventários, custos de capital, necessidade de espaço de armazenagem e elevados defeitos; por outro lado, esse sistema produtivo não era adequado para satisfazer as preferências dos consumidores por produtos diversificados (Holweg, 2007). No entanto, Taiichi Ohno incorporou na TPS algumas ideias que desenvolveu durante as visitas que fez a fábricas de automóveis americanas em 1956, nomeadamente o conceito de Kanban.

O principal foco de Taiichi Ohno era a redução do desperdício nas suas diferentes formas. Por isso identificou dois pilares fundamentais do TPS: a autonomação e o *just-in-time* (JIT) (Ohno, 1988). Autonomação é a capacidade de um equipamento parar o processamento sempre que é detetado um defeito ou anomalia (Ghinato, 1995), evitando desta forma o desperdício gerado com produtos defeituosos e permitindo que um indivíduo possa operar em vários equipamentos em simultâneo. JIT significa que em cada processo devem ser abastecidos apenas os itens necessários, na quantidade necessária, no momento necessário, sem acumulação de stock e sem falhas (Shingo, 1989). Paralelamente, com a ajuda de Shigeo Shingo, um consultor externo contratado pelo Toyota em 1955, foi desenvolvida a metodologia SMED com o intuito de reduzir o tempo de setup nos equipamentos para um período com duração inferior a 10 minutos (Shingo, 1985). A combinação destas metodologias tornou possível a produção de automóveis mais diversificados e em lotes mais pequenos, satisfazendo assim as necessidades do mercado japonês da época.

De salientar que, embora exista uma inclinação para afirmar que Taiichi Ohno inventou um novo conceito de produção em 1948, a realidade é que o desenvolvimento do TPS ocorreu através de ciclos contínuos e iterativos de aprendizagem que se estenderam por décadas. Este facto revela a verdadeira essência do TPS, isto é, a capacidade dinâmica e contínua de aprendizagem (Holweg, 2007).

Durante décadas, o TPS passou despercebido ao mundo, particularmente ao lado ocidental. Uma das razões foi o facto de a primeira documentação acerca do sistema produtivo só surgir em 1965 devido à necessidade da Toyota transmitir o conceito aos seus fornecedores. De facto, apesar do TPS estar implementado em várias fábricas do grupo, a transmissão das ferramentas e metodologias era feita de forma verbal e prática. Por outro lado, o sistema produtivo desenvolvido num país tão distante não suscitou grande interesse aos concorrentes ocidentais até à ocorrência da primeira crise petrolífera em 1973, quando a Toyota foi a única produtora de automóveis a apresentar lucros (Holweg, 2007).

O interesse que então surgiu sobre o sistema produtivo japonês e o crescimento das vendas de automóveis japoneses no mercado americano (cerca de 22.2% das vendas de automóveis de passageiros em 1980) impulsionou a criação de um programa de investigação no MIT - *Massachusetts Institute of Technology*- que mais tarde se dedicou ao benchmarking dos sistemas produtivos de fábricas localizadas nos EUA, na Europa e no Japão (Holweg, 2007). A investigação foi realizada através da recolha de dados de desempenho das várias fábricas e através de múltiplas visitas às mesmas para estudar o sistema produtivo. As fábricas que efetivamente conseguem balancear a produtividade, qualidade e flexibilidade para satisfazerem os seus nichos de mercado têm uma vantagem decisiva sobre os seus concorrentes (Krafcik, 1988). O foco da investigação era perceber a razão do sucesso produtivo de fábricas japonesas como as da Toyota: devia-se à cultura do país, a ajudas do estado, a salários mais baixos, ao nível de automação? Jim Womack, Daniel T. Jones, Daniel Roos e John F. Krafcik foram alguns dos investigadores que tiveram um papel fundamental no programa de investigação e que viriam a publicar os seus resultados em diversos artigos e livros.

Neste contexto surgiu o LP, termo utilizado pela primeira vez por John F. Krafcik no artigo *Triumph of the Lean Production System*, publicado em 1988, onde estabelece uma analogia entre sistemas produtivos *lean* e *buffered*. sistemas produtivos *buffered* pressupõe elevados níveis de stock de produtos finalizados ou de materiais junto da linha de montagem e trabalhadores em excesso para combater a eventualidade de falha; por outro lado, os sistemas produtivos *lean* trabalham com stocks mínimos para reduzir custos e problemas de qualidade e para assegurar um fluxo contínuo de produção (Krafcik, 1988). Posteriormente, Jim Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos usaram o termo LP para estabelecer

uma analogia entre a Toyota e o sistema produtivo em massa ocidental no livro *The Machine that changed the World*, publicado em 1990 (Holweg, 2007).

Lean traduzido literalmente, significa magro. O LP é “magro” porque usa o mínimo de tudo, comparativamente aos sistemas de produção em massa, ou seja, metade do esforço humano, do espaço, do investimento em ferramentas, do tempo de engenharia necessário para desenvolver novos produtos e até metade do stock necessário, o que permite gerar menos defeitos e produzir uma grande e crescente variedade de produtos. O LP procura a perfeição: custos continuamente decrescentes, níveis nulos de stock e uma variedade de produtos infindável (Womack et al., 1992). Consequentemente, centra-se na filosofia de melhorar continuamente o desempenho, eliminando sistematicamente os desperdícios no chão de fábrica (Smith A, 2015). Desperdício e valor são dois conceitos importantes para o LP. De facto, LP procura maximizar a utilização de recursos através da minimização de desperdício com o objetivo de maximizar o valor do produto (Kumar et al., 2022).

2.1.2. *Lean Thinking*: princípios

Em 1996, Jim Womack e Daniel T. Jones publicaram o livro *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation* onde abordaram o conceito *lean* numa perspetiva mais geral, ou seja, estender a filosofia para além chão de fábrica até ao nível dos negócios operacionais (Smith A, 2015). Segundo os autores, o *Lean Thinking* estabelece a forma como fazer mais com menos, caminhando, simultaneamente, no sentido de oferecer aos clientes exatamente o que desejam (Womack & Jones, 1996).

O *Lean Thinking* pode ser resumido a cinco princípios (Womack & Jones, 1996):

1. Identificar valor – é o ponto inicial crítico do *Lean Thinking*. O valor deve ser definido especificamente para cada produto e a identificação desse valor só pode ser feita pelo cliente;
2. Definir a cadeia de valor – a cadeia de valor compreende todas as atividades necessárias no fabrico de um produto, desde o design à sua produção. Estas atividades podem ser mapeadas e categorizadas em três tipos: as que acrescentam valor ao produto; as que não acrescentam valor ao produto, mas que não podem ser eliminadas; e as atividades que não acrescentam valor ao produto e podem ser eliminadas;
3. Tornar o fluxo contínuo – após a eliminação das atividades que não acrescentam valor é necessário trabalhar na construção de um fluxo contínuo de produção;

4. Implementar a produção puxada – a capacidade de produzir de forma flexível e sem stocks permite que a produção seja puxada pelo cliente, isto é, produzir o que o cliente quer no momento que ele necessita;
5. Busca da perfeição – a interação dos quatro primeiros princípios gera transparência sob o sistema produtivo e gera um círculo virtuoso de melhoria. De facto, o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custo e erros é interminável, e caminha gradualmente para a perfeição.

2.1.3. Desperdícios

No livro que publicaram em 1996, Jim Womack e Daniel T. Jones destacam a palavra japonesa *muda*, cuja tradução é desperdício, ao afirmarem que este está em todo o lado e o antídoto para esta é o *Lean Thinking*. Os autores definem desperdício como qualquer atividade humana que consume recursos, mas não cria valor, como por exemplo, defeitos que exijam retificação, produção de itens que ninguém quer resultando no aumento dos stocks, atividades processuais desnecessárias, movimentações de pessoas e transporte de materiais desnecessários, esperas a jusante devido a atrasos a montante no sistema produtivo e bens e serviços que não satisfazem as necessidades dos clientes (Womack & Jones, 1996).

Taiichi Ohno originalmente enumerou os 7 tipos de desperdícios frequentemente encontrados nos sistemas produtivos (Lacerda et al., 2016; Melton, 2005):

- Sobreprodução – produção de itens que o cliente não quer ou produção antes do tempo necessário, produção em excesso, resulta na utilização de recursos sem retorno e no aumento de stocks e espaço de armazenagem;
- Esperas – tempo de espera por pessoas, materiais ou equipamentos devido a obstruções no fluxo produtivo, processos não balanceados, atrasos na entrega de materiais, entre outros;
- Defeitos – erros durante o processo e problemas de qualidade detetados internamente (pelo produtor) ou externamente (pelo cliente) que obrigam a retrabalho ou, em última instância, sucata. Resultam frequentemente da falta de procedimentos standardizados, de sistemas de controlo de qualidade ou falha humana, e têm um resultado negativo nos custos produtivos e na produtividade;
- Stocks – armazenamento de produtos finais e intermédios, matérias-primas, entre outros, geram custos com armazenamento e manuseamento;
- Processamento excessivo – qualquer atividade do processo produtivo que não acrescenta valor ao produto nem é essencial ao seu processamento;

- Transportes – transportar materiais e produtos de um local para o outro é uma atividade que não gera valor, aumenta o tempo de processamento dos produtos e consome recursos;
- Movimentações – movimentos dos operadores que não acrescentam valor ao produto, resultantes de aspetos relacionados com a organização dos postos de trabalho ou aspetos ergonómicos que exigem um esforço excessivo aos operadores.

Recentemente foi identificado o oitavo desperdício: potencial humano. O desperdício das aptidões e talento dos operadores é contrário à filosofia LP que defende a criatividade e contributo de todos os indivíduos. Por isso, a utilização deficiente do potencial humano pode resultar em perdas de oportunidade de melhoria e no subaproveitamento de recursos (Lacerda et al., 2016).

A redução e, preferivelmente, a eliminação destes desperdícios gera os seguintes benefícios: diminuição dos *leadtimes* para os clientes; redução dos stocks nos produtores; melhor gestão do conhecimento; e processos mais robustos (Melton, 2005).

2.2. Overall Equipment Effectiveness

A ISO 22400 define KPIs como “métricas quantificáveis e estratégicas que refletem os fatores críticos de sucesso de uma empresa”. São indicadores usados tanto por humanos como por sistemas automatizados para tomar decisões táticas em tempo real ou decisões estratégicas a longo prazo (Brandl & Brandl, 2018). De facto, um dos propósitos da aplicação de indicadores de desempenho é definir objetivos para atividades de melhoria alinhados com os objetivos estratégicos da empresa (Andersson & Bellgran, 2015). É neste contexto que o OEE se enquadra dentro das empresas, atuando não apenas como uma métrica operacional, mas também como um indicador de atividades de melhoria do processo (Ng et al., 2014).

2.2.1. Surgimento do OEE e relevância

O OEE foi proposto por Nakajima (1988) para avaliar os progressos alcançados através das melhorias implementadas com a metodologia TPM (Arturo Garza-Reyes et al., 2010). O conceito de OEE está intrinsecamente associado ao TPM e foi definido pelo seu autor como uma métrica ou medida para avaliar a eficácia dos equipamentos. Entretanto, vários outros autores propuseram outras definições que em pouco diferem entre si, pois a definição de OEE é bastante simples: trata-se de uma métrica quantitativa para medir a produtividade geral de um equipamento, célula ou sistema integrado de produção (Ginste et al., 2022). Pode também referir-se que o OEE é um indicador tridimensional pois o seu cálculo compreende três fatores: disponibilidade, velocidade e qualidade. É um indicador mais

adequado a processos produtivos automáticos ou semiautomáticos (Jeong & Phillips, 2001) pois o seu foco está no equipamento, não sendo, por isso, o indicador recomendado para operações manuais.

Após o seu surgimento em 1988, as décadas de 1990 e início de 2000 registaram avanços do conceito de OEE quando começou a ser implementado em várias organizações, tornando-se um popular tópico de investigação (Jauregui Becker et al., 2015). De facto, uma breve pesquisa, realizada no âmbito deste projeto, pelo termo “*overall equipment effectiveness*” na plataforma ScienceDirect permite verificar que a sua popularidade tem vindo a aumentar e a última década foi particularmente produtiva em termos de publicações de artigos que abordam o tema (Figura 1). Sem grande surpresa, grande parte da investigação sobre o OEE está relacionada com a manutenção, mas é prolífica também em áreas como a aferição de desempenho e a melhoria de produtividade (Hedman et al., 2016). Atualmente é um indicador amplamente utilizado a nível mundial em todo o tipo de indústrias, desde a automotiva à farmacêutica.

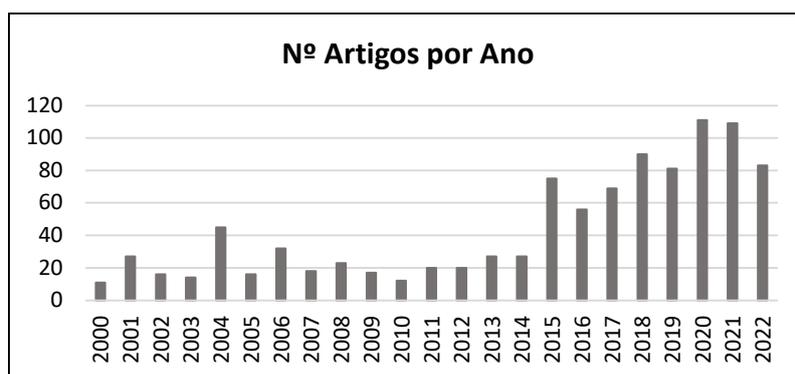


Figura 1 - Quantidade de artigos na ScienceDirect com o termo “*overall equipment effectiveness*”

A relevância atual do OEE está relacionada com a crescente utilização de equipamentos em ambiente industrial uma vez que mundo avança a passos largos para a generalização da automação industrial. Adicionalmente, as empresas têm de melhorar continuamente o desempenho dos seus sistemas produtivos de forma a reduzirem os custos produtivos (Andersson & Bellgran, 2015). A redução de custos é um fator crucial para a sobrevivência das empresas devido à competitividade atual dos mercados e às desigualdades de custos entre regiões, nomeadamente custos de matéria-prima, de mão-de-obra ou energéticos. Focando-se na maximização do tempo operacional dos equipamentos e, conseqüentemente, na redução das perdas produtivas, o OEE é uma importante ferramenta na redução de custos. A lógica é bastante simples, quanto mais elevado for o OEE, mais eficaz é o equipamento e mais dinheiro a empresa poupa (Chiarini, 2015).

2.2.2. Cálculo do OEE

Mas, o que é o OEE concretamente? Como calculá-lo? O OEE considera que uma produção efetiva requer: que o equipamento esteja em funcionamento durante todo o tempo planeado de produção; que o equipamento produza as peças na velocidade ótima esperada; e que as peças sejam produzidas de acordo com as especificações (Jauregui Becker et al., 2015). Cada um destes requisitos corresponde, respetivamente, a um dos seguintes fatores usados para o cálculo do OEE: disponibilidade, velocidade e qualidade. Segundo a fórmula fornecida por Nakajima (1988) o OEE é obtido através da multiplicação destes fatores (Equação 1).

$$OEE = Disponibilidade \times Velocidade \times Qualidade$$

Equação 1 - Fórmula para calcular o OEE

O cálculo de cada um dos fatores é efetuado considerando as perdas que lhes estão associadas tendo em conta as seis perdas identificadas por Nakajima (1988).

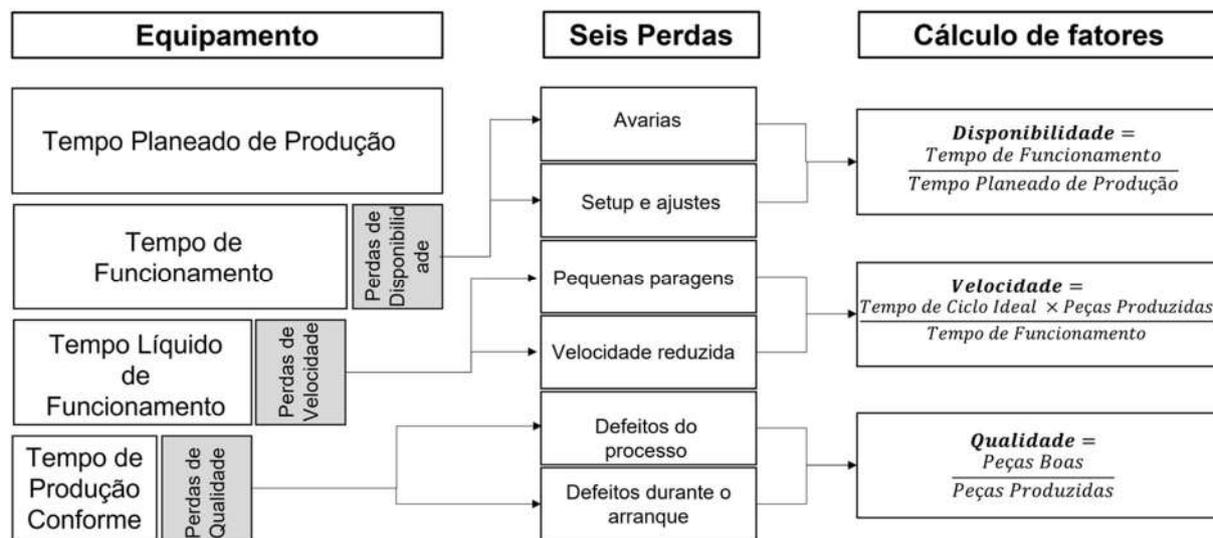


Figura 2 - Cálculo do OEE e as Seis Perdas (adaptado de (Nakajima, 1988))

Disponibilidade: mede o tempo total que o equipamento não está a operar devido a avarias, *setups* e ajustes e outras paragens (Jonsson & Lesshammar, 1999). Para calcular este fator, é necessário determinar o Tempo Planeado de Produção que poderá corresponder ao tempo de turno ou ao tempo em que a empresa / secção está aberta, deduzindo-lhe os tempos de pausas dos operadores (almoço e lanche), de manutenções planeadas e dos períodos sem nada para processar. Para obter o Tempo de Funcionamento é necessário deduzir ao Tempo Planeado de Produção as perdas de disponibilidade que se referem a paragens não planeadas que podem acontecer na forma de avarias, faltas de material, *setups*, entre outros.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de Funcionamento}}{\text{Tempo Planeado de Produção}} \times 100$$

Equação 2 - Fórmula para calcular a Disponibilidade

Velocidade: mede o rácio entre a velocidade real de funcionamento do equipamento e a velocidade ideal (baseada na capacidade definida no desenvolvimento do equipamento) (Jonsson & Lesshammar, 1999). Este fator do OEE pode ser calculado de várias formas, sendo a da Equação 3 a originalmente avançada por Nakajima (1988), e pretende saber qual é o desvio do output real em tempo, em relação ao tempo de ciclo ideal, isto é, o tempo pré-definido necessário para a produção de uma peça.

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal} \times \text{Peças Produzidas}}{\text{Tempo de Funcionamento}} \times 100$$

Equação 3 - Fórmula para calcular a Velocidade

Qualidade: pretende calcular a proporção de peças defeituosas no volume total de produção (Arturo Garza-Reyes et al., 2010). Usualmente, só considera os defeitos detetados na fase da produção em que o OEE está a ser calculado, não tendo em conta os defeitos detetados em fases posteriores da produção.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças Boas}}{\text{Peças Produzidas}} \times 100$$

Equação 4 - Fórmula para calcular a Qualidade

Segundo Nakajima (1988) as empresas de excelência deverão obter resultados de disponibilidade superiores a 90%, de velocidade superiores a 95% e de qualidade superiores a 99%. O produto destes valores – 90% x 95% x 99% - resulta num OEE de 85%. Este é o valor de referência mundial proposto por Nakajima (1988). Valores significativamente inferiores a este indicam que a organização está a incorrer em graves perdas económicas sob a forma de perdas de eficácia dos equipamentos.

2.2.3. Vantagens do OEE

Os artigos publicados desde o surgimento do OEE destacam várias vantagens ou benefícios na sua implementação. Jonsson & Lesshammar (1999) refere que uma das principais razões para a aplicação generalizada do OEE é o facto de ser um indicador interno de eficiência simples, mas também abrangente. Para o cálculo dos fatores disponibilidade, velocidade e qualidade é necessário considerar dados inerentes a vários setores de uma organização e por isso considera-se que o OEE permite avaliar a eficácia não apenas do equipamento, mas também dos processos e intervenientes com que ele interage de alguma forma.

Vários autores destacam a importância de usar o OEE para benchmarking com outras organizações. A possibilidade de comparar o desempenho interno com a competição externa e vice-versa é vista como

um atributo essencial de qualquer sistema de medição de desempenho (Gibbons & Burgess, 2010). Chikwendu et al. (2020) indica que os valores de OEE de referência mundial servem de “*benchmark*” para avaliar o desempenho da manutenção numa organização e também para melhorar a política de manutenção e melhoria contínua nas organizações. De forma semelhante, Bamber et al. (2003) propõe que o OEE pode ser usado como um “*benchmark*” para medir o desempenho inicial de uma organização produtiva e, posteriormente, comparar valores futuros para quantificar o nível de melhoria alcançado. Porém, este autor vai mais longe salientando que o OEE pode servir como instrumento de comparações internas entre equipamentos ou linhas de produção. Segundo o autor, o OEE calculado para uma linha de produção pode ser usado para comparar o desempenho de outras linhas de produção da organização identificando, desta forma, as que têm baixo desempenho. Da mesma forma, para os equipamentos que operam individualmente, o resultado do OEE pode identificar qual é o equipamento com pior desempenho e assim indicar onde é necessário atuar para melhorar.

Outra importante característica do OEE, mencionada em vários artigos de investigação, é o seu contributo para a melhoria contínua. O OEE é capaz de medir o desempenho, identificar oportunidades de melhoria e direcionar o foco dos esforços de melhoria para áreas relacionadas com a utilização do equipamento (disponibilidade), com a taxa de funcionamento (velocidade) e a qualidade (Arturo Garza-Reyes et al., 2010). Ao medir continuamente a eficácia dos equipamentos, os resultados da monitorização são enviados aos gestores da produção e aos operadores permitindo-lhes reagir rapidamente a eventuais distúrbios da produção e estabelecer projetos de melhoria contínua de médio e longo prazo (Jauregui Becker et al., 2015). Possibilitando a identificação de forma detalhada dos equipamentos ou áreas produtivas com baixo desempenho e dos fatores que contribuem para esse resultado, o OEE permite definir atividades, projetos e planos de melhoria tanto reativos para implementação corretiva imediata como preventivos para melhoria a longo prazo.

Ainda relacionado com a melhoria contínua, alguns autores afirmam que existe uma relação entre o OEE e o conceito de valor acrescentado. O OEE é frequentemente utilizado como guia para melhorar o desempenho de um negócio pois foca-se em problemas de qualidade, produtividade e utilização de equipamentos e, conseqüentemente, na redução de atividades sem valor acrescentado (Bamber et al., 2003). Gibbons et al. (2010) propõe a seguinte relação entre o OEE e os seus fatores e as categorias de valor acrescentado identificadas por Womack & Jones (1996).

- O resultado do OEE corresponde ao elemento de Valor Acrescentado das horas base disponíveis;

- As perdas de disponibilidade, velocidade e qualidade são consideradas de Valor Não-Acrescentado, desperdício puro;
- O tempo de paragem planeado é categorizado como Valor Não-Acrescentado Necessário.

Tanto os distúrbios crónicos como os esporádicos têm um impacto negativo no processo produtivo pois consomem recursos sem adicionar nenhum valor ao produto final (Dal et al., 2000). O OEE tenta identificar essas perdas e direccionar os esforços de mitigação para as áreas críticas.

2.2.4. Limitações e dificuldades do OEE

Apesar do OEE ser visto como um KPI poderoso e útil, também é alvo de críticas que merecem mais investigação (Gibbons & Burgess, 2010). A revisão da literatura, nomeadamente a análise de vários artigos de investigação sobre este conceito permitiu identificar algumas das limitações e dificuldades na implementação do OEE.

Vários autores referiram, por diferentes motivos, que o foco do OEE é limitado e por isso não deve ser o único indicador de desempenho aplicado ao sistema ou área produtiva. Segundo Dal et al. (2000), é essencial que o OEE não seja o único indicador de desempenho. O OEE fornece uma excelente perspetiva sobre a melhoria produtiva, mas deve ser balanceado com outros indicadores mais tradicionais e operacionais, garantindo desta forma uma perspetiva global do ambiente produtivo.

Andersson & Bellgran (2015) também defende a necessidade de combinar o OEE com indicadores complementares para obter um retrato completo da produtividade. Segundo este autor, o OEE considera um tempo de ciclo ideal que permite alcançar uma taxa de processamento máxima, mas não considera o número de pessoas que estão incluídas no processo para alcançar essa taxa de processamento. A preocupação recai sobre o excessivo foco na maximização da utilização dos recursos na forma de equipamentos, correndo o risco de descurar a otimização de recursos humanos. Daqui advém a necessidade de balancear o OEE com outros indicadores que permitam ter uma visão mais abrangente da realidade e trabalhar para a maximização de recursos, quer humanos quer materiais, e minimização de custos.

Oliveira et al. (2019) é outro autor que preconiza a necessidade complementar o OEE com outros indicadores de desempenho que forneçam uma visão mais global mais ampla e completa das operações. No entanto, no caso apresentado pelo autor, uma das limitações do OEE é o facto de ignorar os problemas relacionados com o planeamento de produção e o cumprimento dos prazos de entrega. Por exemplo, numa área produtiva onde se produzem simultaneamente diferentes produtos, poderão ser

produzidos mais produtos de um tipo do que de outro, mantendo os níveis de desempenho e qualidade esperados, mas não respeitando as quantidades planeadas de cada produto.

Por seu turno, Ginste et al. (2022) defende a inclusão de parâmetros extra no cálculo do OEE por considerar que este não se adequa à realidade da indústria atual resultante das exigências do mercado. O autor afirma que o OEE negligencia e tipicamente até penaliza a capacidade de flexibilização. Alterações frequentes à produção, normalmente resultam em baixa disponibilidade devido ao aumento do número de *setups*, das perdas de velocidade (ciclos mais lentos e efeito de aprendizagem-esquecimento nos operadores) e de problemas de qualidade (defeitos de início do processo). Na produção atual a flexibilidade é cada vez mais importante para fazer face ao paradigma da customização em massa, mas é difícil incorporar essa necessidade com o OEE pois frequentemente entra em conflito com as estratégias definidas melhorar o OEE. Num cenário ideal, mesmo com uma elevada mudança de produtos, os sistemas produtivos atuais devem ter uma eficácia de equipamentos alta, mantendo a produtividade estável e uniforme de toda a gama de produtos.

Outra das limitações do OEE, identificada nos artigos analisados, está relacionada com o facto de ser um indicador mais adequado a áreas produtivas de elevado volume e baixa variedade. Segundo Dal et al. (2000), o OEE normalmente é usado em processos de volumes elevados onde a utilização da capacidade é a prioridade e as paragens ou distúrbios são dispendiosos devido à perda de capacidade. Jauregui Becker et al. (2015) segue a mesma linha de pensamento, mencionando que o OEE é um método conhecido para impulsionar a eficácia da produção dos equipamentos em ambientes de baixa variedade e alto volume. Adicionalmente, este autor afirma que a implementação do OEE em organizações de alta variedade e baixo volume continua a ser um desafio, uma vez que tanto o produto como o processo estão em constante mudança.

Um dos fatores críticos para a correta implementação e utilização do OEE é a recolha de dados para calcular cada um dos seus fatores. A validade e utilidade do OEE está muito dependente da recolha de dados (Hedman et al., 2016). Os dados poderão, de facto, ser um aspeto sensível no cálculo do OEE pois levantam duas questões: o esforço necessário para registar todos os dados necessários de forma a garantir uma representação minimamente fidedigna da área será aplicado o OEE; e a clareza e validade dos dados obtidos. A primeira questão é abordada por Dal et al. (2000) referindo que a implementação inicial do OEE poderá ser difícil devido aos complexos requisitos para recolha de dados deste indicador de desempenho, comparativamente a outros, nomeadamente a nível do detalhe necessário dos dados. A segunda questão é referida também por este autor ao afirmar que para usar o OEE eficazmente, este

deve ser convincente e plausível para os gestores de produção. Tal como em muitos sistemas de produção, dados imprecisos rapidamente levam a falta de credibilidade. Por isso é fundamental investir tempo na melhoria da fonte de recolha de dados e métodos de registo. (Costa & Lopes, 2021) reafirma que, durante a atividade normal de uma organização, são produzidas grandes quantidades de dados que nem sempre são considerados “limpos” ou adequados para utilização. Normalmente os registos incluem dados ruidosos, inconsistentes ou em falta. Ginste et al. (2022) complementa que o cálculo do OEE muitas vezes não é transparente devido à heterogeneidade das fontes de dados e dos inputs manuais.

A implementação do OEE pressupõe desafios à gestão e à cultura da organização. Nakajima (1988) sugere que um “ambiente favorável” é um dos dois pré-requisitos para a aplicação bem-sucedida do OEE. O outro pré-requisito é a formação dos operadores em atividades de TPM e a sua aplicação através de uma mentalidade de melhoria continua (Dal et al., 2000).

Andersson & Bellgran (2015) identificou alguns desafios associados à implementação inicial do OEE para monitorização e gestão do desempenho:

- como é definido, interpretado e comparado;
- como os dados do OEE são recolhidos e analisados;
- como é monitorizado e por quem;
- como se alinha com a estratégia global de produção;
- como pode ser utilizado para fins de sustentabilidade.

No entanto, um dos maiores desafios das organizações é alcançar um nível de desempenho robusto e estável, nomeadamente um resultado de OEE elevado e estável (Andersson & Bellgran, 2015). Quando o OEE é instável, é difícil prever o output da produção e, tipicamente, as organizações têm de criar stocks de segurança e o desempenho relativo ao cumprimento de prazos de entrega é baixo (Chiarini, 2015).

2.2.5. Evoluções do OEE

As limitações acima mencionadas e o desejo de ampliar o âmbito de aplicação do OEE deram origem a novas métricas ou formas alternativas para o cálculo do indicador. Desta forma o OEE foi expandido através da inclusão de outros elementos de performance para além da disponibilidade, velocidade e qualidade (Arturo Garza-Reyes et al., 2010). Na área de investigação, o termo adotou outras nomenclaturas para refletir as ditas ampliações, nomeadamente *Overall Factory Effectiveness* (OFE), *Overall Throughput Effectiveness* (OTE), *Production Equipment Effectiveness* (PEE), *Overall Asset*

Effectiveness (OAE) e *Total Equipment Effectiveness Performance* (TEEP) (Muchiri & Pintelon, 2008). Cada uma destas variações do OEE foram desenvolvidos para incluir alguma nova variável que os investigadores consideraram necessárias para tornar o indicador mais eficaz. Por exemplo, o PEE, proposto por Raouf (1994) considera que os fatores qualidade, disponibilidade e velocidade devem ter pesos diferentes no cálculo, em oposição ao OEE que considera um peso igual para todos os fatores. No caso do TEEP, proposto por Ivancic, (1998), a diferença em relação ao OEE está relacionada com o tempo de utilização do equipamento. Enquanto no cálculo do OEE só é considerado o Tempo Planeado de Produção, o TEEP inclui no cálculo o tempo total disponível do equipamento, permitindo obter informações sobre a capacidade real do mesmo.

Apesar de vários investigadores identificarem a necessidade de otimizar o OEE de acordo com o ambiente onde é usado, ainda existe a necessidade de estudos e melhorias adicionais (Ginste et al., 2022). Os fatores de desempenho avaliados pelo OEE, embora importantes, não são suficientes para descrever a eficácia de um sistema produtivo. Alguns fatores importantes (por exemplo o custo e a flexibilidade) não são considerados no OEE (Muchiri & Pintelon, 2008). As derivações do OEE acima mencionadas representam algumas tentativas de ajudar o indicador a colmatar as lacunas que lhe foram apontadas, tornando um indicador de desempenho mais eficaz e abrangente. Atendendo à variedade de indústrias e sistemas produtivos com características significativamente diferentes, pode afirmar-se que ainda há muito espaço para evolução do OEE.

2.3. Ferramentas aplicadas

O LP ajuda as organizações a alcançarem os objetivos de produtividade através de técnicas e ferramentas sustentáveis de fácil aplicação. O seu foco na redução e eliminação de desperdícios permite que se enraíze na cultura organizacional e torne os processos lucrativos (Oliveira et al., 2017). Nos próximos pontos serão brevemente apresentadas as ferramentas do LP usadas durante este projeto.

2.3.1. *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

A ferramenta SMED apresentada por Shingo (1985) não pode ser dissociada de uma breve clarificação sobre o conceito de *changeover*. O *changeover* é o processo completo de alterar uma máquina, linha ou processo da produção de um produto para outro (Henry, 2017). Nesta definição estão incluídos todos os passos necessários para que ocorra uma alteração de produto, sejam eles relacionados com a troca de ferramenta numa máquina ou relacionados com processos adjacentes como remover material do posto de trabalho (PT), efetuar medições e calibrações ou preparar o material para o início da produção

do novo produto. De acordo com Henry, 2017, o *changeover* pode ser dividido em três componentes principais aos quais denomina de *3Ups* – *Cleanup*, *Setup* e *Startup*. *Cleanup* é considerado como a limpeza ou remoção de todos os materiais da produção do lote anterior. *Setup* consiste na alteração (de peças, equipamentos, ferramentas) ou ajustes à máquina para a produção seguinte, incluindo as inspeções de qualidade, registos e documentação ou a movimentação do material do armazém para o PT. Por último, *Start-up* compreende o tempo entre a finalização do *setup* e o início da produção a velocidade e eficiência normais, compreendendo pequenas paragens devido a ajustes e produtos defeituosos no início da produção. O tempo de *changeover*, compreende o tempo total desde a produção da última boa unidade do trabalho anterior até à produção da primeira boa unidade do trabalho seguinte, com velocidade e eficiência normais (Henry, 2017).

O conceito de *setup* que Shingo (1985) apresentou já englobava todos os componentes que Henry (2017) utiliza para a definição de *changeover*. De facto, Shingo (1985) afirma que os procedimentos de *setup* são infinitamente variados, mas podem ser resumidos na seguinte sequência de passos:

- Preparação, ajustes pós-processo, verificação de materiais e ferramentas, etc. – inclui a preparação de todos os itens para o *setup* e a remoção e limpeza dos mesmos no final do processamento;
- Montar e remover lâminas, ferramentas, peças, etc. – refere-se ao ato de colocar e remover peças e ferramentas na máquina;
- Medições, parametrizações e calibrações – engloba operações como dimensionamento, medição de temperatura ou pressão, etc., de forma a garantir o desempenho da produção;
- Testes e ajustes – produção de amostra(s) para verificação.

Fundamentalmente, existem dois tipos de *setups*: os internos (IED – *inside exchange of die*), que apenas podem ser efetuados quando a máquina está parada, como por exemplo colocar e remover moldes; e os externos (EOD – *external exchange of die*) que podem ser feitos quando a máquina está a operar, por exemplo transporte de material ou moldes de e para o armazém (Shingo, 1985).

A importância destes conceitos reside no facto de serem procedimentos necessários, mas que não acrescentam valor ao produto. Na realidade, frequentemente estes procedimentos traduzem-se em perdas produtivas devido à necessidade de parar a produção para os efetuar. Dependendo do tipo de indústria e equipamentos, o tempo de *setup* pode ascender a várias horas, tornando-se um entrave à flexibilidade que é exigida às organizações atualmente. Para fazer face a isto, Shingo (1985) desenvolveu uma ferramenta comumente conhecida por SMED que apresentou ao mundo em 1985 através do livro

A Revolution in Manufacturing: the SMED system, onde compilou os conhecimentos adquiridos durante dezanove anos de investigação dos aspetos práticos e teóricos da melhoria dos *setups*. Segundo o mesmo, o termo SMED refere-se à teoria e técnicas para efetuar uma operação de *setup* em menos do que 10 minutos. Para tal, é necessário transformar atividades de *setup* interno em atividades de *setup* externo, de forma que a máquina esteja parada o menor período possível.

A aplicação da ferramenta SMED é feita em quatro etapas (Shingo, 1985):

- Etapa Preliminar – inicialmente não há distinção entre atividades internas e externas durante o *setup*, podendo também não existir sequenciação e otimização das mesmas. Nesta etapa é necessário observar e recolher dados sobre o *setup*, sem interferir com o mesmo, através de cronometragens, vídeos, registos dos passos e distâncias percorridas e recolha de todo o tipo de notas e informação que possam ser relevantes.
- Etapa 1 - separar atividades de *setup* interno e externo – consiste no exercício de examinar os dados recolhidos na etapa preliminar e determinar quais tarefas correspondem aos *setup* interno e externo. De seguida é necessário garantir que as atividades de *setup* externo são efetuadas com a máquina trabalhar, com a ajuda de *checklists* onde são descritas as tarefas a efetuar, os materiais e até pessoas necessárias. A separação dos dois tipos de *setup* pode resultar numa redução de 30% a 50% do tempo total de *setup*.
- Etapa 2 - transformar atividades de *setup* interno em externo – nesta etapa deve ser efetuada nova análise do *setup* com as alterações efetuadas na etapa anterior e explorar formas de converter atividades de *setup* interno em externo, como por exemplo pré-aquecer moldes.
- Etapa 3 - otimizar todos os aspetos do *setup* – o objetivo é conseguir reduzir o tempo das atividades de *setup* interno e externo e, para tal, é necessário analisar detalhadamente cada uma dessas tarefas. As ações podem passar por otimizar o sistema de armazenamento e transporte de forma a reduzir deslocações, dar a formação adequada aos operadores, padronizar as operações de *setup* (definição de tarefas e sequencias), automatizar tarefas, eliminar ajustes manuais.

2.3.2. 5W

A designação 5W é um diminutivo para *5 Why's*, em português 5Porquês. Esta ferramenta foi desenvolvida por Sakichi Toyoda, fundador da Toyota, e posteriormente utilizada e divulgada por Taiichi Ohno no âmbito do TPS. Trata-se de uma ferramenta de simples utilização pois consiste apenas em perguntar *Why?* cinco vezes perante uma determinada situação ou problema. O principal objetivo desta

ferramenta é encontrar a causa-raiz de um defeito ou problema usando repetidamente a palavra *Why?*. O primeiro passo é enunciar e delimitar o problema que será analisado. Depois, inicia-se a iteração da aplicação dos 5W. A resposta ao primeiro *Why?* será também a base da do segundo *Why?* (Ershadi et al., 2018), repetindo sucessivamente o procedimento tantas vezes quantas se considerar necessário.

Perguntar *Why?* cinco vezes impede que se acabe a investigação antes de chegar à causa-raiz do problema, o objetivo fundamental da melhoria. Se a pesquisa não for efetuada de forma diligente e sistemática, poderá chegar-se apenas a uma medida intermédia que não elimine realmente o problema (Shingo, 1989). O método 5W está muito dependente do conhecimento e persistência das pessoas envolvidas na resolução do problema, por isso, é necessário que várias pessoas com competências diferentes participem na aplicação deste método (Ershadi et al., 2018).

2.3.3. Diagramas de Pareto, *Ishikawa* e *Spaghetti*

O Diagrama de Pareto baseia-se no princípio desenvolvido por Vilfredo de Pareto no século XIX, mais tarde aplicado à gestão da qualidade por Joseph Juran, que afirma que 80% dos efeitos têm origem em 20% das causas. A forma mais comum é representada por um gráfico com duas componentes: as barras ordenadas de forma decrescente a representar a frequência ou peso dos fatores em análise (reclamações, defeitos, problemas, entre outros) e uma linha que representa a percentagem do valor acumulado da frequência ou peso dos fatores analisados. Portanto, de que é um gráfico de barras que organiza a informação de forma que se consiga determinar prioridades para implementações de melhoria. Esta ferramenta pode ser útil para, por exemplo, identificar a fonte de problemas crónicos / causas comuns num processo produtivo (Hansen, 2001). Segundo o princípio de Pareto, “os poucos vitais” causam a maioria dos problemas, enquanto os “muito triviais” causam apenas uma pequena porção dos problemas (Breyfogle III, 1999).

Uma das ferramentas efetivas para o processo de resolução de problemas é o diagrama de causa e efeito, também conhecido por diagrama de *Ishikawa* ou diagrama de espinha de peixe, desenvolvido em 1943 por Kaoru Ishikawa. Trata-se de um diagrama composto por linhas e símbolos desenhado para representar a relação entre um efeito e as suas causas (Besterfield, 1998). Quando se inicia a construção do diagrama de *Ishikawa*, é útil considerar-se seis causas principais que podem contribuir para um determinado efeito: material, máquina, método, pessoas, medidas e ambiente. Cada uma destas causas é analisada para encontrar causas secundárias, isto é, causas específicas que efetivamente ou potencialmente contribuem para o problema (Hansen, 2001). A aferição de todas as causas deve ser feita com base em brainstorming onde cada elemento da equipa, preferencialmente de áreas distintas,

contribui com ideias de possíveis causas que vão sendo adicionadas ao diagrama. No final, o diagrama é avaliado para determinar quais as causas que possivelmente contribuirão mais para o efeito.

O diagrama de *Spaghetti* pretende representar de forma grosseira o fluxo de pessoas, materiais ou informação durante um processo. Trata-se de uma representação visual que, embora possa parecer confusa devido aos cruzamentos e repetições de trajeto que possam ocorrer no fluxo durante o processo, permite aferir de forma rápida algumas ineficiências do processo (Balaji et al., 2022). Para a elaboração deste diagrama é necessário ter uma representação (layout ou esquema) da área onde serão desenhadas todas as movimentações observadas durante o processo. O detalhe da informação recolhida pode variar, dependendo do propósito da elaboração do diagrama, podendo incluir a distância percorrida ou o tempo para percorrer cada distância.

2.3.4. 5S

O conceito de 5S faz parte da cultura e sociedade japonesas. Tendo raízes nos princípios do Xintoísmo, Budismo e Confucionismo, está presente em todas as áreas da vida das pessoas e as suas atividades de melhoria estendem-se a qualquer ambiente, incluindo lares, escolas, comunidades ou locais de trabalho (Kobayashi et al., 2008). Em 1980 Takashi Osada documentou a primeira utilização da metodologia 5S num ambiente empresarial enquanto processo de melhoria contínua (Jiménez et al., 2015).

O nome desta metodologia surge da conjugação de cinco palavras japoneses que correspondem às cinco componentes ou fases de implementação (Monden, 1998):

- *Seiri* (Separar) – separar de forma clara o que é necessário do que não é e descartar aquilo que não é;
- *Seiton* (organizar) – dispor as coisas de forma ordenada e identificá-las de forma que qualquer pessoa que precise de as usar o possa fazer de forma rápida e fácil;
- *Seiso* (limpar) – limpar e manter o espaço e equipamento limpos contribui para a redução de avarias dos mesmos causadas por óleo, pó ou lixo;
- *Seiketsu* (padronizar) – após a implementação dos três primeiros S, é necessário garantir são continuamente cumpridos;
- *Shitsuke* (disciplina) – criar o hábito de cumprir com o que definido nas etapas anteriores.

Para que a implementação dos 5S seja eficaz, não é suficiente ter conhecimento sobre a metodologia, é necessário praticá-la continuamente. A sua aplicação deve tornar-se um hábito espontâneo e não algo

que alguém seja obrigado a fazer (Monden, 1998). Desta forma será possível criar um local de trabalho organizado, seguro e eficiente e contribuir para a redução dos desperdícios identificados pela LP.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo será apresentada sucintamente a empresa onde se desenvolveu o projeto, Leonische Portugal Lda, e o grupo em que se insere, LEONI AG. Nesta dissertação, para ajudar na distinção, a empresa enquanto grupo multinacional será denominada por LEONI AG, por seu turno a filial de Portugal onde foi desenvolvido este projeto será referida como Leoni.

3.1. Grupo LEONI AG

A LEONI AG é uma multinacional alemã presente em 28 países empregando cerca de 100,000 pessoas. O seu volume de vendas em 2021 foi de 5.1 biliões de Euros.

O surgimento desta empresa remonta a 1917 quando três empresas, Johann Balthasar Stieber & Sohn/Nuremberg, Johann Philipp Stieber/Roth e Vereinigte Leonische Fabriken/Nuremberg, se fundiram para dar origem à então denominada Leonische Werke Roth-Nurnberg AG, com fábricas em Roth e Nuremberga, Alemanha.

Nas décadas seguintes, a empresa apostou na produção de diferentes produtos, como fios com isolamento PVC, e em 1956 iniciou a produção de cablagens elétricas. A sua expansão para além do território alemão ocorreu em 1977 com a instalação da subsidiária Câblerie de Sousse na Tunísia. A expansão continuou nos anos seguintes com a abertura de escritórios na França e Reino Unido e subsidiárias na Irlanda e EUA. A abertura da fábrica em Portugal ocorreu em 1991 e nos anos seguintes foram abertas fábricas em vários outros países, nomeadamente México, Polónia e Eslováquia (Figura 3). Em 1999, ocorre uma importante reestruturação na empresa que passa a denominar-se LEONI AG.

O crescimento da LEONI AG e a aposta na qualidade foram reconhecidos várias vezes ao longo da sua existência pelos seus clientes e entidades terceiras. Em 2006 foi distinguida pela terceira vez como uma das melhores empregadoras da Alemanha pelo Corporate Research Fondation, destacando-se pelas boas condições de trabalho, benefícios sociais e oportunidades de desenvolvimento de carreira. Também nesse ano lhe foi atribuída pela quarta vez a distinção de “Fornecedor do Ano” pela General Motors devido à sua vital parceria no ramo de cablagens elétricas. No início de 2008, a LEONI AG adquire a Valeo, empresa francesa produtora de componentes para a indústria automotiva, tornando-se líder no mercado europeu e a quarta maior fornecedora de cablagens para a indústria automóvel a nível mundial.



Figura 3 - Presença da LEONI AG no mundo

Atualmente, a estrutura organizacional da LEONI AG é composta por duas divisões principais: *Wire & Cable Solutions Division* e *Wiring Systems Division*. Através destas duas divisões, a empresa foca-se na produção e fornecimento de fios e cablagens elétricas para a indústria automotiva, procurando também fornecer soluções inovadoras para os veículos elétricos, mas também em áreas relacionadas com a saúde, comunicação de informação e redes, energias e infraestruturas.

A visão da LEONI AG centra-se na “paixão por soluções inteligentes para a energia e dados”, resumindo a sua estratégia de compromisso e parceria com o cliente para encontrar soluções e oferecer produtos de valor acrescentado nas áreas de energia e dados.

3.2. Leoni Portugal

A Leoni abriu a sua primeira e única filial em Portugal a 14 de março de 1991, em Barco, Guimarães, dedicada à produção de cablagens elétricas. Durante a primeira década, a produção foi inteiramente dedicada à indústria automóvel, destacando-se os projetos da Mercedes 129 e W202 e da Audi MOB. A partir do ano 2000, para fazer face à concorrência de países com custos de produção mais baixos, a empresa apostou num novo mercado, a indústria de veículos comerciais. Em 2001, 2002 e 2007 a empresa iniciou projetos com a JCB, Caterpillar e AGCO, respetivamente, tornando-se um dos seus principais fornecedores de cablagens elétricas no mercado europeu. Em 2008 a produção para a indústria automóvel cessou, passando a centrar-se inteiramente no mercado de veículos comerciais. Em 2021 iniciou-se um novo importante projeto de produção de cablagens elétricas para a John Deere.

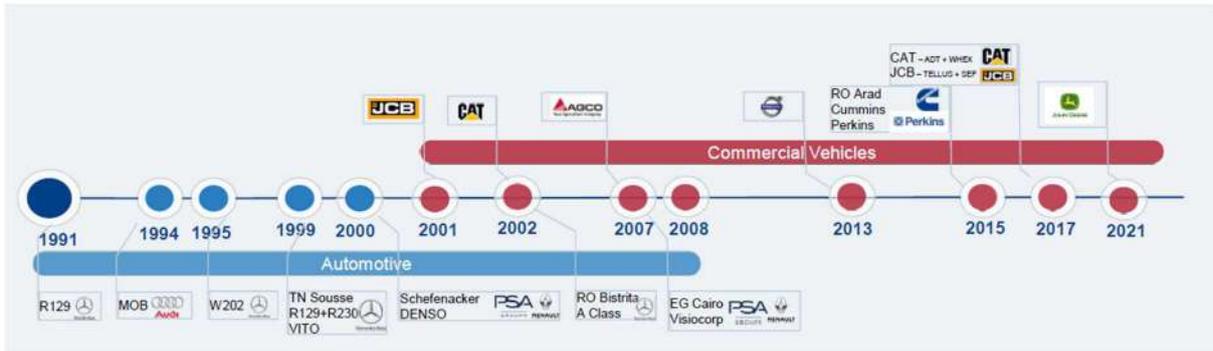


Figura 4 - Histograma de projetos na Leoni

A Figura 4 apresenta a lista completa dos atuais clientes e respectivas divisões da Leoni. Cerca de 98% das vendas destinam-se ao mercado europeu. De acordo com o relatório de vendas de 2021, a AGCO é o cliente com mais peso, sendo responsável por 30% das vendas, seguindo-se a Caterpillar com 26% e a JCB com 21%. Estes são os mais importantes clientes da empresa representando um total de 77% das vendas.



Figura 5 - Clientes da Leoni em 2022

Relativamente à dimensão da empresa, segundo dados de agosto de 2022, a Leoni emprega 1035 pessoas, dos quais 838 são colaboradores diretos e 247 são indiretos. De acordo com dados fornecidos pela Câmara Municipal de Guimarães, em 2020 a Leoni foi a maior empregadora privada do concelho de Guimarães.

TOP 10 Maiores empregadores de Guimarães



Figura 6 - 10 Maiores empregadores do Município de Guimarães

Devido ao aumento do volume de negócios e à necessidade de instalação de novos equipamentos e linhas de montagem, para além da fábrica principal situada em Barco, a empresa possui atualmente duas novas instalações, uma também em Barco e outra em Fermentões. As instalações da empresa ocupam no total 10,342 m²:

- Pavilhão principal (Barco) – 4,395 m²;
- Armazém e Corte (Barco) – 1,880 m²;
- Pavilhão secundário (Fermentões) – 4,067 m².



Figura 7 - Instalações da Leoni

3.3. Produto

A Leoni produz cablagens elétricas para a indústria de veículos comerciais. Este tipo de indústria caracteriza-se por ter grande variedade de produtos e baixos volumes de produção. Aquando à realização deste projeto, nesta unidade fabril existiam 1997 referências de cablagens elétricas ativas e todas as semanas eram produzidas 310 referências diferentes. Cada referência tem um nível de complexidade diferente, variando entre um simples cado de bateria composto por um fio e um complexo sistema de instalação elétrica composto por cerca de 700 fios.

As cablagens elétricas são compostas por diversos componentes, sendo os principais fios, terminais, vedantes, conetores, interfaces, clips, tubos, díodos e resistências e fusíveis. Existem atualmente na Leoni 6361 diferentes componentes ativos.



Figura 8 - Cablagem elétrica

3.4. Processo Produtivo

A Leoni funciona na base da relação cliente-fornecedor entre departamentos existentes: Logística e Expedição; FST - Planejamento de Produção; Qualidade de Fábrica; Qualidade de Sistema; Engenharia de Produto; Engenharia de Processo; Manutenção; Recursos Humanos; Contabilidade; Cotações.

A área produtiva desta unidade fabril é composta por 7 Segmentos, cada um gerido por um *Segment Leader* com o apoio dos *Shift Leaders* atribuídos às linhas / áreas de cada segmento. Na Tabela 1 é possível ver a composição de cada Segmento relativamente ao número de colaboradores diretos, tipo de produção, clientes e turnos de trabalho.

Tabela 1 - Informação sobre Segmentos da Produção (dados de agosto de 2022)

Segmento	Operadores diretos	Tipo de Produção	Clientes	Turnos
1	270	Corte e Pré-Confeção	Todos	1º Turno (6h – 14h30) 2º Turno (14h30 – 23h) 3º Turno (23h – 6h)
2	81	Montagem (3 Linhas e Postos Fixos)	JCB e Volvo	Normal (8h – 17h)
3	127	Montagem (4 Linhas e Postos Fixos)	CAT e Cummins	Normal (8h – 17h)
4	95	Montagem (3 Linhas e Postos Fixos)	AGCO	Normal (8h – 17h)
5	22	Protótipos e Primeiras Amostras (Postos Fixos)	Todos	Normal (8h – 17h)
7	85	Montagem (3 Linhas e Postos Fixos)	AGCO e Perkins	Normal (8h – 17h)
8	98	Montagem (3 Linhas e Postos Fixos)	John Deere	Normal (8h – 17h)

O processo produtivo da unidade fabril encontra-se representado de forma resumida na Figura 10. As fases desse processo são:

- Planeamento de Produção - é neste departamento onde se inicia o processo quando recebe as encomendas dos clientes e determina o que é necessário produzir em cada semana de acordo com as datas de encomenda e o *leadtime* necessário para a produção. A produção da Leoni gere-se através de ordens de produção. Todas as semanas é lançado um conjunto de ordens de produção que são únicas, referindo-se a uma cablagem e quantidade específica.
- Planeamento Diário – os *Segment Leaders* são responsáveis por efetuar o planeamento diário das linhas de montagem e dos postos fixos, determinando em que dia deve ser iniciada a produção de cada ordem de produção.
- Otimização de Corte – de acordo com o planeamento diário, é necessário cortar e pré-confeccionar os fios necessários para a montagem. Para tal, são selecionadas as ordens de produção planeadas para os dias que se pretende cortar e é realizada a alocação de trabalho às máquinas de corte de acordo com regras pré-definidas com o objetivo de efetuar o menor número de *setups* possível.
- Corte de fio – consiste em cortar os fios de acordo com as medidas definidas pela Engenharia de Produto. Para além do corte simples, é também possível efetuar corte com cravação e corte com inserção de vedantes e cravação. Por este motivo alguns fios saem desta área já prontos para a montagem, enquanto outros têm de seguir para a área de pré-confeção.
- Corte de tubo – à semelhança do corte de fio, consiste em cortar tubos com medidas definidas pela Engenharia de Produto. Os tubos poderão ser usados na pré-confeção ou nas linhas de montagem.
- 1º Picking – todos os tubos e fios são submetidos ao 1º Picking que tem como função identificar a qual etapa do processo se destinam. Nesta fase, os fios são agrupados em conjuntos pré-definidos e enviados para as áreas onde lhes serão aplicadas as seguintes operações necessárias.
- Pré-Confeção – engloba um conjunto de operações necessárias para finalizar o processamento dos fios. As operações existentes nesta etapa são: uniões ultrassónicas, uniões mecânicas, cravações semiautomáticas, entrançados, solda, secagem de tubos retráteis, processamento de cabos multicores e enfitamento semiautomático. Cada operação requer equipamento específico e deve cumprir com rigorosos parâmetros de qualidade. Os fios poderão ser sujeitos a uma ou mais operações de pré-confeção de acordo com o processo previamente definido pelo departamento de engenharia.

- 2º Picking – quando os fios estão prontos da área de corte e pré-confeção, são submetidos ao 2º picking de forma a serem separados por PT para as respectivas linhas de montagem ou postos fixos.
- Montagem – é realizada em linhas ou postos fixos. As linhas existentes na Leoni caracterizam-se pela produção de diferentes cablagens em simultâneo, sendo por isso chamadas de Multipart Carousel. É esta etapa do processo produtivo que aglomera o maior número de colaboradores distribuídos pelos segmentos de produção mencionados na Tabela 1. Cada segmento é composto por várias linhas de montagem de tamanhos diferentes, ajustados ao tipo de produto e à capacidade de produção necessária para satisfazer as encomendas dos clientes. Nos postos fixos são produzidas as cablagens com encomendas baixas ou com características específicas que não podem ser replicadas nas linhas de montagem.



Figura 9 - Linha de montagem (*Multipart Carousel*)

- *Braiding e Foaming* – após o processo de montagem, as cablagens podem seguir diretamente para a etapa de teste elétrico ou poderão ser sujeitas à operação de *braid* e / ou *foam*. A operação de *braid* consiste em isolar os tramos da cablagem com fio monofil. A operação de *foam* consiste em efetuar uma moldagem numa determinada parte da cablagem. Estas operações são aplicadas de acordo com os requisitos do cliente.
- Teste Elétrico – como o próprio nome indica, consiste em fazer um teste elétrico a todos os fios que compõe uma cablagem para determinar se todas as ligações estão corretas e sem problemas.
- Inspeção – trata-se de uma operação adicional, realizada em apenas algumas cablagens, com o objetivo de verificar se determinadas especificações estão a ser cumpridas.
- Embalagem – quando a cablagem está pronta é embalada de acordo com os requisitos do cliente em caixas definidas por este. A quantidade de cablagens por caixa dependendo do seu tamanho e é fixa, sendo definida aquando à produção da primeira amostra.

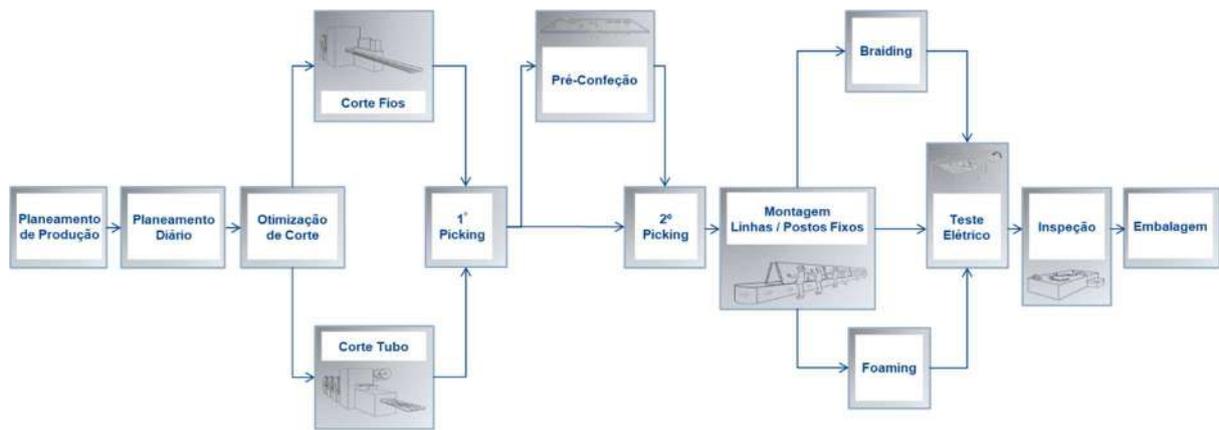


Figura 10 - Fluxograma geral de produção

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DO ESTADO ATUAL

Neste capítulo é apresentada uma descrição detalhada da secção onde se desenvolveu o projeto, seguida de uma análise crítica da mesma, identificando os principais problemas ou debilidades, assim como algumas características consideradas positivas.

4.1. Descrição do corte de fio

Na Leoni a secção de corte de fio é internamente denominada de Segmento 1. Este segmento é responsável pela preparação dos fios que serão utilizados em todas as secções de montagem. O processo de corte de fio ocorre em duas áreas diferentes: no pavilhão principal e no pavilhão onde está localizado o armazém. Os fios cortados no pavilhão correspondente ao armazém têm características específicas (fios multicores e fios com secção superior a 6.0mm²) pelo que são abastecidos em bobines de grande dimensão e o seu processamento tem de ser feito numa máquina específica. Devido a estas particularidades, esta secção do corte não foi contemplada neste projeto.

4.1.1. Descrição da secção de corte de fio

A secção de corte de fio estende-se por uma área de 406m² que inclui a área de 296m² ocupada pelas 20 máquinas de corte e ainda a área de 110m² correspondente à estante de fios. O layout desta secção pode ser visualizado na Figura 11.

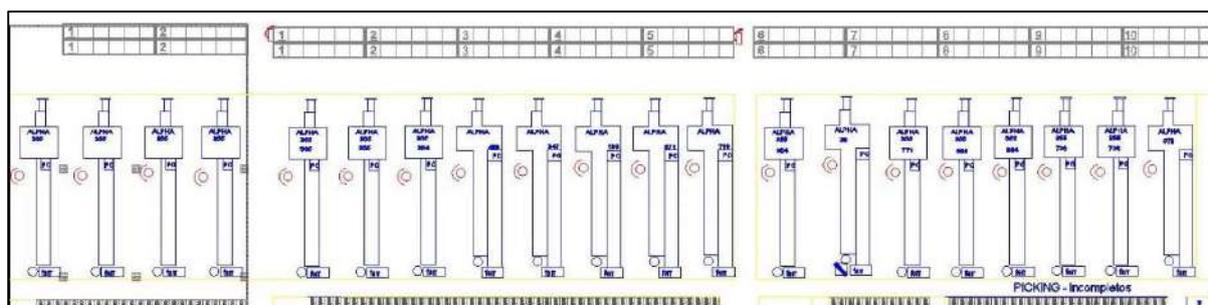


Figura 11 - Layout da secção de corte

A secção de corte funciona em três turnos, divididos da seguinte forma:

- 1º Turno: das 6h às 14h30, de segunda-feira a sexta-feira;
- 2º Turno: das 14h30 às 23h, de segunda-feira a sexta-feira;
- 3º Turno: das 23h às 6h (dia seguinte), de domingo a sexta-feira.

Em cada turno trabalham 20 colaboradores nas máquinas de corte e um abastecedor responsável por entregar os aplicadores e respetivos terminais às máquinas de corte. Para o abastecimento do restante

material, estão afetos ao Segmento 1 (não exclusivamente à secção de corte) 2 colaboradores de armazém no 1º turno e 1 colaborador de armazém nos 2º e 3º turnos. Em relação ao suporte de indiretos – consideram-se colaboradores diretos os que têm tarefas de produção, como operadores de linhas de montagem ou de máquinas de corte, os colaboradores indiretos são todos os outros cujas tarefas são de suporte à produção, como tarefas de engenharia ou supervisão – o Segmento 1 dispõe de: dois *Shift Leaders* no 1º turno e um *Shift Leader* nos 2º e 3º turnos; dois responsáveis pela Qualidade Operacional no 1º turno e um nos 2º e 3º turnos; um Engenheiro de Processo e um *Segment Leader*. De salientar que o suporte indireto está afeto a todo o Segmento 1 que, para além da secção de corte, inclui a secção de pré-confeção.

Os componentes usados na secção de corte são fios, vedantes e terminais como exemplificado na Figura 12. Todos os componentes são identificados com um código definido pelo grupo LEONI AG. Os fios têm as seguintes características diferenciadoras: secção (diâmetro), cor, material do isolamento e material dos filamentos (cobre e estanho). Por exemplo, o fio com código Leoni P00020203 tem secção 0.5 m², cor amarela, isolamento em PVC e filamentos em cobre. Os vedantes variam na cor, material, formato e dimensões. Os terminais variam no material que os compõem e no formato.

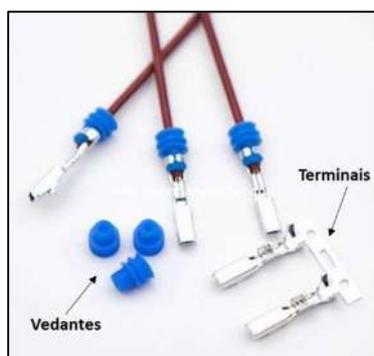


Figura 12 - Componentes usados na secção de corte: fio, vedantes e terminais

Os principais equipamentos da secção de corte são as máquinas de corte, aplicadores de terminais e kits de vedante.

Máquinas de corte:

Existem 6 modelos de máquinas de corte na Leoni: Alpha 355 (12 máquinas), Alpha 411 (3 máquinas), Alpha 433 (2 máquinas), Alpha 550 (1 máquina), Gamma 333 S (1 máquina) e Gamma 263 S (1 máquina). Todas as máquinas são do produtor Komax, sendo que os modelos Alpha 411, Alpha 433 e Gamma 333 já se encontram descontinuados pelo produtor. A máquina mais recente é do modelo Alpha 550 que foi comprada diretamente à Komax. As últimas aquisições de máquinas de corte foram

realizadas através do grupo Leoni, isto é, foram compradas a outras fábricas da LEONI AG respeitando a política do grupo de otimização da utilização de recursos internos.

A principal funcionalidade de uma máquina de corte é o corte de fio. No entanto, poderá ter outras funcionalidades se lhe forem adicionados determinados equipamentos:

- Cravação de terminais – todas as máquinas de corte da Leoni estão equipadas com 2 prensas para cravação, o que lhes permite efetuar cravação nas duas extremidades do fio cortado;
- Impressão – uma vez que a identificação dos fios através de impressão é um requisito de todos os clientes da Leoni, todas as máquinas de corte estão igualmente equipadas com pelo menos uma impressora. Cada impressora pode imprimir apenas com tinta preta ou com tinta branca. A seleção da cor de impressão depende da cor dos fios (fios pretos ou fios bicolores cuja cor principal é o preto são impressos com tinta branca; todos os outros fios são impressos com tinta preta). A Leoni dispõe de 3 máquinas de corte com impressoras de tinta branca, 16 máquinas de corte com impressoras de tinta preta e apenas 2 máquinas de corte equipadas com duas impressoras, o que lhes permite cortar e imprimir fios de todas as cores;
- Aplicação de vedantes – apenas 10 máquinas de corte têm esta funcionalidade pois apenas algumas estão equipadas com módulos de aplicação de vedantes.

De notar que, a disponibilidade destes equipamentos adicionais nas máquinas de corte define o tipo de trabalho que cada máquina pode fazer.

Todos os equipamentos da Leoni são identificados através de um número único que é utilizado para gestão nos softwares internos, sendo isto também aplicável às máquinas de corte e aos equipamentos adicionais citados acima. Na Figura 13 é possível ver a disposição destes equipamentos na máquina de corte.

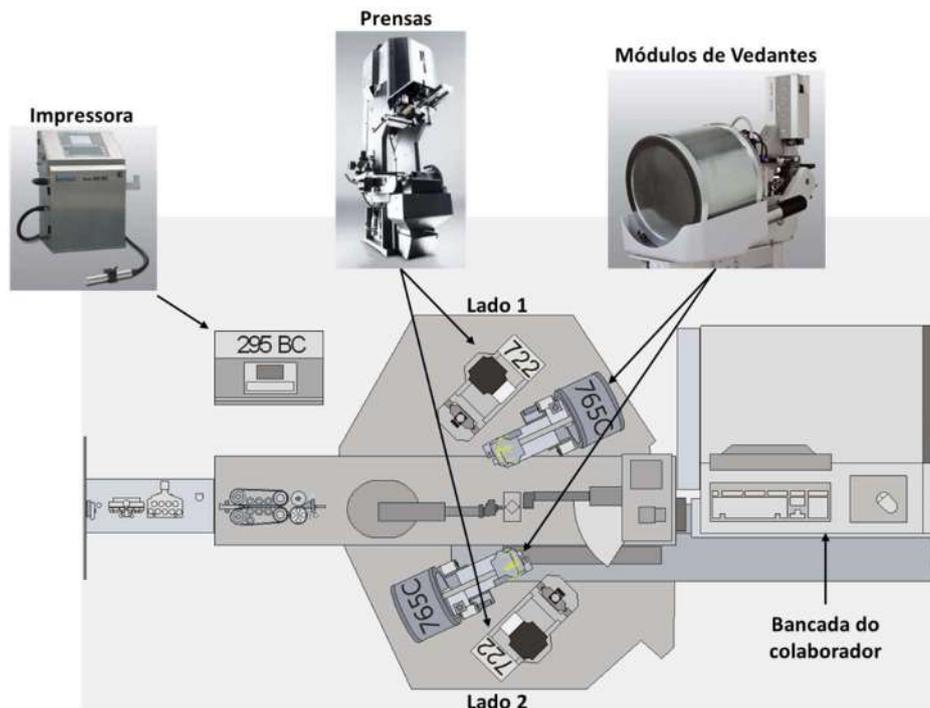


Figura 13 - Máquina de corte e equipamentos adicionais

Aplicadores de terminais

Os aplicadores de terminais (Figura 14), comumente denominados no seio da Leoni de “ferramentas”, são equipamentos necessários para a cravação de terminais. Cada terminal só pode ser cravado num aplicador adequado de forma a garantir que a cravação cumpre todos os requisitos de qualidade exigidos pelo cliente, pela norma europeia DIN60352 e pelo grupo LEONI AG. Por isso, cada aplicador de terminais é submetido a um rigoroso processo de validação. Um aplicador pode cravar vários terminais diferentes desde que o seu formato seja semelhante, variando, frequentemente, apenas no material que o compõe. A um conjunto de um determinado aplicador, terminal e fio (tipo e secção) chama-se combinação. Para cada combinação existem parâmetros definidos (altura e largura de cravação e isolamento) que têm de ser validados e garantidos durante a produção em massa.

A Leoni possui 951 aplicadores de terminais e 5134 combinações ativas que permitem cravar uma variedade de 1146 terminais.



Figura 14 - Aplicador de terminais

Kits de vedantes

Os kits de vedantes (Figura 15) são as ferramentas responsáveis pela inserção de vedantes nos fios. Apenas podem ser usados nas máquinas de corte que dispõem de módulos de vedantes. As operações de impressão, corte, inserção de vedante e cravação de terminal são efetuadas em sequência no fio na máquina de corte. Portanto, neste caso, o output da máquina de corte são fios cortados com um determinado comprimento e com a impressão, vedantes e terminais definidos.

Importa referir que cada vedante tem características específicas e, por isso, existem kits de vedante específicos para cada vedante. Só um número limitado de vedantes, cuja única diferenciação é a cor, podem ser inseridos usando o mesmo kit. Para cada kit de vedante é necessária a aprovação para utilização de um determinado vedante, não sendo permitido usá-lo em vedantes para os quais não tenha aprovação.

A Leoni possui 43 kits de vedante ativos que permitem inserir no total 27 vedantes diferentes.

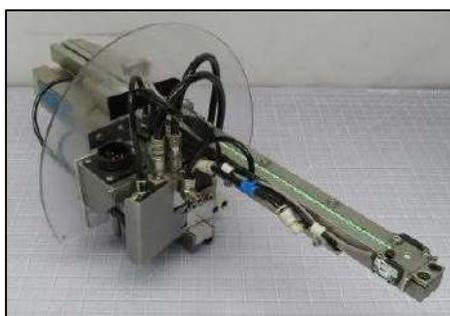


Figura 15 - Kit de vedante

4.1.2. Descrição do processo de corte de fio

O processo de corte de fio na máquina é gerido através de dois softwares: *Leoni Portugal Cutting System* (LPCS) e TopWin. O LPCS é um software desenvolvido pelo departamento informático da Leoni para auxiliar o registo e controlo de dados, eliminando quase totalmente a utilização de papel. O TopWin é o software da máquina de corte que o operador tem de usar para ajustar parâmetros, verificar erros e dar indicação à máquina para iniciar ou parar o corte.

O trabalho alocado a cada máquina de corte é apresentado ao operador através duma fila de trabalho com informação da ordem de corte (OC), item de corte e ordem de produção (OP). Ao selecionar um item da fila de trabalho, o LPCS (Figura 16) apresenta ao colaborador a informação de todos os meios necessários para processar esse item: material e equipamentos disponíveis e aprovados (aplicadores de terminais e kits de vedantes). Nesta janela do LPCS existe também a opção de fazer um pedido de

equipamento e material. Esse pedido é enviado diretamente para o software do abastecedor de ferramentas que é responsável por entregar os itens pedidos na respectiva máquina.

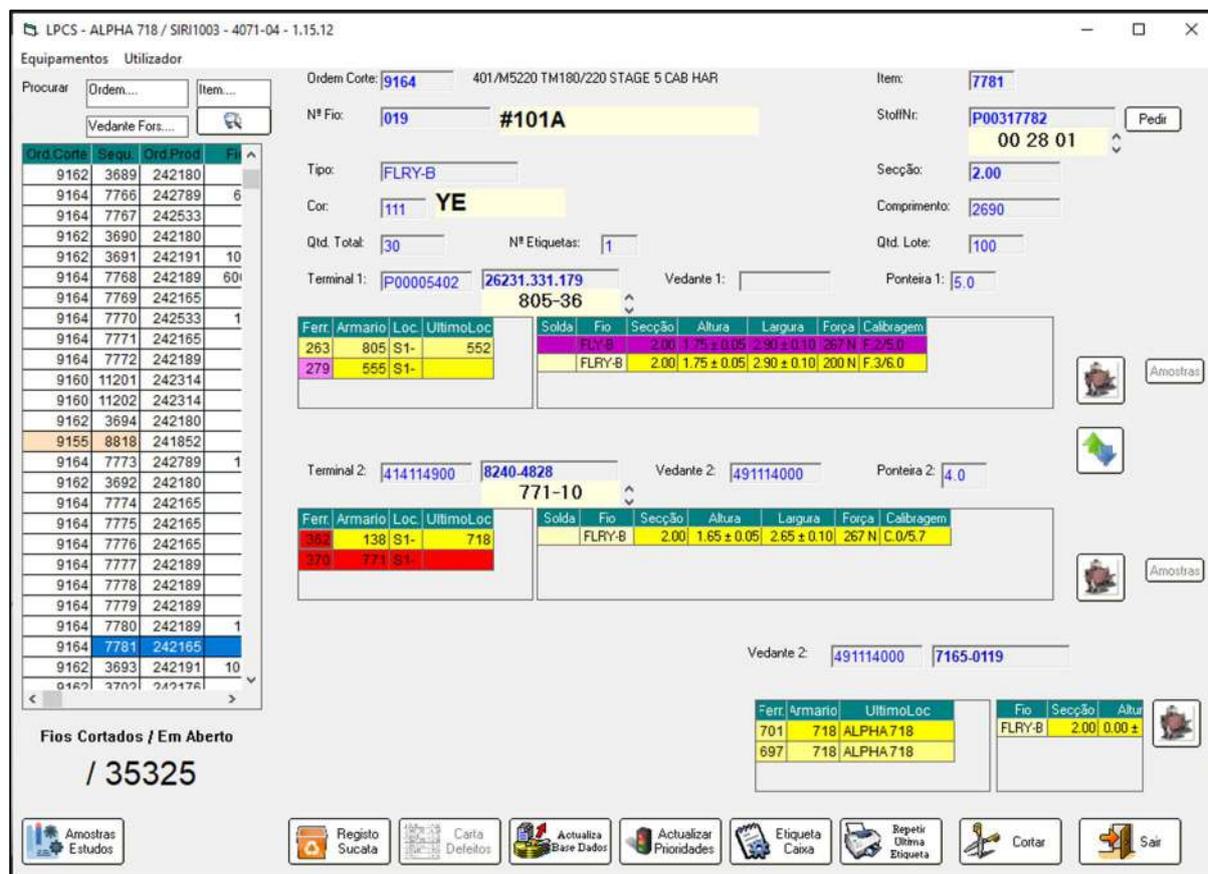


Figura 16 - LPCS

Quando existe um *setup* de aplicadores de terminais, kits de vedante ou quando os equipamentos se mantêm, mas os terminais, vedantes ou fio (apenas secção) alteram, o operador tem de cortar algumas amostras para efetuar um controlo visual e medições de parâmetros para assegurar que estão a ser cumpridos todos os requisitos de qualidade. O LPCS dá indicação ao operador sobre que parâmetros é necessário medir e ele tem de registar os valores obtidos com as medições, só podendo avançar com o processo caso os valores obtidos estejam dentro das tolerâncias pré-definidas. Se as amostras não estiverem dentro dos valores pré-definidos, o operador tem de fazer ajustes aos equipamentos, cortar novas amostras e repetir todas as medições até obter valores dentro das tolerâncias ou, se isto não for possível, deve parar o processamento e informar os responsáveis pela Qualidade Operacional. Uma vez efetuados os *setups* e as medições necessárias, o operador dá indicação à máquina para iniciar o corte.

Quando acaba de cortar o maço de fios, o operador tem de imprimir a etiqueta referente àquele item (Figura 17) e colá-la num dos fios do maço, prender os fios do maço com fita de papel ou elásticos e colocar o maço numa caixa, dando indicação ao LPCS em que caixa foi colocado.



Figura 17 - Output da máquina de corte (maço de fios cortados com terminais)

O corte de fio tem um tempo *standard* definido variando em função do comprimento do fio e das operações efetuadas no fio, isto é, do número de terminais cravados e de vedantes inseridos no fio. Logicamente, o tempo para processar um fio que é apenas cortado sem nenhum material adicional é completamente diferente do tempo para processar um fio cortado e com um terminal em cada extremidade.

O ciclo completo do processamento de um novo trabalho na máquina de corte pressupõe os seguintes passos: *setup* dos aplicadores de terminais; *setup* dos kits de vedante; *setup* do fio; registo das medições dos parâmetros de qualidade; corte dos fios; colocação dos fios em caixas (ver Apêndice I – Fluxograma do processo de corte de fio).

4.1.3. Descrição do processo de otimização

O processo de otimização do corte de fios tem como principal objetivo reduzir o número de *setups* realizados.

A Leoni gere o sistema produtivo através de OP: cada OP é única e corresponde a uma determinada cablagem e quantidade de produção. O departamento de planeamento de produção, depois de analisar as encomendas dos clientes, determina que cablagens e quantidades são necessárias produzir e lança as respetivas OP's. Este processo é realizado uma vez por semana, normalmente à quarta-feira. De seguida, as *Segment Leaders* são responsáveis fazerem o planeamento diário das linhas de montagem ou postos fixos definindo em que dias será produzida cada OP.

O *Segment Leader* da secção do corte usa o planeamento diário das secções de montagem para seleccionar as OP que deve cortar de acordo com os dias de entrada em produção, extraindo do LPMCS uma listagem com esta informação. De seguida fazem-se algumas simulações para calcular o número total de fios caso se pretenda cortar um ou vários dias de planeamento de OP's (no máximo 5 dias). Por exemplo, na semana 39 as ordens de produção planeadas para segunda-feira correspondiam a um total de 188235 fios e as planeadas para terça-feira correspondiam a um total de 169590 fios. O *Segment Leader* pode optar por cortar apenas um dia de planeamento ou vários dias de planeamento. Os fatores que influenciam a decisão de quantos dias seleccionar são:

- número total de fios a cortar;
- média estimada de lote;
- capacidade para cortar os fios atempadamente para os dias de planeamento.

Este processo de seleção de OP's para corte é denominado de otimização. Efetivamente este é o primeiro passo para minimizar *setups* e assim otimizar os recursos pois, uma vez que as cablagens usam material comum (fios, vedantes e terminais), quantas mais OP's foram cortadas em simultâneo, menos *setups* serão necessários.

Para melhor compreensão, vejam-se os seguintes cenários simplificados contrastantes: numa semana de 5 dias de trabalho o *Segment Leader* pode optar por, em caso limite, cortar as OP's correspondentes a apenas um dia de planeamento de cada vez, ou seja, seriam efetuadas 5 otimizações naquela semana. Num cenário oposto, o *Segment Leader* opta por cortar todas as OP's planeadas para uma semana completa de produção, efetuando assim apenas 1 otimização naquela semana. O resultado é o seguinte: no primeiro cenário os aplicadores de terminais e kits de vedantes dos materiais comuns seriam usados em 5 momentos diferentes correspondentes a cada otimização efetuada; no segundo cenário os aplicadores de terminais e kits de vedantes dos materiais comuns seriam usados apenas em uma ocasião para cortar todos os fios da única otimização efetuada. Claro que estes são cenários simplificados e a realidade é muito mais complexa e intrincada, mas permitem perceber a influência que a seleção de dias a otimizar tem no número de *setups* necessários.

A distribuição de trabalho pelas máquinas de corte é feita de acordo com informação previamente inserida no FORST™. O FORST™ é um software usado por todas as fábricas da LEONI AG com funcionalidades nos vários departamentos da empresa, desde a logística até à produção. É no FORST™ que se pré-define que trabalho deverá ser processado em cada máquina de corte. A alocação de trabalho às máquinas de corte é feita através de combinações dos materiais: fio, terminais e vedantes. Na Figura 18 é possível ver um exemplo de uma combinação alocada à máquina 718.

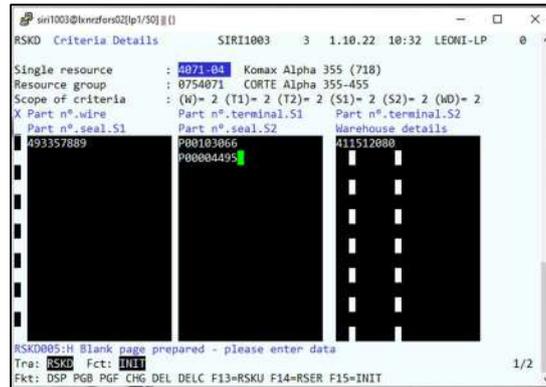


Figura 18 - Combinação alocada à máquina 718

Devido à variedade de fios, terminais e vedantes, existem aproximadamente 80 mil combinações alocadas às 20 máquinas de corte. Cada combinação só pode estar alocada a uma única máquina de corte para garantir que o mesmo tipo de trabalho não é processado em mais do que uma máquina resultando na repetição de *setups*. Todas as semanas é necessário alocar novas combinações devido à utilização de novos materiais e à produção de novas cablagens.

Aquando à otimização efetuada pelo *Segment Leader*, a informação do material das OP's é cruzada com a informação das combinações alocadas às máquinas e o trabalho é enviado para a respetiva máquina de corte. Esta é a segunda fase da otimização do trabalho nas máquinas pois garante que o mesmo tipo de trabalho não será processado em mais do que uma máquina. Caso uma combinação não esteja inserida no FORSTM, o trabalho será enviado para uma máquina aleatória podendo, por isso, haver repetição do tipo trabalho em máquinas diferentes.

A terceira fase da otimização ocorre no LPCS que, obedecendo a critérios pré-definidos, ordena o trabalho na máquina de corte de forma a reduzir *setups*. Tendo em conta o tempo necessário para o *setup* de cada material, o critério de ordenação respeita a seguinte sequência: vedantes » terminais » fio » comprimento de fio. O objetivo é reduzir o máximo possível o número de *setups*.

4.1.4. Registo de dados e monitorização do OEE

Os dados para o cálculo do OEE são introduzidos pelos operadores no software LPCS. Sempre que a máquina para o operador deve efetuar um registo selecionando um código de paragem de uma listagem disponível, indicando o intervalo de tempo em que a paragem ocorreu (ver Figura 19).



Figura 19 - Registo de paragens

Os registos efetuados pelos operadores são guardados numa base de dados para posterior análise pelo coordenador de OEE. A base de dados foi desenvolvida pela LEONI AG em Microsoft Access e permite gerar vários relatórios para auxiliar a monitorização e controlo dos resultados.

unpiment código de fio	Standard	Peças	sucala	muda produ	Tempo de	parage Standard	m	paragem	comentário
1770 SSP	0.03392	100	0	0	06:00	06:36	0.59	0.06	D6
1770 CCP	0.02330	100	0	0	06:45	06:45	0.00	0.04	A0
1770 SSP	0.03392	80	0	0	06:45	06:46	0.00	0.05	A0
2185 WSP	0.02930	14	0	0	06:55	06:55	0.01	0.01	A0
1435 WSP	0.02464	14	0	0	06:56	06:56	0.00	0.01	A0
235 WSP	0.01999	600	0	0	06:59	07:01	0.04	0.20	A1
580 WSP	0.01999	600	0	0	07:18	07:20	0.03	0.20	A1
470 WSP	0.01999	600	0	0	07:34	07:36	0.03	0.20	A1
440 WSP	0.01999	600	0	0	07:50	07:51	0.00	0.20	A0
245 WSP	0.01999	600	0	0	08:05	08:07	0.03	0.20	A1
180 WSP	0.01999	600	0	0	08:21	08:21	0.00	0.20	A0
		0	0	0	08:30	08:40	0.17	0.00	G5
2205 WSP	0.02930	600	0	0	08:48	08:48	0.01	0.29	A0
		0	0	0	08:52	08:54	0.03	0.00	A14
2380 WSP	0.02930	180	0	0	09:04	09:05	0.01	0.09	A0
560 WSP	0.01999	600	0	0	09:10	09:13	0.04	0.20	A1
210 WSP	0.01999	600	0	0	09:25	09:26	0.00	0.20	A0
510 WSP	0.01999	600	0	0	09:43	09:45	0.04	0.20	A1
2950 WSP	0.03163	50	0	0	09:58	09:59	0.01	0.03	A0
1930 WSP	0.02697	50	0	0	10:00	10:01	0.00	0.02	A0
1035 WSP	0.02232	50	0	0	10:02	10:02	0.00	0.02	A0
680 WSP	0.02232	50	0	0	10:03	10:03	0.00	0.02	A0
							2.35	4.70	

Figura 20 - Base de dados do OEE

Existem 114 códigos de paragens agrupados por 16 tipos de paragens: A - *Setup*; B - Medições; C - Material; D - Máquina; E - Aplicador de terminal; F - Kit de vedante; G - Operador; H - Manutenção; I - Programação (*software*); J - Falta de ordens; K - Material auxiliar; L - Manuseamento de final de ordem; M - Limpeza; N - outros *setups*/problemas; Q - Qualidade; Z - Tempo de paragem não documentado. Os códigos de paragem são definidos pela LEONI AG e são comuns a todas as fábricas do grupo de forma a permitir facilmente analisar e comprar resultados.

A análise das paragens é efetuada diariamente pelo coordenador do OEE que também é responsável pela divulgação dos mesmos à equipa de gestão do segmento. Esta análise é efetuada através de um

dashboard desenvolvido em PowerBi (Figura 21) que permite visualizar de forma rápida os resultados de OEE, velocidade e disponibilidade, tempo médio de *setup* e tempo de paragens não planeadas. Permite também analisar em detalhe em que máquinas e / ou turnos se registaram os piores resultados, sendo por isso uma importante ferramenta para a secção de corte.

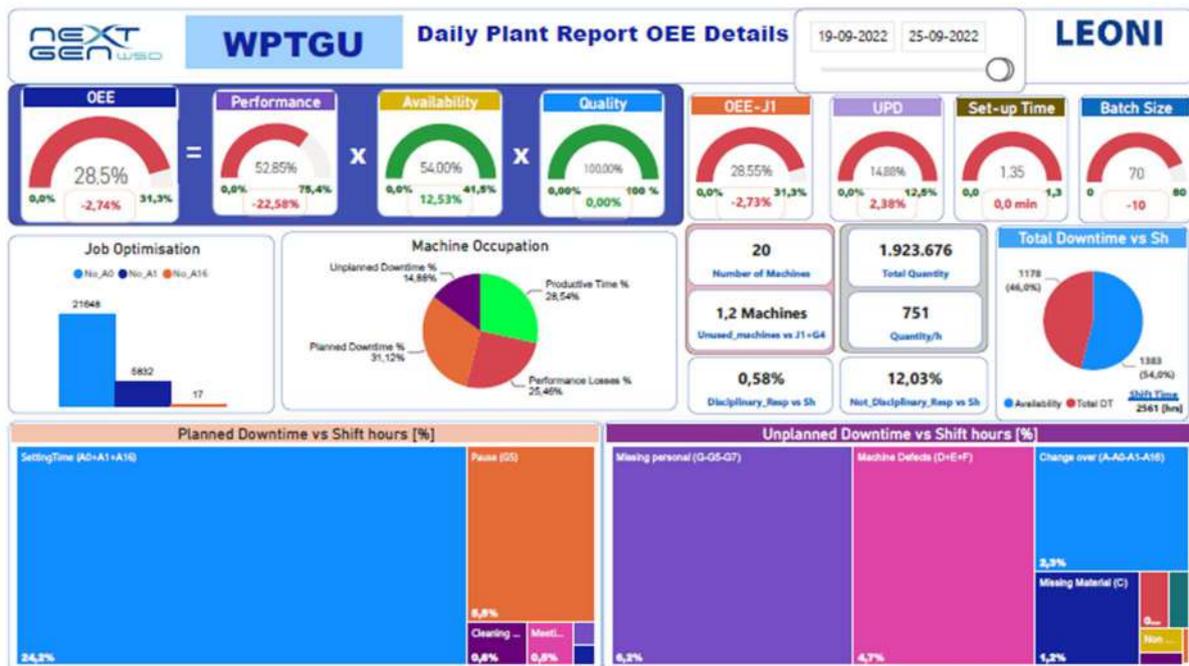


Figura 21 - *Dashboard* para análise de dados do OEE

4.2. Análise crítica e descrição dos problemas

Seguidamente serão apresentados os resultados alcançados desde o início de 2022 até ao mês de setembro, refletindo sobre o estado da secção de corte quando o projeto foi iniciado. Posteriormente serão apontadas as causas que determinaram esses resultados.

4.2.1. Resultados gerais

O objetivo do OEE da secção de corte de fio para 2022 foi definido no início do ano e apresenta uma tendência crescente: nos meses iniciais (janeiro e fevereiro) o objetivo é de 30.01%; no final do ano (novembro e dezembro) o objetivo é de 31.61%. Importa referir que o objetivo definido é muito inferior ao OEE de referência de 85% proposto por Nakajima (1988) pois pretende refletir as limitações impostas pelo tipo de produtos processados na Leoni, ou seja, produtos de grande variedade e baixos volumes de encomendas.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados mensais de 2022. Até ao mês de setembro, a média do OEE alcançado é de 25.5%, o que representa um desvio de 5.18 pontos percentuais em relação à média do objetivo até esse mês de 30.68%.

Tabela 2 - Resultados mensais do OEE em 2022

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set
Objetivo	30.01%	30.01%	30.33%	30.64%	30.64%	30.96%	30.96%	31.28%	31.28%
Alcançado	23.08%	24.60%	27.04%	25.84%	26.44%	26.05%	26.15%	23.71%	26.62%

Durante o ano de 2022, até ao mês de setembro, o objetivo nunca foi alcançado. O mês em que foi registado o melhor resultado é março com um OEE de 27.04% ficando 3.29 pontos percentuais aquém do objetivo desse mês. Os meses com o OEE mais baixo foram janeiro e agosto com 23.08% e 23.71% respetivamente. Ambos os meses apresentaram uma elevada taxa de absentismo – 13.22% em janeiro e 38.45% em agosto – que se deveram ao COVID-19 no primeiro mês e a faltas não planeadas nas semanas posteriores ao fecho da empresa para férias em agosto.

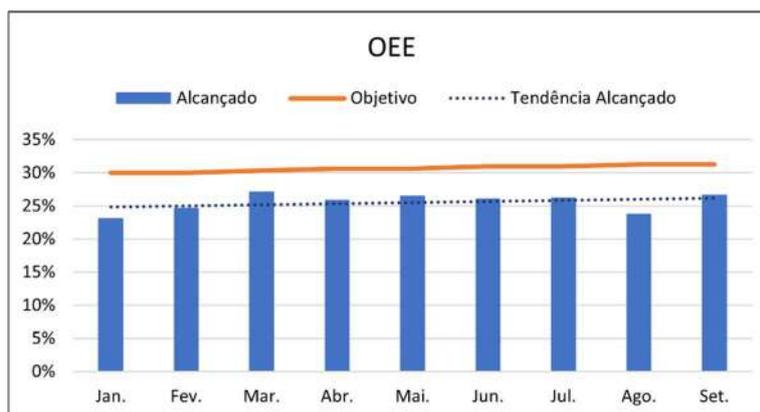


Figura 22 - Resultados mensais do OEE em 2022

Apesar dos resultados alcançados estarem longe do objetivo definido, é possível ver na Figura 22 que o OEE apresenta uma tendência crescente, ainda que apenas reduzida.

Relativamente aos fatores usados para o cálculo do OEE, como se pode ver na Tabela 3 apenas a qualidade regista o objetivo máximo de 100%. No entanto, este é um valor assumido pela empresa pois não estão a ser feitos os registos e recolha sistemática dos dados que permitem calcular este fator.

Tabela 3 - Resultados mensais de Disponibilidade, Velocidade e Qualidade OEE em 2022

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Disponibilidade	52.33%	51.99%	53.86%	51.66%	52.27%	52.05%	51.57%	50.10%	52.40%
Velocidade	44.11%	47.32%	50.21%	50.02%	50.57%	50.06%	50.71%	47.33%	50.80%
Qualidade	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

A Figura 23 permite facilmente identificar que a velocidade foi o fator com os resultados mais baixos e, conseqüentemente, o que contribuiu de forma mais negativa para o OEE.

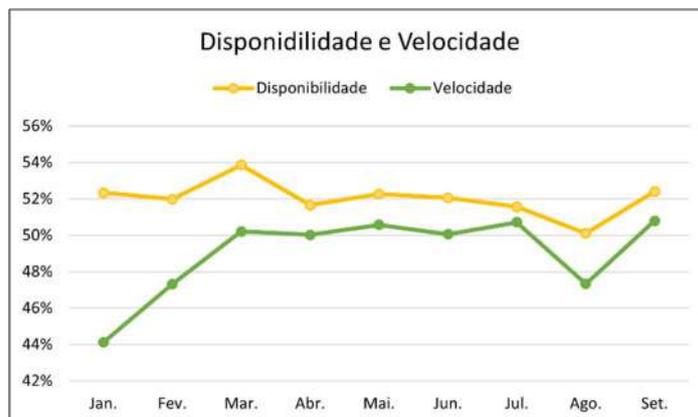


Figura 23 - Evolução mensal da disponibilidade e velocidade em 2022

Quando comparada com o objetivo definido no início do ano, a disponibilidade apresentou um comportamento positivo, isto é, os resultados foram sempre superiores ao objetivo. O mês com melhor resultado foi março com 53.86%, 11.86 pontos percentuais acima do objetivo de 42.04% daquele mês. Por seu turno, comparativamente ao objetivo, a velocidade encontra-se numa situação completamente oposta uma vez que os resultados foram sempre inferiores ao objetivo. Mesmo no mês em que este fator alcançou o melhor resultado, em setembro com 50.8%, a velocidade teve um desvio de 24.6 pontos percentuais em relação ao objetivo de 75.4%. Importa salientar que o objetivo definido para a velocidade é significativamente superior ao da disponibilidade. No entanto, a velocidade apresenta uma tendência crescente ao longo dos meses, contrariamente à disponibilidade que apresenta uma tendência ligeiramente decrescente, como se pode ver na Figura 24.

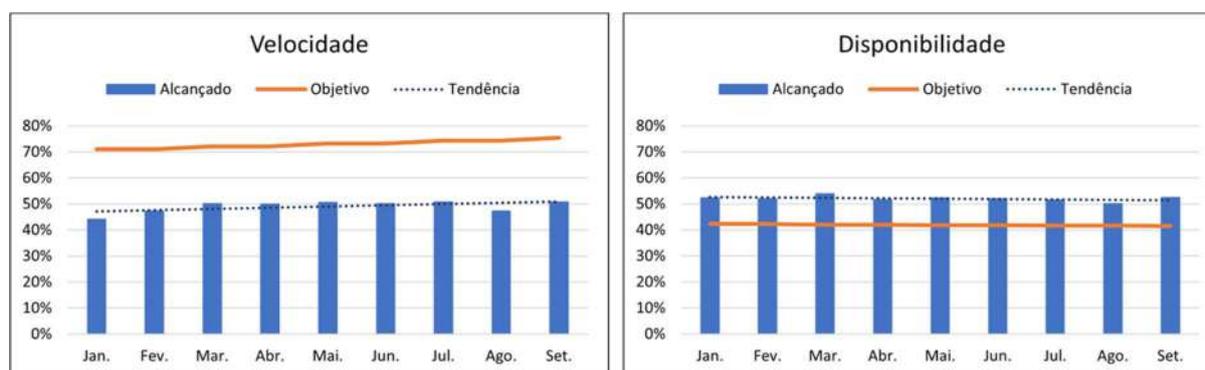


Figura 24 - Objetivo e resultados velocidade e disponibilidade em 2022

O software de registo e monitorização dos resultados permite também obter informações sobre o total de fios cortados, o tamanho médio do lote e o número de itens. Através destes dados foram efetuados alguns testes de correlação para aferir se alguma das variáveis determina o resultado do OEE, mas

nenhum dos testes efetuados indica a possibilidade de uma das variáveis ter uma relação direta com o resultado do OEE. Todavia, considera-se importante conhecer estes dados e a sua evolução pela sua influência nos fatores velocidade e disponibilidade e também por permitirem ter uma visão mais fidedigna da realidade da secção de corte.

Tabela 4 - Dados mensais de 2022: fios cortados, nº itens e média de lote

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Total de fios cortados	6,432,429	6,490,103	7,831,648	6,206,541	7,876,942	6,622,153	5,502,685	3,878,833	7,791,726
Nº de Itens	124,764	124,283	143,705	99,862	112,566	96,400	84,929	57,349	115,735
Média de Lote	52	54	56	64	72	71	66	69	69

A média de lote tem particular importância para o desempenho da secção de corte pois influencia o número de *setups* que são realizados: quanto maior for a média de lote, menos *setups* serão realizados. A baixa média de lote da Leoni, comparativamente a outras fábricas do grupo LEONI AG, pode ser explicada pela grande variedade e baixo volume de produtos processados na filial portuguesa.

4.2.2. Resultados por turno

A análise dos resultados por turno foi feita com base nos resultados semanais, através dos quais foi calculada a média semanal do OEE, da velocidade e da disponibilidade. O fator qualidade não foi analisado porque, de acordo com o que foi mencionado anteriormente, o resultado assumido pela empresa é sempre 100%. A média semanal de cada turno pode ser consultada na Tabela 5.

Tabela 5 - Média semanal de 2022 (até semana 40): OEE, performance e disponibilidade

OEE (%)			Velocidade (%)			Disponibilidade (%)		
1ºT	2ºT	3ºT	1ºT	2ºT	3ºT	1ºT	2ºT	3ºT
28.07	23.61	25.13	54.59	43.80	49.01	51.52	54.05	51.16

O 1º turno apresenta a melhor média semanal de OEE e também de velocidade, com 28.7% e 54.59% respetivamente. O 2º turno, apesar de ter 54.05% de disponibilidade, a melhor média dos três turnos, tem a média de velocidade mais baixa, apenas 43.8%, menos dez pontos percentuais em relação ao 1º turno, o que explica o facto de ter a média de OEE mais baixa.

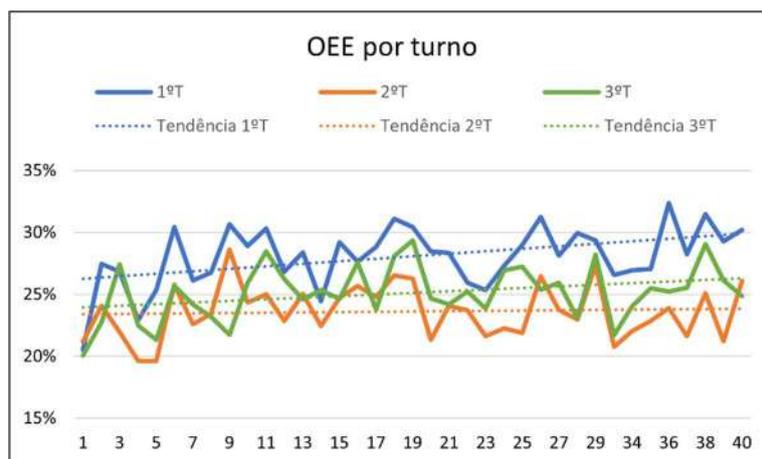


Figura 25 - Resultados semanais de OEE por turno

Desde o início do ano até à semana 40, de acordo com a Figura 25, todos os turnos mostram uma tendência crescente do OEE, sendo que nos 1º e 3º turnos esta tendência é facilmente identificada, particularmente no 1º turno, mas no 2º turno é quase impercetível, o que revela uma fraca evolução do indicador nesse turno.

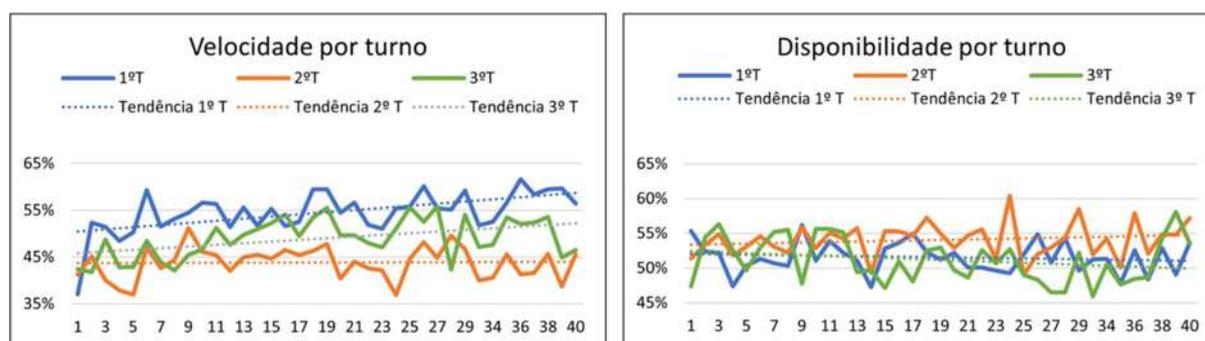


Figura 26 - Resultados semanais de 2022 de velocidade e disponibilidade por turno

Tal como no OEE, a velocidade também apresenta uma tendência crescente nos 1º e 3º turnos, mas no 2º turno essa tendência tem um crescimento quase nulo. No caso da disponibilidade verifica-se o inverso: os 1º e 3º turno apresentam disponibilidade decrescente, o 2º turno apresenta disponibilidade crescente. Estes dados permitem aferir que é necessário atuar para melhorar o fator velocidade no 2º turno e melhorar o fator disponibilidade nos 1º e 3º turnos. Em relação ao 3º turno, há ainda espaço para melhoria em relação à velocidade, pelo que também deve ser focado como área de atuação.

As razões apontadas pela equipa de gestão do sector de corte para o 1º turno alcançar melhores resultados são: operadores mais experientes; equipa estável; baixo tempo de paragem não planeado, nomeadamente absentismo. Para aferir estas informações foram analisados dados de absentismo e de tempo de permanência na empresa.

Através das datas de admissão dos operadores de cada turno foi possível calcular o tempo médio de permanência na empresa até à data da realização da análise (outubro de 2022). Este valor é de 143.8 meses no 1º turno, onde o operador mais antigo foi admitido em 28/06/1993 e o operador mais recente foi admitido em 23/09/2021. No 2º turno, o tempo médio de permanência é 21.4 meses, o operador mais antigo foi admitido em 28/01/2013 e o operador mais recente foi admitido em 25/08/2022. Por fim, no 3º turno o tempo médio de permanência é 22.7 meses, o operador mais antigo foi admitido em 20/03/2013 e o operador mais recente foi admitido em 22/09/2022.

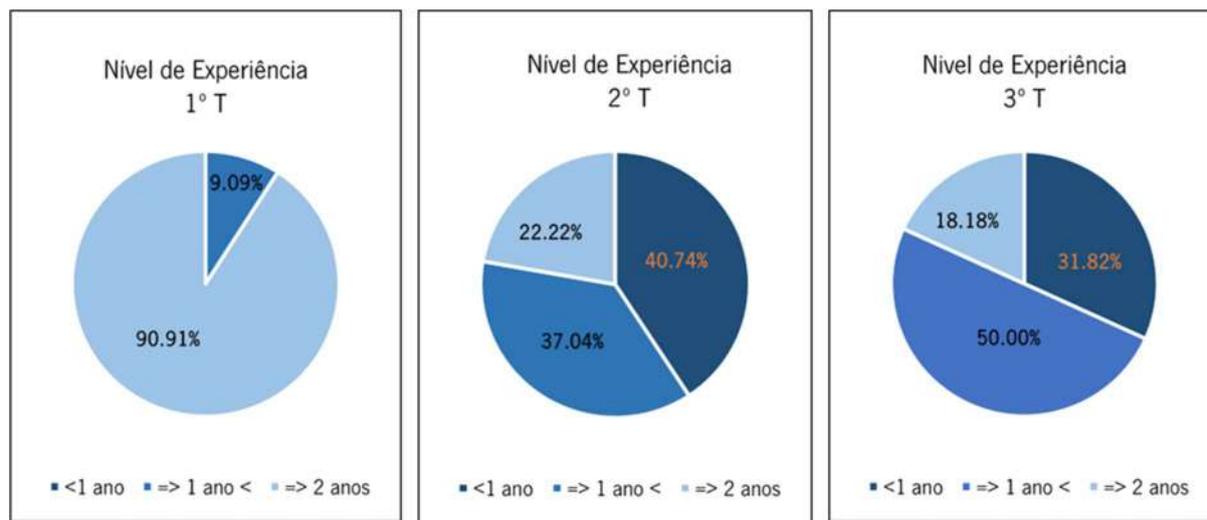


Figura 27 - Nível de experiência por turno

Para cada turno foi também calculada a percentagem de operadores por nível de experiência na função, de acordo com as seguintes categorias: inferior a 1 ano, entre 1 e 2 anos e superior a 2 anos. Esta análise permitiu aferir que o 2º turno é o que tem a maior percentagem de operadores com nível de experiência inferior a 1 ano com 40.74% dos operadores neste nível. Neste turno apenas cerca de 22% dos operadores têm mais de 2 anos de experiência. No terceiro turno, a percentagem de operadores com nível de experiência inferior a 1 ano é de 31.82%, ligeiramente mais baixa do que no 2º turno. Mas metade dos operadores só têm experiência de 1 a 2 anos. No 1º turno, não há operadores com menos de 1 ano de experiência. Aliás, quase todos os operadores têm mais de 2 anos de experiência. Uma das razões para a disparidade de nível de experiência entre o 1º turno e os outros dois turnos prende-se com o facto de o 3º turno na secção de corte ter sido ativado apenas no início de 2021. Também nesse ano foram instaladas 4 máquinas de corte e em 2022 foi instalada mais uma. Este aumento da capacidade deveu-se ao início do novo projeto do cliente John Deere e implicou o preenchimento de cerca de 30 vagas nesta secção.

A análise do nível de experiência dos operadores é importante devido à curva de aprendizagem na secção de corte ser consideravelmente longa devido à variedade de produtos e equipamentos (aplicadores de terminais e kits de vedantes) e à complexidade de trabalhar com a máquina. Para além disso, esta análise fornece dados sobre a maturidade dos turnos numa perspetiva de funcionamento e estabilidade de equipa.

Relativamente ao absentismo, o 3º turno é o turno com a percentagem de absentismo acumulado mais elevada, desde janeiro a outubro, com 9.46%. Os 1º e 2º turnos apresentam percentagens de absentismo acumulado muito próximas com 6.89% e 6.76% respetivamente.

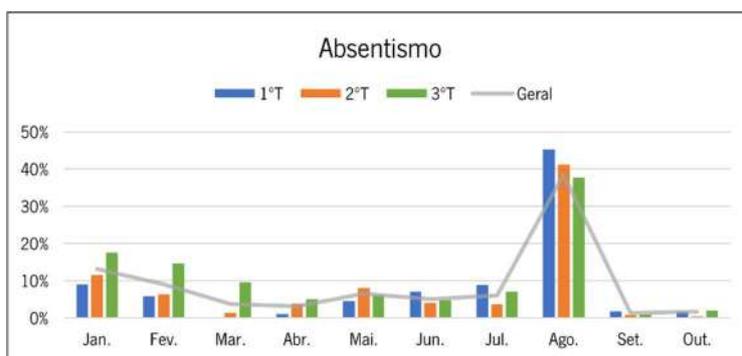


Figura 28 - Absentismo (%) por turno

A Figura 28 permite visualizar a percentagem de absentismo por mês e por turno. No primeiro trimestre do ano, o 3º turno teve um absentismo consideravelmente superior ao dos outros turnos, principalmente devido ao COVID-19 em janeiro, mas também devido a absentismo não planeado nos outros dois meses. O elevado absentismo registado em agosto deve-se ao fecho da empresa para férias: uma vez que alguns operadores não tinham dias de férias suficientes, as suas faltas neste período foram consideradas no absentismo, apesar de serem justificadas.

4.2.3. Análise das paragens

A análise das paragens baseou-se nos registos efetuados na secção de corte entre janeiro e setembro. Os dados recolhidos revelam que a média mensal do Tempo Planeado de Produção da secção de corte é 9615 horas, que correspondem ao tempo em que a secção de corte está ativa: normalmente 24 horas por dia durante a semana e 6 horas ao domingo e, excepcionalmente, algumas horas ao sábado. No entanto, de acordo com os registos, por mês em média 4601 horas correspondem a paragens. Na Tabela 6 é possível verificar a percentagem do Tempo Total de Paragem em relação ao Tempo Planeado de Produção. Os meses que registaram maior e menor percentagens de tempo de paragem foram agosto e março respetivamente. De notar que a disponibilidade é o inverso da percentagem de tempo de

paragem, mas considerou-se importante apresentar esta tabela para salientar a dimensão do tempo de paragens em termos de horas.

Tabela 6 - Tempo Total de Paragens

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Tempo Planeado de Produção (h)	10391	9888	10944	9186	11248	9619	7992	6206	11062
Tempo Total de Paragens (h)	4954	4747	5050	4441	5369	4612	3871	3097	5265
% Tempo de Paragem	47.67%	48.01%	46.14%	48.34%	47.73%	47.95%	48.43%	49.90%	47.60%

Conforme explicado no ponto 4.1.4, as paragens são registadas na forma de códigos de paragem que pertencem a grupos. Para determinar qual o grupo de paragem com maior impacto, foi realizada uma análise de Pareto.

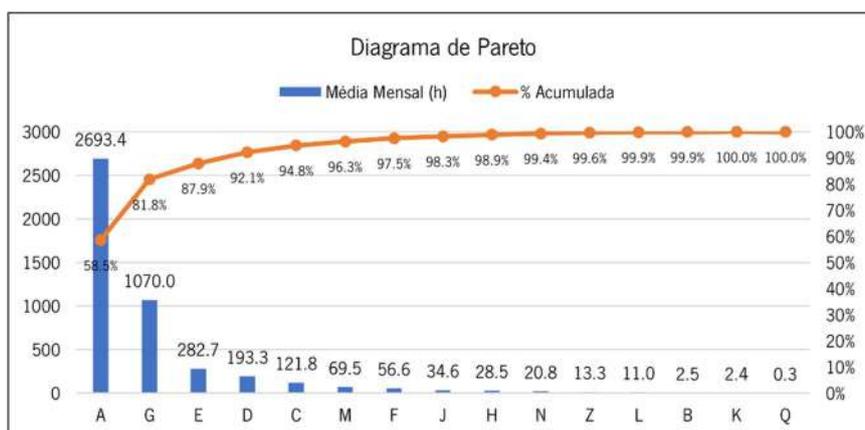


Figura 29 - Diagrama de Pareto das paragens registadas

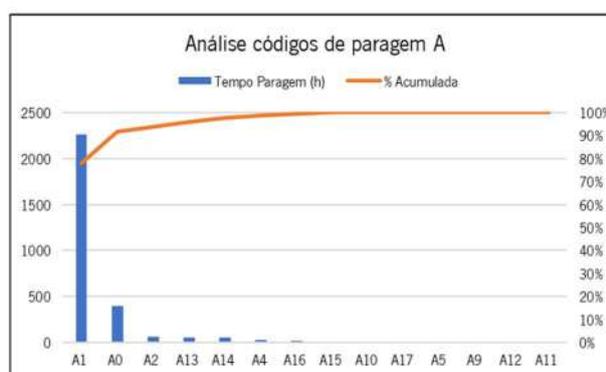
De acordo com Figura 29, os grupos A, G e E representam 87.9% do tempo total de paragens e por isso serão focados na análise e propostas de melhoria.

O grupo com maior tempo de paragens registadas é o A com média mensal de aproximadamente 2693 horas, o que se traduz numa percentagem de 58.5 do total de paragens. Neste grupo estão englobadas todas as paragens relacionadas com *setups*, como por exemplo *setup* de aplicadores de terminais, bobines de terminais, de fio, de vedantes, de kits de vedantes, entre outros. Dentro deste grupo, o código de paragem com mais ocorrências é o A0 – Mudança de comprimento do fio. Apesar de estar englobado no grupo do *setups*, este código de paragem não é usado em situações de mudanças de material ou aplicadores de terminais. Como o próprio nome indica, este código de paragem é usado sempre que é iniciado um novo item cujo comprimento do fio difere do anterior, o que, na realidade, se refere a todos os itens carregados para a máquina pois dificilmente existe repetição sequencial de comprimento. O

código de paragem A1, apesar de ter menos ocorrências do que o código A0, é o que apresenta mais tempo de paragem com uma média mensal de 2262 horas, cerca de 80% do tempo total de paragens do código A. Por este motivo, o código de paragem A1, que efetivamente se refere a *setup* de aplicador de terminal, terminal, vedante, kit de vedante e/ou fio, será analisado no ponto 4.2.4.

Tabela 7 – Média mensal de tempo e número de paragens do código A e diagrama de Pareto

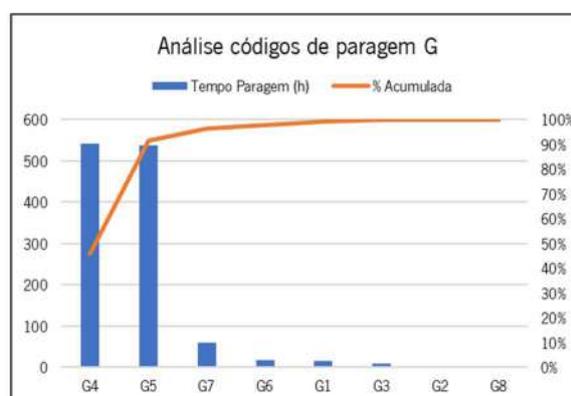
Código Paragem e Descrição	Tempo Paragem (h)	Nr. Paragens
A0 : mudar comprimento/marcação < 1min	402	88396
A1 : 1° set-up	2262	27917
A2 : mudar fio	61	1554
A4 : no no fio	30	673
A5 : mudar kit vedante	1	3
A9 : mudar fita de impressão	0	4
A10 : mudar impressão	1	14
A11 : Abrasion of wire	0	0
A12 : perfurar tamboril	0	0
A13 : mudar/afinar ferramenta	56	510
A14 : mudar rolo de terminal	56	1108
A15 : colocar vedantes	11	96
A16 : Ordem urgente	23	200
A17 : mudar bloco de laminas	1	3



O segundo grupo com maior tempo de paragem é o G, com 1070 horas, e refere-se à ausência de operador, isto é, todas as paragens provocadas pela falta do operador para operar a máquina. Neste grupo estão englobadas paragens como G5 – Pausas / Intervalos, G7 – Reuniões, G6 – Necessidades pessoais ou G4 – Absentismo. A paragem G5 refere-se às pausas estipuladas de 30 minutos por operador por turno, totalizando 150 horas numa semana de trabalho completa de 5 dias. Considerando um mês com 20 dias, o total de paragens associadas ao código G5 deverá ser aproximadamente 600 horas, sendo, por isso, o código de paragem com mais peso neste grupo. No entanto, este código de paragem não será analisado pois trata-se de um facto estrutural da empresa. O código G4 tem também um grande peso neste grupo com uma média mensal de 542 horas de paragem.

Tabela 8 - Média mensal de tempo e número de paragens do código G e diagrama de Pareto

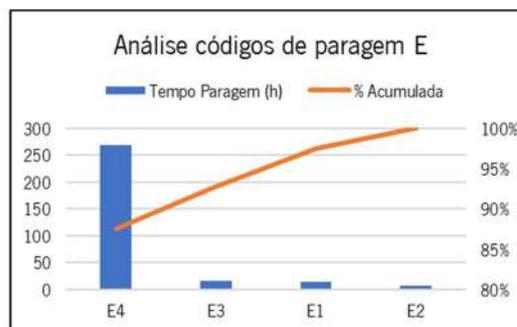
Código Paragem e Descrição	Tempo Paragem (h)	Nr. Paragens
G1 : introdução de operador	15	146
G2 : formação	1	3
G3 : LPS reuniao	8	13
G4 : falta de operador	542	130
G5 : intervalo	538	2370
G6 : necessidades pessoais	18	187
G7 : reuniões	60	135
G8 : atraso de transporte	0	0



Por fim, o código E, relacionado com os aplicadores de terminais, apresenta cerca de 283 horas de paragem, sendo, por isso, o terceiro grupo com maior tempo de paragem.

Tabela 9 - Média mensal de tempo e número de paragens do código E e diagrama de Pareto

Código Paragem e Descrição	Tempo Paragem (h)	Nr. Paragens
E1 : ferramenta partida	14	57
E2 : Desgaste de peças	8	29
E3 : falta de ferramenta	16	106
E4 : Problemas com o terminal	269	2458



Neste grupo, o código com mais horas de registo de paragem é o E4 – Problemas com o terminal, mas os dados recolhidos não referem qual aplicador de terminal ou terminal está na origem da paragem, o que significa que não é possível identificar quais são os aplicadores e respetivos terminais mais problemáticos e definir ações para reduzir as paragens relacionadas com os mesmos. Para perceber porque este código de paragem tem um tempo tão elevado, foi aplicada a ferramenta 5Porquês (Figura 30).

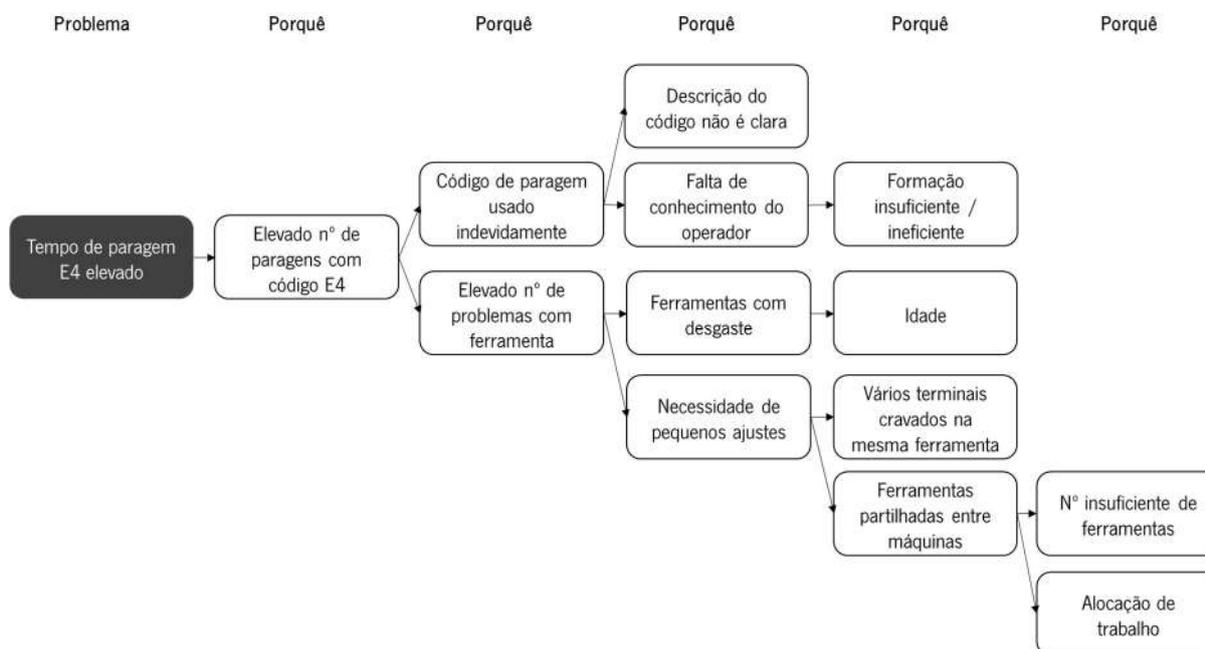


Figura 30 - Análise 5 Porquês ao código de paragem E4

Através desta análise foi possível concluir que, por vezes, este código é incorretamente utilizado para registar problemas de qualidade com os terminais que deveriam ser registados com o código Q2. Isto deve-se principalmente à falta de conhecimento dos operadores possivelmente resultante das lacunas da formação. A formação inicial dos operadores é ministrada por outros operadores mais experientes

que também demonstraram ter dúvidas em relação aos registos e códigos de paragens pois, apesar destes tópicos serem abordados na formação inicial, não existe nenhuma formação após esta para relembrar conceitos.

Nos casos em que o código é utilizado de forma apropriada, constatou-se que alguns aplicadores de terminais apresentam desgaste devido à idade e por isso causam mais problemas. Por outro lado, o facto dos aplicadores de terminais serem utilizados em várias máquinas diferentes obrigam a pequenos ajustes, quer durante o *setup* quer posteriormente para garantir a qualidade do produto. A necessidade de processar o mesmo terminal em diferentes máquinas de corte deve-se à combinação desses terminais com outros terminais, impossibilitando o isolamento e delimitação de trabalho por terminal entre máquinas de corte. A aquisição de aplicadores de terminais para todas as máquinas de corte implicaria um elevado investimento, assim como outros custos adicionais como espaço de armazenamento ou custos de manutenção. Por isso, de forma a otimizar recursos, os aplicadores de terminais são partilhados entre máquinas, exceto quando o volume de trabalho justifica a aquisição de aplicadores de terminais adicionais.

4.2.4. Análise do *setup*

Tendo em consideração os resultados do diagrama de Pareto do ponto anterior, foi efetuada uma análise mais detalhada aos *setups*. De acordo com os dados recolhidos, o tempo médio de *setup* é apenas 1.45 minutos. No entanto, este tempo engloba todos os registos com os códigos A0, A1 e A16 e, conforme explicado no ponto anterior, o código A0 não implica uma mudança de aplicador de terminal ou material, apenas indica uma mudança de comprimento de fio. Para saber qual é o tempo médio real do *setup* foram efetuadas alterações à análise fornecida pelo software separando os três códigos de paragem de forma a saber qual a média de tempo de cada.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.
Tempo médio A0 (min)	0.29	0.25	0.26	0.26	0.27	0.29	0.28	0.30	0.30
Tempo médio A1 (min)	5.56	5.21	5.41	5.42	5.58	5.35	5.36	5.62	5.48
Tempo médio A16 (min)	6.70	19.10	4.63	8.29	7.96	5.40	8.90	7.22	8.19

O tempo médio de A1 é 5.44 minutos, um valor de *setup* considerado mais realista. De notar que este código engloba *setups* de aplicadores de terminais, terminais, fio, vedantes e kits de vedantes e cada uma destas mudanças tem uma duração diferente, mas que não será aqui examinada.

Numa análise conjunta com os vários elementos da equipa de gestão do segmento 1 foram identificadas e categorizadas várias causas que estão na base do elevado tempo de paragem com código A1, decorrentes do elevado tempo e número de *setups*. O resultado dessa análise está representado no diagrama de *Ishikawa* da Figura 31.

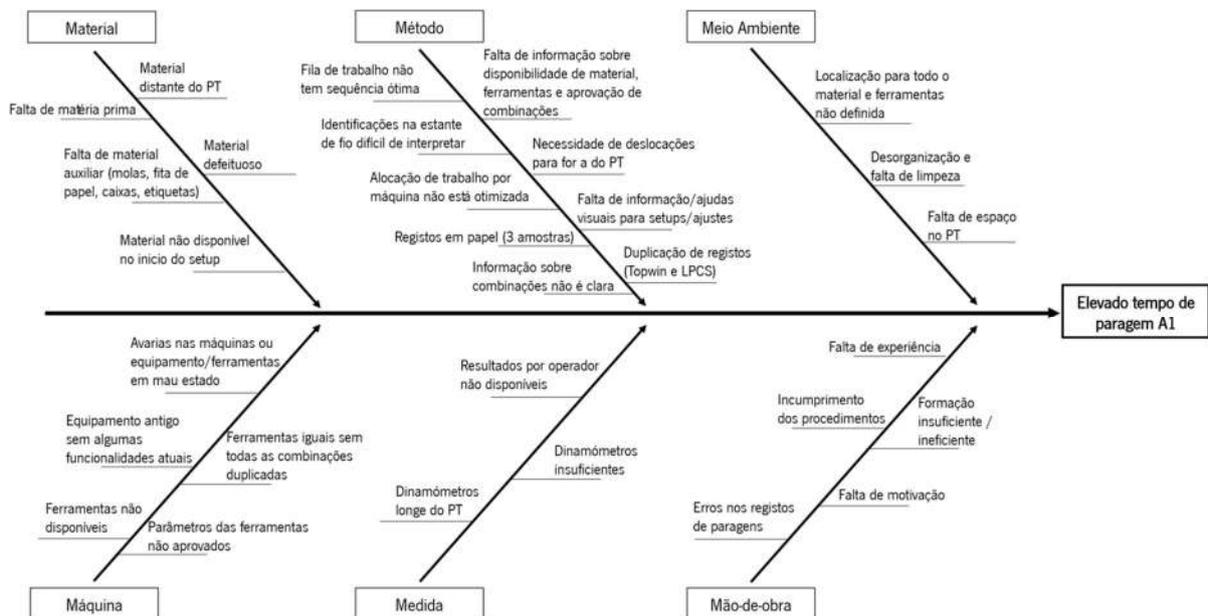


Figura 31 - Diagrama de *Ishikawa* sobre o elevado tempo de paragem A1

Através desta análise foi possível identificar a necessidade de fazer algumas alterações ao processo e ao PT para melhorar tempo de *setup*. Neste sentido, foi realizado um *workshop* no dia 30/11/2022 com o objetivo de aplicar a ferramenta SMED, com o apoio de uma equipa multidisciplinar que incluiu os seguintes participantes: *Segment Leader*, *Shift Leader*, Técnico de Manutenção, *Team Leader* da Manutenção, Engenheiro de Processo, Gestor de Produção e Infraestruturas, Gestor Opex e dois operadores. O *workshop* decorreu durante 1 dia com a seguinte agenda:

9h00 – Reunião de abertura

9h15 – Breve explicação teórica da ferramenta SMED

10h15 – Recolha de dados da situação inicial (vídeos, registo de operações, registo do percurso percorrido)

12h00 – Pausa para almoço

13h00 – Análise dos dados recolhidos

14h30 – Implementação de propostas de melhoria

15h30 – Recolha de dados do *setup* alterado

16h00 – Análise dos resultados

Inicialmente o *setup* analisado incluiu a mudança completa da máquina, isto é, mudança dos Kits de vedantes e aplicadores de terminais de ambos os lados da máquina e mudança de fio. No entanto, devido a limitações de tempo a equipa decidiu focar a análise apenas no *setup* de aplicadores e respetivos terminais de ambos os lados e do fio, uma vez que este é o tipo de *setup* mais frequente.

Através dos dados recolhidos foi possível decompor o *setup* em operações elementares, determinar o tempo de cada operação e a distância percorrida, assim como determinar se a operação é Interna (efetuada com a máquina parada) ou Externa (efetuada com a máquina em funcionamento). Estas informações podem ser consultadas na (Tabela 10).

Tabela 10 - Operações elementares do *setup*

Operações elementares							LEONI
Equipamento: Máquina Corte Fio (modelo 355)				Elaborado por: Rita Silva			
Processo: Setup de aplicadores e terminais dos lados 1 e 2 e fio.				Data: 29/12/2022			
Seq.	Descrição da actividade	Tempo (seg)	Tempo Acumulado (seg)	Distância (m)	Distância (passos)	Interno / Externo	Comentários
1	Carregar nova carta.	5	5	0	0	I	
2	Levantar capota da máquina.	2	7	0	0	I	
3	Lado 1 - transportar aplicador e bobine de terminais da mesa de apoio para o Lado 1.	15	22	8.2	14	I	Inclui também deslocação do PC até à mesa de apoio.
4	Lado 1 - remover bobine de terminais do trabalho anterior, enrolar banda e papel.	18	40	0	0	I	
5	Lado 1 - remover aplicador do trabalho anterior, colocar proteção e limpar.	18	58	0	0	I	Inclui colocação das 3 amostras na aplicador.
6	Lado 1 - colocar bobine de terminais e aplicador no suporte do lado 1.	6	64	1.5	2	I	Inclui trajeto ida e volta ao suporte do lado 1.
7	Lado 1 - colocar novo aplicador na máquina.	6	70	0	0	I	
8	Lado 1 - colocar nova bobine de terminais, colocar fixador e papel no enrolador.	44	114	0	0	I	
9	Lado 1 - testar manualmente a cravação.	2	116	0	0	I	
10	Lado 1 - registar aplicador e bobine de terminais.	7	123	0	0	I	
11	Lado 1 - transportar aplicador e bobine de terminais para mesa de apoio do lado 2.	13	136	7.2	11	I	
12	Remover fio do trabalho anterior da máquina.	8	144	3	5	I	Inclui deslocação da mesa de apoio até à zona de inserção do fio.
13	Recolher fio e enrolar na respetiva bobine.	8	152	12.7	20	E	Tempo e distância variáveis, dependendo da posição do fio na estante (media estimada).
14	Puxar ponta do fio da respetiva localização na estante para junto da máquina.	8	159	12.7	20	I	Tempo e distância variáveis, dependendo da posição do fio na estante (media estimada).
15	Inserir fio na máquina.	8	167	0	0	I	
16	Puxar fio na máquina.	25	192	0	0	I	
17	Registar fio.	6	198	3	5	I	Inclui deslocação da zona de inserção do fio até ao PC.
18	Lado 2 - remover bobine de terminais do trabalho anterior, enrolar banda e papel.	18	216	0	0	I	
19	Lado 2 - remover aplicador do trabalho anterior, colocar proteção e limpar.	18	234	0	0	I	Inclui colocação das 3 amostras na aplicador.
20	Lado 2 - colocar bobine de terminais e aplicador no local de saída.	6	240	1	3	I	Inclui deslocação da zona da aplicador até à mesa de apoio.
21	Lado 2 - colocar novo aplicador na máquina.	7	247	1	3	I	Inclui deslocação da mesa de apoio para a zona da aplicador.
22	Lado 2 - colocar nova bobine de terminais, colocar fixador e papel no enrolador.	44	291	0	0	I	

Seq.	Descrição da actividade	Tempo (seg)	Tempo Acumulado (seg)	Distância (m)	Distância (passos)	Interno / Externo	Comentários
23	Lado 2 - testar manualmente a cravação.	2	293	0	0	I	
24	Lado 2 - registar aplicador e bobine de terminais.	7	300	0	0	I	
25	Baixar capota da máquina.	2	302	0	0	I	
26	Cortar fio de amostra.	13	315	0	0	I	
27	Verificação visual.	2	317	0	0	I	
28	Medir comprimento do fio de amostra.	8	325	1.5	4	I	Inclui deslocação até régua e retorno ao PC.
29	Cortar fio de amostra.	13	338	0	0	I	
30	Medir altura e largura da cravação do Lado 1 e carregar dados para o TOPWIN.	14	352	1	2	I	Inclui deslocação até micrometro (ida e volta).
31	Deslocação até ao dinamómetro central (ida e volta).	75	427	16	29	I	Distância e tempo médios (depende da localização da máquina).
32	Medir força da cravação do Lado 1.	12	439	0	0	I	
33	Cortar fio de amostra.	13	452	0	0	I	
34	Medir altura da cravação do Lado 2 e carregar dados para o TOPWIN.	14	466	1	2	I	Inclui deslocação até micrometro (ida e volta).
35	Deslocação até ao dinamómetro central (ida e volta).	75	541	16	29	I	Distância e tempo médios (depende da localização da máquina).
36	Medir força da cravação do Lado 2.	12	553	0	0	I	
37	Cortar 3 amostras.	20	573	0	0	I	
38	Medir 3 alturas e 1 largura da cravação do Lado 1 - registar no LPCS.	55	628	1	2	I	Inclui deslocação até micrometro (ida e volta).
39	Medir 3 alturas e 1 largura da cravação do Lado 2 - registar no LPCS.	55	683	1	2	I	Inclui deslocação até micrometro (ida e volta).
40	Iniciar produção.	2	685	0	0	I	
41	Medir comprimento de um fio do lote de produção.	18	703	3	10	E	Inclui deslocação até régua e retorno ao PC.
42	Prencher etiqueta manual das 3 amostras e colocar amostras na respetiva caixa.	23	726	0	0	E	
			12.1 mins	90.8 mtrs	163.0 passos		

Através da listagem de operações elementares foi desenhado um diagrama de *Spaghetti* para demonstrar as deslocações realizadas pelo operador durante o *setup*.

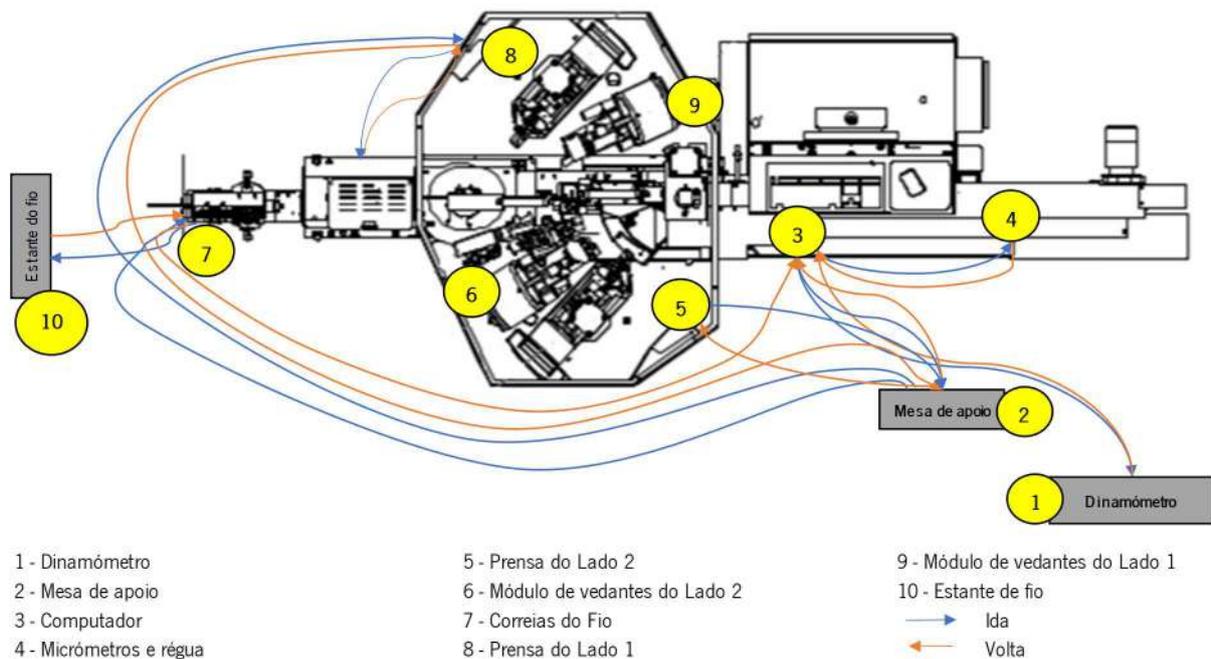


Figura 32 - Diagrama de Spaghetti do operador durante o *setup*

4.3. Resumo dos problemas

As análises efetuadas no ponto 4.2. permitiram identificar vários problemas na secção de corte da Leoni que, por uma questão de organização, foram agrupados nos seis grupos apresentados de seguida.

4.3.1. Problemas com a organização do Posto de Trabalho

A falta de espaço é uma característica transversal a todo o segmento 1, inclusive nas máquinas de corte. Em média, cada máquina e respetivo mesa de trabalho ocupam apenas 2.1 metros de largura e o espaço mínimo existente entre duas máquinas é apenas 0.4 metros, dificultando a mobilidade dos operadores principalmente na zona da capota da máquina, isto é, na zona onde é efetuado o *setup*. O corredor adjacente ao corte, de apenas 0.75 metros de largura, é também demasiado estreito para permitir a circulação dos operadores de corte e do *picking*, obrigando a paragens nas deslocações ou operações para permitir a passagem de outros operadores.



Figura 33 - Espaço entre máquinas de corte e corredor

A organização e limpeza do PT foram também problemas identificados na secção de corte. De notar que, a ferramenta 5S já é utilizada na empresa, mas conclui-se que, pelos relatos e evidências encontradas, não está a ter uma aplicação eficaz nesta área. Para aferir o estado atual dos PT a nível de limpeza e organização, ou seja, o nível de implementação dos 5S, foi realizada uma ação 5S em três máquinas de três modelos diferentes. Para esta ação foram convocados vários elementos da equipa de gestão do corte e alguns elementos externos ao segmento, que foram divididos em 3 equipas para atuar em cada uma das máquinas selecionadas. A ação 5S percorreu as seguintes etapas:

- registo fotográfico do estado atual da máquina;
- remoção do PT de todos os itens considerados desnecessários;
- limpeza exhaustiva do PT;
- análise das fotografias iniciais e discussão sobre alterações / melhorias necessárias;
- elaboração de um plano de acções para implementação das alterações / melhorias.

Com esta ação conclui-se que, um dos motivos para a desorganização do PT é a falta de localização definida para todos equipamentos, matérias-primas e material auxiliar que são usados nas máquinas de corte. De facto, o material de limpeza (vassoura e apanhador), a pistola de ar comprimido, funil, entre outros, não têm local definido e a sua posição varia de máquina para máquina. A falta de estandardização é também uma das lacunas identificadas nas máquinas pois a configuração do PT e o local onde são colocados alguns itens não são uniformes entre máquinas.

Em relação à limpeza, cada operador é responsável por efetuar uma limpeza geral no final do turno. Existe um procedimento definido para a limpeza onde são identificadas todas as áreas e aspetos abrangidos pela tarefa de limpeza atribuída ao operador. Os 5 minutos do final de cada turno são reservados para esta tarefa e são registados como paragem no OEE com o código M1 – Limpeza. No

entanto, verificou-se que os PT não estão devidamente limpos sendo necessário analisar se o procedimento definido está correto e se o tempo estipulado é suficiente para a sua execução.

A desorganização do PT está na base de outros problemas identificados, nomeadamente a falta de peças nos kits de vedantes e de “bicos” pois estes equipamentos, devido à sua dimensão, perdem-se facilmente. O facto de não terem uma localização no PT bem definida, identificada e controlada, contribui para que isto ocorra.

4.3.2. Elevado número de deslocações

Existem vários processos implementados na secção de corte que visam reduzir as movimentações dos operadores das máquinas de corte, como a existência de um abastecedor de aplicadores de terminais e terminais. No entanto, verificou-se que os operadores ainda têm necessidade de sair do PT para efetuar as seguintes tarefas:

- Pedir material ao armazém;
- Pedir assistência dos Serviços Técnicos;
- Pedir aprovação de combinações;
- Recolher e devolver fio à estante de fio;
- Efetuar teste da força de extração no dinamómetro central (apenas nas máquinas sem dinamómetro integrado).

Os pedidos de assistência dos Serviços Técnicos e da aprovação de combinações são efetuados por telefone. Existe apenas um telefone disponível a todos os operadores, localizado numa zona central. As localizações deste, do dinamómetro central e do armazém estão representadas na Figura 34.

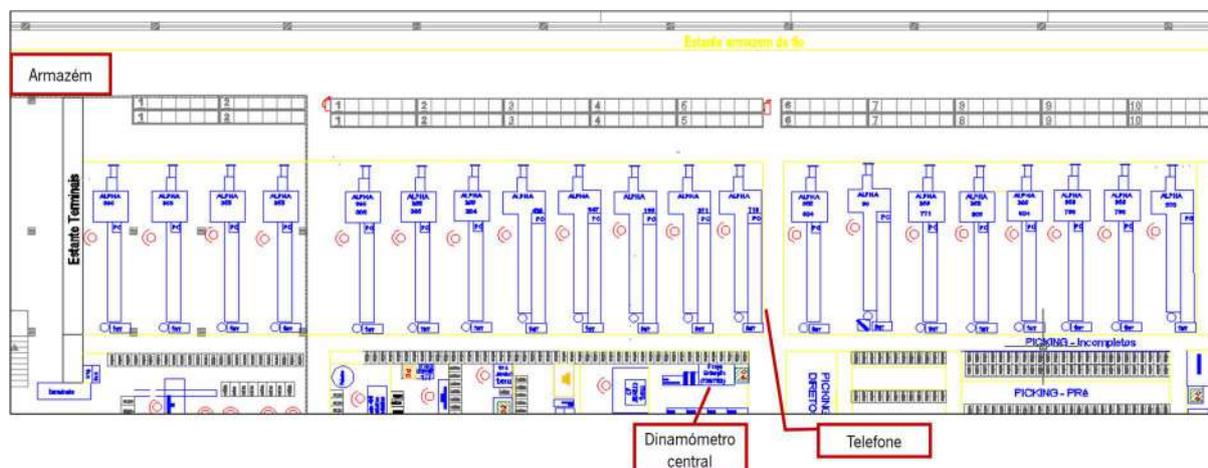


Figura 34 - Layout da zona de corte

As distâncias aproximadas entre cada máquina e os três locais acima mencionados podem ser consultadas na Tabela 11. Nas máquinas de corte que têm um dinamómetro integrado não é necessária a deslocação do operador ao dinamómetro central, pelo que essa distância não é mencionada na tabela em baixo.

Tabela 11 - Distâncias entre máquinas de corte, telefone, dinamómetro central e armazém

Máquina	Distância percorrida desde a máquina (metros)		
	Telefone	Dinamómetro Central	Armazém
355	29.58	N/A	9.72
365	27.48	N/A	11.82
527	25.38	29.32	13.92
524	23.28	27.22	16.02
555	21.18	25.12	18.12
552	19.08	23.02	20.22
364	16.98	N/A	22.32
439	14.88	18.82	24.42
347	12.78	16.72	26.52
138	10.68	14.62	28.62
371	8.58	12.52	30.72
718	6.48	N/A	32.82
304	6.48	10.42	34.92
38	8.58	N/A	37.02
771	10.68	N/A	39.12
805	12.78	N/A	41.22
804	14.88	N/A	43.32
736	16.98	18.82	45.42
370	19.08	20.92	47.52
558	21.18	23.02	49.62

Para além destas deslocações pontuais, durante a análise do *setup* verificou-se que o operador efetua várias deslocações entre os mesmos pontos para transportar equipamento/material, o que contribui para o aumento do tempo de *setup*.

4.3.3. Repetição de *setups*

De acordo com a Tabela 7, o número médio mensal de paragens registadas com código A1 ascende aos 27917. Existem vários motivos para este número ser tão elevado, um deles identificado no diagrama de *Ishikawa* (Figura 31) onde se constatou que, por vezes, a sequência de trabalho não é seguida de forma ótima, o que obriga a efetuar o *setup* de aplicador de terminais, kit de vedantes ou material mais

vezes do que o inicialmente planeado e necessário. Esta duplicação de *setups* deve-se aos seguintes motivos:

- Material não disponível – ocorre principalmente quando há atrasos nas entregas dos fornecedores. Obriga a que sejam cortados alguns itens, usualmente os mais urgentes, e os restantes serão cortados apenas aquando do recebimento de novo material, obrigando, nesse momento, à duplicação do *setup* para cortar os itens de corte que ficaram em atraso.
- Alocação de trabalho nas máquinas de corte não está otimizada – esta alocação é definida por material, nomeadamente por terminal, e não tem em consideração os aplicadores aprovados para cravar cada terminal. Uma vez que existem aplicadores de terminais com aprovação para cravar mais do que um terminal diferente, o trabalho correspondente a terminais que podem ser cravados no mesmo aplicador deveria estar alocado à mesma máquina, o que nem sempre acontece. Existem também outros aspetos na alocação de trabalho que podem ser melhorados de forma a minimizar o número de *setups*, como por exemplo uma combinação com um terminal diferente em cada lado (terminal + fio + terminal) deve estar alocada à máquina onde está alocada a combinação desses terminais sozinhos (apenas terminal + fio).
- Fila de trabalho nas máquinas de corte não tem a sequência ótima – a sequência do trabalho nas máquinas segue a mesma lógica do ponto anterior, isto é, é feita por terminal e não por aplicador. Como não tem em consideração o facto de um aplicador ter aprovação para processar mais do que um terminal, nem sempre os terminais que podem ser processados pelo mesmo aplicador estão em sequência, o que pode resultar na duplicação do *setup* do aplicador. A atual sequência do trabalho também não tem em consideração a secção dos fios. Diferentes secções de fios obrigam à utilização de diferentes bicos e a constante mudança de secção obriga também à mudança de bicos (Figura 35), fazendo aumentar o tempo de *setup* do fio.



Figura 35 - Bico para fio na máquina de corte

- Diferentes cores de impressão – os fios pretos têm de ser impressos com tinta branca e todos os outros fios têm de ser impressos a tinta preta, sendo que cada cor de tinta é processada numa impressora diferente. Existem 2 máquinas de corte com duas impressoras que podem processar todo o tipo de fios, permitindo reduzir alguns *setups*. No entanto, os fios de secção média (secção entra 2.5 e 6.0) são cortados em duas máquinas diferentes de acordo com a cor

de impressão, o que significa que os *setups* de aplicadores e respetivos terminais são duplicados.

4.3.4. Informação e/ou fluxo de informação ineficientes

A Leoni dispõe de softwares internos onde é armazenada e disponibilizada informação sobre todo o processo produtivo. No entanto, foram identificadas algumas situações em que a informação não está disponível para os operadores de corte contribuindo, por isso, para atrasos ou demoras nas suas tarefas. Os seguintes pontos pretendem resumir estes casos:

- Disponibilidade de equipamento – não há registo ou informação sobre os aplicadores de terminais ou kits de vedantes que estão em fila de espera para utilização noutras máquinas de corte ou quando estão na área da manutenção, o que leva a que os operadores de corte peçam estes equipamentos ao abastecedor ou se desloquem ao local de armazenamento desses equipamentos, gerando deslocações desnecessárias e perdas de tempo.
- Disponibilidade de material – semelhante ao ponto anterior, não há informação disponível para o operador de corte relativamente à disponibilidade do material na sua célula de armazenamento. A informação disponibilizada aos operadores está relacionada com o stock existente na Leoni (se existe stock e quanto stock teoricamente existe). No entanto, não existe informação se um determinado material já está em utilização noutra máquina de corte e o operador só obtém esta informação quando se desloca à célula de armazenamento do dito material, resultando em deslocações desnecessárias caso o material não esteja disponível. Em relação à existência de stock de um determinado material, esta informação está disponível ao operador, mas apenas quando o operador seleciona o item que pretende cortar, obrigando a que esta ação de seleção seja efetuada múltiplas vezes, incorrendo no risco de provocar alterações ao planeamento.
- Aprovação de combinações e parâmetros – conforme explicado no ponto 4.1.1, cada combinação (aplicador de terminal, terminal e fio) é sujeita a um processo de validação, podendo ser utilizada apenas se existir aprovação vigente. Atendendo ao facto de que a aprovação das combinações e parâmetros é válida apenas por um período de 2 anos ou 60000 rotações, diariamente várias combinações perdem a validação obrigando à repetição dos testes para renovação dessa validação. Semelhante ao que acontece com a disponibilidade de material, os operadores de corte só têm informação de que a combinação de que necessitam está aprovada quando selecionam o item que pretendem processar. Ocorrem situações em que

não é possível processar o item selecionado porque a combinação não está aprovada, obrigando a que seja processado posteriormente, resultando na duplicação de *setups*. Quando a combinação não está aprovada, são os operadores de corte que informam os responsáveis dos Serviços Técnicos ou da Qualidade Central de forma verbal (por telefone ou presencialmente), muitas vezes não obtendo feedback do processo de validação, resultando em deslocações e paragens. De notar que a informação sobre as combinações existe nos softwares da Leoni, mas não está facilmente acessível aos operadores de corte.

- Identificação das localizações dos fios na estante – existem várias etiquetas de identificação da localização do fio no mesmo nível devido às características da estante (altura e utilização frente e verso). Os operadores de corte têm de efetuar a leitura do código de barras dessas etiquetas para registar a utilização do fio. No entanto, identificar qual é a etiqueta correta é algo difícil, principalmente para os operadores com menos experiência, que ainda não têm memorizada a lógica patente na numeração das localizações.

4.3.5. Desempenho dos operadores

Tanto os resultados do fator velocidade como o tempo médio de *setup* revelam que o desempenho dos operadores é um dos motivos para a dificuldade em alcançar o objetivo do OEE. Durante o projeto foram identificadas algumas das causas que contribuem para que o desempenho dos operadores não seja o esperado. São estas:

- Incongruências e falta de divulgação dos objetivos dos KPI – de uma forma geral os operadores das máquinas de corte revelaram falta de conhecimento sobre os objetivos de OEE, velocidade e disponibilidade. Apesar do objetivo de OEE estar visível em vários quadros no SEG1, constatou-se que o objetivo de OEE no quadro das equipas do corte não está de acordo com o objetivo estabelecido pela LEONI AG, o que contribui para a desinformação dos operadores. No caso dos objetivos de velocidade e disponibilidade, não foram encontrados registos de divulgação. Por outro lado, verificou-se que os operadores têm falta de conhecimento em relação ao conceito de OEE, como é calculado e como o desempenho deles pode contribuir para que o objetivo seja alcançado.

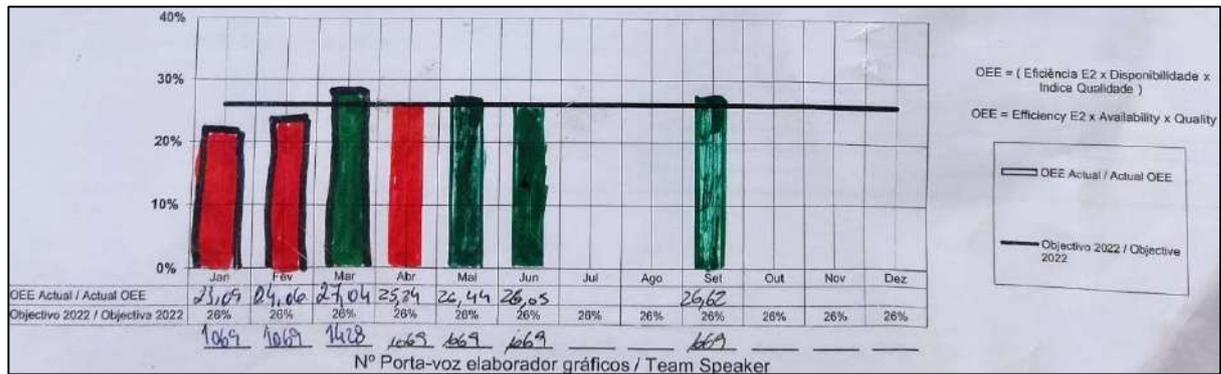


Figura 36 - Quadro de Equipa (OEE)

- Formação insuficiente ou ineficiente – conforme mencionado no ponto 4.2.3, a formação dos operadores é maioritariamente ministrada por operadores mais experientes. Existe uma IT sobre o processo de formação que menciona alguns tópicos que devem ser abordados, mas esta IT é utilizada principalmente pelos responsáveis pela Qualidade Operacional, Serviços Técnicos, *Shift Leaders* e Segurança, Higiene e Ambiente aquando à entrada de um novo colaborador. Os pontos da IT dedicados ao colaborador formador são gerais e não mencionam em detalhe todos os pontos que devem ser abordados na formação, por exemplo, não existe nenhum ponto relacionado com o OEE. Por outro lado, a avaliação do colaborador no final do período de formação é efetuada de forma superficial, baseada principalmente na opinião do colaborador formador e nas observações dos *Shift Leaders* e *Segment Leader* sendo, por isso, difícil aferir o verdadeiro grau de conhecimento do novo colaborador. Por vezes as dificuldades do novo colaborador são reveladas apenas quando este inicia as tarefas de forma independente, sem a supervisão do colaborador formador, o que resulta no prolongamento do tempo necessário para que atinja o nível desejado de desempenho.
- Incumprimento dos procedimentos – o processo de *setup*, nomeadamente a sequência dos passos, e os registos de qualidade têm procedimentos definidos que devem ser seguidos por todos os colaboradores. Mas verificou-se que nem sempre isto acontece, devido à falta de conhecimento dos mesmos, resultante das causas mencionadas no ponto anterior. O incumprimento dos procedimentos definidos resulta em perdas de tempo e problemas de qualidade.
- Falta de informação ou ajudas visuais – os *setups* e ajustes de aplicadores de terminais são as tarefas que os novos operadores têm mais dificuldade. Para esta situação contribui a falta de experiência desses operadores, mas também a falta de ajudas visuais e de informação como, por exemplo, no ajuste dos aplicadores de terminais ou de equipamento na máquina de corte

ou na seleção dos “bicos” para determinado fio. O facto de o desempenho destas tarefas estar dependente do conhecimento adquirido pelos operadores afeta o desempenho dos operadores com menos tempo de permanência na organização.

4.3.6. Métodos e/ou recursos ineficientes

Alguns dos métodos e recursos disponíveis na área de corte da Leoni são ineficientes. Neste ponto agruparam-se alguns dos casos na base deste argumento:

- Equipamento danificado – durante o manuseamento alguns equipamentos e componentes das máquinas de corte são danificados ou sofrem desgaste, sendo necessário substituí-los. No entanto, isto nem sempre é feito no imediato quer por falta de componentes para substituição quer por não serem tomadas as ações necessárias. Estas situações podem resultar na diminuição do desempenho da máquina de corte.
- Equipamento antigo – conforme explicado no ponto 4.1.1, algumas das máquinas de corte da Leoni são modelos que já não são comercializados pelo fornecedor. Trata-se de modelos antigos sem as funcionalidades desenvolvidas recentemente, como é o caso das prensas de cravação existentes nas máquinas 138 e 370 do modelo PE7 da Mecal cuja fixação da ferramenta implica o aperto de dois parafusos e cujo Carline é mais suscetível a erros. A substituição destas prensas de cravação pelos modelos mais recentes não é possível porque não são compatíveis com as máquinas onde estão integradas que são do modelo 411 já obsoleto. Nas prensas de cravação mais recentes o *setup* dos aplicadores de terminais e os respetivos ajustes são efetuados de forma mais fácil e rápida, pois foram concebidas de forma a permitir a fixação rápida dos aplicadores e dispõem até de ajuste automático dos mesmos. Isto significa que permitem reduzir o tempo dos *setups* e dos ajustes. O facto de na Leoni existirem 4 prensas do modelo PE7 da Mecal - com fixação e ajuste manuais – e 6 prensas do modelo 711 da Komax - sem ajuste automático – contribui para um tempo de *setup* mais elevado e um desempenho dos operadores menos eficiente. Por outro lado, o uso prolongado e constante de alguns aplicadores de terminais resulta no seu desgaste dando origem a problemas de qualidade e também perdas de eficiência na sua utilização. A substituição de aplicadores de terminais raramente é efetuada e não segue uma regra claramente definida.
- Registos ineficientes – aquando ao *setup* de um aplicador de terminais é necessário guardar três amostras e identificá-las com uma etiqueta preenchida manualmente pelos operadores. Este é o único registo que os operadores fazem de forma manuscrita, o que os obriga a ter

etiquetas e material de escrita no posto, contribuindo para a desorganização do PT, uma vez que não há local definido para colocar este material. Resulta também na demora para fazer os registros.

- Duplicação de registros – aquando ao *setup* de um aplicador de terminais é necessário medir a altura e largura da cravação registando os valores no TOPWIN (software da máquina de corte). Posteriormente, é necessário efetuar novamente essas medições para registrar no LPCS (software Leoni). Esta duplicação de medições e registros é necessária porque não é possível obter os dados inicialmente inseridos no TOPWIN, mas traduz-se em tempo adicional para efetuar uma operação repetida.

4.3.7. Fiabilidade dos dados

O registo de paragens é efetuado pelos operadores através do software LPCS. Tanto a seleção do código de paragem como a definição do início e fim da paragem estão dependentes do *input* dos operadores sendo, por isso, suscetível a erros e ao critério de cada operador, apresentando um risco à fiabilidade dos dados. Paragens de duração reduzida tendencialmente não são registadas devido ao tempo e trabalho necessário para o fazer. Isto significa que a percentagem de disponibilidade alcançada poderá não ser real.

Por outro lado, conforme explicado anteriormente, para o cálculo do OEE considera-se o valor alcançado do fator qualidade é 100% em todas as máquinas, o que resulta num valor de OEE que não traduz fielmente a realidade. Um dos motivos para a adoção desta estratégia prende-se com a dificuldade em obter dados sobre este fator.

5. APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo serão apresentadas as propostas de melhoria para alguns dos problemas identificados no ponto anterior. Inicialmente será apresentada a implementação da ferramenta SMED com uma breve explicação das alterações e melhorias propostas. Seguidamente serão enumeradas algumas propostas de melhoria adicionais relacionadas com os problemas enumerados no capítulo 4.

5.1. Aplicação da ferramenta SMED

A aplicação da ferramenta SMED foi efetuada de acordo com as etapas definidas por Shingo (1985). Nos pontos seguintes é apresentada uma breve descrição daquilo que foi feito em cada etapa e as melhorias resultantes da aplicação da ferramenta SMED.

5.1.1. Etapa Preliminar

Conforme explicado no ponto 4.2.4, foi realizado um workshop para a implementação da ferramenta SMED. A fase inicial do workshop consistiu na recolha de dados do *setup* atual com recurso a gravações vídeo, registos de passos e distâncias percorridas e de notas sobre aspetos relevantes compilados numa tabela com a sequência e tempos de operações e num diagrama de Spaghetti. Ambos podem ser consultados nos Apêndices II e III.

5.1.2. Etapa 1

Os dados recolhidos no workshop SMED (gravação vídeo, diagrama spaghetti, listagem de operações com distância e tempo percorridos), aos quais foram adicionados novos dados, nomeadamente 3 gravações vídeo adicionais, permitiram elaborar uma tabela de operações elementares apresentada na Tabela 10 (ponto 4.2.4). O *setup* apresentado nessa tabela refere-se à mudança de aplicadores e respetivos terminais de ambos os lados da máquina, portanto, mudança de dois aplicadores e duas bobines de terminais, e do fio. Na tabela de operações elementares do *setup* (Tabela 10), para além da sequência de operações do *setup* atual, foram incluídos dados relevantes como a distância percorrida e o tempo necessário para efetuar cada tarefa. Paralelamente definiu-se quais são as tarefas internas (desempenhadas com a máquina parada) e quais são as tarefas externas (desempenhadas com a máquina em funcionamento). De notar que, dos 726 segundos necessários para fazer o *setup*, apenas 49 segundos correspondem a tarefas externas e, das 42 tarefas elementares, apenas 3 são tarefas externas. Isto significa que atualmente o *setup* é efetuado quase integralmente com a máquina parada, contribuindo para o baixo OEE alcançado. No entanto, é importante salientar que são visíveis os esforços

de anteriores implementações do SMED, nomeadamente a existência de um abastecedor de aplicadores e respetivos terminais para evitar que o operador da máquina se desloque aos locais onde estão armazenados.

5.1.3. Etapa 2

Para a transformação de atividades internas em externas foram feitas duas propostas: a utilização de um sistema de *quick-change* nas máquinas 355 e a alocação de um colaborador à tarefa de abastecimento de fio.

Sistema *quick-change*

Trata-se de um equipamento auxiliar, desenvolvido para as máquinas Komax 355, que permite fazer uma pré-preparação do *setup*. Este equipamento consiste num suporte duplo para as bobines de terminais e respetivos aplicadores permitindo preparar o trabalho seguinte enquanto a máquina está a trabalhar. Na Figura 1 é possível ver que existem duas bobines e dois aplicadores de terminais no sistema *quick-change*, estando uma em utilização e a outra a aguardar.

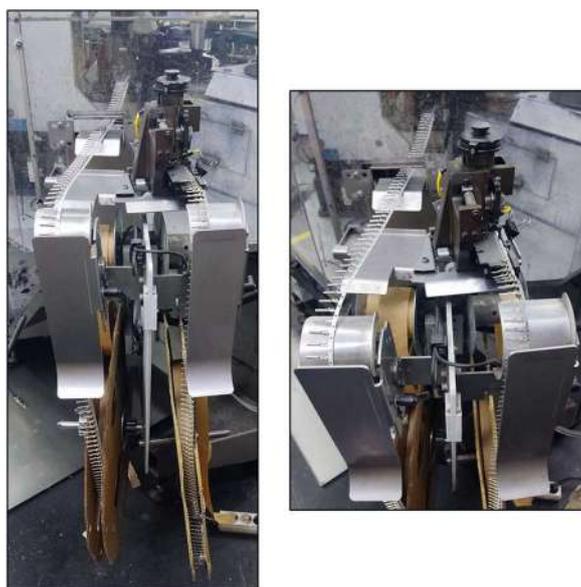


Figura 37 - Sistema *quick-change*

Existem três máquinas na Leoni – máquinas 38, 804 e 805 - já equipadas com o sistema *quick-change* onde foram feitos alguns testes para aferir a sua eficácia. De facto, a utilização deste sistema permite transformar as sequências 8 e 22 da tabela de operações elementares do *setup* em atividades externas (Tabela 12), permitindo reduzir 88 segundos ao tempo que a máquina está parada para realizar o *setup*.

Tabela 12 - Operações elementares do setup: sequências 8 e 22

Seq.	Descrição da actividade	Tempo (seg)	Tempo Acumulado (seg)	Distância (m)	Distância (passos)	Interno / Externo
(...)						
8	Lado 1 - colocar nova bobine de terminais, colocar fixador e papel no enrolador.	44	114	0	0	E
(...)						
22	Lado 2 - colocar nova bobine de terminais, colocar fixador e papel no enrolador.	44	291	0	0	E
(...)						

A colocação da bobine de terminais e do respetivo aplicador no sistema *quick-change* deverá ficar a cargo do abastecedor de aplicadores de terminais quando se trata do Lado 1 da máquina (lado mais afastado da bancada de trabalho do operador da máquina) e a cargo do operador da máquina quando o *setup* é do Lado 2 pois, estando o sistema de *quick-change* junto da sua bancada de trabalho, o operador pode fazê-lo quando a máquina está a trabalhar sem comprometer a monitorização da mesma.

Apesar desta proposta permitir claramente a redução do tempo de *setup* interno, a sua implementação imediata não é possível devido ao espaço existente entre máquinas. Para que seja possível utilizar o sistema *quick-change* é necessário que a distância entre a mesa de trabalho de duas máquinas seja no mínimo 2.6 metros. No momento do projeto, esta distância era apenas 2.1 metros. Não obstante, esta proposta foi incluída nas melhorias apresentadas neste projeto devido ao facto de estarem a planeadas alterações ao layout da secção de corte para o ano de 2023 que permitirão implementar esta e outras melhorias.

Abastecedor de fio

O abastecimento de fio na máquina é atualmente feito pelos operadores da máquina de corte no momento do *setup*. A mudança de fio é um dos *setups* mais frequentemente efetuados na secção de corte e, por isso, esta atividade tem impacto considerável no tempo total gasto em *setups*. De notar que, na tabela de operações elementares do *setup* esta atividade corresponde à sequência 14 (Tabela 13), e o tempo e distância percorrida necessários para a sua execução são valores médios estimados pois ambas as métricas são muito variáveis, dependendo da localização do fio em relação à máquina a que se destina.

Tabela 13 - Operações elementares do *setup*: sequência 14

Seq.	Descrição da actividade	Tempo (seg)	Tempo Acumulado (seg)	Distância (m)	Distância (passos)	Interno / Externo
(...)						
14	Puxar ponta do fio da respetiva localização na estante para junto da máquina.	7.5	159	12.7	20	E
(...)						

O processo de abastecimento está representado na sequência de imagens da Figura 38.



Figura 38 - Sequência do abastecimento de fio

Para efeitos de cálculo considera-se que a distância e o tempo médios estimados para o abastecimento de cada fio é de 7.5 metros e 12.7 segundos respetivamente. Durante o dia são efetuadas em média 44 mudanças de fio por hora (ver Apêndice VI).

Tarefas do abastecedor de fio: antes do *setup*, é responsável por pegar na ponta do fio da estante e guiá-lo pelas argolas até à máquina que solicitou o fio; no final da utilização, é responsável por recolher o excedente de fio e enrolá-lo na respetiva bobine.

As cronometragens efetuadas permitiram aferir que o abastecedor de fio demora 1.7 segundos por cada metro percorrido (ver Apêndice VII). O que significa que para abastecer todas as máquinas é necessário 1 abastecedor de fio.

Resumindo, na Etapa 2 do projeto SMED foi proposto alterar as sequências 8, 14 e 22 da tabela de operações elementares de atividades internas para externas.

5.1.4. Etapa 3

Durante o workshop de SMED e a ação de 5S foi possível identificar várias oportunidades de melhoria ao posto e ao processo de trabalho que permitem reduzir o tempo de algumas operações elementares do *setup*. Para gestão destas atividades foi utilizada a ferramenta 5W2H, apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 -Proposta de melhoria SMED (ferramenta 5W2H)

What?	Why?	How?	Who?	Where?	When?	How much?
Alteração da mesa da impressora.	Permitir acesso a comandos da máquina.	Desenhar nova mesa.	Rita Silva	Máquina 736	Janeiro de 2023	80 UM
	Aproximar suporte de aplicadores do local de utilização.	Elaborar protótipo.	ST			
Suporte para bobines de terminais do Lado 2.	Falta de suporte, bobines no chão.	Elaborar protótipo.	ST	Máquina 736	Janeiro de 2023	0 UM (desenvolvimento interno)
Instalação de dinamómetros em todas as máquinas Alpha 355 e Gamma 263.	Algumas máquinas não estão equipadas com dinamómetro.	Adquirir dinamómetros em falta.	PPE	Máquinas 347, 439, 524 e 527.	Dezembro de 2022	24 000 UM
	Dinamómetro não disponível porque foi enviado para calibração.	Adquirir calibrador.	PPE	Laboratório da Qualidade	Dezembro de 2022	10 000 UM
Impressão da etiqueta das 3 amostras.	Eliminar processo manual (manuscrita) e material na mesa de trabalho (papel).	Alterar software para permitir impressão após registo de qualidade.	IT	Máquinas de corte	Janeiro de 2023	0 UM (desenvolvimento interno)
Disponibilização de informação sobre bicos para fio.	Eliminar tempo necessário para determinar qual o bico correto.	Disponibilizar informação sobre qual é o bico adequado para cada secção de fio.	IT	Máquinas de corte	Janeiro de 2023	0 UM (desenvolvimento interno)
	Organização e redução de tempo a procurar bico correto.	Gravar a laser a identificação dos bicos no respetivo suporte.	PPE	Máquinas de corte	Dezembro de 2022	
Substituição das caixas dos kits de vedante.	Caixas em mau estado pois material degrada-se facilmente.	Desenhar nova caixa para impressão em 3D.	PPE	Máquinas de corte	Dezembro de 2022	262 UM
		Calcular número de caixas necessárias.	Rita Silva	Máquinas de corte	Dezembro 2022	
		Imprimir todas as caixas necessárias.	PPE	Máquinas de corte	Início em Janeiro de 2023	

Segue-se uma breve descrição das melhorias apresentadas na Tabela 14:

- Alteração da mesa da impressora – permite melhorar as sequências 3, 5 e 9 da tabela de operações elementares do *setup* (Tabela 10) ao colocar o suporte do aplicador do Lado 1 mais próximo do local onde será utilizado. Para tal, é necessário alterar a mesa onde a impressora está localizada para que fique mais baixa, utilizando o espaço em cima para colocar os aplicadores (assinalado com a letra b na Figura 39). Por outro lado, esta tarefa também permitirá aceder mais facilmente ao comando manual da máquina (assinalado com a letra a na Figura 39) pois, na disposição original, a impressora obstruía o acesso.

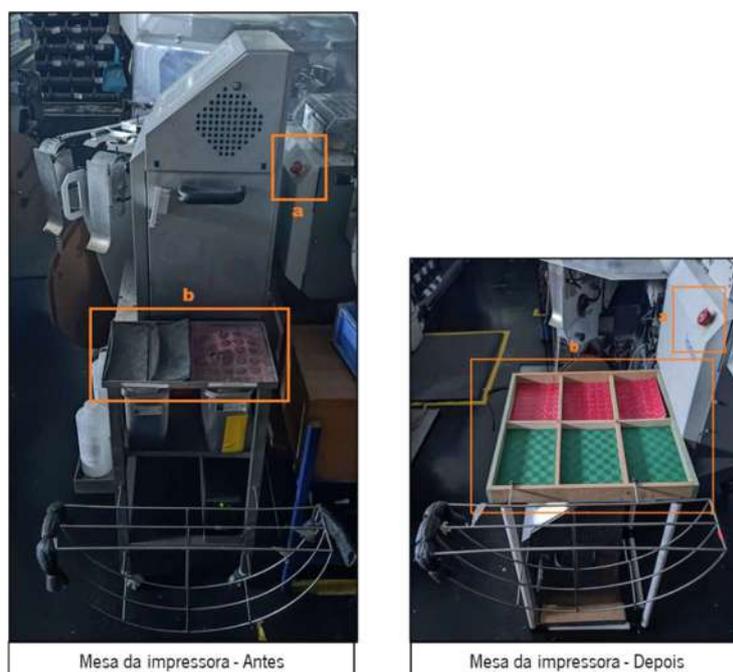


Figura 39 - Mesa da impressora: antes e depois

- Suporte para bobines de terminais do Lado 2 – permite melhorar as sequências 20 e 22 da tabela de operações elementares do *setup* (Tabela 10) e a organização do PT evitando que as bobines fiquem amontoadas no chão.



Figura 40 - Bobines de terminais do Lado 2: antes e depois

- Instalação de dinamômetros em todas as máquinas Alpha 355 e Gamma 263 – permite melhorar as sequências 31 e 35 da tabela de operações elementares do *setup* (Tabela 10) ao eliminar o tempo e distância percorrida para efetuar essas atividades uma vez que, com esta alteração, o equipamento estará instalado na máquina de corte e não será necessário deslocar-se até ao dinamómetro central. Para a implementação desta melhoria foi feita uma análise a todas as máquinas de corte para determinar quais as que já possuíam dinamómetros integrados (8 máquinas), as que possuem dinamómetro integrado, mas não está disponível porque foi enviado para calibração (2 máquinas), as que não possuem dinamómetro integrado, mas o modelo da máquina permite (4 máquinas), as que não possuem dinamómetros integrados porque o seu modelo não permite (6 máquinas). Esta análise permitiu verificar que, das 20 máquinas de corte, apenas 8 têm dinamómetro em funcionamento. Isto significa que a operação de *setup* nas restantes 12 máquinas implica uma ou mais deslocações ao dinamómetro central. Considerando a média de 30 setups por dia por máquina, apenas 1 deslocação por *setup* e 12 máquinas, por mês são realizadas aproximadamente 7200 deslocações ao dinamómetro central. Para reduzir o número de deslocações foram realizadas duas ações: a aquisição de 4 dinamómetros para as máquinas que não têm este equipamento integrado; e a aquisição de um calibrador para eliminar o tempo de espera pelos dinamómetros que são enviados para calibração que pode estender-se de 3 a 6 meses.

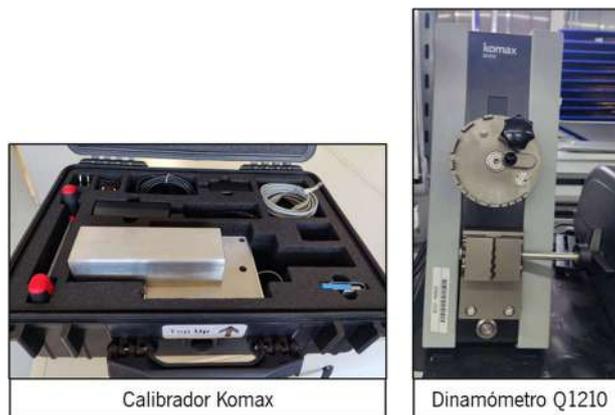


Figura 41 - Calibrador Komax e dinamômetro Q1210

- Impressão da etiqueta das 3 amostras – permite melhorar a sequência 42 da tabela de operações elementares do *setup* (Tabela 10) ao eliminar o tempo necessário para preencher manualmente os dados na etiqueta que tem de ser colocada nas 3 amostras do *setup*. A melhoria consiste em imprimir uma etiqueta com todos os dados necessários ao invés de escrever manualmente esses dados. Uma vez que já existe uma impressora em cada máquina de corte e rolos de etiqueta disponíveis, não é necessário fazer nenhuma alteração física ao PT, apenas é necessário alterar o software para criar a opção de impressão. Esta alteração permite também eliminar o papel de etiquetas que atualmente não tem localização definida na mesa de trabalho, contribuindo para a organização da mesma.

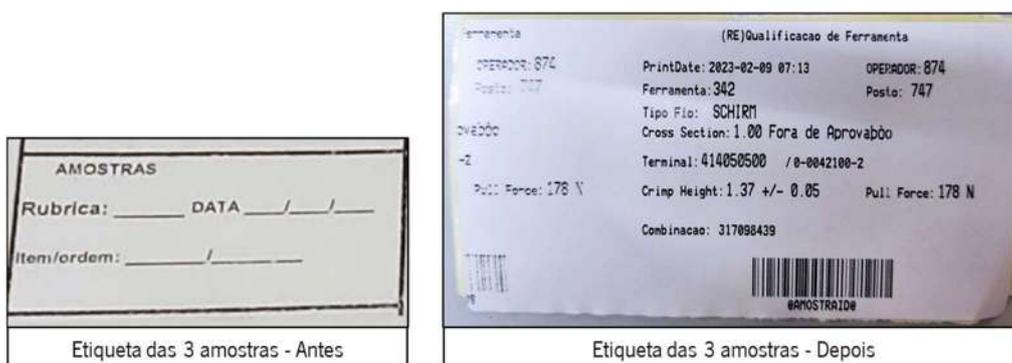


Figura 42 - Etiqueta das 3 amostras: antes e depois

- Disponibilização de informação sobre bicos para fio – permite melhor a sequência 15 da tabela de operações elementares do *setup* (Tabela 10). Por vezes a troca de fio na máquina de corte implica também a alteração do bico para guiar esse fio, caso haja uma alteração da secção entre fios pois, para cada secção de fio é necessário utilizar um bico específico. No entanto, existem duas dificuldades para o operador da máquina: saber qual bico utilizar para uma determinada secção, uma vez que essa informação existe, mas não está facilmente acessível; e encontrar rapidamente o bico que deve utilizar pois estes são guardados aleatoriamente no

suporte. Para melhorar esta operação foi feita uma alteração ao software LPCS para informar o operador da máquina de corte qual bico usar no trabalho que vai iniciar. Para além disso, em todos os suportes de bicos foi gravada a laser a identificação do bico para que facilmente estes possam ser colocados e encontrados.

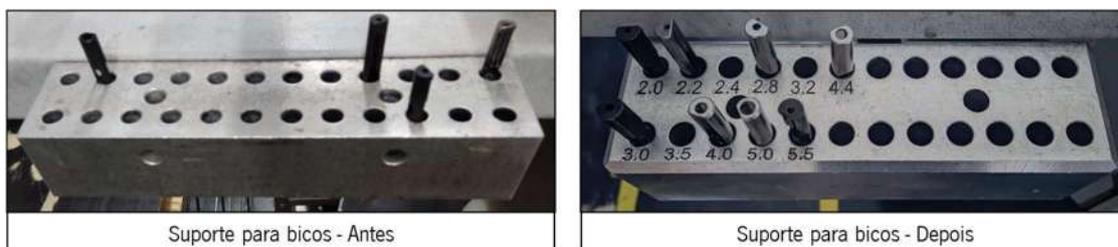


Figura 43 - Suporte para bicos: antes e depois

- Substituição das caixas dos Kits de vedantes – a tabela de operações elementares do *setup* (Tabela 10) refere-se apenas ao *setup* de aplicadores de terminais e não contempla o *setup* de kits de vedantes. No entanto, durante o workshop SMED constatou-se que as caixas onde são armazenadas as peças dos kits de vedante encontram-se em muito mau estado, o que origina frequentes perdas de peças, gastos com a reposição das mesmas e demoras durante o *setup* para procurar as peças. A degradação das caixas resulta da utilização de solvente que facilmente danifica as caixas feitas de poliestireno (esferovite). A empresa já tinha tentado resolver este problema adquirindo caixas em madeira e nylon, mas o preço elevado e o facto de se danificarem facilmente, inviabilizaram a solução. A melhoria implementada no projeto consistiu em desenhar e imprimir uma caixa semelhante na impressora 3D disponível na empresa com material PETG. Uma vez que o protótipo foi testado com sucesso, contabilizaram-se todos os kits de vedante existentes na Leoni (43 no total) e solicitou-se a impressão das caixas necessárias. Esta é uma atividade em curso pois a impressão destas caixas demora aproximadamente 24 horas.



Figura 44 - Caixa de kits de vedante: antes e depois

5.2. Outras propostas de melhoria

Durante o projeto foram desenvolvidas propostas de melhoria adicionais para fazer face a alguns dos problemas identificados no ponto 4.3. Essas propostas estão sumarizadas na Tabela 15:

Tabela 15 - Proposta de melhoria adicionais (ferramenta 5W2H)

What?	Why?	How?	Who?	Where?	When?	How much?
Auditorias regulares às máquinas de corte.	Monitorização do estado da máquina (material danificado e limpeza).	Elaborar checklist com pontos de verificação.	Rita Silva	Máquinas de Corte	Dezembro de 2022	-
	Monitorização do desempenho do operador.	Planear auditorias semanais.	Equipa do SEG1	Máquinas de Corte	Janeiro de 2023	
Fluxo de informação sobre aprovação de parâmetros de combinações.	Necessidade de deslocações e tempo para pedir aprovações.	Envio de email das combinações em falta.	IT	LPCS (software)	Janeiro de 2023	-
		Identificação com cor específica dos itens da fila de trabalho com falta de aprovação de parâmetros.	IT	LPCS (software)	Janeiro de 2023	
		Pedido de aprovação de parâmetros através do software.	IT	LPCS (software)	Janeiro de 2023	
Informação sobre disponibilidade de material e pedido de material.	Visualização tardia da informação.	Identificação com cor vermelha dos itens da fila de trabalho com falta de material.	IT	LPCS (software)	Dezembro de 2022	-
		Identificação com cor vermelha (clara) dos itens da fila de trabalho que estão localizados no armazém.	IT	LPCS (software)	Janeiro de 2023	
	Necessidade de deslocações e tempo para pedir material.	Pedido de material ao armazém através do software.	IT	LPCS (software)	Janeiro de 2023	
Informação sobre aplicadores de terminais.	Redução de setups desnecessários /duplicados.	Pesquisa de todos os itens em aberto que podem ser processados por aplicador selecionado.	IT	LPCS (software)	Dezembro de 2022	-
Otimização do corte de fio de secção intermédia (2.5 a 6.0).	Redução de setups.	Colocar impressora de tinta preta na máquina 555.	PPE	Máquina 555	Dezembro de 2022	-
		Transferir todo o trabalho alocado à máquina 552 para a máquina 555.	Rita Silva	FORS (software)	Dezembro de 2022	

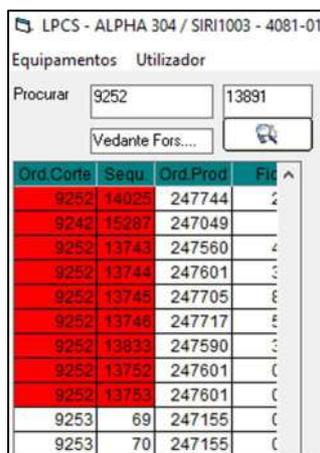
What?	Why?	How?	Who?	Where?	When?	How much?
Identificações na estante de fio.	Identificação confusa.	Novo sistema de identificação.	Rita Silva e QM	Estante de fio	Janeiro de 2023	30 UM
Formação dos operadores.	Formação de integração ineficiente.	Criação de checklist para formação de integração.	Rita Silva e QM	secção de corte	Janeiro de 2023	-
	Conhecimento insuficiente sobre OEE e objetivos.	Planejar formação.	Rita Silva	secção de corte	Janeiro de 2023	
	Falta de ajudas visuais.	Criação de ajuda visual para ajuste de ferramentas.	Rita Silva	secção de corte	Dezembro de 2022	
Monitorização dos resultados.	Resultados diários não acessíveis aos operadores.	Disponibilização digital dos resultados.	Rita Silva	secção de corte	Janeiro de 2023	-
	Resultados diários não divulgados.	Divulgação semanal por email aos chefes de setor com breve análise.	Rita Silva	secção de corte	Janeiro de 2023	
Códigos de paragem do OEE.	Códigos desnecessários.	Elaboração de lista apenas com códigos necessários.	Rita Silva	Base de dados OEE	Dezembro de 2022	-

Segue-se uma breve apresentação de cada proposta de melhoria apresentada na Tabela 15:

- Auditorias regulares às máquinas de corte – para combater problemas com a limpeza e organização do PT, com material e equipamento danificado, com qualidade e até com o desempenho dos operadores, foram implementadas auditorias regulares às máquinas de corte que têm como propósito avaliar o estado global do PT, do processo e do operador. Para tal foi desenvolvida uma *checklist* de pontos a verificar durante a auditoria que engloba aspetos de várias áreas (Serviços Técnicos, Qualidade, Engenharia, Disciplinares, entre outros). Para que as auditorias possam ser feitas por qualquer elemento da equipa de gestão do corte, foram incluídas na *checklist* as ajudas visuais necessárias. O tempo médio de cada auditoria são 30 minutos. Foram planeadas duas auditorias por semana a duas máquinas diferentes. Portanto, são necessárias 10 semanas para efetuar auditorias a todas as máquinas voltando, depois, ao ponto de partida. As atividades resultantes das auditorias devem ser registadas num plano de atividades e este deve ser distribuído pelos respetivos responsáveis. No Apêndice VIII é possível consultar a *checklist*, ajudas visuais e plano de atividades.
- Fluxo de informação sobre aprovação de parâmetros de combinações – para reduzir o número de deslocamentos relacionadas com o pedido de aprovação de combinações (ver ponto 4.3.2) e para melhorar o fluxo de informação relativamente às combinações (ver ponto 4.3.4) foram implementadas três ações:

- a) Envio de email de combinações não aprovadas – sempre que é realizada uma otimização (ver ponto 4.1.3) é realizada uma análise se todas as combinações necessárias para processar os itens dessa OC estão criadas e têm aprovação. Essa análise é feita pelo software LPCS que, após determinar quais as combinações em falta ou sem aprovação, envia um email automático para os responsáveis dos departamentos relacionados com a criação e aprovação das mesmas (Serviços Técnicos e Qualidade). Cada departamento é responsável por analisar o email e dar seguimento às atividades necessárias para que as combinações estejam disponíveis e a provadas no momento em que é necessário cortar os fios, evitando paragens ou *setups* repetidos resultantes da falta de combinações.
 - b) Identificar com cor laranja os itens na fila de trabalho com falta de aprovação de parâmetros – visa alertar os operadores para os itens na fila de trabalho que não têm combinações aprovadas para que possam pedir aprovação atempadamente. Apesar da melhoria apresentada no ponto anterior, ocorrem situações em que a validade da aprovação acaba após a verificação do email e situações em que as atividades para aprovação das combinações necessárias não são concluídas atempadamente. Esta melhoria serve para mitigar os impactos dessas situações.
 - c) Implementar pedido de aprovação através do software – consiste na criação de uma opção no software LPCS para o operador pedir a aprovação de uma combinação no seu PT. Ao utilizar esta opção o LPCS envia um alerta por email ao departamento dos Serviços Técnicos ou da Qualidade a solicitar a aprovação urgente da combinação. Esta melhoria vem no seguimento da anterior e visa evitar a deslocação do operador ao telefone para pedir a aprovação da combinação necessária (ver ponto 4.3.2).
- Informação sobre disponibilidade de material e pedido de material – para minimizar o impacto das faltas de material nos resultados do OEE, evitar perdas de tempo com preparação e *setups* (ver ponto 4.3.4) e evitar deslocações (ver ponto 4.3.2) foram implementadas três ações:
 - a) Identificar com cor vermelha os itens da fila de trabalho com falta de material - visa alertar os operadores para os itens na fila de trabalho para os quais existe algum material em falta (terminal, fio ou vedante), isto é, material que não existe na empresa naquele momento devido a atrasos dos fornecedores ou transportadoras. Com esta informação pretende-se evitar que os operadores façam qualquer preparação ou que iniciam o *setup* de itens que não podem ser processados por falta de material. Serve também para que os *Shift Leaders*

obtenham de forma rápida informação sobre quais os itens estão afetados pela falta de material.



Ord.Corte	Sequ.	Ord.Prod.	Fio
9252	14025	247744	2
9242	15287	247049	2
9252	13743	247560	2
9252	13744	247601	3
9252	13745	247705	8
9252	13746	247717	8
9252	13833	247590	3
9252	13752	247601	0
9252	13753	247601	0
9253	69	247155	0
9253	70	247155	0

Figura 45 - LPCS: fila de trabalho

- b) Identificar com cor vermelha (clara) os itens da fila de trabalho que estão localizados no armazém - visa alertar os operadores para os itens na fila de trabalho para os quais é necessário pedir material ao armazém. Trata-se de material que não está imediatamente disponível nas estantes do corte pois, normalmente por ser de baixo consumo, o material que sobra é devolvido ao armazém após utilização. A preparação deste material é mais longa devido ao facto da sua localização ser distante das máquinas de corte e também porque é necessário efetuar movimentações de stock no FORSTM para registar a saída do material. O propósito desta atividade é garantir que os operadores saibam antecipadamente quais os itens da fila de trabalho afetados por esta condição e possam pedir esse material com a antecedência necessária, evitando paragens ou esperas por material.
 - c) pedir material ao armazém através do software - consiste na criação de uma opção no software LPCS para o operador pedir material ao armazém no seu PT. Ao utilizar esta opção o LPCS envia um pedido por email para o computador disponível no armazém. Esta melhoria vem no seguimento da anterior e visa evitar a deslocação do operador ao telefone ou ao armazém para pedir o material necessário (ver ponto 4.3.2).
- Informação sobre aplicadores de terminais – a fila de trabalho nas máquinas de corte está organizada de acordo com o tempo de *setup*. Assim, a prioridade é agrupar os itens da fila de trabalho com vedantes iguais, depois com terminais iguais, com fios iguais e, por fim, organiza por comprimento de fio (ver ponto 4.1.3). No entanto, esta poderá não ser a sequência ótima atendendo ao facto de que um aplicador pode processar mais do que um terminal (ver ponto 4.3.3). Para evitar a utilização do mesmo aplicador de terminais em momentos diferentes, o

que origina duplicação de *setups*, foi criada uma opção para pesquisar na fila de trabalho todos os itens que podem ser processados pelo mesmo aplicador. Esta opção está disponível no software LPCS para todos os operadores das máquinas de corte.

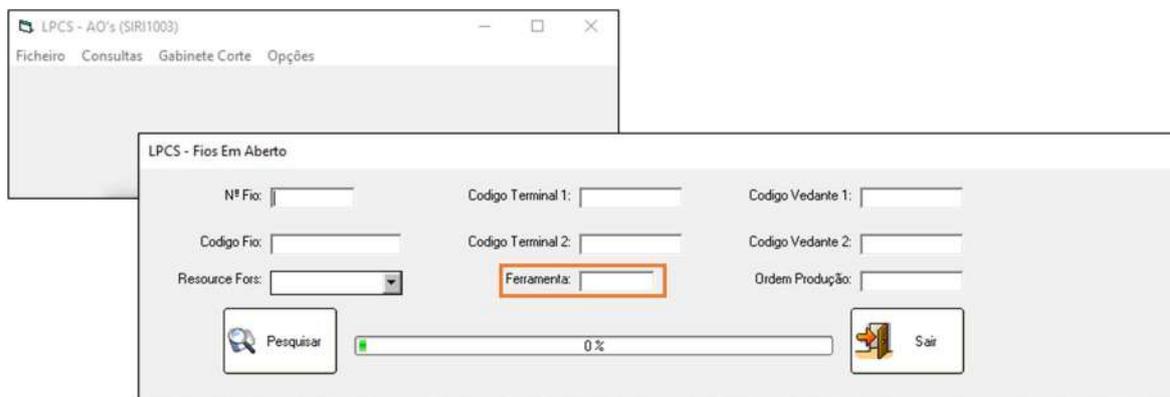


Figura 46 - LPCS: pesquisa por aplicador de terminais

- Otimização do corte de fio de secção intermédia (2.5 a 6.0) – aproximadamente metade do trabalho alocado às máquinas 138 e 355 era igual em termos de terminais e respetivos aplicadores utilizados, que são específicos para secções 2.5 a 6.0. No entanto, devido à cor de impressão era necessário dividir o trabalho entre as duas máquinas (ver ponto 4.3.3). Para eliminar a duplicação de *setups* provocada por esta condicionante, foi colocada uma impressora de tinta preta na máquina de corte 555, permitindo que se processem fios de todas as cores. Assim, todo o trabalho comum, a nível de terminais e aplicadores, entre as máquinas 138 e 555 foi alocado apenas à máquina 555, permitindo eliminar os *setups* duplicados entre máquinas.
- Identificações na estante de fio – a estante onde estão armazenados os fios usados nas máquinas de corte tem 5 níveis, 60 posições por nível e 2 posições por célula (frente e trás). Uma vez que não é possível visualizar ou fazer uma leitura do código de barras das bobines de fio dos níveis 3, 4 e 5, foram colocadas etiquetas das respetivas bobines nos níveis inferiores (nível 1 e 2), pois são necessárias para fazer o registo do fio aquando ao *setup*. Apesar de existir uma lógica na numeração das células da estante, não é facilmente compreensível a que célula a etiqueta corresponde. Isto origina má interpretação dos operadores e erros no abastecimento do fio. Para melhorar esta situação, foi formulado um novo *layout* para as etiquetas, permitindo facilmente identificar a que nível correspondem e qual a posição na célula (frente ou trás).

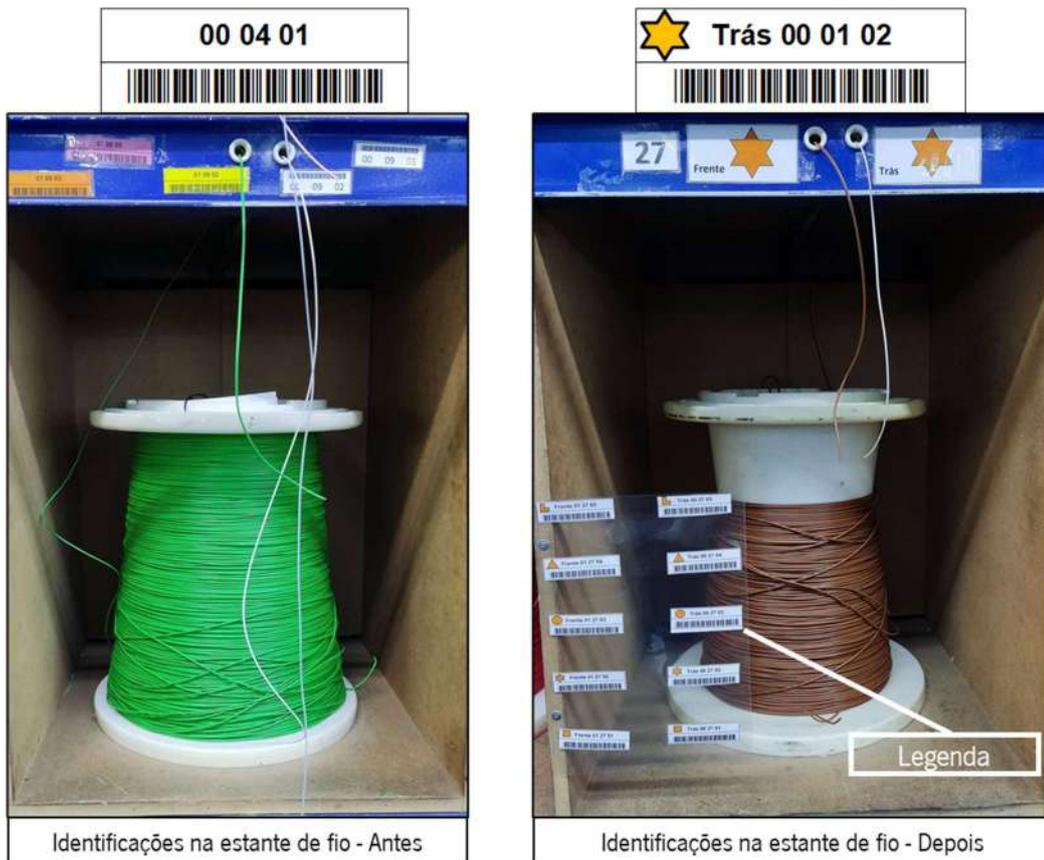


Figura 47 - Identificações da estante de fio: antes e depois

- Formação dos operadores – durante a fase de análise identificou-se que o desempenho é o fator que contribui mais negativamente para o resultado do OEE. Também se identificou que existem falhas na formação e na divulgação de objetivos. Para combater estas falhas foram desenvolvidas três atividades:
 - a) Criação de uma *checklist* para a formação de integração – através da colaboração com elementos dos Serviços Técnicos, Qualidade e *Shift Leaders* foi desenvolvido um Guia de Formação Prática no Posto de Trabalho (ver Apêndice IX) que consiste numa *checklist* com todos os pontos que o operador-formador deve abordar durante a formação de um novo operador. No final da formação os elementos da equipa de gestão devem avaliar se o operador novo tem conhecimento suficiente sobre todos os pontos mencionados na *checklist*. O propósito desta *checklist* é fornecer ao operador-formador a orientação necessária à formação e garantir que o novo operador tem a formação necessária, evitando falhas por esquecimento.
 - b) Formação sobre o OEE e divulgação de objetivos – na primeira reunião das Equipas do corte foi feita uma breve apresentação sobre: o OEE, a forma como é calculado, a importância dos registos e os objetivos para o ano de 2023 (ver Apêndice X). O intuito da formação foi

alertar os operadores para a importância do OEE e qual o seu contributo para o mesmo. Analogamente, a apresentação dos objetivos pretendeu envolver e fomentar o interesse dos operadores na perseguição desses objetivos.

- c) Criação de ajuda visual – foi desenvolvida uma ajuda visual para o ajuste de aplicadores de terminais onde é mencionado para que lado deve ser feito o ajuste de cada aplicador (ver Apêndice XI). O objetivo é evitar perdas de tempo e erros nos ajustes de aplicadores de terminais provocados pelas diferenças que existem entre aplicadores.
- Monitorização dos resultados – no seguimento do ponto anterior, para a divulgação dos resultados diários obtidos, foi criada uma planilha em PowerBi com gráficos de OEE, Velocidade, Disponibilidade e Tempo de *Setup* para cada máquina com informação por turno (ver Apêndice XII). Esta medida visa fornecer aos *Shift Leaders* uma ferramenta simples e rápida para a monitorização dos resultados diários. O relatório extraído do PowerBi é disponibilizado a todos os operadores através de uma pasta partilhada à qual têm acesso no seu PT. Pretende-se também com esta atividade fomentar a competitividade saudável entre turnos. Paralelamente, procedeu-se à divulgação dos resultados aos diretores dos departamentos que tiverem influência direta ou indireta nos resultados de OEE alcançados, enviando por email o relatório extraído do software de registos fornecendo também uma breve análise dos resultados, destacando os principais problemas.
 - Códigos de paragem do OEE – os registos de paragem das máquinas utilizados para o cálculo do OEE são feitos através de códigos (ver ponto 4.1.4). Uma vez que os códigos de paragens são definidos para todas as fábricas do grupo LEONI AG, muitos dos códigos disponíveis não são aplicáveis à Leoni. Aquando ao registo de paragem da máquina, a extensa lista disponível torna o processo de seleção dos códigos mais moroso e confuso e suscetível a erros. Assim, para melhorar o processo de registos foi efetuada uma seleção dos códigos relevantes e foi solicitada à LEONI AG a aplicação de um filtro aos códigos a serem utilizados na Leoni. A lista de códigos disponíveis foi reduzida de 114 para 54 (ver Apêndice XIII).

6. DISCUSSÃO E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Após a implementação das propostas de melhoria procedeu-se à análise e contabilização dos resultados esperados que são apresentados neste capítulo.

6.1. Impacto no tempo de *setup* (SMED)

A proposta de utilização do sistema *quick-change* tem o potencial de reduzir em 44 segundos ao tempo das atividades internas do *setup*. Considerando uma média de 30 *setups* de aplicadores de terminais por dia por máquina, a utilização do sistema *quick-change* nas 3 máquinas em que está disponível traduz-se num ganho estimado de aproximadamente 66 minutos por dia, 15180 minutos por ano (consideraram-se 230 dias de trabalho). Isto corresponde a um ganho de 253 horas ou 10.5 dias de trabalho de uma máquina (consideraram-se 24 horas por dia). A implementação deste sistema em todas as máquinas 355 permitiria alcançar um ganho de 759 horas ou 31.6 dias de trabalho numa máquina. No entanto, este sistema tem um custo avultado e a sua instalação em 9 máquinas requeria um investimento elevado, pelo que seria necessário fazer uma análise de retorno de investimento para a aplicação em todas as máquinas. Esta análise não foi efetuada para este projeto devido à impossibilidade de implementar esta melhoria no imediato (devido às restrições de espaço) e a volatilidade dos preços tornaria a análise inadequada para uso futuro.

A alocação de um colaborador à tarefa de abastecimento de fio permitiu reduzir o tempo gasto pelos operadores das máquinas de corte para trazerem o fio para a máquina e devolverem-no à estante após utilização. Conforme explicado no ponto 4.2.4, para efeitos de cálculo utilizaram-se como valores médios de distância percorrida e tempo despendido para recolher ou devolver fio da estante 7.5 metros e 12.7 segundos respetivamente. Atendendo ao número médio de 44 mudanças de fio por hora, o ganho estimado com esta melhoria foi de 447 minutos por dia, 102819 minutos por ano (consideraram-se 230 dias de trabalho). Isto corresponde a um ganho de 1714 horas ou 71.4 dias de trabalho de uma máquina (consideraram-se 24 horas por dia).

Com a implementação destas duas melhorias seria possível obter um ganho estimado de 513 (66 + 447) minutos por dia, ou seja, 8.55 horas de produção diárias. Considerando o objetivo de 851 fios cortados por hora definido para o ano de 2023, o ganho com a implementação destas melhorias traduz-se num aumento do *output* de cerca de 7276 fios diariamente.

A alteração efetuada à etiqueta colocada nas 3 amostras feitas após o *setup*, que passou de manuscrita a impressa, permitiu reduzir 11 segundos ao tempo da sequência 42 da tabela de operações

elementares do *setup*, que inicialmente era de 23 segundos e passou a ser de apenas 12 segundos. Considerando a média de 30 *setups* de aplicadores de terminais por máquina por dia, esta melhoria permitiu reduzir a ocupação dos operadores de cada máquina de corte em 5.5 minutos por dia. Tratando-se de uma atividade de *setup* externa, efetuada já com a máquina a trabalhar, não houve ganho em termos de output de fios cortados. No entanto, para além da redução do tempo dos operadores de corte, que pode ser utilizado na preparação do *setup* seguinte, na limpeza do posto ou na verificação visual da qualidade do trabalho processado, a eliminação das etiquetas manuscritas significou que todos os registos passaram a ser feitos de forma informatizada (o preenchimento desta etiqueta era o único registo que ainda era efetuado manualmente). Portanto, esta melhoria permitiu também ter um PT mais limpo e organizado (sem a folha de etiquetas manuais) e evitar paragens provocadas pela falta da folha de etiquetas que tinha de ser fornecida pela equipa de gestão da secção do corte.

O tempo total de *setup* foi reduzido devido à aquisição de 4 dinamómetros e o respetivo equipamento de calibração. A calibração dos dinamómetros no fornecedor demorava entre 3 e 6 meses e tinha um custo aproximado de 600 UM por dinamómetro. A frequência de calibração era anual, o que se traduzia num gasto anual para a empresa de 6000 UM (considerando apenas os dinamómetros existentes no início do projeto) ou 8400 UM (considerando 14 dinamómetros, 4 adicionais adquiridos durante o projeto). Para efeito de cálculos, considerou-se que o tempo de calibração era de 4 meses (80 dias). Segundo a tabela de operações elementares, o tempo necessário para efetuar as medições no dinamómetro central era de 75 segundos. O tempo necessário para efetuar essa mesma operação, mas com um dinamómetro integrado na máquina é de apenas 27 segundos, o que se traduz numa redução de 48 segundos por medição. Considerando a média de 30 *setups* de aplicadores de terminais por dia por máquina, foi possível estimar os ganhos resultantes da eliminação das deslocações ao dinamómetro central. Para este cálculo foi utilizado um custo/hora por operador fornecido pela Leoni. O cálculo do retorno do investimento foi simplificado e não considera qualquer tipo de taxas ou depreciação devido à falta de dados. A Tabela 16 permite verificar que o investimento é recuperado no quarto ano após a aquisição. No primeiro ano não se consideram ganhos pois a aquisição só foi efetuada no final do ano. Os ganhos foram calculados tendo em conta a redução de gastos com a calibração interna e a redução de tempo em deslocações em cada *setup*.

Tabela 16 - Recuperação de investimento dos dinamômetros e do calibrador

Ano	2022	2023	2024	2025
Investimento	-34,000	0	0	0
Ganho	0	15,748	15,748	15,748
Cash-flow	-34,000	15,748	15,748	15,748
Cash-flow acumulado	-34,000	-18,252	-2,504	13,244

A informação disponibilizada sobre que bico a utilizar em cada fio ajudou a evitar ajustes e trocas de bicos durante o *setup*. Esta informação é particularmente útil para os operadores com pouca experiência que têm dificuldade em determinar qual o bico adequado para cada fio. Por outro lado, a identificação do suporte onde os bicos são guardados permitiu reduzir perdas de tempo à procura dos bicos corretos. Apesar de se considerar que esta melhoria aportou benefícios para o *setup*, estes não são facilmente contabilizados em termos de tempo devido à irregularidade com que ocorrem e da sua duração.

A Tabela 17 apresenta um resumo da variação das métricas (tempo e distância percorrida) do *setup* antes e depois da utilização da ferramenta SMED. Um dos principais benefícios registados foi a transformação de atividades internas em externas que permitiu uma redução de 84 segundos (1.4 minutos) das atividades internas por cada *setup* efetuado. Relativamente ao *setup* total, as melhorias implementadas permitiram reduzi-lo em 94 segundos e 30 metros de distância percorrida, mas o número de atividades manteve-se igual.

Tabela 17 - Comparação de métricas de *setup* antes e depois do SMED

		Antes SMED	Depois SMED	Varição
Atividades Internas	Nº de atividades	39	36	-3
	Tempo Total (seg)	678	486	-192
	Distância (mtrs)	75.1	32.4	-42.7
Atividades Externas	Nº de atividades	3	6	+3
	Tempo Total (seg)	49	133	+84
	Distância (mtrs)	15.7	28.4	+12.7
Total	Nº de atividades	42	42	0
	Tempo Total (seg)	713	619	-94
	Distância (mtrs)	90.8	60.8	-30

6.2. Impacto nas distâncias percorridas

As melhorias propostas a nível do fluxo de informação sobre aprovação de combinações (informação visual sobre aprovações em falta e pedido de aprovações através do software) e disponibilidade de material (informação visual sobre material em falta e pedido de material através do software) tiveram impacto sobretudo a nível perdas relacionadas com as deslocações pois anteriormente era necessário dirigir-se ao telefone localizado numa zona central ou ao armazém para efetuar pedidos de aprovação ou material. A contabilização do número e tempo de deslocações é muito variável, pois depende da ocorrência de situações específicas a cada otimização e da distância de cada máquina ao telefone. Em termos de percentagem pode afirmar-se que a implementação destas melhorias permitiu reduzir em 75% o número de deslocações ao telefone relacionadas com pedidos de aprovação de combinações ou pedidos de material.

Para além disso, estas melhorias acarretaram outros benefícios que serão aqui enumerados:

- Redução do tempo de espera e paragens devido à possibilidade de antecipação dos pedidos de material ou aprovação de combinações;
- Redução da circulação de operadores no corredor (este ponto é particularmente relevante devido à largura do corredor pois refere-se ao facto de evitar a perturbação dos outros operadores de corte e dos operadores do *picking* que circulam no mesmo corredor efetuarem as suas tarefas);
- Evitar repetição de *setups* causadas pela indisponibilidade de material ou combinações aprovadas;
- Maior satisfação dos operadores de corte uma vez que esta melhoria foi sugerida pelos operadores de corte.

6.3. Impacto no Posto de Trabalho

As melhorias efetuadas ao PT, nomeadamente a alteração da mesa da impressora, a colocação do suporte de bobines do Lado 2, a alteração das identificações na estante de fio e a substituição dos kits de vedante, contribuem para:

- Melhorar a organização do PT;
- Evitar perdas ou danos ao material (kits de vedantes e bobines de terminais);
- Melhorar as condições de trabalho;
- Evitar perdas associadas a deslocações por falta de local para colocar todo o material necessário para efetuar o *setup* do Lado 2;

- Promover a satisfação dos operadores.

De notar que as peças dos kits de vedantes têm um custo elevado e que se perdem com facilidade em parte devido ao mau estado das caixas em que são armazenadas. Isto significa que, as novas caixas, para além dos benefícios mencionados acima, terão também um retorno financeiro.

Por seu turno, as auditorias regulares aos PT vão permitir:

- Monitorizar o estado dos PT;
- Identificar necessidades de intervenção e a efetivação das mesmas;
- Garantir que os processos instaurados são seguidos.

6.4. Impacto na otimização do trabalho

A instalação de uma impressora de tinta preta na máquina 555 capacitou esta máquina de corte a processar fios de secção intermédia (2.5 a 6.0) de todas as cores (os fios pretos já eram processados nesta máquina). De acordo com os registos de novembro, esta junção de trabalho permitiu alocar 38 terminais comuns entre as máquinas 552 e 555 a uma só máquina. Por cada otimização de corte, antes da alteração, 14 dos terminais comuns eram utilizados nas duas máquinas diferentes, o que se traduz na duplicação de 14 *setups* por otimização. Por semana são feitas em média 2 otimizações, o que significa que anualmente são realizadas aproximadamente 92 otimizações de corte (considerando 46 semanas de trabalho). Portanto, com esta melhoria foi possível reduzir anualmente 1288 *setups*, o que se traduz (recorrendo ao tempo de *setup* da tabela de operações elementares após o SMED) numa poupança de 221 horas anuais. A impressora adicional utilizada já existia na empresa, mas estava inativa, sendo utilizada apenas em situações de avarias de outras impressoras. Por este motivo considerou-se que não houve custos associados a esta melhoria.

De notar que, para além da redução do número de *setups*, esta melhoria permitiu reduzir as deslocações do abastecedor de aplicadores de terminais e eliminar eventuais esperas por ferramentas que estariam ocupadas numa das máquinas.

6.5. Impacto na informação e integração dos colaboradores

Os esforços empreendidos durante o projeto em ações de formação sobre o OEE, redefinição da lista de códigos de paragem, melhoramento na disponibilização de resultados diários, semanais e mensais e a implementação de melhorias na formação inicial dos operadores, não são facilmente contabilizáveis em

ganhos de tempo ou monetários. No entanto, estas atividades foram de grande importância pois permitiram:

- Incentivar a integração dos operadores para alcançarem os objetivos;
- Fomentar a competitividade saudável entre turnos;
- Aumentar a fiabilidade dos dados, contribuindo para a redução de erros de registos;
- Diminuir dificuldades e erros gerados por falhas na formação inicial;
- Facilitar a integração de novos operadores.

6.6. Síntese dos ganhos

A Tabela 18 apresenta um resumo dos resultados estimados e quantificáveis das melhorias propostas e / ou implementadas. Para além destes resultados, nos pontos anteriores foram identificados vários outros benefícios que não foi possível quantificar, mas que tiveram um impacto positivo no PT, no processo de trabalho e na satisfação dos operadores.

Tabela 18 - Síntese dos resultados quantificáveis

	Ganho (min/dia)	Ganho (min/ano)	Ganho (UM/dia)	Ganho (UM/ano)
Sistema <i>quick-change</i>	66	15,180	11.75	2,702.04
Abastecedor de fio	447	102,810	79.57	18,300.18
Impressão de etiqueta	6	1,265	0.98	225.17
Dinamómetros e calibrador (deslocações)	156	35,880	27.77	6,386.64
Calibração em fornecedor externo				8,400
Otimização do trabalho (máq. 552 e 555)	57	13,110	10.15	2,333.58
Total		168,245		29,948

7. CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

Neste capítulo são referidas as principais conclusões, aprendizagens e dificuldades encontradas durante o projeto. Para conclusão serão também apresentadas algumas sugestões para desenvolvimentos futuros na secção de corte de fio da Leoni.

7.1. Considerações finais

Este projeto desenvolveu-se em torno de dois focos principais: a análise do OEE e a melhoria do seu resultado na secção de corte da Leoni. Nos últimos anos a empresa não conseguiu alcançar o objetivo de OEE estabelecido pela LEONI AG e esse foi o incentivo para a apresentação deste projeto. Este projeto desenvolveu-se ao longo de seis meses e sofreu alguns desvios em relação aos prazos estabelecidos inicialmente. No entanto, foi possível levá-lo a bom porto e obter resultados promissores. O projeto passou por várias etapas que serão resumidas de seguida.

A etapa inicial foi de extrema importância para o projeto devido à informação que foi possível recolher e analisar e às conclusões daí retiradas. Deve salientar-se que a análise dos dados dos meses anteriores permitiu desenvolver uma imagem clara do estado da secção de corte. A análise iniciou-se com indicadores gerais e foi-se afinando para pontos específicos de forma a identificar os reais problemas e respetivas causas. Assim, a primeira análise foi efetuada aos resultados gerais dos fatores do OEE e permitiu concluir que a Velocidade era o fator do OEE que tinha um impacto mais negativo. Uma das dificuldades encontradas nesta análise prende-se com o facto de se assumir um resultado de 100% devido à impossibilidade de recolher dados fidedignos para este indicador de forma fácil e rápida. O tema foi abordado com a equipa de gestão da secção de corte, mas não foi implementada nenhuma ação corretiva no âmbito deste projeto pois paralelamente já estava em curso um projeto de desenvolvimento da comunicação do software da máquina de corte com os softwares Leoni de forma a recolher os dados que a própria máquina regista quando está a trabalhar, permitindo obter informações relacionadas com a quantidade de fios com defeitos. Uma vez finalizado esse projeto, será possível iniciar o cálculo do fator Qualidade e obter informações relacionadas com a sucata.

A segunda fase da análise focou-se nos resultados entre turnos, relevando que o 2º turno era aquele com os piores resultados do OEE e de Velocidade. De facto, a média semanal de Velocidade do 2º turno era de apenas 43.8%, cerca de 10 pontos percentuais inferior ao resultado do 1º turno que registava uma média de 54.59%. Para além disso, apesar do OEE apresentar uma tendência de crescimento em todos os turnos, no 2º turno a Velocidade tem um crescimento quase nulo, ao contrário dos outros

turnos. Uma das principais razões para estes resultados é o nível de experiência dos operadores do 2º turno que são consideravelmente mais recentes na empresa, principalmente quando comparados aos do 1º turno.

A análise das paragens permitiu identificar que tipo de paragens ocorrem com mais frequência e quais apresentam um tempo total maior e que por isso têm mais impacto no OEE. Foram identificados e analisados três grupos de paragem: A - *Setup*, E – Aplicador de terminal e G – Operador. Dentro de cada grupo foi identificado qual o código de paragem com mais relevância através da aplicação do diagrama de Pareto. Para a análise do grupo A foi elaborado um diagrama de Ishikawa onde estão mencionadas as possíveis causas para o elevado tempo de paragem A1. Este diagrama e a aplicação da ferramenta SMED foram muito eficazes na identificação dos problemas, não apenas relacionados com o *setup*, mas que afetavam os resultados do OEE. Relativamente ao grupo E, o código de paragem E4 foi aquele que apresentou maior peso no gráfico de Pareto e por isso foi-lhe aplicada a ferramenta 5W que identificou as lacunas na formação, a alocação do trabalho nas máquinas e o desgaste de ferramentas como as causas-raiz do elevado número de paragens com código E4. No grupo G, o código de paragem mais significativo foi o G4 - falta de operador, devido ao elevado absentismo sentido principalmente no início de 2022.

A análise de dados recolhidos na primeira fase do projeto permitiu identificar vários problemas ou oportunidades de melhoria que foram agrupados em seis grupos: problemas com a organização do PT; elevado número de deslocações; repetição de *setups*; informação e/ou fluxo de informação ineficientes; desempenho dos operadores; métodos e/ou recursos ineficientes; e fiabilidade dos dados. As propostas de melhoria apresentadas procuraram colmatar alguns destes problemas.

A implementação da ferramenta SMED foi um importante catalisador para a determinação de oportunidades de melhoria no *setup*. De acordo com a lista de operações elementares do *setup* definida no início do workshop SMED, eram necessários 726 segundos para efetuar um *setup* completo (inclui atividades internas e externas). Com a implementação das propostas de melhoria apresentadas, seria possível efetuar o mesmo *setup* completo em apenas 619 segundos, uma redução de cerca de 14.7% do tempo inicial. As propostas de melhoria que permitem este resultado são: o sistema *quick-change*; a alocação de um operador ao abastecimento de fio; a impressão da etiqueta para as três amostras e a aquisição dos dinamómetros e do respetivo equipamento de calibração. De notar que, a par destas propostas, outra foram sugeridas e implementadas durante o workshop SMED e durante todo o projeto,

com efeitos na organização do PT e na satisfação dos operadores (caixas para kits de vedantes, identificação do suporte de bicos, mesa da impressora, suporte para bobines do Lado 2, entre outras).

O problema do elevado número de deslocações dos operadores de corte foi também alvo de muita atenção. Foram implementadas algumas propostas de melhoria que tiveram um efeito muito positivo na redução das deslocações, principalmente no que se refere às deslocações relacionadas com o pedido de aprovação de combinações e a pedido de material, com uma redução de cerca de 75% destas situações.

O problema da repetição de *setups* foi abordado através da alocação do trabalho comum das máquinas 555 e 552 a uma só máquina pois, tratando-se de máquinas que processavam fios com secções específicas (de 2.5 a 6.0), os aplicadores de terminais usados eram comuns e, com a instalação de uma impressora adicional na máquina 555 foi possível passar o trabalho comum para essa máquina. A implementação desta melhoria permitiu uma poupança estimada de 221 horas anuais.

Em relação ao problema do desempenho dos operadores, as melhorias implementadas focaram-se no combate às lacunas na formação e à desinformação dos operadores relativamente ao OEE, aos objetivos definidos e aos resultados alcançados. Embora não seja possível contabilizar os ganhos em termos de tempo ou monetários, a implementação destas melhorias teve um impacto positivo na secção de corte e o feedback dos operadores foi igualmente positivo.

Durante o projeto não foi possível abordar todos os problemas identificados (por exemplo a informação sobre disponibilidade de equipamento, duplicação de registos, falta de espaço ou equipamento antigo) devido às limitações de tempo do projeto e à complexidade de alguns problemas. No entanto, verificou-se um grande esforço por parte da equipa de gestão da secção de corte em identificar e apoiar na análise dos problemas e, posteriormente na implementação de propostas de melhoria.

7.2. Trabalho futuro

A secção de corte da Leoni é um setor complexo, principalmente devido ao tipo de produto processado - baixo volume e grande variedade -, mas vital para o funcionamento de todas as áreas produtivas subsequentes. A eficiência desta secção é fulcral para o bom funcionamento da fábrica como um todo e por isso é importante que haja um trabalho contínuo de melhoria de processos de trabalho, de formação, de fluxo de informação e material e de condições de trabalho.

Como sugestão para trabalho futuro propõe-se a revisão do sistema de abastecimento de fio ao corte para evitar pequenas paragens, alguns problemas de qualidade e sucata. A revisão poderá ser feita com

base nos standards LEONI AG já implantados noutras fábricas, adaptando-os às restrições existentes na Leoni, nomeadamente restrições de espaço. O objetivo deste trabalho será automatizar algumas tarefas do sistema de abastecimento de fio.

Quanto ao processo de otimização, é necessário dedicar algum esforço e tempo ao estudo da alocação de trabalho por máquina e à sequência do trabalho nas mesmas. Conforme identificado, nem sempre a fila de trabalho está organizada de forma ótima. Por outro lado, o processo de alocação de combinações às máquinas é muito manual e está dependente do conhecimento de quem o faz, pelo que deverá ser empreendido um esforço futuro no desenvolvimento de ferramentas que melhorem este processo.

Relativamente ao desempenho dos operadores, sugere-se a continuação dos esforços na formação através da implementação de formações regulares a todos os operadores para (re)lembrar conceitos e procedimentos. Sugere-se também que seja implementado um sistema de distinção semanal do melhor operador de corte através da avaliação dos resultados dos operadores de três modalidades: OEE, qualidade e absentismo. O objetivo desta proposta é incentivar os operadores a obterem melhores resultados, combater o absentismo e melhorar a sua motivação.

Estas são apenas algumas sugestões de trabalho futuro, pois o desenvolvimento do projeto permitiu verificar que há sempre oportunidade para melhorar e é necessário um acompanhamento contínuo para identificar essas oportunidades e implementar ações para as alcançar. Na Leoni é visível o esforço e trabalho para que isto aconteça, mas a complexidade desta secção dificulta que o foco seja mantido e que as atividades iniciadas sejam concluídas com a devida celeridade, sendo este um aspeto que também deve ser trabalhado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adelman, C. (1993). Kurt Lewin and the Origins of Action Research. *Educational Action Research*, 1(1), 7–24. <https://doi.org/10.1080/0965079930010102>
- Agostinho, V., & Baldo, C. R. (2021). Assessment of the impact of Industry 4.0 on the skills of Lean professionals. *Procedia CIRP*, 96, 225–229. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2021.01.079>
- Andersson, C., & Bellgran, M. (2015). On the complexity of using performance measures: Enhancing sustained production improvement capability by combining OEE and productivity. *Journal of Manufacturing Systems*, 35, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.12.003>
- Arturo Garza-Reyes, J., Eldridge, S., Barber, K. D., & Soriano-Meier, H. (2010). Overall equipment effectiveness (OEE) and process capability (PC) measures. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27(1), 48–62. <https://doi.org/10.1108/02656711011009308>
- Balaji, M., Dinesh, S. N., Raja, S., Subbiah, R., & Manoj Kumar, P. (2022). Lead time reduction and process enhancement for a low volume product. *Materials Today: Proceedings*, 62, 1722–1728. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.240>
- Bamber, C. J., Castka, P., Sharp, J. M., & Motara, Y. (2003). Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9(3), 223–238. <https://doi.org/10.1108/13552510310493684>
- Baskerville, R. L. (1999). Investigating Information Systems with Action Research. *Communications of the Association for Information Systems*, 2. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.00219>
- Besterfield, D. H. (1998). *Quality Control*. Prentice-Hall, Inc.
- Brandl, D. L., & Brandl, D. (2018). KPI Exchanges in Smart Manufacturing using KPI-ML. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.230>
- Breyfogle III, F. W. (1999). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. John Wiley & Sons, Inc.
- Chiarini, A. (2015). Improvement of OEE performance using a Lean Six Sigma approach: an Italian manufacturing case study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 16(4), 416. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2015.072414>

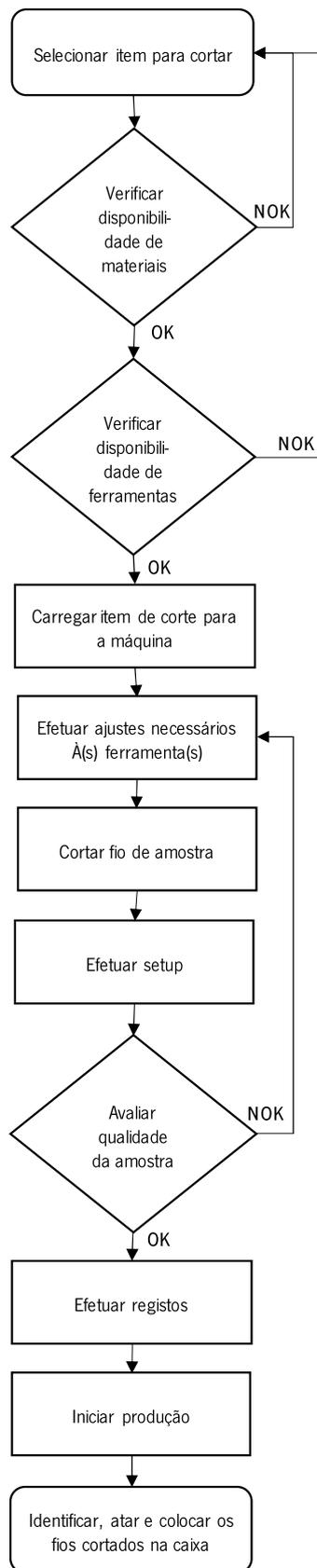
- Chikwendu, O. C., Chima, A. S., & Edith, M. C. (2020). The optimization of overall equipment effectiveness factors in a pharmaceutical company. *Heliyon*, 6(4), e03796. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03796>
- Corrales, L. del C. N., Lambán, M. P., Hernandez Korner, M. E., & Royo, J. (2020). Overall equipment effectiveness: Systematic literature review and overview of different approaches. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 18). <https://doi.org/10.3390/APP10186469>
- Corrales, Lambán, M., Morella, P., Royo, J., Catalán, J., & Korner, M. (2022). Developing and Implementing a Lean Performance Indicator: Overall Process Effectiveness to Measure the Effectiveness in an Operation Process. *Machines*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/machines10020133>
- Costa, Sousa, R. M., Bragança, S., & Alves, A. C. (2013). An industrial application of the SMED methodology and other lean production tools. *4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure*, 1–8. <https://doi.org/10.13140/2.1.2099.5525>
- Costa, & Lopes, I. (2021). *Productivity Improvement in Manufacturing Systems Through TPM, OEE and Collaboration Between Maintenance and Production: A Case Study* (pp. 261–268). https://doi.org/10.1007/978-3-030-85914-5_28
- Dal, B., Tugwell, P., & Greatbanks, R. (2000). Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement – A practical analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 20(12), 1488–1502. <https://doi.org/10.1108/01443570010355750>
- Dickens, L., & Watkins, K. (1999). Action Research: Rethinking Lewin. *Management Learning*, 30(2), 127–140. <https://doi.org/10.1177/1350507699302002>
- Ershadi, M. J., Aiasi, R., & Kazemi, S. (2018). Root cause analysis in quality problem solving of research information systems: a case study. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 24(2), 284. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2018.091797>
- Ghinato, P. (1995). Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente Just-in-Time. *Production*, 5(2), 169–189. <https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>
- Gibbons, P. M., & Burgess, S. C. (2010). Introducing OEE as a measure of lean Six Sigma capability. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 134–156. <https://doi.org/10.1108/20401461011049511>

- Ginste, L. van de, Aghezzaf, E.-H., & Cottyn, J. (2022). The role of equipment flexibility in Overall Equipment Effectiveness (OEE)-driven process improvement. *Procedia CIRP*, *107*, 289–294. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.04.047>
- Hansen, R. C. (2001). *Overall Equipment Effectiveness: a Powerful Production / Maintenance Tool for Increased Profits*. Industrial Press, Inc.
- Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almström, P. (2016). Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. *Procedia CIRP*, *57*, 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.023>
- Hendri, Kholil, M., Hanum, B., & Hidayat, A. A. (2020). Measurement of the Overall Equipment Effectiveness (OEE) and the Process Improvement on Radiator Crimping Line. *Journal of Physics: Conference Series*, *1529*(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/4/042002>
- Henry, J. R. (2017). *Achieving Lean Changeover*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b12945>
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, *25*(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/J.JOM.2006.04.001>
- Ivancic, I. (1998). Development of Maintenance in Modern Production. *Euromaintenance '98 Conference Proceedings*.
- Jauregui Becker, J. M., Borst, J., & van der Veen, A. (2015). Improving the overall equipment effectiveness in high-mix-low-volume manufacturing environments. *CIRP Annals*, *64*(1), 419–422. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2015.04.126>
- Jeong, K., & Phillips, D. T. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, *21*(11), 1404–1416. <https://doi.org/10.1108/EUM00000000006223>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, *78*, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - the role of OEE. *International Journal of Operations & Production Management*, *19*(1), 55–78. <https://doi.org/10.1108/01443579910244223>

- Kobayashi, K., Fisher, R., & Gapp, R. (2008). Business improvement strategy or useful tool? Analysis of the application of the 5S concept in Japan, the UK and the US. *Total Quality Management & Business Excellence*, *19*(3), 245–262. <https://doi.org/10.1080/14783360701600704>
- Krafcik, J. F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *MIT Sloan Management Review*, 41–52.
- Kumar, N., Shahzeb Hasan, S., Srivastava, K., Akhtar, R., Kumar Yadav, R., & Choubey, V. K. (2022). Lean manufacturing techniques and its implementation: A review. *Materials Today: Proceedings*, *64*, 1188–1192. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.481>
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R., & Alvelos, H. M. (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, *54*(6), 1708–1720. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1055349>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, *83*(6). <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-in-Time*. Engineering & Management Press.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, *46*(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance* (Productive Press, Ed.).
- Nallusamy, S., Kumar, V., Yadav, V., Prasad, U. K., & Suman, S. K. (2018). Implementation of total productive maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, *8*(1), 1027–1038. <https://doi.org/10.24247/ijmperdfeb2018123>
- Ng, K. C., Chong, K. E., & Goh, G. G. G. (2014). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) through the six sigma methodology in a semiconductor firm: A case study. *2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 833–837. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2014.7058755>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9780429273018>

- Oliveira, 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>
- Oliveira, R., Taki, S. A., Sousa, S., & Salimi, M. A. (2019). Global Process Effectiveness: When Overall Equipment Effectiveness Meets Adherence to Schedule. *Procedia Manufacturing*, *38*, 1615–1622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.123>
- Pinto, L., Nunes, E., & Sousa, S. (2020). A framework to improve training and development of workers’ technical skills: effects on operational performance during company relocation. *Procedia Manufacturing*, *51*, 1806–1813. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2020.10.251>
- Raouf, A. (1994). Improving Capital Productivity through Maintenance. *International Journal of Operations & Production Management*, *14*(7), 44–52. <https://doi.org/10.1108/01443579410062167>
- Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Productivity Press Inc.
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press.
- Smith A, T. Y. (2015). Lean Thinking: An Overview. *Industrial Engineering and Management*, *04*(02). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000159>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, *23*(4), 582. <https://doi.org/10.2307/2392581>
- Wannes, A., & Ghannouchi, S. A. (2019). KPI-Based Approach for Business Process Improvement. *Procedia Computer Science*, *164*, 265–270. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2019.12.182>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Simon and Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). The machine that changed the world. *Business Horizons*, *35*(3). [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(92\)90074-J](https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90074-J)

APÊNDICE I – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE CORTE DE FIO

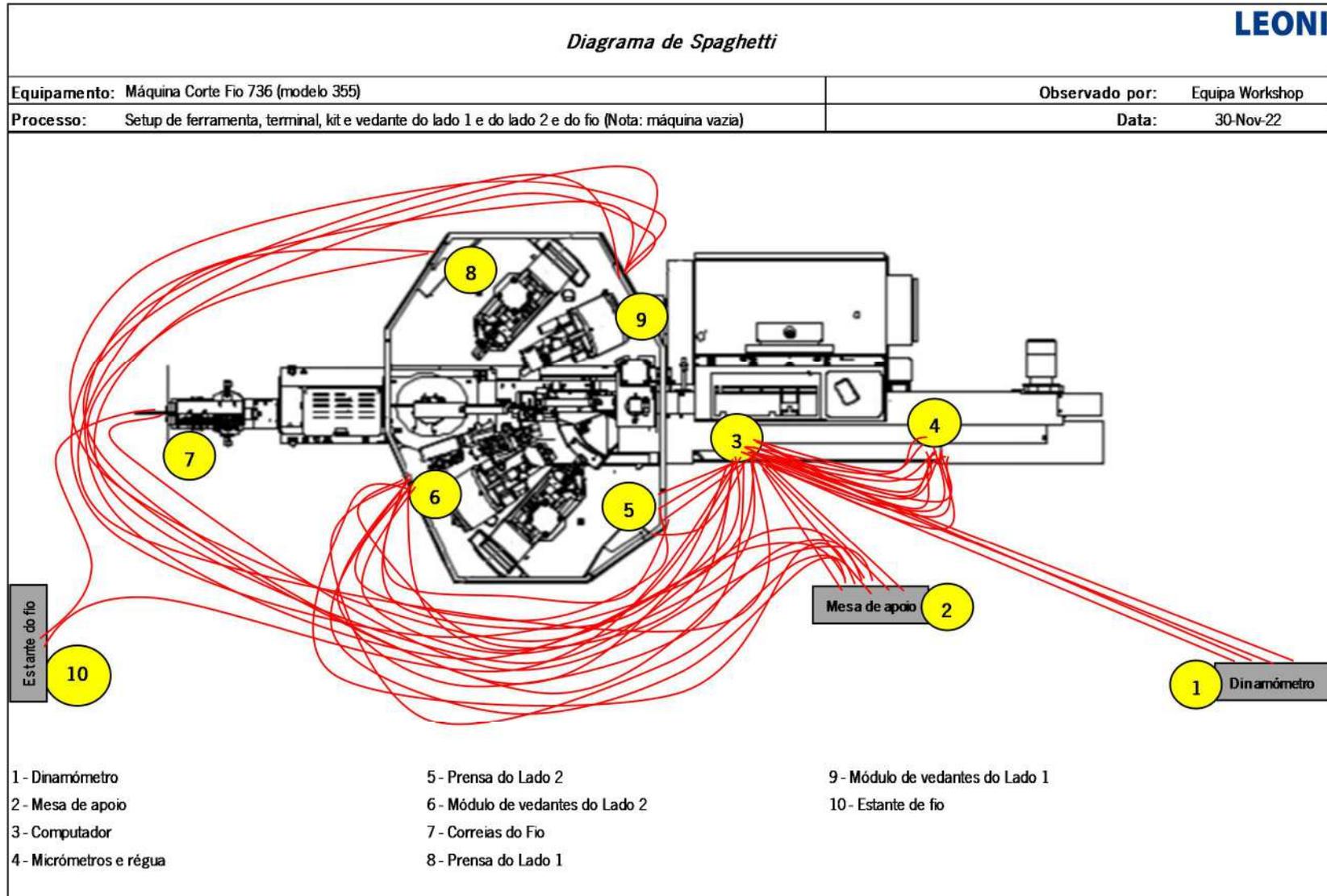


APÊNDICE II – FOLHA DE OBSERVAÇÃO SMED 1

FOLHA DE OBSERVAÇÃO SMED							LEONI	
Equipamento: Máquina Corte Fio						Observado por: Equipa Workshop		
Processo: Setup de ferramenta, terminal, kit e vedante do lado 1 e do lado 2 e do fio (Nota: máquina vazia)						Data: 30-Nov-22		
Seq.	Descrição da actividade	Tempo (seg)	Tempo Acumulado (seg)	Distância (m)	Distância (passos)	Interno / Externo	Comentários, Factos adicionais, melhorias...	Gráfico do Tempo de Actividade
1	Carregar carta.	23	23	0	0	E		
2	Pegar no boião e kit de vedante e levá-lo para o lado 1.	21	44	9.1	16	I		
3	Montar Kit de vedante do lado 1.	85	129	0	0	I	máquina vazia, não foi necessário retirar kit do trabalho anterior	
(n/a)	(Peça do Kit caída/perdida)	73	202	0	0	I		
4	Pegar no tambor de vedantes e transportá-lo para o lado 1.	29	231	16.2	26	I		
5	Encher tambor de vedantes.	4	235	1	3	I		
6	Colocar tambor de vedantes no lado 1.	6	241	1	3	I		
7	Registar vedante do lado 1.	12	253	8.1	13	I		
8	Pegar na ferramenta e terminal e levá-los para o lado 1.	22	275	8.2	14	I		
9	Colocar ferramenta e terminal no lado 1.	79	354	0	0	I	máquina vazia, não foi necessário retirar ferramenta e terminal do trabalho anterior	
10	Ir buscar fio à localização na estante.	89	443	7.2	11	I	não foram consideradas as distâncias até à localização na estante pois são variáveis	
11	Inserir fio na máquina.	35	478	0	0	I		
12	Pegar no boião e kit de vedante e levá-lo para o lado 2.	10	488	4.7	9	I		
13	Montar Kit de vedante do lado 2.	70	558	3.4	8	I	máquina vazia, não foi necessário retirar kit do trabalho anterior	
14	Pegar no tambor de vedantes e transportá-lo para o lado 2.	7	565	2.5	12	I		
15	Encher tambor de vedantes.	4	569	0	0	I		

16	Colocar tambor de vedantes no lado 2.	6	575	0	0	I		6
17	Registrar vedante do lado 2.	8	583	1.7	4	I		8
18	Pegar na ferramenta e terminal e levá-los para o lado 2.	6	589	2	6	I		6
19	Colocar ferramenta e terminal no lado 2.	38	627	0	0	I	máquina vazia, não foi necessário retirar ferramenta e terminal do trabalho anterior	38
20	Registrar ferramenta e terminal do lado 2.	20	647	0.2	1	I		20
21	Colocar cabeça da impressora.	61	708	16.2	26	I	passo necessário porque a máquina estava parada, mas não faz parte do setup habitual	61
22	Ajustes	55	763	0	0	I		55
23	Cortar amostra (só corte).	12	775	0	0	I		12
24	Verificar impressão e comprimento.	23	798	7.4	10	I		23
25	Cortar 1 fio amostra.	20	818	0	0	I		20
26	Medir altura da cravação do lado 1.	9	827	2	4	I		9
27	Ajustar ferramenta do lado 1 e cortar nova amostra.	29	856	3.4	9	I		29
28	Medir novamente altura e largura da cravação do lado 1 e ajustar	26	882	2	4	I		26
30	Medir altura e largura da cravação do lado 1.	11	893	3	6	I		11
31	Ajustar ferramenta do lado 1 e cortar nova amostra.	30	923	2	4	I		30
32	Medir largura da isolação do lado 1.	5	928	3	6	I		5
33	Medir força da cravação do lado 1.	74	1002	41	58	I	máquina sem dinamómetro integrado	74
34	Cortar nova amostra.	14	1016	0	0	I		14
35	Medir altura e largura da cravação do lado 2.	12	1028	3	4	I		12
36	Medir força da cravação do lado 2.	118	1146	41	58	I	máquina sem dinamómetro integrado	118
37	Vários ajustes e cortar novas amostras.	165	1311	0	0	I		165
38	Medir 3 alturas e 1 largura e registo para o LPCS do lado 1.	63	1374	3	6	I		63
39	Medir 3 alturas e 1 largura e registo para o LPCS do lado 2.	47	1421	3	6	I		47
			23.7 mins	195.3 mtrs	327.0 passos			

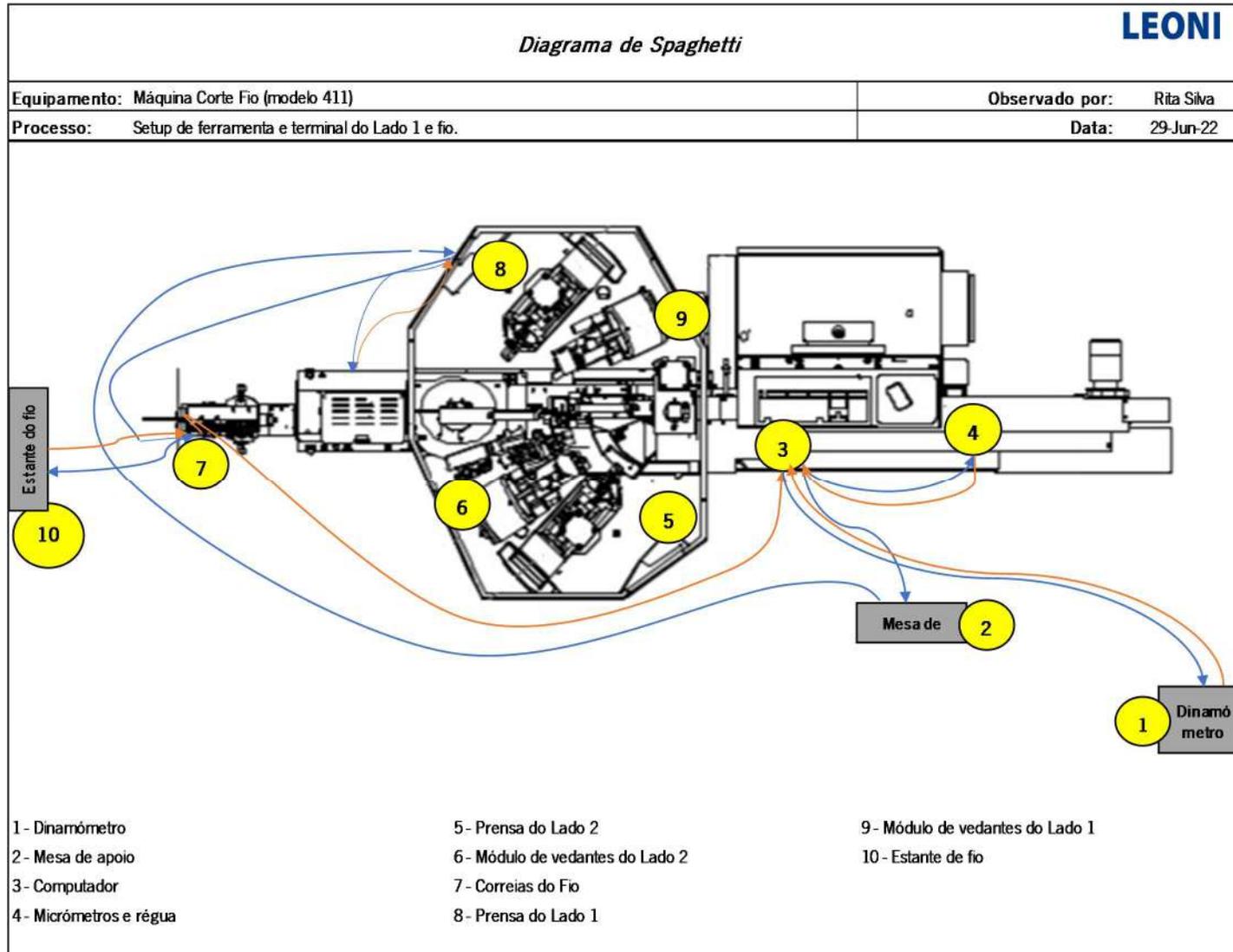
APÊNDICE III – DIAGRAMA DE SPAGHETTI 1



APÊNDICE IV - FOLHA DE OBSERVAÇÃO SMED 2

FOLHA DE OBSERVAÇÃO SMED							LEONI	
Equipamento: Máquina Corte Fio (modelo 411)					Observado por: Rita Silva			
Processo: Setup de ferramenta e terminal do Lado 1 e fio.					Data: 29-Jun-22			
Seq.	Descrição da actividade	Tempo (seg)	Tempo Acumulado (seg)	Distância (m)	Distância (passos)	Interno / Externo	Comentários, Factos adicionais, melhorias...	Gráfico do Tempo de Actividade
1	Carregar nova carta.	10	10	0	0	I		10
2	Pegar na ferramenta e terminal e levá-los para o lado 1.	11	21	8.2	14	I		11
3	Retirar bobine de terminais do trabalho anterior e colocá-la no suporte.	24	45	1	3	I		24
4	Retirar ferramenta do trabalho anterior.	12	57	1.5	4	I		12
5	Colocar nova ferramenta e registar.	8	65	0	0	I		8
6	Colocar nova bobine de terminais.	31	96	0	0	I		31
7	Colocar fita no enrolador e registar.	16	112	0	0	I		16
8	Retirar fio do trabalho anterior.	11	123	2.5	4	I		11
9	Inserir novo fio e registar.	65	188	2	6	I	localização do fio atrás da máquina	65
10	Cortar um fio de amostra.	19	207	3	5	I		19
11	Medir comprimento da amostra e registar.	8	215	1.5	4	I		8
12	Cortar um fio de amostra.	12	227	0.5	2	I		12
13	Verificação visual.	3	230	0	0	I		3
14	Ajustar parametros e cortar fio de amostra.	18	248	0.5	2	I		18
15	Medir altura.	8	256	0.5	2	I		8
16	Cortar um fio de amostra.	15	271	0.5	2	I		15
17	Medir altura, largura e força.	25	296	1	4	I	dinamómetro integrado na máquina	25
18	Cortar 3 amostras.	23	319	0	0	I		23
19	Medições LPCS: medir 3 alturas e 1 largura; efetuar registos.	99	418	1	4	I		99
20	Medir comprimento do 1º fio do lote.	26	444	2	6	E		26
			7.4 mins	25.7 mtrs	62.0 passos			

APÊNDICE V – DIAGRAMA DE SPAGHETTI 2



APÊNDICE VI – ANÁLISE DA MUDANÇA DE FIOS POR HORA

Análise efetuada às duas primeiras semanas de outubro de 2022 (de 3 a 14 de outubro) pois foi o mês com melhor OEE até ao momento da análise. A análise consistiu em registar todas as mudanças de fio efetuadas nas 20 máquinas em cada hora do dia. Como é possível ver na tabela seguinte, no dia 03 de outubro entre as 9h00 e as 10h00 registaram-se 57 mudanças de fio. De acordo com esta análise, em médio são efetuadas 43.89 mudanças de fio por hora, ou seja, aproximadamente 44 mudanças de fio.

Tabela 19 - Registos de mudanças de fios por hora

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	00:00	Média Mudanças / Hora	Maior valor
Média 03/10/2022	31	45	46	49	43	37	36	39	49	57	60	25	36	36	51	39	38	45	49	51	21	44	37	42	29	42	60
Média 04/10/2022	22	32	33	35	44	57	34	51	63	45	48	39	62	56	60	34	42	29	57	51	24	42	34	10	0	41	63
Média 06/10/2022	10	32	40	40	43	68	44	48	54	51	62	62	44	60	60	43	41	39	66	36	15	51	55	39	20	45	68
Média 07/10/2022	17	36	36	39	31	41	33	49	68	77	79	44	58	70	41	32	32	28	40	59	22	29	44	24	14	42	79
Média 10/10/2022	25	50	41	51	52	64	28	43	59	2	36	67	60	48	42	44	56	43	18	29	39	48	56	43	17	43	67
Média 11/10/2022	26	55	43	45	39	47	34	54	47	64	57	44	58	53	42	38	25	30	49	39	27	52	32	43	20	43	64
Média 12/10/2022	30	55	43	53	43	50	30	41	48	42	61	72	41	56	83	41	47	32	55	41	30	52	51	43	31	47	83
Média 13/10/2022	17	43	42	47	32	41	35	44	42	63	55	53	44	46	59	20	38	20	50	48	26	60	44	37	25	42	63
Média 14/10/2022	16	65	51	44	41	49	37	49	63	38	65	53	77	59	79	39	40	39	59	51	35	63	58	46	28	50	79
																										43.89	

APÊNDICE VII – ESTUDO DOS TEMPOS: ABASTECIMENTO DO FIO

Baseado na técnica de estudo de tempos, foram efetuadas cronometragens do abastecimento do fio. O número de observações necessárias foi determinado recorrendo à fórmula:

$$N' = \left(\frac{Z \times s}{\varepsilon \times m} \right)^2$$

Equação 5 - Fórmula do cálculo da dimensão da amostra

Em que:

N' – número mínimo de observações necessárias;

Z – valor da tabela de distribuição normal;

s – desvio padrão;

m – média;

ε – precisão.

Neste estudo de tempos foi considerado um nível de confiança de 95% e precisão de $\pm 5\%$, obtendo assim um valor de $Z = 1.96$.

A amostragem inicial consistia em apenas 10 observações, mas, como $N' > N$ foi necessário efetuar mais observações e repetir os cálculos de N' com os dados obtidos com as novas observações até obter $N' < N$. O resultado das observações estão disponíveis na Tabela 20:

Tabela 20 - Tempo médio par abastecimento de fio por metro

Observação	Distância (m)	Tempo (seg)	Tempo (seg) / Metro
1	7	12.6	1.80
1	11	23.46	2.13
3	4.2	6.6	1.57
4	6.3	10.8	1.71
5	8.4	11.04	1.31
6	12.6	19.2	1.52
7	8.4	12.36	1.47
8	5	10.2	2.04
9	5.5	9.7	1.76
10	3.1	6.1	1.97
11	8.5	12.66	1.49
12	6	11.1	1.85
13	6.7	12	1.79
14	5.8	10.3	1.78
15	7	11.9	1.70
16	12.1	21.2	1.75
17	5.2	8.9	1.71
18	6	10.6	1.77
19	14.3	21.8	1.52
20	4.1	6.4	1.56
21	7.2	10.9	1.51
22	11.3	19.8	1.75

Média	1.704
Desvio Padrão	0.192
N'	19.551

APÊNDICE VIII – CHECKLIST: AUDITORIAS ÀS MÁQUINAS DE CORTE

Auditoria: Corte



Data:		Turno:	
Nº Máquina:		Nome e Nº do operador:	
Ordem de corte:			
Itens:			
Produção			
Verificar:	SIM	NÃO	Observações
1. O número de fios cortados está dentro do objectivo?			
2. O operador está qualificado (verificar Quadro de Equipa e LPERP)?			
3. Existe equipamento de limpeza? Está em boas condições?			
4. O posto está limpo?			
5. O operador fez o controlo visual (impressão, cravação, etc.)?			
6. O operador mediu o fio?			
7. A sequência de Set-up definida (IT3538) é respeitada?			
8. O procedimento para iniciar e finalizar a utilização da ferramenta é seguido correctamente? (Verificar se a ferramenta está em condições antes de usar (protecção) e depois da utilização verificar se são colocadas as três amostras e se a protecção está bem colocada.)			
9. O operador alocou o fio à caixa correctamente (leitura de código de barras, separação de fios directos e PC, não há mistura de fios de ordens diferentes na mesma caixa)?			
10. A velocidade da máquina está no máximo?			
11. A ferramenta e terminal do próximo trabalho estão disponíveis?			
12. Material (terminal e ferramenta) que vai entrar / sair está colocado na localização correcta (zonas "verdes" e "vermelhas")?			
13. A selecção, pedido, abastecimento e leitura de fio é feita de acordo com a IT3400?			
ST			
Verificar:	SIM	NÃO	Observações
1. Todo o equipamento está funcional?			
2. Os equipamentos eletrónicos estão operacionais e sem danos? (tubos de ar comprimido, cabos electricos...)			
3. O parametros do CFA estão de acordo com o definido (AA 3041)?			
4. Os enroladores de fita de papel estão operacionais? *			
5. As prensas estão aprovadas e sem danos?			
6. As lâminas estão a funcionar corretamente e sem danos? *			
7. As garras estão a funcionar corretamente e sem danos? *			
8. As roldanas condutoras de fio estão a funcionar corretamente e sem danos? *			
9. Os manómetros estão operacionais e a zona vermelha está correctamente identificada? *			
10. Os anéis de cerâmica estão operacionais e sem danos? *			
11. Existe Lupa? Está operacional e sem danos?			
12. A iluminação "semáforo" está a funcionar?			
13. As calhas dos fios estão agrupadas correctamente sem abertura entre elas? *			
14. As "Borrachas" nas pernas da mesa estão presentes, sem danos e niveladas? *			
15. A estante de fio e argolas de abastecimento estão sem danos?			

QM			
Verificar:	SIM	NÃO	Observações
1. Os registos de qualidade são feitos correctamente (AA3117)?			
2. A câmara USB / sensor está operacional? (Máquina 736, 804 e 304) *			
3. O operador está a usar os guias ("bicos") de fio adequados? *			
4. As amostras do início da combinação foram guardadas? Estão de acordo com as especificações?			
5. Os maços de fio estão protegidos e acondicionados de acordo com a IT3168?			
6. O papel dos terminais está inserido no enrolador?			
7. Os terminais estão em bom estado (sem danos, não estão torcidos)?			
8. Os equipamentos de medição estão operacionais e dentro do prazo de aprovação?			
9. As bobinas de terminais estão correctamente acondicionadas na estante (orientação e mola)?			
10. A folha de manutenção diária está devidamente assinada?			
IT			
Verificar:	SIM	NÃO	Observações
01. A requalificação da máquina está dentro do prazo?			
02. A calibração da prensa está dentro do prazo?			
03. O software TopWin está a funcionar correctamente?			
04. O software LPCS está a funcionar correctamente?			
05. O operador está a usar o seu login no LPCS?			
06. O operador está a usar apenas o FUNC e login no LPCS com permissões de operador (restrição de utilizador)?			
07. O scanner funciona correctamente?			
IE / PPE / OEE			
Verificar:	SIM	NÃO	Observações
1. O material necessário está ao alcance ótimo do operador?			
2. O material auxiliar ("bicos", "chupetas", alicates, etc.) está disponível para trabalhar?			
3. As movimentações do operador estão otimizadas e sem perdas?			
4. Os operadores conhecem a instrução dos passos de set-up (IT3538)?			
5. As IT's e ajudas visuais estão disponíveis e atualizadas?			
5. Os objetivos do OEE estão disponíveis e atualizados?			
6. Os objectivos do OEE foram alcançados?			
7. Todo o material e equipamento está identificado? As identificações estão em bom estado?			

* consultar ajudas visuais

Assinatura: _____
Número: _____

Auditoria Corte - Ajudas Visuais



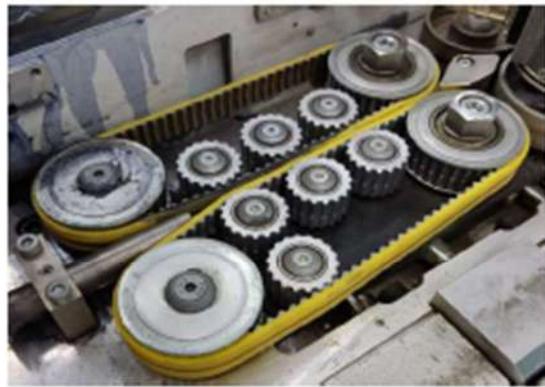
Enrolador de Papel



Lâmina corte fio



Garras



Roldanas e cinta condutora do fio



Manometro



Anéis de cerâmica

Auditoria Corte - Ajudas Visuais



Calhas



Pernas máquina (borracha)



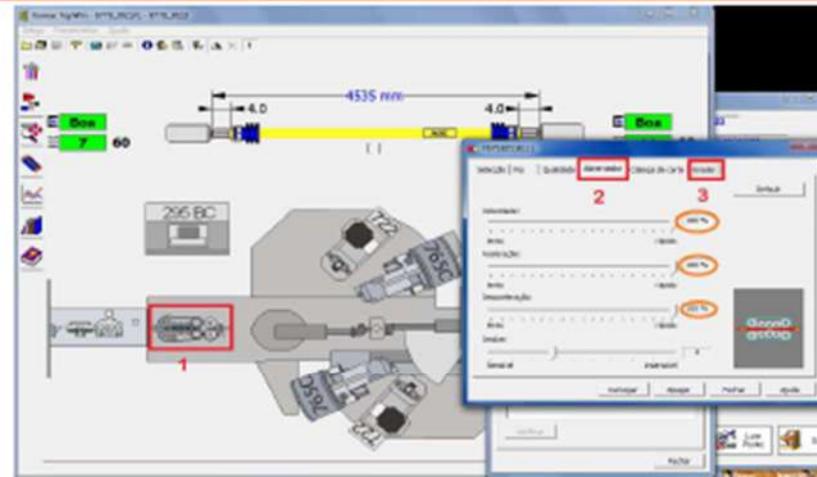
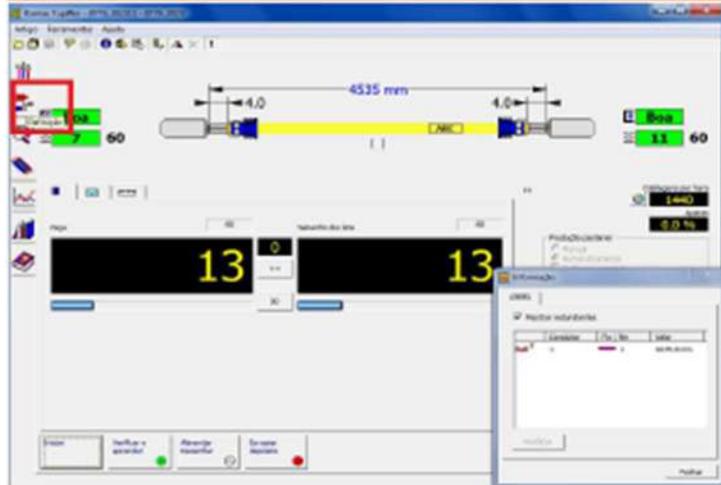
Camãra / sensor



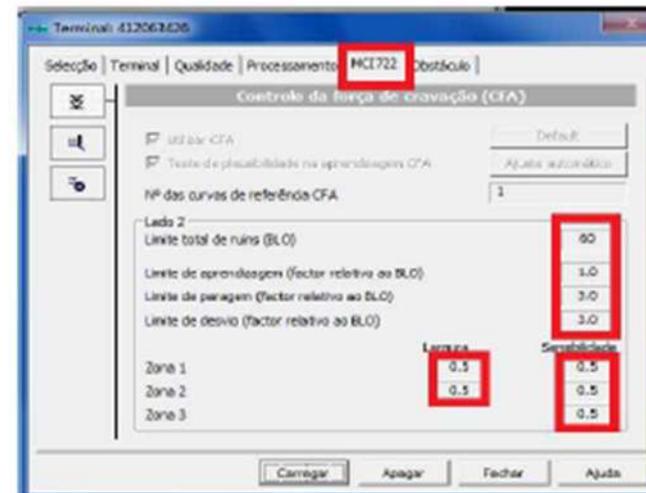
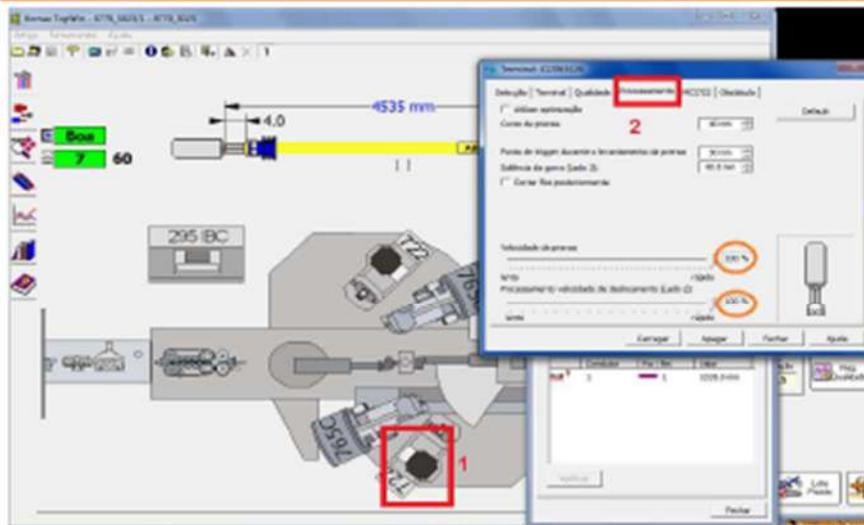
Guias ("bicos")

Auditoria Corte - Ajudas Visuais

Verificar velocidade do fio



Verificar velocidade da cravação e CFA



APÊNDICE X – FORMAÇÃO SOBRE OEE E DIVULGAÇÃO DE OBJETIVOS

OEE: Cálculo e Objetivos

R. Silva

LEONI

1

OEE: Definição
6 perdas

Tempo efetivo de produção

Tempo não planejado

Perdas de Disponibilidade

Perdas de Velocidade

Perdas de Qualidade

Disponibilidade / Availability

1. Paragens Planeadas
Durante o tempo planejado de produção, o equipamento não funciona devido a uma paragem **planeada**.
Ex: manutenção, quebras de ferramentas, limpeza e preparação, etc.

2. Paragens Não Planeadas
Durante o tempo planejado de produção, o equipamento não funciona devido a uma paragem **não-planeada**.
Ex: falta de operador ou material, avarias, manutenção não planejada, etc.

Velocidade / Performance

3. Micro paragens
Paragens de curta duração, menos de 10min, normalmente resolvidas pelo operador.
Ex: preparação quotas, trocas de ferramentas, identificação, etc.

4. Velocidade reduzida
Velocidade de máquina está mais baixa do que a velocidade **standard**.
Ex: equipamento antigo, erros humanos, qualidade do material, etc.

Qualidade

5. Defeitos pelo tempo
Paragens de curta duração, menos de 10min, normalmente resolvidas pelo operador.
Ex: preparação quotas, trocas de ferramentas, identificação, etc.

6. Defeitos sem tempo
Velocidade de máquina está mais baixa do que a velocidade **standard**.
Ex: equipamento antigo, erros humanos, qualidade do material, etc.

2 — LEONI PORTUGAL (Intern)

LEONI

2

OEE: Definição
Cálculo

OEE = Disponibilidade x Velocidade x Qualidade

Exemplo:

Horas de funcionamento de máquina: 24h

Perdas de disponibilidade: 12h (setup=3h; avarias=4h; falta operador=5h)

Disponibilidade: 12h / 24h = 0,5 = 50%

Perdas de velocidade: 6h (30000hs contados > 60000hs target)

Velocidade: 30000hs / 60000hs = 0,5 = 50%

Perdas de qualidade: 0

Qualidade: se não há perdas, qualidade = 100%

Disponibilidade = 50%

Velocidade = 50%

Qualidade = 100%

OEE = 0,5 x 0,5 x 1 = 25%

Com OEE a 25%, de 24 horas do tempo disponível para produção, apenas **6 horas** são horas de produção efetiva.

3 — LEONI PORTUGAL (Intern)

LEONI

3

OEE: Registos
Códigos de Paragem

01: falta de...
02: falta de material
03: falta de energia
04: inoperante
07: ausência de qualidade com o fu

01: Alteração paragem
02: Operação de ajuste
03: falta de ferramenta
04: Problemas com o material

01: falta de material identificado
02: Operação de falta de material
03: falta de nível de velocidade
04: Problemas com o material

02: Quality internal problem with material
03: Quality internal problem with tool
04: Re-working confirmation

01: interrupção de operador
02: Defeito mecânico
03: Defeito eléctrico
04: Problema de ajuste
05: Problemas de software
06: Problemas com o equipamento

01: interrupção
02: falta de material
03: falta de energia
04: falta de material
05: interrupção de ajuste de material
06: limpeza
07: limpeza de material de equipamento
08: limpeza de paragem não documentada

01: modo de operação (manipulação) = tool
02: falta de material
03: interrupção de ferramenta
04: interrupção de ferramenta
05: interrupção de material
06: interrupção de material
07: modo de operação

01: interrupção de operador
02: Defeito mecânico
03: Defeito eléctrico
04: Problema de ajuste
05: Problemas de software
06: Problemas com o equipamento

01: interrupção
02: falta de material
03: falta de energia
04: falta de material
05: interrupção de ajuste de material
06: limpeza
07: limpeza de material de equipamento
08: limpeza de paragem não documentada

01: modo de operação (manipulação) = tool
02: falta de material
03: interrupção de ferramenta
04: interrupção de ferramenta
05: interrupção de material
06: interrupção de material
07: modo de operação

4 — LEONI PORTUGAL (Intern)

LEONI

4

OEE: Objetivos

Objetivos 2023

Objetivo 2023	OEE	Availability / Disponibilidade	Performance / Velocidade	Tempo médio de setup	UPD / Tempo de Paragem Não Planeado
	32.12%	47.2%	75%	1.45 min	10%

Melhor mês de 2022: Outubro	OEE	Availability / Disponibilidade	Performance / Velocidade	Tempo médio de setup	UPD / Tempo de Paragem Não Planeado
	29.4%	55.41%	53.14%	1.36 min	12.83%

5 LEONI PORTUGAL LEONI

5

OEE: Objetivos

Consultar resultados

The screenshot shows a software interface with a data table on the left and a detailed view on the right. The table lists various metrics and their values. The detailed view shows a hierarchical structure of data points.

6 LEONI PORTUGAL LEONI

6

Questões?

› Questões e / ou Dúvidas?

LEONI PORTUGAL LEONI

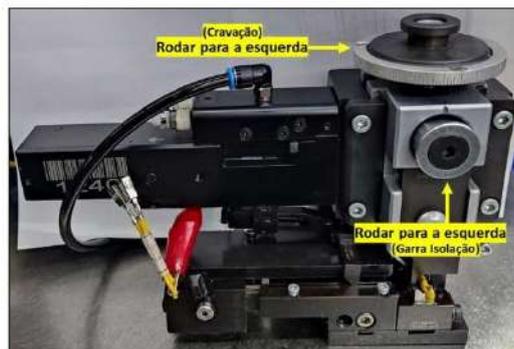
7

APÊNDICE XI – CROQUI: AJUSTE DE APLICADORE DE TERMINAIS

Ajuste de Ferramentas

LEONI

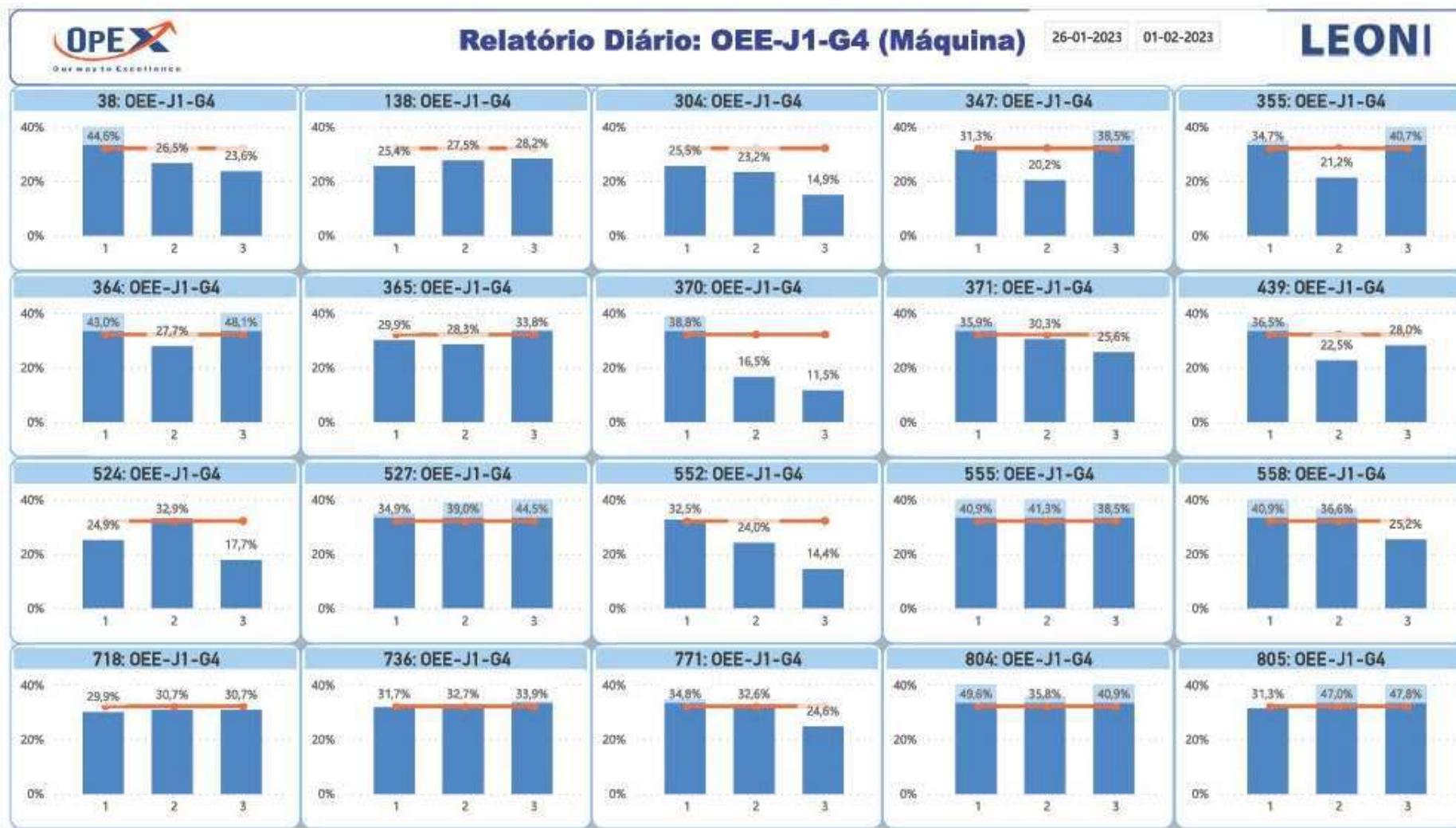
Direção do ajuste de acordo com o tipo de ferramenta para **APERTAR**:



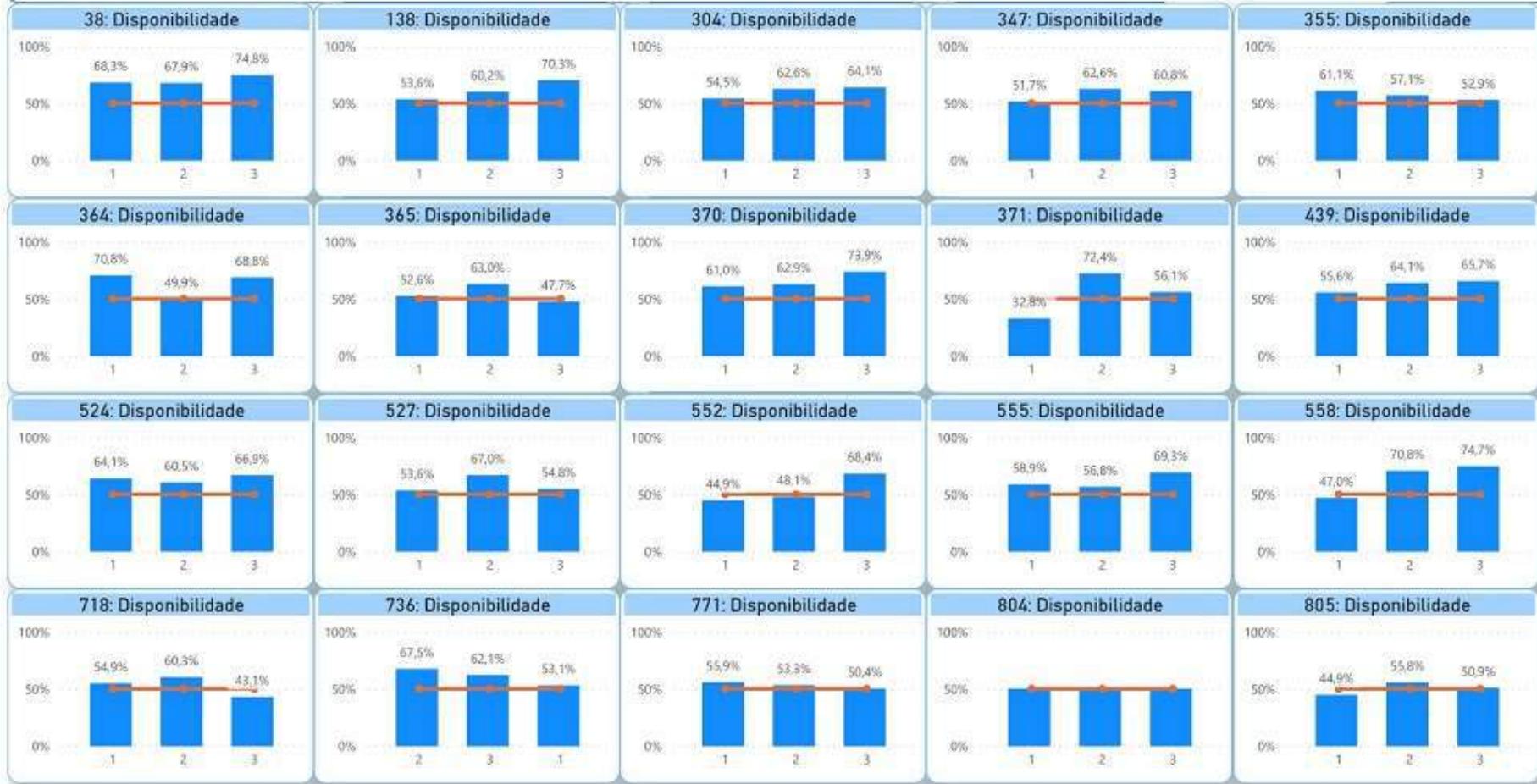
[Internal]

R. Silva 09.02.2023

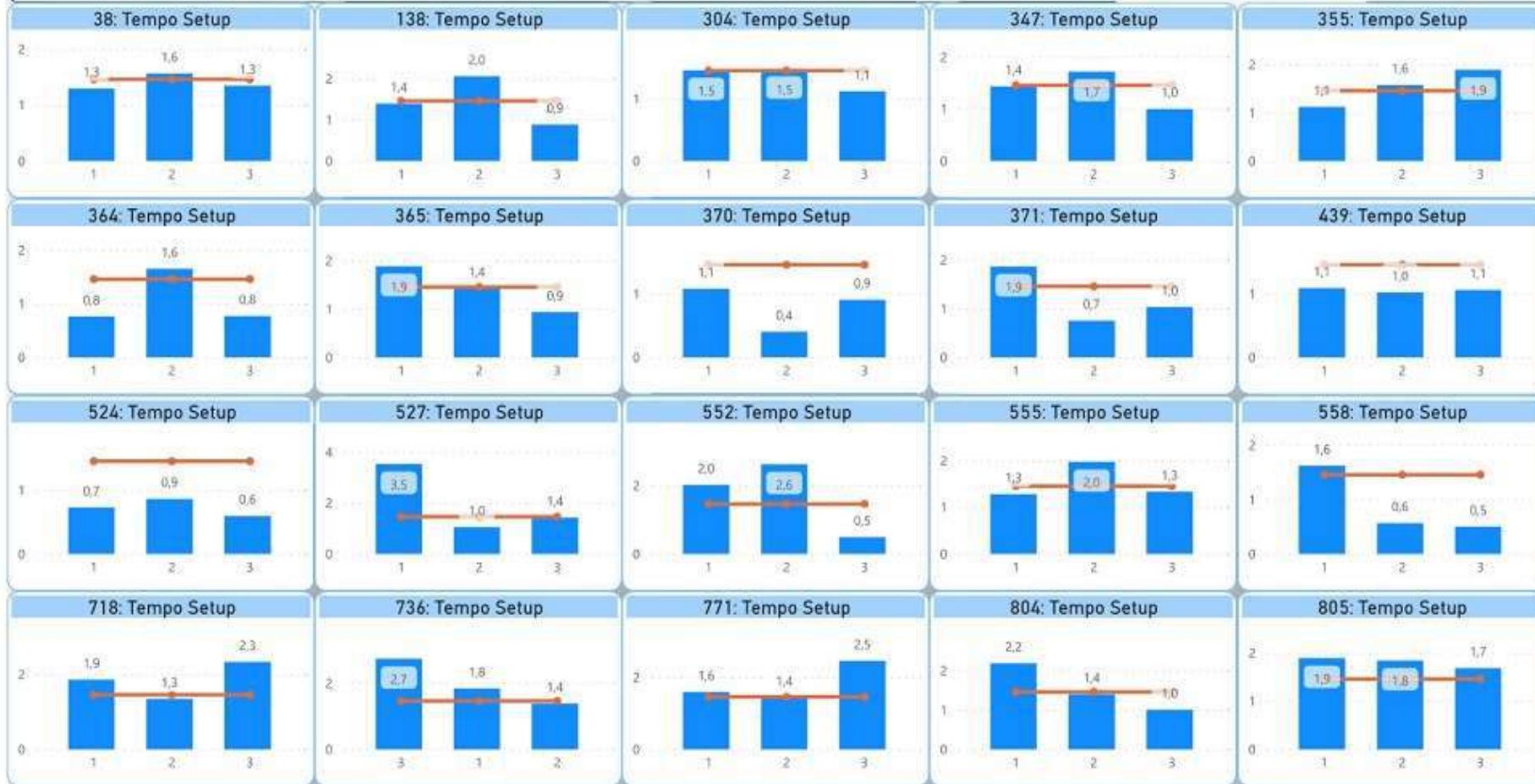
APÊNDICE XII – RELATÓRIO DIÁRIO DE RESULTADOS

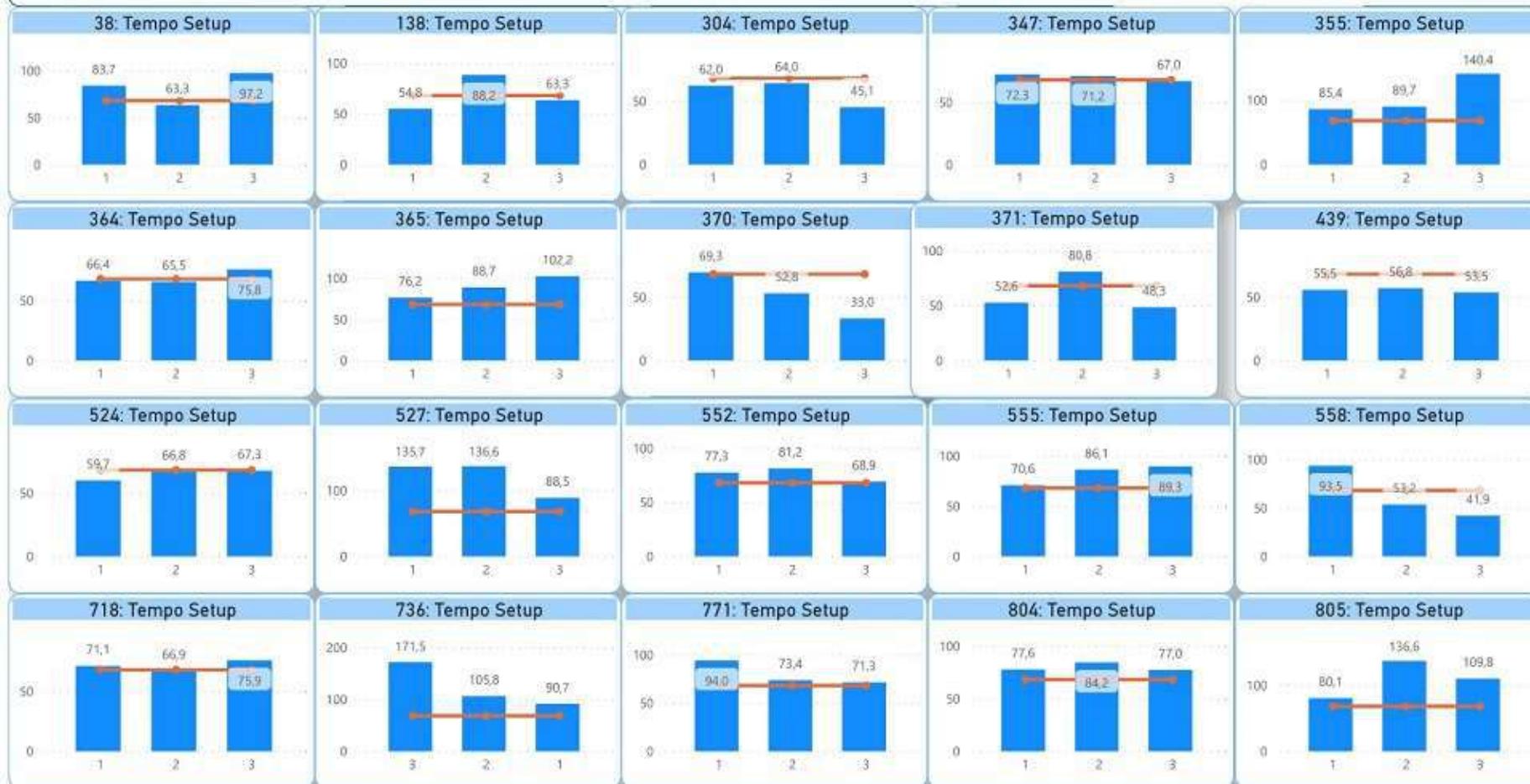












APÊNDICE XIII – LISTA DE CÓDIGOS DE PARAGEM

Tabela 21 - Códigos de paragem do OEE: lista original

St	St_Bez	StG_Bez	Comments
A 0.1	A 0.1 : Change lenght	A - preparação de maquinas	Not Used
A 1.1	A 1.1 : Wire	A - preparação de maquinas	Not Used
A 2.1	A 2.1 : Wire/ (App/ terminal side 1)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 2.2	A 2.2 : (App/ terminal side 1)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 2.3	A 2.3 : Seal S1	A - preparação de maquinas	Not Used
A 2.4	A 2.4 : Wire/ (App/ terminal side 1) Seal S1	A - preparação de maquinas	Not Used
A 2.5	A 2.5 : Wire/ (App/ terminal side 1) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 2.6	A 2.6 : Wire/ (App/ terminal side 1) Seal S1/ Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 3.1	A 3.1 : Wire/ (App/ terminal side 2)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 3.2	A 3.2 : (App/ terminal side 2)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 3.3	A 3.3 : (App/ terminal side 2) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 3.4	A 3.4 : Wire/ (App/ terminal side 2) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 3.5	A 3.5 : Wire/ Seal S1/ (App/ terminal side 2)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 3.6	A 3.6 : Wire/ Seal S1/ (App/ terminal side 2) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 4.1	A 4.1 : Wire/ (App/ terminal side 1) (App/ terminal side 2)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 4.2	A 4.2 : (App/ terminal side 2)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 4.3	A 4.3 : Wire/ (App/ terminal side 1) Seal S1/ (App/ terminal side 2) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 4.4	A 4.4 : Wire/ (App/ terminal side 1) Seal S1/ (App/ terminal side 2)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 4.5	A 4.5 : Wire/ (App/ terminal side 1) (App/ terminal side 2) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 5.1	A 5.1 : Seal S1	A - preparação de maquinas	Not Used
A 5.2	A 5.2 : Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 5.3	A 5.3 : Seal S1/ Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 6.1	A 6.1 : Seal S1/ (App/ terminal side 2) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 6.2	A 6.2 : (App/ terminal side 2) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 6.3	A 6.3 : Seal S1/ (App/ terminal side 2)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 6.4	A 6.4 : Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 6.5	A 6.5 : Seal S1/ Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 6.6	A 6.6 : Seal S1/ (App/ terminal side 2)	A - preparação de maquinas	Not Used
A 6.7	A 6.7 : Seal S1/ (App/ terminal side 2) Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 7.1	A 7.1 : Wire/ Seal S1	A - preparação de maquinas	Not Used
A 7.2	A 7.2 : Wire/ Seal S1/ Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 7.3	A 7.3 : Wire/ Seal S2	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.1	A 8.1 : Wire change	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.2	A 8.2 : Terminal change	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.3	A 8.3 : Applicator change/ set	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.4	A 8.4 : Fill bowl with seal	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.5	A 8.5 : Refill tin	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.6	A 8.6 : Change printer foil wire	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.7	A 8.7 : Blade setting	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.8	A 8.8 : Knot in lead	A - preparação de maquinas	Not Used
A 8.9	A 8.9 : Setting of tinning	A - preparação de maquinas	Not Used
A0	A0 : mudar comprimento/ marcação < 1min	A - preparação de maquinas	Used
A1	A1 : 1° set-up	A - preparação de maquinas	Used
A10	A10 : mudar impressão	A - preparação de maquinas	Not Used
A11	A11 : Abrasion of wire	A - preparação de maquinas	Used
A12	A12 : perforar tamboril	A - preparação de maquinas	Not Used
A13	A13 : mudar/ afinar ferramenta	A - preparação de maquinas	Used
A14	A14 : mudar rolo de terminal	A - preparação de maquinas	Used
A15	A15 : colocar vedantes	A - preparação de maquinas	Used
A16	A16 : Ordem urgente	A - preparação de maquinas	Used
A17	A17 : mudar bloco de laminas	A - preparação de maquinas	Not Used
A2	A2 : mudar fio	A - preparação de maquinas	Used
A4	A4 : no no fio	A - preparação de maquinas	Used
A5	A5 : mudar kit vedante	A - preparação de maquinas	Used

St_	St_Bez	StG_Bez	Comments
A6	A6 : open lid	A - preparação de maquinas	Not Used
A7	A7 : por solda	A - preparação de maquinas	Not Used
A8	A8 : set up de solda	A - preparação de maquinas	Not Used
A9	A9 : mudar fita de impressão	A - preparação de maquinas	Used
B1	B1 : preencher carta PDEK	B - Controle qualidade	Used
B2	B2 : control visual	B - Controle qualidade	Used
B3	B3 : waiting for micrograph release	B - Controle qualidade	Used
C1	C1 : falta de fio	C - Material	Used
C2	C2 : falta de terminal	C - Material	Used
C3	C3 : falta de vedante	C - Material	Used
C4	C4 : falta de solda	C - Material	Not Used
C5	C5 : Taping	C - Material	Not Used
C6	C6 : Inventario	C - Material	Used
C7	C7 : Problemas de qualidade com o fio	C - Material	Used
C8	C8 : Missing Housing	C - Material	Not Used
D1	D1 : Defeito mecanico	D - Defeito de maquina	Used
D2	D2 : Defeito electrico	D - Defeito de maquina	Used
D4	D4 : Pressão baixa de ar	D - Defeito de maquina	Used
D5	D5 : Problemas de software	D - Defeito de maquina	Used
D6	D6 : Problemas com a impressora	D - Defeito de maquina	Used
D7	D7 : CCD Errors	D - Defeito de maquina	Not Used
D8	D8 : Insertion Errors	D - Defeito de maquina	Not Used
D9	D9 : EndCap problems	D - Defeito de maquina	Not Used
E1	E1 : ferramenta partida	E - Ferramenta	Used
E2	E2 : Desgaste de pecas	E - Ferramenta	Used
E3	E3 : falta de ferramenta	E - Ferramenta	Used
E4	E4 : Problemas com o terminal	E - Ferramenta	Used
F1	F1 : kit de vedante danificado	F - Vedante	Used
F2	F2 : Desgaste do kit de vedante	F - Vedante	Used
F3	F3 : falta de kit de vedante	F - Vedante	Used
F4	F4 : Problemas com o vedante	F - Vedante	Used
G1	G1 : introdução de operador	G - falta de operador	Used
G2	G2 : formação	G - falta de operador	Used
G3	G3 : LPS reuniao	G - falta de operador	Used
G4	G4 : falta de operador	G - falta de operador	Used
G5	G5 : intervalo	G - falta de operador	Used
G6	G6 : Necessidades pessoais	G - falta de operador	Used
G7	G7 : reunioes	G - falta de operador	Used
G8	G8 : atraso de transporte	G - falta de operador	Not Used
H1	H1 : manutenção	H - manutenção	Used
I1	I1 : Change Program by Engineer	I - Engineering	Not Used
I2	I2 : Intervention by Engineer	I - Engineering	Not Used
J1	J1 : falta de ordens	J - falta de ordens	Used
K1	K1 : Missing box or trolley	K - falta material auxiliar	Used
K2	K2 : falta de caminho p. caixas	K - falta material auxiliar	Not Used
K3	K3 : Outras faltas	K - falta material auxiliar	Used
L1	L1 : Preparing end of order	L - Preparing end of order	Used
M1	M1 : Limpeza	M - Limpeza	Used
M2	M2 : Limpeza de banho de solda	M - Limpeza	Not Used
M3	M3 : Limpeza de cabeca de impressora	M - Limpeza	Used
N1	N1 : mudar etiquetas (impressora)	N - LPCS	Used
N2	N2 : Change printer foil label	N - LPCS	Used
N3	N3 : problemas de rede	N - LPCS	Used
N4	N4 : problemas de impressora	N - LPCS	Used
N5	N5 : dados errados	N - LPCS	Not Used
N6	N6 : outros	N - LPCS	Not Used
Q2	Q2 : Quality related problems with terminal	Q - Quality	Used
Q3	Q3 : Quality related problems with seal	Q - Quality	Used
Q4	Q4 : Re-teaching confirmation	Q - Quality	Used
Z1	Z1 : tempo de paragem nao-documentado	Z - tempo de paragem nao-documentado	Used

Tabela 22 - Códigos de paragem do OEE: lista alterada

St	St_Bez	StG_Bez	Comments
A0	A0 : mudar comprimento/ marcação < 1min	A - preparação de maquinas	Used
A1	A1 : 1° set-up	A - preparação de maquinas	Used
A11	A11 : Abrasion of wire	A - preparação de maquinas	Used
A13	A13 : mudar/ afinar ferramenta	A - preparação de maquinas	Used
A14	A14 : mudar rolo de terminal	A - preparação de maquinas	Used
A15	A15 : colocar vedantes	A - preparação de maquinas	Used
A16	A16 : Ordem urgente	A - preparação de maquinas	Used
A2	A2 : mudar fio	A - preparação de maquinas	Used
A4	A4 : no no fio	A - preparação de maquinas	Used
A5	A5 : mudar kit vedante	A - preparação de maquinas	Used
A9	A9 : mudar fita de impressão	A - preparação de maquinas	Used
B1	B1 : preencher carta PDEK	B - Controle qualidade	Used
B2	B2 : control visual	B - Controle qualidade	Used
B3	B3 : waiting for micrograph release	B - Controle qualidade	Used
C1	C1 : falta de fio	C - Material	Used
C2	C2 : falta de terminal	C - Material	Used
C3	C3 : falta de vedante	C - Material	Used
C6	C6 : Inventario	C - Material	Used
C7	C7 : Problemas de qualidade com o fio	C - Material	Used
D1	D1 : Defeito mecanico	D - Defeito de maquina	Used
D2	D2 : Defeito electrico	D - Defeito de maquina	Used
D4	D4 : Pressão baixa de ar	D - Defeito de maquina	Used
D5	D5 : Problemas de software	D - Defeito de maquina	Used
D6	D6 : Problemas com a impressora	D - Defeito de maquina	Used
E1	E1 : ferramenta partida	E - Ferramenta	Used
E2	E2 : Desgaste de pecas	E - Ferramenta	Used
E3	E3 : falta de ferramenta	E - Ferramenta	Used
E4	E4 : Problemas com o terminal	E - Ferramenta	Used
F1	F1 : kit de vedante danificado	F - Vedante	Used
F2	F2 : Desgaste do kit de vedante	F - Vedante	Used
F3	F3 : falta de kit de vedante	F - Vedante	Used
F4	F4 : Problemas com o vedante	F - Vedante	Used
G1	G1 : introdução de operador	G - falta de operador	Used
G2	G2 : formação	G - falta de operador	Used
G3	G3 : LPS reuniao	G - falta de operador	Used
G4	G4 : falta de operador	G - falta de operador	Used
G5	G5 : intervalo	G - falta de operador	Used
G6	G6 : Necessidades pessoais	G - falta de operador	Used
G7	G7 : reunioes	G - falta de operador	Used
H1	H1 : manutenção	H - manutenção	Used
J1	J1 : falta de ordens	J - falta de ordens	Used
K1	K1 : Missing box or trolley	K - falta material auxiliar	Used
K3	K3 : Outras faltas	K - falta material auxiliar	Used
L1	L1 : Preparing end of order	L - Preparing end of order	Used
M1	M1 : Limpeza	M - Limpeza	Used
M3	M3 : Limpeza de cabeca de impressora	M - Limpeza	Used
N1	N1 : mudar etiquetas (impressora)	N - LPCS	Used
N2	N2 : Change printer foil label	N - LPCS	Used
N3	N3 : problemas de rede	N - LPCS	Used
N4	N4 : problemas de impressora	N - LPCS	Used
Q2	Q2 : Quality related problems with terminal	Q - Quality	Used
Q3	Q3 : Quality related problems with seal	Q - Quality	Used
Q4	Q4 : Re-teaching confirmation	Q - Quality	Used
Z1	Z1 : tempo de paragem nao-documentado	Z - tempo de paragem nao-documentado	Used

APÊNDICE XIV – LISTA DE OPERAÇÕES ELEMENTARES DO *SETUP* APÓS SMED

Tabela 23 - Lista de operações elementares do setup após SMED

Operações elementares							LEONI
Equipamento: Máquina Corte Fio (modelo 355)				Elaborado por: Rita Silva			
Processo: Setup de aplicadores e terminais dos lados 1 e 2 e fio.				Data: 03/02/2023			
Seq.	Descrição da actividade	Tempo (seg)	Tempo Acumulado (seg)	Distância (m)	Distância (passos)	Interno / Externo	Comentários
1	Carregar nova carta.	5	5	0	0	I	
2	Levantar capota da máquina.	2	7	0	0	I	
3	Lado 1 - transportar aplicador e bobine de terminais da mesa de apoio para o Lado 1.	15	22	8.2	14	I	Inclui também deslocação do PC até à mesa de apoio.
4	Lado 1 - remover bobine de terminais do trabalho anterior, enrolar banda e papel.	18	40	0	0	I	
5	Lado 1 - remover aplicador do trabalho anterior, colocar proteção e limpar.	18	58	0	0	I	Inclui colocação das 3 amostras na aplicador.
6	Lado 1 - colocar bobine de terminais e aplicador no suporte do lado 1.	6	64	1.5	2	I	Inclui trajeto ida e volta ao suporte do lado 1.
7	Lado 1 - colocar novo aplicador na máquina.	6	70	0	0	I	
8	Lado 1 - colocar nova bobine de terminais, colocar fixador e papel no enrolador.	44	114	0	0	E	
9	Lado 1 - testar manualmente a cravação.	2	116	0	0	I	
10	Lado 1 - registar aplicador e bobine de terminais.	7	123	0	0	I	
11	Lado 1 - transportar aplicador e bobine de terminais para mesa de apoio do lado 2.	13	136	7.2	11	I	
12	Remover fio do trabalho anterior da máquina.	8	144	3	5	I	Inclui deslocação da mesa de apoio até à zona de inserção do fio.
13	Recolher fio e enrolar na respetiva bobine.	8	152	12.7	20	E	Tempo e distância variáveis, dependendo da posição do fio na estante (media estimada).
14	Puxar ponta do fio da respetiva localização na estante para junto da máquina.	8	159	12.7	20	E	Tempo e distância variáveis, dependendo da posição do fio na estante (media estimada).
15	Inserir fio na máquina.	8	167	0	0	I	
16	Puxar fio na máquina.	25	192	0	0	I	
17	Registar fio.	6	198	3	5	I	Inclui deslocação da zona de inserção do fio até ao PC.
18	Lado 2 - remover bobine de terminais do trabalho anterior, enrolar banda e papel.	18	216	0	0	I	
19	Lado 2 - remover aplicador do trabalho anterior, colocar proteção e limpar.	18	234	0	0	I	Inclui colocação das 3 amostras na aplicador.
20	Lado 2 - colocar bobine de terminais e aplicador no local de saída.	6	240	1	3	I	Inclui deslocação da zona da aplicador até à mesa de apoio.
21	Lado 2 - colocar novo aplicador na máquina.	7	247	1	3	I	Inclui deslocação da mesa de apoio para a zona da aplicador.
22	Lado 2 - colocar nova bobine de terminais, colocar fixador e papel no enrolador.	44	291	0	0	E	
23	Lado 2 - testar manualmente a cravação.	2	293	0	0	I	
24	Lado 2 - registar aplicador e bobine de terminais.	7	300	0	0	I	
25	Baixar capota da máquina.	2	302	0	0	I	
26	Cortar fio de amostra.	13	315	0	0	I	
27	Verificação visual.	2	317	0	0	I	
28	Medir comprimento do fio de amostra.	8	325	1.5	4	I	Inclui deslocação até régua e retorno ao PC.
29	Cortar fio de amostra.	13	338	0	0	I	
30	Medir altura e largura da cravação do Lado 1 e carregar dados para o TOPWIN.	14	352	1	2	I	Inclui deslocação até micrometro (ida e volta).

Seq.	Descrição da actividade	Tempo (seg)	Tempo Acumulado (seg)	Distância (m)	Distância (passos)	Interno / Externo	Comentários
31	Deslocação até ao dinamómetro central (ida e volta).	27	379	1	2	I	Dinamómetro na Máquina
32	Medir força da cravação do Lado 1.	12	391	0	0	I	
33	Cortar fio de amostra.	13	404	0	0	I	
34	Medir altura da cravação do Lado 2 e carregar dados para o TOPWIN.	14	418	1	2	I	Inclui deslocação até micrometro (ida e volta).
35	Deslocação até ao dinamómetro central (ida e volta).	27	445	1	2	I	Dinamómetro na Máquina
36	Medir força da cravação do Lado 2.	12	457	0	0	I	
37	Cortar 3 amostras.	20	477	0	0	I	
38	Medir 3 alturas e 1 largura da cravação do Lado 1 - registar no LPCS.	55	532	1	2	I	Inclui deslocação até micrometro (ida e volta).
39	Medir 3 alturas e 1 largura da cravação do Lado 2 - registar no LPCS.	55	587	1	2	I	Inclui deslocação até micrometro (ida e volta).
40	Iniciar produção.	2	589	0	0	I	
41	Medir comprimento de um fio do lote de produção.	18	607	3	10	E	Inclui deslocação até régua e retorno ao PC.
42	Preencher etiqueta manual das 3 amostras e colocar amostras na respetiva caixa.	12	619	0	0	E	
			10.3 mins	60.8 mtrs	109.0 passos		