



Beatriz Fernandes Alves Rodrigues

Aumento da produtividade de um setor de escolha eletrónica numa empresa do ramo da cortiça

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Beatriz Fernandes Alves Rodrigues

**Aumento da produtividade de um setor de
escolha eletrónica numa empresa do ramo
da cortiça**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho realizado sob a orientação do

Professor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

dezembro de 2020

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

Gostaria de agradecer a todos aqueles que me ajudaram a realizar este projeto.

À Amorim Cork por receberem-me e acompanharem-me nesta fase. Em especial aos meus orientadores, Alexandre Silva e Tiago Pinho, pelo apoio e todo o *feedback* que se transformou numa oportunidade de aprendizagem; aos colaboradores da 2^a e 3^a Escolha Eletrónica, pela paciência e abertura; e por último aos estagiários, pelos conselhos e motivação.

Ao professor Rui Sousa, pela disponibilidade e clareza na partilha de conhecimento, ao longo do curso e neste projeto.

Aos meus amigos por toda a boa disposição, união e entreajuda.

Finalmente, à minha família por acreditarem em mim e me apoiarem sempre.

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.

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DE UM SETOR DE ESCOLHA ELETRÓNICA NUMA EMPRESA DO RAMO DA CORTIÇA

RESUMO

A presente dissertação enquadra-se no curso de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial e foi realizada na Amorim Cork, com o objetivo geral de aumentar a produtividade num setor de escolha eletrónica de rolhas, através de princípios *Lean* e *Total Productive Maintenance* (TPM).

Este projeto empregou a metodologia investigação-ação, que no início consistiu numa análise ao sistema produtivo, através de diagrama de Ishikawa, diagrama de *spaghetti*, análise ABC, análise a *andons* e indicadores, como a produtividade e o *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Identificaram-se problemas como baixa eficiência, face a tempos de *setup* elevados e perdas de velocidade, reprocessamentos e carga de operadores significativa e não uniforme.

Posteriormente, para travar a ocorrência dos problemas expostos, foi sugerido um conjunto de propostas, que envolveu o desenvolvimento de uma ferramenta de avaliação das ações da manutenção, que permitiu estimar o número de operadores necessários; melhorias no equipamento e manutenção autónoma; a redefinição de operações e de *setup*; a alocação e sequenciação de artigos a linhas; a normalização de *andons* e a otimização de espaço à saída de uma máquina.

Os resultados obtidos envolveram um aumento de 88% e 244% no valor comercial de lotes em duas secções (ganhos anuais por linha de 23K € no setor), devido à ferramenta de avaliação e uma redução anual de 487km em distâncias percorridas e 350h em registos. Estes resultados contribuíram para a redução e uniformidade da carga dos operadores e também contribuíram, junto com o *Single Minute Exchange of Die* (SMED), para uma redução estimada de 33% e 72% do tempo de *setup* em duas secções. Depois, foi possível reduzir as perdas de velocidade, através de uma redução entre 18% a 45% do *Mean Waiting Time* (MWT) e através de uma redução em 82% de encravamentos numa máquina. Posteriormente, foi estimada a eliminação e redução em 79% de reprocessamentos de dois tipos de produtos (ganhos anuais por linha de 24K € e 60K €). Por último, verificou-se uma redução de 16% de falsos positivos numa classe de produtos. Com isto, foi estimado um aumento de 15% e 18% da produtividade e um aumento do OEE em 22% e 16% em duas secções.

PALAVRAS-CHAVE

Cortiça, OEE, Produtividade, *Setup*, TPM.

INCREASE IN PRODUCTIVITY OF AN ELECTRONIC CHOICE SECTOR IN A CORK INDUSTRY

ABSTRACT

This dissertation is part of the Integrated Master on Engineering and Industrial Management course and it was carried out at Amorim Cork, with the general purpose of increasing the productivity in a sector of electronic choice of stoppers, through Lean principles and Total Productive Maintenance (TPM).

This project applied the action-research methodology, which the first step consisted of an analysis of the production system, through Ishikawa diagram, spaghetti diagram, ABC analysis, andon analysis, and indicators like Overall Equipment Effectiveness (OEE) and productivity. It was identified problems, such as low efficiency, due to significant setup time and performance losses, excess of reprocessed goods and uneven and significant operator load.

Subsequently, to stop the reoccurrence of the exposed problems, a set of proposals was suggested, that involved the development of an assessment tool for maintenance actions, which allowed estimating the number of maintenance operators required; machine improvement and autonomous maintenance; a redefinition of work procedures and setup; allocation and sequencing of articles to lines; normalization of *andon*; and optimization of space at the exit of a machine.

The results involved an increase of 88% and 244% in the commercial value of lots in two sections (annual gains per line of 23K € in the sector), due to the assessment tool and annual reduction of 487km in motions and 350h in records. These results intervened on the reduction and uniformity of the operators' load and contributed, along with Single Minute Exchange of Die (SMED), to an estimated reduction of 33% and 72% of the setup time in two sections. Then, it was possible to reduce speed losses by reducing the Mean Waiting Time (MWT) by 18% to 45% and by reducing the frequency of errors in a machine by 82%. Subsequently, it was estimated the elimination and reduction by 79% of two types of reprocessing goods (annual gains per line of 24K € and 60K €). Finally, there was a 16% reduction of false positives in a class of products. In sum, it was estimated an increase by 15% and 18% in productivity and an increase in OEE by 22% and 16% in two sections.

KEYWORDS

Cork, OEE, Productivity, Setup, TPM

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos	xvii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação	3
1.4 Estrutura de dissertação.....	3
2 Revisão bibliográfica	5
2.1 <i>Lean Production</i>	5
2.2 <i>Toyota Production System (TPS)</i>	5
2.2.1 Casa TPS	6
2.2.2 Desperdícios.....	7
2.3 <i>Lean Thinking</i>	8
2.4 Forças e barreiras à implementação de <i>Lean Production</i>	9
2.5 Indicadores, ferramentas e metodologias de Melhoria Contínua	9
2.5.1 Melhoria Contínua (<i>kaizen</i>)	9
2.5.2 <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	10
2.5.3 <i>Overall Equipment Effectiveness (OEE)</i>	12
2.5.4 <i>Mean Time Between Failures (MTBF)</i> e <i>Mean Time to Repair (MTTR)</i>	14
2.5.5 Produtividade	14
2.5.6 <i>Poka-yoke</i>	14
2.5.7 <i>Single Minute Exchange of Die (SMED)</i>	15
2.5.8 Mecanismo <i>andon</i>	16

2.6	<i>Lean</i> na indústria alimentar	17
3	Apresentação da empresa	18
3.1	Estrutura	18
3.2	Classificação do produto	19
3.3	Processo produtivo	19
4	Descrição e análise crítica da situação inicial	22
4.1	Caraterização da área de estudo	22
4.1.1	2ª Escolha Eletrónica (2ª EE)	22
4.1.2	3ª Escolha Eletrónica (3ª EE)	24
4.1.3	Operações	25
4.2	Análise crítica e identificação de problemas	29
4.2.1	Análise dos indicadores da produtividade e da eficiência	29
4.2.2	Falta de normalização dos <i>andons</i>	32
4.2.3	Distância percorrida e tempos de registos elevados	34
4.2.4	Análise da alocação <i>standard</i> de artigos a linhas	37
4.2.5	Análise das ações da manutenção diária	39
4.2.6	Tempos de <i>setup</i> elevados	42
4.2.7	Reprocessamentos excessivos	44
4.3	Síntese dos problemas identificados	45
5	Desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria	46
5.1	Ferramenta de avaliação das ações da manutenção diária	47
5.1.1	Nomenclatura da ferramenta	47
5.1.2	Cálculo do ganho do valor comercial de um lote	48
5.1.3	Apresentação do funcionamento da ferramenta e <i>checklist</i>	49
5.1.4	Avaliação da carga de trabalho inter-turno	51
5.2	Melhorias no equipamento e manutenção autónoma	51
5.2.1	Alteração do material da guia	52
5.2.2	Incorporação de um <i>poka-yoke</i> no segundo centrífugo	53
5.2.3	Limpeza autónoma considerando o <i>stock</i> do <i>buffer</i>	54

5.2.4	Eliminação de fontes de sujidade e perdas de velocidade	57
5.3	Redefinição das atividades de <i>setup</i> na 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE).....	57
5.4	Alocação e sequenciação de artigos a linhas na 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE).....	60
5.4.1	Restrições	60
5.4.2	Matriz tempo de <i>setup</i> e matriz defeito de topo	61
5.4.3	Fixação de uma parte das linhas da secção	63
5.4.4	Alocação e sequenciação de artigos a linhas	64
5.4.5	Implementação.....	67
5.5	Redefinição das atividades de <i>setup</i> na 3ª Escolha Eletrónica (3ª EE).....	68
5.6	Redefinição de operações.....	71
5.6.1	Atividades eliminadas	71
5.6.2	Autocontrolo	71
5.6.3	Monitorização do defeito de topo.....	72
5.7	Normalização dos <i>andons</i>	73
5.8	Otimização do espaço à saída da máquina tipo II.....	74
6	Análise e discussão de resultados	76
6.1	Redução e uniformidade da carga de trabalho	76
6.1.1	Redução e uniformidade da carga de trabalho inter-turno	76
6.1.2	Redução e uniformidade da carga de trabalho intra-turno	78
6.2	Redução de perdas de velocidade.....	79
6.2.1	Redução do tempo de reação a um encravamento	79
6.2.2	Redução da frequência de encravamentos	80
6.3	Redução do tempo de <i>setup</i>	81
6.3.1	Redução do tempo de <i>setup</i> na 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE)	81
6.3.2	Redução do tempo de <i>setup</i> na 3ª Escolha Eletrónica (3ª EE)	82
6.4	Redução de reprocessamentos e aumento da disponibilidade de material	82
6.4.1	Redução de reprocessamentos das rolhas não lidas.....	82
6.4.2	Redução de reprocessamentos da máquina tipo II.....	83

6.5	Aumento da qualidade	83
6.6	Indicadores	83
6.6.1	Aumento da produtividade	83
6.6.2	Aumento do <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	84
6.7	Síntese dos resultados	85
7	Conclusão	86
7.1	Conclusões	86
7.2	Limitações	87
7.3	Trabalho futuro	88
	Referências Bibliográficas	89
	Anexo I – <i>Layout</i> da fábrica.....	93
	Anexo II – Consumo e produção da 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE)	94
	Apêndice I – Informação sobre o equipamento da 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE).....	95
	Apêndice II – Cálculo dos fatores do <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE)	97
	Apêndice III – Estudo de tempos das perdas de velocidade e peso de cada erro	98
	Apêndice IV – Sinalização dos <i>andons</i>	102
	Apêndice V – Entradas no abastecimento da 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE).....	104
	Apêndice VI – Análise dos valores obtidos do ficheiro da manutenção.....	106
	Apêndice VII – <i>Standard Work</i> da manutenção diária.....	107
	Apêndice VIII – <i>One Point Lesson</i> (OPL) da operação limpeza	110
	Apêndice IX – Matriz tempo de <i>setup</i>	111
	Apêndice X – Matriz defeito de topo	114
	Apêndice XI – Consumo mensal por artigo na 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE)	117
	Apêndice XII – Sequenciação de artigos	118
	Apêndice XIII – Confirmação de restrições	119
	Apêndice XIV – Registo de autocontrolo e controlo de defeito de topo	121
	Apêndice XV – Equação NIOSH para determinar as medidas ótimas da caixa	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Casa TPS (Adaptado de Liker & Morgan, 2006)	7
Figura 2 - Ciclo PDCA (Adaptado de Prashar, 2017)	10
Figura 3 - Pilares do TPM (Adaptado de Pačaiová & Ižariková, 2019)	12
Figura 4 - Relação entre tempo do equipamento, as “Seis Grandes Perdas” e o OEE (Adaptado de Nakajima, 1988)	13
Figura 5 - Mecanismo <i>andon</i>	16
Figura 6 - Unidades de negócio da Corticeira Amorim, S.G.P.S., S.A.....	18
Figura 7 - Rolha natural, rolha acquamark e rolha colmatada	19
Figura 8 - Diagrama de blocos alusivo ao processo produtivo	20
Figura 9 - <i>Layout</i> da 2ª EE	22
Figura 10 - Equipamento de uma linha da 2ª EE	24
Figura 11 - <i>Layout</i> da 3ª EE	24
Figura 12 - Equipamento de uma linha da 3ª EE	25
Figura 13 - Desdobra de um conjunto de rolhas de classe comercial n em $n+1$, n e $n-1$	27
Figura 14 - MTTR dos tipos de paragem da 2ª EE	30
Figura 15 - Origem das falhas na paragem das linhas da 2ª EE.....	31
Figura 16 - MTTR dos tipos de paragem da 3ª EE	32
Figura 17 - Diagrama de Ishikawa alusivo às perdas de velocidade.....	32
Figura 18 - <i>Andons</i> da 2ª EE.....	33
Figura 19 - Localização dos <i>andons</i> da 2ª EE.....	33
Figura 20 - Registos da 2ª EE	34
Figura 21 - Diagrama de <i>spaghetti</i> da operação autocontrolo (linha 4)	36
Figura 22 - Relação entre número de <i>setups</i> e nº de artigos consumidos em cada linha (janeiro a fevereiro de 2020).....	39
Figura 23 - Fotografia do topo de uma rolha com a câmara obstruída e com a câmara não obstruída	40
Figura 24 - Guia em movimento: transporte da rolha 1 e rolha 2 para a saída correspondente.....	41
Figura 25 - Sobreposição de 50 imagens do visor da máquina 8 (fotografias do corpo e topos de rolhas)	41
Figura 26 - Número de intervenções à guia em 2019	42
Figura 27 - Parte das saídas da máquina tipo II.....	44

Figura 28 - Obtenção da diferença qualitativa por classe (obtido através do visor da EE)	47
Figura 29 - Valor comercial de um lote após uma ação de limpeza	49
Figura 30 - <i>Checklist</i> de auxílio à manutenção diária da 2ª EE	49
Figura 31 - Secção “Input” da ferramenta	50
Figura 32 - Secção “Histórico” da ferramenta	50
Figura 33 - Secção “Avaliação das ações” da ferramenta.	50
Figura 34 - Contributo de cada operador em cada secção	51
Figura 35 - Número de intervenções da manutenção à guia por máquina em 2019	52
Figura 36 - Rolhas a reprocessar no final do turno; caixa à esquerda pertence à máquina 9 e caixa à direita pertence à máquina 8	53
Figura 37 - Sobreposição de 50 imagens do visor da máquina 9	53
Figura 38 - Encravamento no segundo centrífugo	54
Figura 39 - Centrífugo com palas	54
Figura 40 - Produções de dois meses das linhas da 2ª EE	55
Figura 41 - Fases do <i>buffer</i> : a) abastecimento do <i>buffer</i> ; b) esvaziamento do <i>buffer</i>	55
Figura 42 - Produção da EE com a influência da limpeza	56
Figura 43 - Ângulo entre o centrífugo/vibrador e a calha	57
Figura 44 - Local da etiqueta do próximo artigo	59
Figura 45 - Sequência ideal e alternativa da a) linha 1; b) linha 3; c) linha 4; d) linha 5; e) linha 9; f) linha 10; g) linha 11; h) linha 12; i) linha 13; j) linha 15	66
Figura 46 - Novo placar de auxílio ao operador que abastece	67
Figura 47 - Livro com os artigos a abastecer (esq.: ponto de vista do operador que abastece; dir.: ponto de vista do operador de máquina)	68
Figura 48 - Local do <i>kanban</i> , etiqueta e placa do próximo artigo	69
Figura 49 - Novo diagrama de <i>spaghetti</i> da operação autocontrolo (linha 4)	72
Figura 50 - Material de auxílio à monitorização do defeito de topo (à esquerda: local para colocar as rolhas que não são defeito de topo; à direita: braçadeira laranja no final da girafa)	73
Figura 51 - <i>Andons</i> numa linha	73
Figura 52 - Legenda da sinalização do <i>andon</i> da SVE	74
Figura 53 - Medida da caixa (à esquerda: caixas iniciais; à direita: modelo representativo das caixas propostas)	75

Figura 54 - Relação entre número de <i>setups</i> e n° de artigos consumidos em cada linha durante três semanas	79
Figura 55 - <i>Layout</i> da unidade industrial de Lamas.....	93
Figura 56 - Curva ABC dos artigos de entrada no abastecimento da 2ª EE.....	105
Figura 57 - Fluxograma das possíveis atividades da manutenção diária na 2ª EE	107
Figura 58 - Fluxograma das possíveis atividades da manutenção diária na 3ª EE	108
Figura 59 - OPL da operação de limpeza.....	110
Figura 60 - Possibilidade de sequência da a) linha 1; b) linha 3; c) linha 4; d) linha 5; e) linha 10; f) linha 11; g) linha 12; h) linha 15.....	118
Figura 61 - Novo registo de autocontrolo e controlo de defeito de topo.....	121
Figura 62 - Multiplicador de pega (MP) (retirado de Costa & Arezes, 2005).....	123
Figura 63 - Multiplicador de frequência (MF) (retirado de Costa & Arezes, 2005)	123

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do produto.....	19
Tabela 2 - Relação da 2ª EE e da 3ª EE	22
Tabela 3 - Descrição das atividades dos operadores da 2ª EE e 3ª EE	26
Tabela 4 - Tipos de <i>setup</i>	28
Tabela 5 - Produtividade na 2ª EE e 3ª EE	29
Tabela 6 - Resultado do OEE da 2ª EE e 3ª EE para a máquina do tipo I e para a máquina do tipo II .	30
Tabela 7 - Registo de informação repetitiva por operador por turno.....	35
Tabela 8 - Tempos de operação dos procedimentos de trabalho por operador por turno	35
Tabela 9 - Tempos de operação dos procedimentos de trabalho pelo técnico ou chefe de secção por turno	35
Tabela 10 - Sequência de passos da operação de autocontrolo	36
Tabela 11 - MWT mínimo, mediante a localização do operador.....	37
Tabela 12 - Regras de abastecimento da 2ª EE, emitido em 27 de agosto de 2019	37
Tabela 13 - Regras não cumpridas no abastecimento da 2ª EE (janeiro a fevereiro de 2020)	38
Tabela 14 - Número de <i>setups</i> e tempo de <i>setup</i> por cada operador, retirado do sistema informático (janeiro a fevereiro de 2020).....	38
Tabela 15 - Histórico de artigos abastecidos em linhas não próximas (janeiro e fevereiro de 2020)	39
Tabela 16 - Excerto do registo informático da 2ª EE	40
Tabela 17 - Rolhas não lidas e rolhas com defeito numa linha num turno	41
Tabela 18 - Tempo de <i>setup</i> médio por linha na 2ª EE	43
Tabela 19 - Tempo despendido por cada operador na edição do MES	43
Tabela 20 - Tempo de <i>setup</i> médio por linha da 3ª EE (retirado do MES)	44
Tabela 21 - Reprocessamentos das máquinas tipo II (janeiro e fevereiro de 2020)	45
Tabela 22 - Síntese dos problemas identificados no setor de escolha eletrónica de rolhas	45
Tabela 23 - Plano de ações.....	46
Tabela 24 - MTBF da guia (janeiro de 2019 a janeiro de 2020)	48
Tabela 25 - Resultados obtidos do estudo da guia à linha 9: rolhas não lidas e rolhas com defeito de topo	52
Tabela 26 - Produção e encravamentos da linha 1 e linha 2	56
Tabela 27 - Operações internas e operações externas de mudança de produto na 2ª EE	58

Tabela 28 - Proposta de passos para a mudança de produto.....	60
Tabela 29 - Artigos a analisar, obtidos da análise ABC.....	62
Tabela 30 - Transições ideais (verde), alternativas (amarelo) e não ideais (vermelho), relativamente ao tempo de <i>setup</i>	62
Tabela 31 - Transições ideais (verde), alternativas (amarelo) e não ideais (vermelho), relativamente à qualidade	63
Tabela 32 - Percentagem de defeito de topo para consumos superiores a uma semana	64
Tabela 33 - Artigos alocados por linha e dias de consumo	65
Tabela 34 - Operações internas e operações externas de mudança de produto na 3ª EE	68
Tabela 35 - Proposta de passos para a mudança de produto na 3ª EE	70
Tabela 36 - Eliminação, redefinição e acréscimo de operações.....	71
Tabela 37 - Planeamento por operador e semana	72
Tabela 38 - Nova sequência de operações para o autocontrolo.....	72
Tabela 39 - Ganho total do valor comercial de lotes por turno.....	76
Tabela 40 - Aumento do ganho do valor comercial por dia na 2ª EE	76
Tabela 41 - Aumento do ganho do valor comercial por dia na 3ª EE	77
Tabela 42 - Diferença do ganho do valor comercial entre o turno 1 e o turno 2	77
Tabela 43 - Redução da distância percorrida e tempo de registo (operador de máquina e chefe ou técnico)	78
Tabela 44 - Redução do MWT	80
Tabela 45 - Eliminação de encravamentos no centrífugo e na calha.....	80
Tabela 46 - Redução das perdas de velocidade no segundo centrífugo das linhas 12 à 16	81
Tabela 47 - Tempos de <i>setup</i> da 2ª EE retirados do MES	81
Tabela 48 - Diminuição do tempo de <i>setup</i> da 3ª EE (através de um teste).....	82
Tabela 49 - Estado inicial e proposto com a mudança da guia.....	83
Tabela 50 - Produtividade estimada da 2ª EE (unid/turno x linha)	84
Tabela 51 - OEE após melhorias da 2ª EE, 3ª EE para a máquina do tipo I (3ª EE (1)) e 3ª EE para a máquina do tipo II (3ª EE (2))	85
Tabela 52 - Síntese de resultados	85
Tabela 53 - Consumo e produção da 2ª EE.....	94
Tabela 54 - Características dos equipamentos das linhas da 2ª EE	95
Tabela 55 - Classificação dos artigos por linhas da 2ª EE	95

Tabela 56 - Identificação da versão da EE e classe mais apropriada, consoante a linha da 2ª EE	96
Tabela 57 - Versão da SVE tendo em conta o produto de consumo.....	96
Tabela 58 - Cálculo do tempo de abertura e tempo de funcionamento durante um turno	97
Tabela 59 - Fator qualidade	97
Tabela 60 - Cálculo do número mínimo de observações (N´)	99
Tabela 61 - Cálculo do tempo normalizado.....	100
Tabela 62 - Perdas de velocidade de um turno na 2ª EE	101
Tabela 63 - Perdas de velocidade na máquina do tipo I e do tipo II na 3ª EE.....	101
Tabela 64 - Sinalização dos <i>andons</i> da 2ª EE	103
Tabela 65 - Análise ABC de movimentações de entrada no abastecimento da 2ª EE	104
Tabela 66 - Diferenças entre o primeiro e segundo turno na 2ª EE	106
Tabela 67 - Diferenças entre o primeiro e segundo turno na 3ª EE	106
Tabela 68 - Média do ganho do valor comercial de um lote para ganhos não nulos.....	106
Tabela 69 - Procedimento geral da manutenção diária na 2ª EE.....	108
Tabela 70 - Procedimento geral da manutenção diária na 3ª EE.....	109
Tabela 71 - Matriz tempo de <i>setup</i> (artigo anterior fixo) (1).....	112
Tabela 72 - Matriz tempo de <i>setup</i> (artigo anterior fixo) (2).....	113
Tabela 73 - Matriz de defeito de topo (artigo anterior fixo) (1)	115
Tabela 74 - Matriz de defeito de topo (artigo anterior fixo) (2)	116
Tabela 75 - Número de dias de consumo durante um mês na 2ª EE	117
Tabela 76 - Percentagem de artigo alocado às linhas	119
Tabela 77 - Quadro geral da distribuição dos artigos pelas linhas	119
Tabela 78 - Análise do cumprimento da versão da SVE e da EE.....	120
Tabela 79 - Peso da caixa e das rolhas separadamente.....	122
Tabela 80 - Cálculo do peso limite recomendado da primeira e segunda atividade.....	124

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

1ª EE - 1ª Escolha Eletrónica

2ª EE - 2ª Escolha Eletrónica

3ª EE - 3ª Escolha Eletrónica

5W2H - *Who, What, Where, When, Why, How, How much*

EE - Escolha Eletrónica (máquina)

MES - *Manufacturing Execution Systems*

MTBF - *Mean Time Between Failures*

MTTR - *Mean Time To Repair*

MWT - *Mean Waiting Time*

NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

OF - Ordem de fabrico

OPL - *One Point Lesson*

PDCA - *Plan-Do-Check-Act*

ROSA - *Rate of Optimal Steam Application*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

SVE - Sistema de Verificação de Estanquicidade

TCA - Tricloroanisole

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

WIP - *Work-In-Process*

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo é realizado um enquadramento do presente projeto, sucede-se uma descrição dos objetivos e nomeia-se a metodologia de investigação aplicada. Por fim, expõe-se a forma como a dissertação está estruturada.

1.1 Enquadramento

A diversidade dos requisitos dos clientes e os preços definidos pelo mercado, provenientes do fenómeno de globalização e de mega tendências globais, impulsionaram um crescimento da competitividade entre empresas e a necessidade de mudança do paradigma produtivo (Helleno, de Moraes, Simon, & Helleno, 2017; Westkämper, 2014).

Simultaneamente, o aumento da população mundial está a condicionar a disponibilidade futura de recursos, motivo pelo qual estes tornam-se mais difíceis de se obter e são cada vez mais caros (Henao, Sarache, & Gómez, 2019). Deste modo, as indústrias são pressionadas pelos *stakeholders* para levarem a cabo uma gestão de operações mais responsável e sustentável (Cherrafi, Elfezazi, Chiarini, Mokhlis, & Benhida, 2016).

Desta forma, a globalização, as tendências e a sustentabilidade têm sido impulsionadores para a mudança nas empresas, de modo a que estas ganhem ou mantenham a sua posição competitiva. Para lidar com esta situação, as organizações precisam de implementar diversas estratégias. *Lean Production* surge como uma metodologia essencial e eficiente para alcançar a excelência operacional, aumentar a produtividade e qualidade e eliminar desperdício (Garza-Reyes, 2015; Resta *et al.*, 2017). A filosofia *Lean* é descrita no livro “*The Machine That Changed the World*” (Womack, Jones, & Roos, 1990) e mais tarde no livro “*Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*” (Womack & Jones, 1996). Esta filosofia tem a sua origem no “*Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*”, por Taiichi Ohno, antigo vice-presidente da empresa Toyota (Ohno, 1988).

O objetivo primordial da *Lean Production* é reduzir ou eliminar desperdícios (Alhuraish, Robledo, & Kobi, 2017). Por conseguinte, Ohno (1988) identificou os sete tipos de desperdícios de um sistema produtivo, nomeadamente: sobreprodução; esperas; transportes; sobreprocessamento; inventário; movimentações; e defeitos. Salienta-se que associada a esta metodologia surge o designado *Lean Thinking* (Womack & Jones, 1996), que pode ser sintetizado em cinco princípios: 1) Especificação do valor, definido pelo cliente final; 2) Identificação da cadeia de valor; 3) Criação de um fluxo de valor contínuo, através da

eliminação de desperdícios; 4) Produção é “puxada” pelo cliente; 5) Busca contínua pela perfeição. Por último, para garantir esta abordagem, podem ser necessários diferentes tipos de ferramentas ou metodologias. Destacam-se o *Single Minute Exchange of Die* (SMED); 5s; mecanismos *andon*; *standard work*, *Total Productive Maintenance* (TPM) entre outras (Gonzalez, Quesada, Mora-Monge, & Barton, 2019).

Portanto, é neste contexto que surgiu a intenção por parte da Amorim Cork de melhorar o seu processo produtivo, através da aplicação de princípios *Lean Production* e TPM. Este projeto enquadrou-se na unidade industrial de Lamas, num setor de escolha eletrónica de rolhas, devido à baixa produtividade apresentada. Algumas das causas que contribuíram para a baixa produtividade foram perdas de velocidade dos equipamentos, não cumprimento de *standards*, não uniformidade de cargas entre operadores, tempos de *setup* elevados, reprocessamentos e falta de material.

1.2 Objetivos

O objetivo geral da presente dissertação foi o aumento da produtividade num setor de escolha eletrónica de rolhas, através da aplicação de princípios *Lean* e TPM. Destacam-se as seguintes etapas, que levaram à sua concretização:

- Avaliação das ações da manutenção diária;
- Melhorias no equipamento e manutenção autónoma;
- Redefinição das atividades de *setup*;
- Alocação e sequenciação de artigos a linhas;
- Redefinição de operações;
- Normalização de *andons*;
- Otimização do espaço à saída de uma máquina.

Com a concretização do objetivo principal, procurou-se a:

- Redução e uniformidade da carga dos operadores intra-turno e inter-turno;
- Redução de perdas de velocidade;
- Redução do tempo de *setup*;
- Redução de reprocessamentos e aumento da disponibilidade de material;
- Aumento da qualidade.

1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação utilizada foi a investigação-ação, já que a estratégia desta investigação foi o foco na mudança e a exploração da teoria em relação à prática (Eden & Ackermann, 2018; Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). Uma das características essenciais desta metodologia é o facto de existir uma colaboração entre o investigador e os trabalhadores (Saunders *et al.*, 2009). Schein (1999) destaca a importância do envolvimento dos trabalhadores em todo o processo de investigação, porque após os trabalhadores identificarem a necessidade de mudança, é mais difícil estes a ignorarem. Assim, a implementação de ações torna-se mais natural.

Segundo O'Brien (1998), a metodologia investigação-ação é composta por cinco etapas: diagnóstico; planeamento de ações; implementação de medidas; avaliação; e especificação de aprendizagem.

Assim, após a revisão bibliográfica necessária para a execução deste projeto, foi realizado um diagnóstico do sistema produtivo, que envolveu a identificação de problemas e objetivos. As ferramentas e os indicadores utilizados foram o diagrama de *spaghetti*, diagrama de Ishikawa, análise ABC, estudo de tempos e o cálculo do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e da produtividade. Na etapa seguinte, denominada de planeamento de ações, foi definido um plano de ações de melhoria, que foi essencial para a execução dos objetivos definidos na etapa anterior. Salienta-se a ferramenta 5W2H (*Who, What, Where, When, Why, How, How much*) nesta fase. Segue-se a terceira etapa, implementação de medidas, que foi concretizada através da realização das ações presentes no plano. Adicionalmente, foram utilizadas várias ferramentas que auxiliaram na concretização das metas propostas, das quais SMED, *poka-yoke*, *one point lesson* (OPL), equação NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), entre outros. Posteriormente, ocorreu a avaliação, que consistiu na comparação dos valores de indicadores de desempenho obtidos no estado inicial e após a implementação das ações, com o propósito de medir quantitativamente o impacto do projeto. Por último, a especificação da aprendizagem baseou-se no estudo e reflexão dos resultados atingidos, de modo a consolidar a experiência e conhecimento obtido. Além disso, referiu-se um conjunto de sugestões para trabalhos futuros para promover a melhoria contínua na organização.

Acrescenta-se que a concretização das etapas referidas foi realizada iterativamente para ocorrerem otimizações ao longo do tempo.

1.4 Estrutura de dissertação

Esta dissertação está organizada em sete capítulos. A dissertação inicia-se no capítulo um, que tem o propósito de enquadrar e explicar a necessidade do presente projeto e também de apresentar os

objetivos, a metodologia de investigação aplicada e a estrutura da dissertação. Segue-se o segundo capítulo, a revisão bibliográfica, que prepara e enquadra os temas abordados nos capítulos posteriores e conclui com uma análise das ferramentas e metodologias mais utilizadas neste tipo de indústria. O terceiro capítulo visa a apresentação da empresa onde o projeto se inseriu. Posteriormente, tendo em conta o local específico do projeto, no quarto capítulo ocorre uma explicação detalhada do seu funcionamento e configuração, tal como os problemas detetados. O quinto capítulo destina-se à exposição das propostas de melhoria, de forma a solucionar os problemas identificados. No capítulo seguinte expõem-se os ganhos das ações de melhoria, face ao *status quo*. Finalmente, o sétimo capítulo realça as principais conclusões e menciona algumas sugestões de trabalho futuro.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os temas abordados no presente projeto. A revisão bibliográfica inicia-se pela introdução ao conceito *Lean Production*, referindo-se ao *Toyota Production System* (TPS), como a génese desse conceito. No seguimento, abordam-se temas como a casa TPS, os tipos de desperdícios presentes num sistema produtivo e também a filosofia *Lean Thinking*. Posteriormente, identificam-se ferramentas, metodologias e indicadores que auxiliaram no desenvolvimento deste projeto e que têm por base o conceito *Lean Production*. Por último, referem-se forças e barreiras inerentes à implementação de *Lean* e conclui-se com uma análise ao conceito *Lean* na indústria alimentar.

2.1 *Lean Production*

Lean Production foi um conceito introduzido por Krafcik e mais tarde popularizado por Womack, no livro “*The Machine That Changed The World*” (Womack *et al.*, 1990). Este conceito provém de uma diferente forma de ver, perceber e interpretar o processo produtivo, denominado de *Toyota Production System* (TPS) (Liker, 2004; Womack *et al.*, 1990).

No livro “*The Machine that Changed the World*”, *Lean* é apresentado como o próximo paradigma industrial, face à produção em massa (Lander & Liker, 2007; Womack *et al.*, 1990). Na medida em que, combina simultaneamente as melhores características da produção em massa e da produção artesanal, ou seja, compreende a redução do custo por unidade e o aumento da qualidade dos produtos (Womack *et al.*, 1990).

Deste modo, *Lean Production* é “*lean*”, visto que utiliza menos esforço humano, menos espaço, menos investimento em ferramentas e menos tempo na conceção de produtos, em relação ao paradigma industrial anterior (Womack *et al.*, 1990). Salienta-se que esta metodologia tem evidenciado melhorias no desempenho industrial e organizacional, visto que visa sistematicamente eliminar desperdício e acrescentar valor ao produto (Editor, 2018; Matt, 2008; Ohno, 1988; Womack *et al.*, 1990).

2.2 *Toyota Production System* (TPS)

Após a Segunda Guerra Mundial, a Toyota experienciou diversas dificuldades financeiras, provocadas pela dimensão pequena do seu mercado, pela quebra de produção e acumulação de *stock* (Holweg, 2007; Liker, 2004). Por conseguinte, Eiji Toyoda, presidente da Toyota, identificou a necessidade de

estudar o processo produtivo da Ford. Eiji Toyoda atribuiu ao engenheiro Taiichi Ohno o objetivo de melhorar o processo produtivo da Toyota, de modo a que a produtividade se iguale-se à da Ford (Liker, 2004; Womack *et al.*, 1990). Como resultado, Ohno, ao resolver problema após problema, concebeu um novo sistema produtivo: *Toyota Production System* (TPS) (Liker, 2004).

O primeiro artigo sobre o TPS, "*Toyota production system and Kanban system Materialization of Just-In-Time and respect for human system*" (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977), refere os dois conceitos básicos do TPS: 1) Redução de custos, através da eliminação de desperdício, ou seja, ter apenas o essencial a nível de equipamento, materiais e operadores; 2) Utilização total das capacidades dos colaboradores, ou seja, permitir que estes manifestem as suas competências (Lander & Liker, 2007). Este mesmo artigo menciona que a redução de custos pode ser obtida através das práticas de produção *just-in-time* e *jidoka*, reconhecidos como os dois pilares da casa TPS (Lander & Liker, 2007; Sugimori *et al.*, 1977).

2.2.1 Casa TPS

A casa TPS, desenvolvida por Fujio Cho, discípulo de Ohno, é uma simples representação da teoria por trás do *Toyota Production System* (TPS) (Figura 1). Esta casa é composta por uma base, dois pilares e um telhado, de tal forma que cada elemento da casa é crítico e interdependente em relação aos outros (Liker, 2004; Liker & Morgan, 2006).

O *heijunka* e a estabilidade e a normalização de processos constituem a base do TPS. O *heijunka* significa nivelamento da produção em termos de volume e variedade de produtos, que pode garantir assim um sistema estável com um stock mínimo. A estabilidade e a normalização de processos certificam que o sistema não para com facilidade (Liker, 2004).

De seguida, o TPS tem dois pilares, que apenas serão alcançados quando a base estiver estabelecida, nomeadamente o *just-in-time* e o *jidoka*. O *just-in-time* assenta em produzir apenas o necessário, na quantidade e no período certo. O *jidoka* ou *autonomation* impede que os defeitos de uma operação a montante transitem para uma operação a jusante, ao detetar um desvio face a um *standard* (Liker & Morgan, 2006).

De seguida, no centro da casa estão as pessoas e o trabalho em equipa, porque apenas através da melhoria contínua (*kaizen*) é que a operação pode potenciar a estabilidade necessária, ou seja, as pessoas devem ser formadas para identificar desperdícios e resolver problemas (Liker, 2004).

Por fim, o TPS tem o propósito de garantir a melhoria da qualidade dos produtos, a baixos custos, num período reduzido, que é representado pelo telhado da casa.

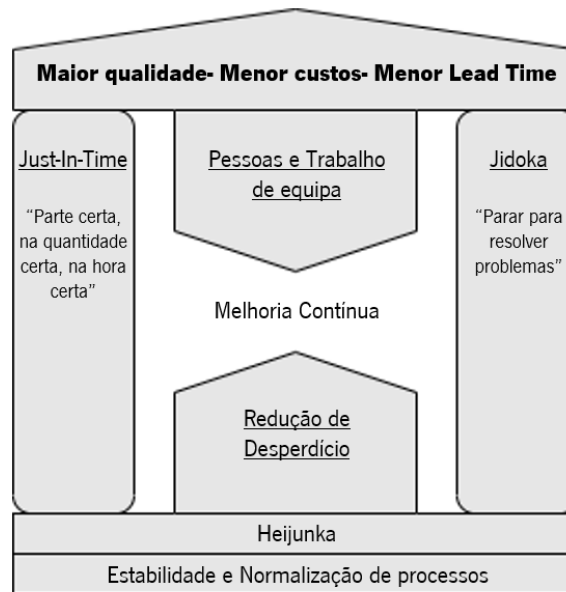


Figura 1 - Casa TPS (Adaptado de Liker & Morgan, 2006)

2.2.2 Desperdícios

O principal objetivo do TPS é a eliminação total de desperdício (Ohno, 1988). Segundo Shingo (1989), o desperdício pode ser interpretado como qualquer ação que não contribui para acrescentar valor ao produto. De facto, Ohno (1988) salienta que a eliminação de desperdício no processo produtivo pode melhorar significativamente a eficiência. Deste modo, surge a necessidade de identificar os diferentes tipos de desperdícios que podem surgir no *gemba*, nomeadamente:

- Sobreprodução: Este desperdício não contribui apenas para uma perda na empresa, mas também para a sociedade. A sobreprodução ocorre quando a quantidade produzida é superior ao pedido do cliente ou quando a produção é iniciada antes de ser necessária (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014; Ohno, 1988);
- Esperas: O tempo de espera pode ter origem em atrasos no processamento, tempos mortos ou tempos de resposta para aprovações (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014);
- Transporte: Pode ser definido como um movimento de um material de uma operação para outra, que pode contribuir para a origem de defeitos (Hicks, 2007);
- Sobreprocessamento: Consiste em processamentos excessivos e desnecessários e pode ter origem no *design* do produto ou da ferramenta (Sternberg *et al.*, 2013). A simplificação dos processos é crítica, sendo por isso importante examinar todas as atividades e identificar o que acrescenta valor ao produto (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014);

- Inventário: O inventário tem origem na sobreprodução e é constituído por excesso de matéria prima, *Work-In-Process (WIP)* ou produto acabado (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014; Hicks, 2007; Ohno, 1988). Por conseguinte, impede o *cash-flow* e restringe o espaço fabril (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014);
- Movimentações: Representam os passos adicionais e desnecessários realizados pelos colaboradores, que podem causar atrasos no processamento. Têm a sua génese num *layout* ineficiente, reprocessamentos, sobreprodução, inventário ou defeitos (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014; Hicks, 2007);
- Defeitos: Este desperdício corresponde à não conformidade de produtos, face a um quadro de especificações do cliente (Hicks, 2007). A ocorrência de defeitos pode causar reprocessamentos ou inspeções, que se traduz em manuseamento, tempo e esforço dispensáveis (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014; Sternberg *et al.*, 2013).

2.3 *Lean Thinking*

Segundo Womack & Jones (1996), *Lean Thinking* surge como a solução para a eliminação de desperdício. *Lean Thinking* baseia-se num conjunto de princípios, que possibilita a melhoria dos processos e o aumento da eficiência, através da eliminação de desperdício e da criação de valor no produto, tendo em conta as especificações do cliente (Tsasis & Bruce-Barrett, 2008; Vlachos, 2015).

Womack & Jones (1996) definem *Lean* como um processo de cinco etapas:

1. Especificação de valor: A identificação e definição de valor é a primeira etapa desta filosofia. Este passo é crítico, porque ao conceber um produto ou serviço diferente do que o cliente pediu, gera desperdício. Deste modo, esta etapa vai depender dos requisitos de cada cliente, sendo crucial um diálogo com os mesmos, a fim de definir o que o cliente pretende (Melton, 2005; Womack & Jones, 1996);
2. Identificação da cadeia de valor: A presente etapa identifica a cadeia de valor (conjunto de ações necessárias para produzir um produto) e visa a eliminação de atividades que não acrescentam valor (Aziz & Hafez, 2013; Womack & Jones, 1996);
3. Criação de um fluxo de valor contínuo: Esta etapa visa a fluidez das atividades que acrescentam valor para se obter um processo sem interrupções (Aziz & Hafez, 2013; Womack & Jones, 1996);
4. Produção puxada: O desencadeamento da produção é impulsionado pelo cliente e não pela indústria. Deste modo, os produtos chegam ao cliente no momento e na quantidade certa, com

as especificações determinadas pelo cliente, alcançando assim o *just-in-time* (Aziz & Hafez, 2013; Vlachos, 2015);

5. Busca contínua pela perfeição: Melhores formas de criar valor tornam-se mais claras, devido à transparência obtida ao longo destas etapas (Womack & Jones, 1996).

Estas cinco ações sucessivas que caracterizam *Lean Thinking* transformam práticas operacionais problemáticas em fluxos ordenados e eficientes de produtos ou serviços (Vlachos, 2015).

2.4 Forças e barreiras à implementação de *Lean Production*

Os princípios de *Lean Production* tornaram-se assim não apenas numa vantagem, mas num pré-requisito essencial, devido aos inúmeros benefícios aliados à sua implementação (Matt, 2008).

Segundo Melton (2005), os principais motivos para se adotar *Lean* são a necessidade de redução do *lead time* e dos níveis de *stock*, o aumento da robustez do processo (medido pela quantidade de erros) e a otimização do sistema de gestão da informação. Panwar, Jain, & Rathore (2015) reforçam outros motivos, como a melhoria da qualidade, satisfação do cliente e eliminação de desperdício, que geram custos de produção menores.

Contudo, existem barreiras experienciadas pelas empresas, que impedem e desincentivam as mesmas de seguir com esta filosofia, particularmente: a falta de recursos financeiros, de tempo e de conhecimento; a cultura organizacional existente na empresa e por último, o ceticismo na eficácia do *Lean* (Caldera, Desha, & Dawes, 2019; Melton, 2005).

Apesar das dificuldades das empresas ao *Lean*, o ganho resultante da sua implementação tem um maior peso, porque pode contribuir para poupanças significativas e para um aumento da produtividade (Melton, 2005; Ramakrishnan, Jayaprakash, Elanchezhian, & Vijaya Ramnath, 2019).

2.5 Indicadores, ferramentas e metodologias de Melhoria Contínua

Nesta secção são identificados e apresentados os indicadores, ferramentas e metodologias utilizados no seguimento deste projeto. Destacam-se o *kaizen*, TPM, OEE, *Mean Time Between Failure* (MTBF) e *Mean Time To Repair* (MTTR), produtividade, *poka-yoke*, SMED e mecanismo *andon*.

2.5.1 Melhoria Contínua (*kaizen*)

O *kaizen*, conceito introduzido por Imai (1986), significa mudança para melhor e foca-se na melhoria contínua de processos, resultado de um esforço contínuo de colaboradores (Janjić, Todorović, & Jovanović, 2019; Maarof & Mahmud, 2016). Esta filosofia japonesa promove melhorias em termos de

produtividade; eficiência; recursos; qualidade e segurança e redução de custos e desperdício (Janjić *et al.*, 2019; Smith & Hawkins, 2004).

A implementação do *kaizen* está associada à adoção do ciclo *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) (Figura 2) (Maarof & Mahmud, 2016). O PDCA é um processo iterativo e é constituído por quatro fases, nomeadamente:

- *Plan* (Planear): Identificação do problema e desenvolvimento de um plano de melhoria;
- *Do* (Fazer): Implementação das ações do plano de melhoria;
- *Check* (Verificar): Avaliação do plano implementado e dos resultados obtidos;
- *Act* (Atuar): Normalização da melhoria no processo e recomeço do ciclo PDCA, que potencia o *kaizen*.

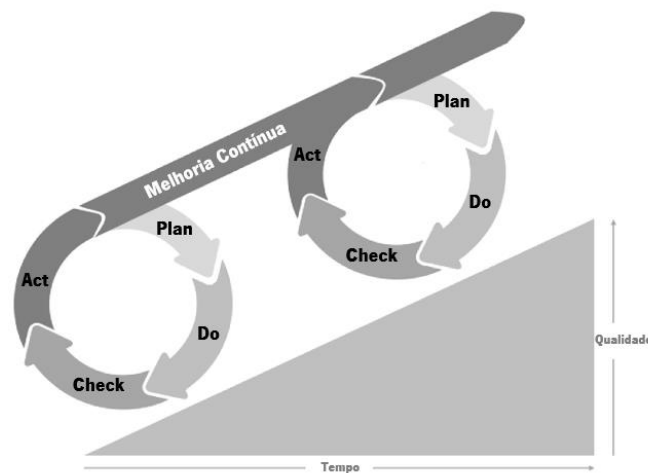


Figura 2 - Ciclo PDCA (Adaptado de Prashar, 2017)

2.5.2 Total Productive Maintenance (TPM)

Mediante os problemas de manutenção existentes em ambientes industriais, Nakajima (1988) introduziu e desenvolveu o conceito *Total Productive Maintenance* (TPM) (Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005). O TPM é uma metodologia adequada para maximizar a eficiência de equipamentos, ao estabelecer um sistema integral de manutenção preventiva, por meio do envolvimento de todos os funcionários (McKone, Schroeder, & Cua, 1999; Mwanza & Mbohwa, 2015; Nakajima, 1988). Salienta-se que os principais objetivos do TPM são alcançar zero falhas do equipamento, zero falhas humanas (zero defeitos), zero acidentes e zero desperdícios (Nakajima, 1988; Pačaiová & Ižaríková, 2019).

Segundo Nakajima (1988), o termo “total” da sigla “TPM” tem três significados, nomeadamente:

- Total eficácia: Representa a busca pela lucratividade e eficiência económica;

- Manutenção total: Projeto de equipamentos com características de confiabilidade, com a finalidade de minimizar a manutenção e maximizar a disponibilidade do equipamento;
- Participação total: Envolvimento de todos os colaboradores em pequenos grupos, na realização de manutenção autónoma.

De facto, a filosofia TPM pode ser descrita e ilustrada por intermédio de oito pilares, que representam os elementos básicos desta metodologia (Figura 3) (Pačaiová & Ižariková, 2019). Sendo assim, os oito pilares são os seguintes:

- Manutenção autónoma: Atribuição de responsabilidade aos operadores para tratar e cuidar do seu equipamento. Pode ser alcançado através de transmissão de conhecimento, por intermédio de, por exemplo, *one point lesson* (OPL), que é uma ferramenta visual de fácil entendimento. Este pilar inclui atividades como limpeza, lubrificação e inspeção (Nakajima, 1988);
- Manutenção planeada: Destaque para uma rotina de manutenção proativa, em alternativa de uma reativa. Salienta-se que a manutenção planeada deve estar coordenada com a manutenção autónoma e corretamente dividida em termos de responsabilidade (Nakajima, 1988);
- Formação e educação: A experiência, a preparação e a consciência são fatores importantes para compreender a metodologia TPM. É necessário proceder e planejar com atenção para atender as necessidades de todas as pessoas envolvidas, considerando também aos equipamentos que as mesmas trabalham (Willmott & McCarthy, 2001);
- Gestão da qualidade do processo: Baseia-se na análise de defeitos e variações na produção, com o propósito de identificar e seguir com as melhores condições para alcançar zero defeitos. É através deste conhecimento que o próximo pilar se baseia (Willmott & McCarthy, 2001);
- Gestão de novos equipamentos: Reconhecimento da importância do estágio inicial da conceção de equipamento para a redução de custos e para o aumento do OEE (Willmott & McCarthy, 2001);
- Melhorias específicas (Melhorias no equipamento e processo): Compreendem as atividades que maximizam a eficiência do equipamento. As melhorias visam a eliminação de falhas e defeitos ocorridos no equipamento (Nakajima, 1988);
- Segurança e meio ambiente: Incorporação de comportamentos seguros e de gestão visual para reduzir erros humanos e eliminar acidentes (Willmott & McCarthy, 2001);
- TPM em áreas administrativas: Aplicação de atividades TPM à logística e administração.

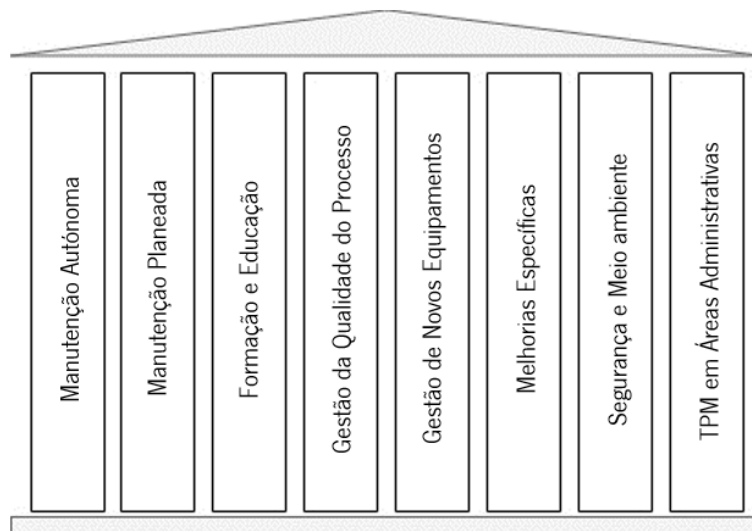


Figura 3 - Pilares do TPM (Adaptado de Pačaiová & Ižaričková, 2019)

O TPM pode ser medido através do indicador OEE, pelo que a intenção do TPM é maximizá-lo. O OEE permite analisar a eficiência de um equipamento ou de um sistema de produção de uma forma eficaz (Chan *et al.*, 2005).

2.5.3 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Overall Equipment Effectiveness (OEE) é um indicador de desempenho e também uma ferramenta que monitoriza e avalia o desempenho dos recursos de produção. Assim, é possível identificar e atuar em possíveis margens de melhoria (Gamberini, Galloni, Lolli, & Rimini, 2017; Hedman, Subramaniyan, & Almström, 2016).

Nakajima (1988) introduziu o conceito de OEE e para o otimizar, o TPM contribui para eliminação das “Seis Grandes Perdas”, que são o principal entrave à eficiência do equipamento. Estas são classificadas em três categorias: perdas de disponibilidade, perdas de velocidade e perdas de qualidade. Segundo Nakajima (1988), estas “Seis Grandes Perdas” são:

1. Avarias: Falhas em ferramentas e máquinas e manutenção não planeada são exemplos de avarias;
2. Mudança de ferramentas e afinações: Incluem mudanças de ferramentas, arranque de equipamento, falta de material e de operadores e grandes afinações;
3. Pequenas paragens: Como por exemplo encravamentos e obstrução de produtos e sensores bloqueados;
4. Velocidade reduzida: Problemas que causam a redução da taxa de produção normal da máquina, como o desgaste do equipamento e ineficiência do operador;

5. Rejeições durante o arranque: Incluem todos os produtos que não satisfazem os requisitos do cliente ao longo do arranque da máquina;
6. Rejeições na produção: Compreendem todos os produtos que não preenchem os requisitos do cliente no decorrer da produção.

Assim sendo, o OEE é o produto de três percentagens de fatores, nomeadamente:

- Disponibilidade: Representa com que regularidade a máquina está disponível para a produção. Este fator tem em consideração a primeira e segunda grande perda de produção: avarias e mudanças de ferramenta (Equação 1) (Puvanasvaran, Mei, & Alagendran, 2013);

$$Disponibilidade = \frac{Tempo funcionamento}{Tempo abertura} \quad (1)$$

- Velocidade: Revela a discrepância entre a velocidade ideal e a velocidade real de operação. O fator de velocidade considera as perdas de velocidade do equipamento: pequenas paragens e velocidade reduzida, que afetam a performance do mesmo (Equação 2) (Nakajima, 1988; Puvanasvaran *et al.*, 2013);

$$Velocidade = \frac{Tempo Ciclo ideal \times Quantidade total}{Tempo funcionamento} \quad (2)$$

- Qualidade: Avalia as últimas duas grandes perdas: rejeições durante o arranque da produção e rejeições no decorrer da produção (Equação 3) (Puvanasvaran *et al.*, 2013).

$$Qualidade = \frac{Quantidade total - Quantidade de defeitos}{Quantidade total} \quad (3)$$

A relação entre as “Seis Grandes Perdas” e os fatores de OEE encontra-se representada na Figura 4.

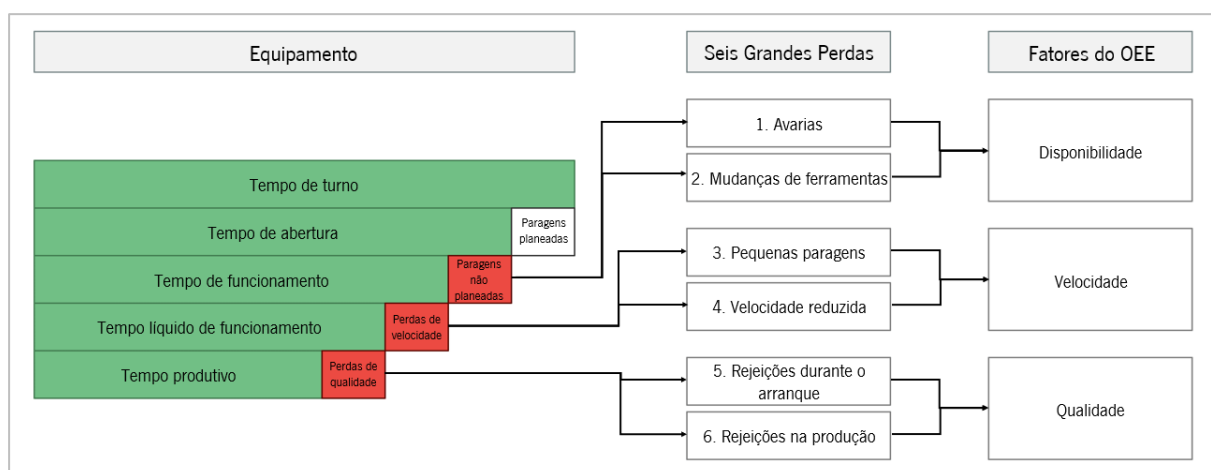


Figura 4 - Relação entre tempo do equipamento, as “Seis Grandes Perdas” e o OEE (Adaptado de Nakajima, 1988)

Idealmente, a disponibilidade deve ser maior que 90%, a velocidade maior que 95% e a qualidade superior a 99%. Deste modo, o indicador OEE deve ser superior a 85% (Nakajima, 1988).

2.5.4 *Mean Time Between Failures* (MTBF) e *Mean Time to Repair* (MTTR)

O MTBF e o MTTR são indicadores de manutenção essenciais para a análise de um sistema produtivo e para a respetiva melhoria contínua (Alavian, Eun, Liu, Meerkov, & Zhang, 2019).

O MTBF expressa o tempo médio entre duas falhas consecutivas, ou seja, representa o tempo esperado que o equipamento se encontra funcional até ocorrer uma falha (Equação 4) (Ribeiro, Godina, Pimentel, Silva, & Matias, 2019).

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Número total de avarias}} \quad (4)$$

O MTTR é o tempo médio despendido para reparar uma falha (Equação 5) (Ribeiro *et al.*, 2019). Este indicador está associado ao *Mean Waiting Time* (MWT), que representa o tempo de espera para responder a uma falha.

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tempo total de reparação de avarias}}{\text{Número total de avarias}} \quad (5)$$

2.5.5 Produtividade

A produtividade é um outro indicador, que representa a eficiência produtiva de uma força de trabalho (Yang, Yeh, & Wang, 2018). A produtividade laboral pode ser obtida pela divisão entre a produção em unidades e o número de horas fornecidas por um conjunto de intervenientes (Equação 6) (Rawat, Gupta, & Juneja, 2018; Yang *et al.*, 2018).

$$\text{Produtividade} = \frac{\text{Nº unidades produzidas/dia}}{\text{horas/dia}} \quad (6)$$

2.5.6 *Poka-yoke*

Poka-yoke é um sistema ou mecanismo que possibilita alcançar um dos pilares da casa TPS: *jidoka*, ao permitir a paragem de máquinas para evitar (*yokeru*) erros (*poka*) e também defeitos (Kumar, Dwivedi, & Verma, 2017; Zhang, 2014). Shingo (1986) elucida a distinção entre erro e defeito. Na verdade, os defeitos surgem, porque os erros são cometidos, visto que os dois têm uma relação de causa efeito. Mas, os erros não se transformarão em defeitos, se o *feedback* ocorrer antes da ocorrência do defeito. Salienta-se que ao implementar este mecanismo, há uma libertação da pressão do operador. Isso, porque a informação associada ao erro não necessita de estar sempre na mente do operador, criando uma margem para os mesmos se concentrarem em potenciais problemas que o *poka-yoke* não consegue

resolver. Para além disso, até os trabalhadores mais produtivos cometem erros, o que reforça a importância e necessidade deste sistema (Kumar *et al.*, 2017; Shingo, 1989).

Segundo Shingo (1986), os sistemas *poka-yoke* podem ser classificados em função reguladora, conforme o seu objetivo e em função de configuração, de acordo com as técnicas que usam.

A função reguladora é composta por dois métodos:

- Método de controlo: As operações e as máquinas param para a anomalia ser corrigida;
- Método de aviso: Caracteriza-se por um sinal de perigo que é acionado para alertar os trabalhadores. Mas, este método permite que os defeitos avancem no processo produtivo.

De seguida, a função de configuração é constituída por três métodos, nomeadamente:

- Método de contacto: As anomalias relativas à dimensão ou forma do produto são detetadas por contacto físico;
- Método de valor fixo: As anomalias são detetadas ao verificar se um determinado número de movimentos é realizado, garantindo que nenhuma etapa seja negligenciada;
- Método de sequência: As anomalias são detetadas ao verificar se as instruções de trabalho foram seguidas. Assim, este método impede que o colaborador realize uma etapa que não faça parte da operação.

Segundo outros autores como Hinckley (2007), o *poka-yoke* pode ser diferenciado em função reativa ou proativa. A função reativa deteta o erro ou defeito, enquanto a função proativa previne os mesmos.

2.5.7 *Single Minute Exchange of Die* (SMED)

O *Single Minute Exchange of Die* (SMED) é uma metodologia desenvolvida por Shigeo Shingo, que foi concebida para reduzir o tempo de *setup*, através da redução de desperdícios (Rosa, Silva, Ferreira, & Campilho, 2017). De facto, este tempo pode ser definido pelo intervalo de tempo que decorre desde a última unidade com boa qualidade até à primeira unidade com boa qualidade do produto seguinte (Karam, Liviu, Cristina, & Radu, 2018).

Esta metodologia, para além de destinar-se à redução do tempo de *setup*, está relacionada com a diminuição do tamanho do lote. Se o tempo de *setup* for elevado há uma tendência para que haja produção de tamanhos de lotes elevados, o que induz um maior *lead time*; possíveis *deadlines* que não serão cumpridos; e um maior volume de espaço exigido para o *stock* (Rosa *et al.*, 2017; Shingo, 1985). Por outro lado, um tempo de *setup* curto permite um tamanho de lote reduzido e desse modo, possibilita uma maior flexibilidade e uma redução do *lead time* (Rosa *et al.*, 2017; Simões & Tenera, 2010).

A implementação do SMED compreende várias fases e ao longo da concretização destas fases é esperado que o tempo de *setup* seja cada vez menor (Simões & Tenera, 2010). Assim sendo, as etapas podem ser descritas da seguinte forma:

- 1ª Etapa) Separação de operações internas e externas: Se o *setup* for constituído por maioritariamente operações externas (operações que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento), então o tempo necessário para operações internas (operações que só poderão ser realizadas com o equipamento parado) é reduzido. Mediante o exposto, estes dois tipos de operações têm de ser separados (Shingo, 1985);
- 2ª Etapa) Conversão de operações internas em operações externas: Esta etapa contém duas fases, nomeadamente a verificação se as operações estão a ser assumidas como internas de forma errada e conversão de operações internas em externas. Esta etapa pode ser conseguida através da preparação de certas atividades com antecedência e de padrões auxiliares (Shingo, 1985);
- 3ª Etapa) Racionalização de operações internas e externas: A última etapa diz respeito a uma análise mais detalhada de cada elemento da operação, de modo a que o tempo de *setup* tenha apenas um dígito, ou seja, abaixo de 10 minutos. Pode ser alcançado através de melhorias no transporte e armazenamento de produtos, automação, implementação de operações paralelas e eliminação de ajustes (Shingo, 1985).

2.5.8 Mecanismo *andon*

O *andon*, que significa lâmpada, é um mecanismo de controlo visual que comunica informação sobre um sistema aos colaboradores (Figura 5). Essa informação pode ser relativa ao local ou à natureza do problema (Ohno, 1988; Shingo, 1989). Apesar de o *andon* ser um sistema de controlo eficiente, visto que alerta rapidamente o problema, são necessários comportamentos de resolução de problemas e implementação de soluções (Shingo, 1989).



Figura 5 - Mecanismo *andon*

Ohno (1988) refere que o *andon* pode ser constituído por três lâmpadas de diferentes cores, nomeadamente:

- Verde, quando o sistema não possui nenhuma anomalia;
- Amarelo, quando o operador quer ajustar algo no sistema e chama por ajuda;
- Vermelho, quando o sistema para automaticamente e é necessário retificar o problema.

2.6 *Lean* na indústria alimentar

Assim sendo, face à abrangência do conceito *Lean Production* é importante adaptá-lo ao tipo de indústria designado. A empresa onde se insere este projeto, Amorim Cork, enquadra-se na indústria alimentar, porque pode afetar um produto alimentar, neste caso o vinho. A indústria alimentar aplica uma variedade de ferramentas *Lean*, com o propósito de reduzir variações no processo e custos associados, de forma a aumentar produtividade (Bonome *et al.*, 2018). As ferramentas e métodos mais utilizados são o diagrama de Ishikawa; *value stream mapping*; 5s; gestão visual e *standard work*. Outras ferramentas como SMED, *just-in-time* e *kanban* também são utilizados, mas em indústrias alimentares mais específicas. Contudo, perante a falta de conhecimento e de colaboradores qualificados, de um modo geral, este tipo de indústria necessita de membros externos para o processo de implementação (Bonome *et al.*, 2018).

No caso mais específico da indústria de rolhas de cortiça, é frequentemente utilizada a ferramenta SMED, mas também o *value stream mapping*, A3 e a monitorização do indicador OEE (Sousa *et al.*, 2018).

3 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Este capítulo diz respeito à empresa onde se realizou o presente projeto. Inicialmente, é apresentada a estrutura da empresa em unidades de negócio e posteriormente em unidades industriais. De seguida, expõem-se os principais produtos comercializados e respetivos clientes e fornecedores. Por último, é descrito o processo produtivo.

3.1 Estrutura

A Corticeira Amorim, S.G.P.S., S.A. é uma empresa multinacional portuguesa do ramo corticeiro, que trata da aquisição da cortiça até à comercialização e distribuição de produtos derivados deste material. Estabeleceu a sua atividade no século XIX e até ao presente concebeu um volume de negócios de cerca de 763M €, tratando-se assim do maior produtor e fornecedor de rolhas de cortiça a nível mundial. Face ao recente paradigma de sustentabilidade, a Corticeira tem por base uma economia circular. Deste modo, assegura a reutilização de todos os subprodutos derivados da cortiça e tem sempre como essência uma matéria prima sustentável - a cortiça.

Estruturalmente, esta empresa engloba cinco unidades de negócio, que operam de modo independente, das quais: Amorim Florestal, S.A.; Amorim Cork, S.G.P.S., S.A (antiga Amorim & Irmãos, S.G.P.S., S.A.); Amorim Cork Composites, S.A.; Amorim Isolamentos, S.A. e Amorim Revestimentos, S.A (Figura 6).

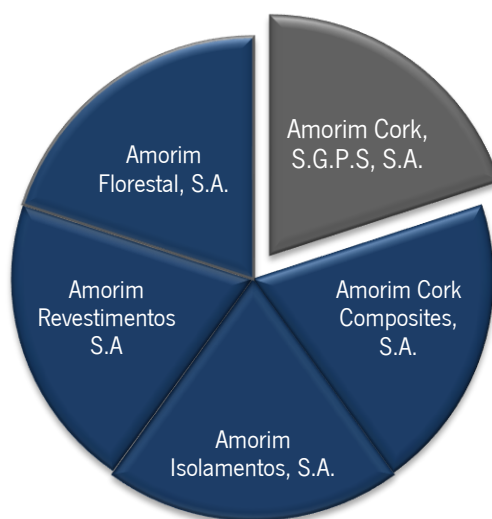


Figura 6 - Unidades de negócio da Corticeira Amorim, S.G.P.S., S.A

A Amorim Cork dedica-se à produção e distribuição de rolhas naturais, técnicas, aglomeradas, capsuladas e de champanhe para vários segmentos de negócio: vinhos tranquilos, bebidas efervescentes

ou bebidas espirituosas. Os seus principais mercados são países produtores e engarrafadores de vinhos, que se encontram na Europa, América e Oceânia. Esta unidade de negócio divide-se em 10 unidades industriais: Lamas; De Sousa; Vasconcelos & Lyncke; Amorim Distribuição; Portocork; Amorim Top Series; Equipar; Champcork; Biocape e Amorim Cork Italy.

Este projeto foi desenvolvido na unidade industrial de Lamas, que produz rolhas naturais, rolhas naturais colmatadas e rolhas naturais colmatadas acquamark (Figura 7) para o segmento de mercado de vinhos tranquilos. Além disso, o principal fornecedor é a Amorim Florestal e o principal cliente é Trescases.



Figura 7 - Rolha natural, rolha acquamark e rolha colmatada

3.2 Classificação do produto

As rolhas são classificadas consoante a sua dimensão, classe e lavação ou revestimento (Tabela 1). A nível dimensional, as rolhas são distinguidas pelo respetivo diâmetro e comprimento. No caso de uma rolha de calibre 54x26, esta apresenta 54mm de comprimento e 26mm de diâmetro. Posteriormente, as rolhas também são classificadas quanto à sua qualidade e esta classificação varia de acordo com o processo onde as rolhas se encontram. Ou seja, numa fase inicial do processo, as rolhas apresentam uma classe industrial (a classe industrial de uma rolha pode ser AA, A ou B) e numa fase posterior, as rolhas apresentam uma classe comercial (a classe comercial de uma rolha pode ser Flor topo de espelho; Flor; Extra; Superior; 1ª; 2ª; 3ª; 4ª ou 5ª). Por último, as rolhas apresentam a opção de serem lavadas (Clean 0; Nova 101; Clean 2000) ou revestidas (Nature, Clean C ou Light).

Tabela 1 - Classificação do produto

Dimensão (cm)	Classe		Lavação	Revestimento
	Industrial	Comercial		
45x24; 49x24; 49x25; 54x24; etc.	AA, A, B, C	Flor topo de espelho; Flor; Extra; Superior; 1ª; 2ª; 3ª; 4ª e 5ª	Clean 0; Nova 101; Clean 2000; Pré-Light	Nature, Clean C; Light

3.3 Processo produtivo

O processo produtivo inclui várias etapas pelo que, apenas será descrito o trajeto normal. O diagrama de blocos e o *layout* do processo estão presentes na Figura 8 e na Figura 55 do anexo I, respetivamente.

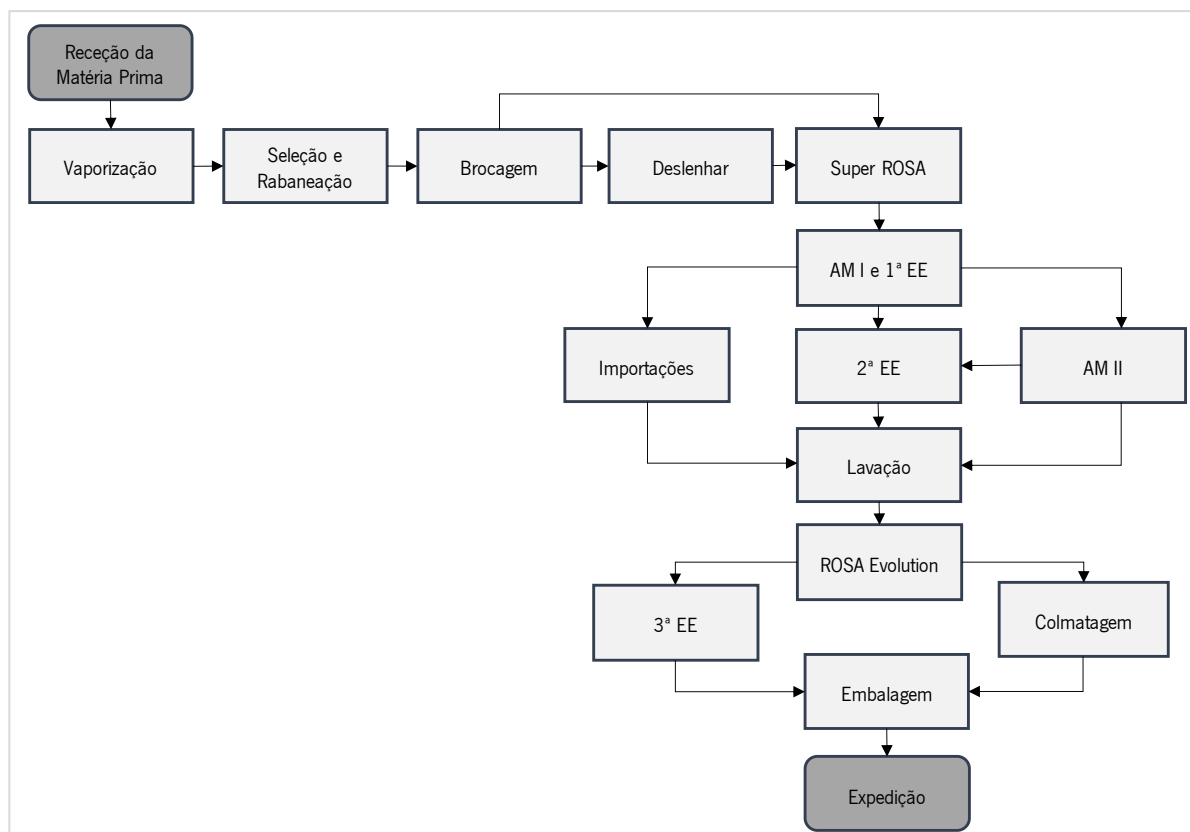


Figura 8 - Diagrama de blocos alusivo ao processo produtivo

1. Após a receção da matéria prima, ocorre a Vaporização das paletes de cortiça. As paletes são expostas a um tratamento por vapor, de forma a tornar a cortiça mais maleável e para reduzir o composto químico tricloroanisole (TCA): causador do cheiro a mofo;
2. Em seguida, ocorre a Seleção e Rabaneação das pranchas de cortiça vaporizadas. A seleção é baseada na sua qualidade visual e orientação para o produto final para maximizar a rentabilidade da cortiça. A rabaneação transforma as pranchas em traços horizontais, que garante o comprimento à rolha a porvir;
3. Sucede-se a Brocagem, que visa a extração de rolhas a partir de traços horizontais de cortiça. Esta operação pode ser realizada através de uma broca de pedal, semiautomática, inteligente ou automática. A diferença é que as duas primeiras brocas contribuem para a qualidade das rolhas e as restantes contribuem para a quantidade das rolhas;
4. O Deslenhar é a operação subsequente das brocas inteligentes e automáticas e tem como finalidade retirar o desperdício provocado por estas brocas;
5. Seguidamente, as rolhas obtidas do Deslenhar e das brocas a pedal e semi-automática são transportadas para o Super Rate of Optimal Steam Application (ROSA) e permanecem 24 horas nesta secção a fim de regular a humidade da rolha;

6. Procede-se os Acabamentos Mecânicos I e 1ª Escolha Eletrónica (1ª EE). Os Acabamentos Mecânicos I integram dois tipos de máquinas, que lixam os topos e o corpo da rolha e assim garantem o comprimento e diâmetro final da rolha. De seguida, na 1ª EE, as rolhas são classificadas em diferentes classes industriais e consoante esta classe, estas são encaminhadas para operações diferentes. Por norma, as rolhas de classes industriais seguem para a 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE). As restantes rolhas podem ser enviadas para os Acabamentos Mecânicos II ou para as Importações;
7. A 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE) identifica e retira do processo as rolhas que não vedam, por não cumprirem a estanquicidade necessária. Quanto às rolhas que vedam, estas são classificadas numa classe comercial;
8. Após a 2ª EE, prossegue-se a Lavação das rolhas que consiste na descontaminação das mesmas. Existem vários tipos de lavação (Clean 0, Nova 101, Clean 2000 e Pré-Light) e também vários revestimentos (Clean C, Light e Nature). Caso se decida fazer um revestimento, apenas será realizado após a operação do ROSA Evolution;
9. O sistema ROSA Evolution é um sistema de secagem, que possibilita a eliminação do composto TCA e a redução da humidade. Após a secagem, a rolha pode regressar à Lavação para ser revestida ou pode seguir para a 3ª Escolha Eletrónica (3ª EE) ou para a Colmatagem;
10. A 3ª Escolha Eletrónica (3ª EE) é a última escolha eletrónica para a maior parte das rolhas naturais. Esta secção desdobra novamente as rolhas em classes comerciais, para reduzir a variabilidade de classes do lote.
11. Paralelamente à 3ª EE, a Colmatagem ocorre em rolhas de classes comerciais mais fracas, porque este processo confere um preenchimento dos buracos das rolhas, tornando-as qualitativamente melhores. Dependendo do tipo processo de colmatagem, as rolhas podem ser designadas por acquamark ou colmatadas.
12. Por último, ocorre a Embalagem, que envolve a contagem de rolhas e a embalagem das mesmas em sacos. Posteriormente, os sacos são agrupados em paletes para entrega ao cliente.

No capítulo seguinte é apresentado com mais detalhe o setor onde foi o realizado o presente projeto.

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DA SITUAÇÃO INICIAL

Este capítulo descreve detalhadamente o processo produtivo de um setor de escolha eletrônica de rolhas, composto pelas secções da 2ª EE e 3ª EE. Posteriormente, o capítulo analisa a situação inicial do setor, através de dados obtidos por observação e de diversas ferramentas informáticas. Finalmente, termina com um resumo dos principais problemas, cuja resolução é proposta no capítulo seguinte.

4.1 Caraterização da área de estudo

O presente projeto insere-se no setor de escolha eletrônica de rolhas naturais da Unidade Industrial de Lamas, que é constituído por duas secções, nomeadamente a 2ª EE e a 3ª EE. A Tabela 2 sintetiza alguns pontos-chave das duas secções, a fim de preparar e enquadrar o capítulo.

Tabela 2 - Relação da 2ª EE e da 3ª EE

	2ª EE	3ª EE
Objetivo	Classificação das rolhas em classes comerciais e em defeitos	
Produto de entrada	Rolhas de classe industrial	Rolhas de classe comercial c/ lavação
Produto de saída	Rolhas de classe comercial ou defeito	Rolhas de classe comercial c/ lavação, defeito ou descaio
Layout	Linhas (16)	Linhas (24)
Equipamento por linha	1 Moega; 1 SVE; 2 Centrífugos e 1 EE	1 Moega, 1 Centrífugo e 1 EE
Nº de operadores	8 operadores	10 operadores
Estratégia de Produção	Push	Pull

4.1.1 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE)

A 2ª EE, que é composta por 16 linhas em paralelo (Figura 9), consome rolhas de classe industrial e produz rolhas de classe comercial ou defeito. Esta secção opera 24 horas por dia.

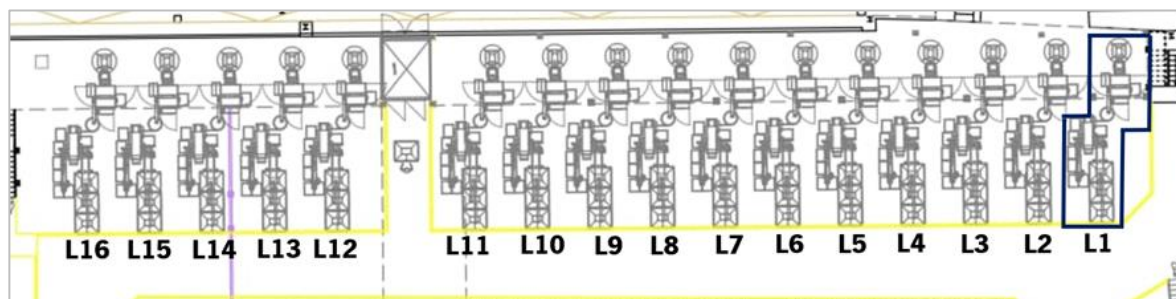


Figura 9 - Layout da 2ª EE

As rolhas de classe industrial que são consumidas na 2ª EE são provenientes dos Acabamentos Mecânicos I e da 1ª EE ou Acabamentos Mecânicos II. A classe industrial é um dos fatores que permite

identificar o valor da rolha e pode ser classificada em AA, A ou B (as classes estão apresentadas por ordem decrescente quanto ao valor qualitativo e comercial da rolha).

As rolhas de classe comercial que saem da 2ª EE seguem para o Supermercado ou para os Acabamentos Mecânicos II. As rolhas que vão para o Supermercado têm vários destinos possíveis: Lavação, 3ª EE ou Fábrica Piloto. As rolhas de classe comercial podem ser classificadas em Flor topo de espelho; Flor; Extra; Superior; 1º; 2º; 3º ou 4º/5º (apresentadas por ordem decrescente quanto à qualidade e valor comercial da rolha).

Salienta-se que uma linha da 2ª EE tem nove saídas e os nomes das saídas dependem do artigo de entrada. A Tabela 53 do anexo II identifica as saídas de uma linha da 2ª EE para cada tipo de artigo.

Em termos de equipamento, cada linha é composta pelas seguintes máquinas:

- Moega: As rolhas são colocadas na moega para abastecer a linha; e um doseador impulsiona as rolhas para o próximo equipamento, dependendo da capacidade do mesmo;
- Centrífugo ou vibrador centrífugo: Unidireciona as rolhas para o processo a jusante. O centrífugo é constituído por um rotor inclinado, ou seja, a rolha é conduzida por meio de um prato em rotação. Já o vibrador centrífugo coordena a rolha através de vibração. A Tabela 54 do Apêndice I distingue as linhas que têm centrífugo ou vibrador;
- Sistema de Verificação de Estanquicidade (SVE): As rolhas do centrífugo ou vibrador são encaminhadas para uma calha na SVE. Quando as rolhas chegam ao final da calha, um martelo pneumático impulsiona 10 rolhas de cada vez para uma cassete. Posteriormente, um batente, que se encontra em perpendicular ao martelo, impulsiona as 10 rolhas da cassete para um prato com 30 cavidades, sendo este o primeiro ciclo de um total de três do prato. O segundo ciclo verifica a estanquicidade da rolha e o terceiro ciclo direciona as rolhas que vedam para o próximo equipamento e as rolhas que não vedam saem do processo. Depois, o ciclo recomeça e em cada ciclo são impulsionadas novas rolhas. As rolhas que vedam seguem para um outro centrífugo ou vibrador e depois são conduzidas para a Escolha Eletrónica (EE). Apenas no caso da linha 1, há um *buffer*, imediatamente antes do segundo centrífugo;
- Escolha Eletrónica (EE): Desdobra as rolhas de classe industrial em classes comerciais ou defeitos, através de fotografias ao corpo e topos da rolha. Este equipamento tem oito saídas.

Como se constata pela descrição do equipamento, nesta secção não se acrescenta valor ao alterar o artigo, mas sim ao classificar corretamente o artigo numa classe comercial ou num defeito. A Figura 10 ilustra a configuração normal de uma linha da 2ª EE.

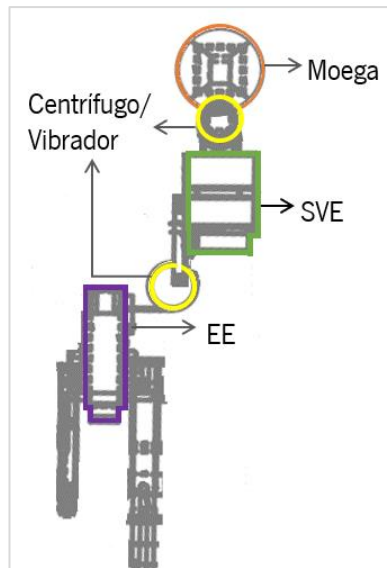


Figura 10 - Equipamento de uma linha da 2ª EE

4.1.2 3ª Escolha Eletrónica (3ª EE)

Após 2ª EE, os artigos são movimentados através de *kanbans*. Deste modo, o abastecimento da 3ª EE recebe lotes provenientes da Lavação ou ROSA Evolution com um *kanban*, que depois serão distribuídos pelas 24 linhas desta secção (Figura 11). Após a 3ª EE, os artigos são conduzidos para a Embalagem ou novamente para a 3ª EE.

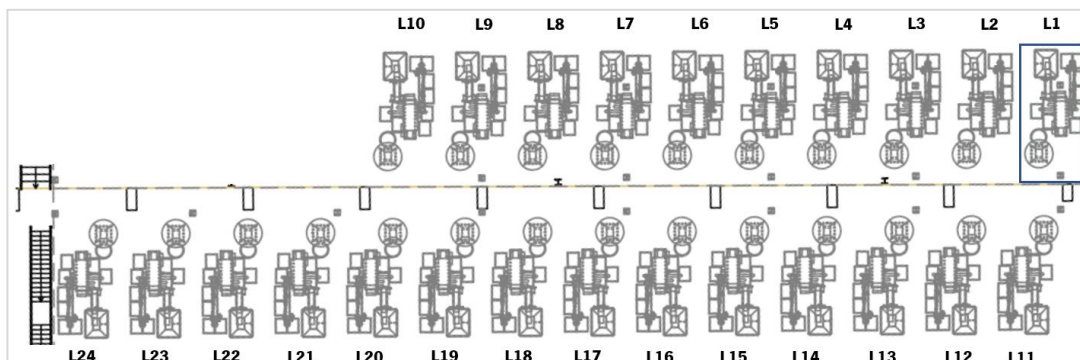


Figura 11 - Layout da 3ª EE

O equipamento desta secção é semelhante ao da 2ª EE. A única diferença é que a 3ª EE não controla a estanquicidade das rolhas, ou seja, deixa de ser necessária uma máquina SVE e também o centrífugo que se encontra associado. Deste modo, uma linha da 3ª EE tem uma moega, um centrífugo ou vibrador e uma EE, com as mesmas funcionalidades da 2ª EE (Figura 12). É importante acrescentar também que existem três tipos de EE de fornecedores diferentes. A máquina tipo I está presente em 14 linhas; a máquina tipo II está em 9 linhas; e a máquina tipo III está presente apenas numa linha. Este último tipo

não foi explorado durante este projeto, porque mais tarde foi retirado. No final do projeto, duas máquinas do tipo I e uma máquina do tipo III foram substituídas por três máquinas do tipo II.

Salienta-se que a 3ª EE também acrescenta valor ao identificar corretamente a classe comercial do artigo.

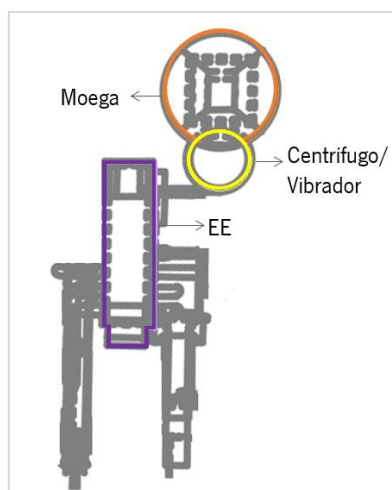


Figura 12 - Equipamento de uma linha da 3ª EE

Relativamente às características do material, o artigo de entrada é caracterizado pelo seu calibre, classe comercial, lavação ou revestimento. No final do processo, o artigo pode ser diferenciado em:

- Classe a cima: Classe comercial de um nível acima, em relação à classe principal;
- Classe principal: Classe comercial igual à classe de entrada e dessa forma tem uma maior percentagem de produção;
- Descaio: Classe comercial de dois níveis abaixo, face à classe principal. O descaio volta a ser reprocessado nesta secção, contudo, quando é reprocessado, o descaio fica com uma classe de um nível a cima. Ou seja, se a classe de entrada é 1º, então o descaio tem classe 3º. Mas quando o descaio for reprocessado, a sua classe é 2º;
- Bicho, defeito de corpo ou defeito de topo: Os defeitos no setor de escolha eletrónica (2ª EE e 3ª EE) são provenientes de secções a montante, ou seja, não são anomalias oriundas do setor.

Acrescenta-se que a 3ª EE desdobra rolhas de classes comerciais em novamente rolhas de classes comerciais, porque após a lavação, a rolha pode obter uma melhor qualidade.

4.1.3 Operações

Na 2ª EE e 3ª EE, as funções dos operadores tendem a ser semelhantes, face à similaridade de equipamentos e processo. A Tabela 3 identifica os operadores presentes em cada secção e descreve as suas funções. Salienta-se que existem três operadores por turno que têm tarefas em ambas as secções.

Tabela 3 - Descrição das atividades dos operadores da 2ª EE e 3ª EE

	2ª EE	3ª EE
Operador que abastece	Organização dos lotes no abastecimento da 2ª EE e no Supermercado e abastecimento das linhas Nº op/turno: 1; Tempo: 8h/turno	Organização dos lotes no abastecimento da 3ª EE e abastecimento das linhas Nº op/turno: 1; Tempo: 8h/turno
Op. de máquina	Desencravamento do equipamento; controlo do processo; realização de manutenção autónoma; mudança de lote; esvaziamento de cestos e registo de informação sobre a produção Nº op/turno: 3; Tempo: 8h/turno	Desencravamento do equipamento; controlo do descaio; mudança de lote e esvaziamento de cestos Nº op/turno: 4; Tempo: 8h/turno
Op. de logística	Logística de contentores e cestos Nº op/turno: 1; Tempo: 8h/turno	Logística de contentores e cestos Nº op/turno: 1; Tempo: 8h/turno
Op. de controlo de processo	—	Verificação da qualidade das rolhas relativamente à dimensão, classe, humidade e massa volúmica Nº op/turno: 1; Tempo: 8h/turno
Op. manutenção diária	Controlo do processo e manutenção, de forma a reestabelecer a eficiência da linha e qualidade do artigo Nº op/turno: 1 (exceto no 3º turno); Tempo: 2h na 2ª EE/turno + 2,5h na 3ª EE/turno	
Chefe de secção	Acompanhamento do fluxo das rolhas; coordenação das atividades e afinação das máquinas Nº op/turno: 1; Tempo: 3,2h na 2ª EE/turno + 4,8h na 3ª EE/turno	
Técnico	Afinação do equipamento de acordo com o lote Nº op/turno: 1; Tempo: 3,2h na 2ª EE/turno + 4,8h na 3ª EE/turno	

Como se percebe pela tabela anterior, são recorrentes as atividades de controlo de processo e manutenção, que são realizadas pelo operador de máquina da 2ª EE e pelo operador de manutenção diária. Apesar de estes apresentarem a mesma função, cada operador possui atividades diferentes.

No caso do operador de manutenção diária, este pode realizar as seguintes atividades:

- Limpeza às câmaras da EE e observação das imagens resultantes das câmaras;
- Análise do defeito de corpo e defeito de topo, através de amostragem;
- Correção da versão da SVE, calibração das câmaras e correção do programa da EE.

Paralelamente, o operador de máquina tem as seguintes atividades de controlo e manutenção:

- Limpeza diária das respetivas linhas; limpeza a fundo a duas linhas por semana; lubrificação do centrífugo; colocação de óleo nos cilindros da EE e mudança das membranas da SVE;
- Realização do teste de fiabilidade e repetibilidade à SVE: De forma a avaliar a fiabilidade do equipamento, o operador coloca uma amostra padrão de rolhas que vedam na SVE e mais tarde uma amostra padrão de rolhas que não vedam. O objetivo é que cada grupo de rolhas seja corretamente identificado. Por último, o operador retira uma amostra real de uma saída da EE e coloca na SVE, com o intuito de perceber se as rolhas vedam novamente.
- Realização do autocontrolo (verificação da qualidade do lote): Para todas as classes comerciais e defeitos de uma linha, o operador retira uma amostra de 50 rolhas e desdobra essas rolhas em $n+1$, n , $n-1$ e $n-2$ (Figura 13). O n representa as rolhas que realmente pertencem à classe;

o $n+1$ representa as rolhas que estão a ser desvalorizadas em uma classe; o $n-1$ são as rolhas que estão a ser valorizadas em uma classe e o $n-2$ são as rolhas que estão a ser valorizadas em duas classes. O número de rolhas para o $n+1$, n , $n-1$ e $n-2$ tem um limite inferior e superior de rolhas; se as rolhas se desviarem dos limites o operador tem de alertar o chefe da secção;

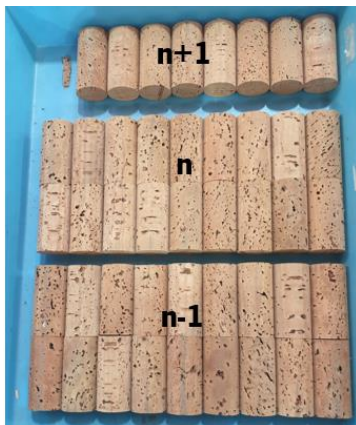


Figura 13 - Desdobra de um conjunto de rolhas de classe comercial n em $n+1$, n e $n-1$

O *setup* é também uma atividade partilhada por alguns operadores, neste caso pelo operador que abastece, operador de máquina e operador logístico, podendo também ser necessário o técnico.

No caso da 2ª EE, se o operador abastecer um artigo numa linha, cujo calibre, a classe ou os dois primeiros dígitos da ordem de fabrico (OF) alterarem em relação ao artigo que a linha está a consumir, então é necessário fazer um *setup*. Os passos para realizar o *setup* são os seguintes:

1. Aviso da proximidade de um *setup*: Quando o operador que abastece coloca o último contentor do lote na moega, este vai buscar um contentor do próximo artigo para junto da moega. De seguida, avisa o operador de máquina e logístico, que o produto vai mudar. Nesse momento, o operador logístico tem a responsabilidade de obter contentores vazios para o próximo artigo;
2. Saída do produto acabado da 2ª EE:
 - a. Após a linha ficar sem rolhas, o operador de máquina retira as rolhas que ficaram presas na linha e regista as produções da SVE. Depois, retira os contentores e as caixas cheias e coloca material vazio junto às saídas da linha. Por último, atualiza as placas que identificam os artigos de classe comercial e defeito, que se encontram fixadas na EE;
 - b. O operador logístico leva os contentores e caixas cheias para um local designado. Posteriormente, num quiosque onde se situa o *Manufacturing Execution Systems* (MES), o operador gera etiquetas que indicam a quantidade produzida do artigo, para colocar em cada contentor e caixa. Em seguida, suspende a máquina no MES.

3. Abastecimento físico e informático da linha: Após a máquina parar no sistema, o operador que abastece está em condições de abastecer a linha no MES. Desse modo, o operador abastece fisicamente a linha e com a etiqueta deste novo lote (que se encontra no contentor) dirige-se a um quiosque e abastece a máquina no MES. Logo a seguir, arranca a máquina no sistema;
4. Adequação da linha para o novo lote: O operador de máquina atualiza a placa de identificação do artigo de consumo e prepara as placas de identificação dos contentores. Caso seja preciso, altera o programa da EE e a capacidade para cada saída. Por último, arranca fisicamente a linha.

A Tabela 4 indica diferenças relativas ao *setup* consoante o artigo que a máquina vai consumir.

Tabela 4 - Tipos de setup

	Descrição
Não alteração da classe	Se houver classes em comum entre o artigo anterior e o seguinte, então deixar os contentores em comum. Mas ainda assim, é necessário tirar uma etiqueta de produção
Alteração de calibre	Certas vezes, é necessário alterar a versão da SVE, que é realizada pelo técnico (Apêndice I) Ajustar o braço da SVE e alterar os <i>jigs</i> da EE
Alteração para OF: 5..	Alterar a versão da SVE (Apêndice I)
Alteração para uma OF: 61.., 62.. ou 65..	Fazer <i>setup</i> completo, independentemente se o próximo artigo tem saídas/classes em comum com o artigo anterior

Quanto ao *setup* da 3ª EE, este ocorre quando a OF ou o N de um produto altera. Nesta secção, a OF é o código que permite iniciar a produção e o N é um código que permite fazer a rastreabilidade do lote. O N pode estar associado a vários artigos, mas uma OF está sempre associada ao mesmo tipo de artigo. Ou seja, pode ser necessário um *setup* e o produto ser o mesmo. Assim sendo, os passos de um *setup* são os seguintes, pelo que o primeiro e último passo são idênticos à 2ª EE:

1. Aviso da proximidade de um *setup*:
2. Saída do produto acabado da 3ª EE: No momento em que a linha para, o operador de máquina retira as rolhas que ficaram presas na linha, esvazia certas caixas nos respetivos contentores e altera as placas de identificação do produto acabado. Depois, dirige-se ao quiosque para gerar as etiquetas dos artigos e para parar a linha no MES. Posteriormente, regressa à linha com as etiquetas e distribui-as pelos respetivos contentores e caixas. Por último, coloca este material no corredor para o operador logístico o levar para o seu lugar;
3. Abastecimento físico e informático da linha: O operador que abastece entrega ao operador de máquina o *kanban* e uma placa branca (a placa tem o propósito de identificar o novo contentor de rolhas da classe principal). Após a entrega, o operador de máquina arranca a linha com o *kanban* no MES e o operador que abastece, abastece a máquina fisicamente e informaticamente;
4. Adequação da linha para o novo lote.

Existem algumas exceções às operações que constituem o *setup*. Caso o artigo a consumir seja o mesmo não é necessário alterar o programa da máquina, porque já é o mesmo. Se apenas o N alterar há a possibilidade de agregar lotes no abastecimento, mas é necessário sempre emitir a produção no MES.

4.2 Análise crítica e identificação de problemas

Nesta secção expõem-se e analisam-se os principais problemas que provocam a falta de produtividade na 2ª EE e 3ª EE. Inicialmente, analisa-se o indicador da produtividade e a partir daí apresentam-se os restantes problemas que influenciam este indicador. Para tal, as ferramentas utilizadas foram o diagrama de Ishikawa, a análise ABC, diagrama de *spaghetti* e estudo de tempos.

4.2.1 Análise dos indicadores da produtividade e da eficiência

De forma a avaliar a situação inicial do setor de escolha eletrónica de rolhas, efetuou-se o cálculo do indicador da produtividade.

Relativamente ao *output* do setor, nas duas secções, a produção encontrava-se abaixo da meta diária:

- Na 2ª EE, a produção diária obtida foi 143,5K rolhas/linha: 28% abaixo da meta diária estipulada: 200K rolhas/linha;
- Já na 3ª EE, a produção diária foi 150,6K unidades/linha, que correspondeu a uma redução de 20% face à meta diária: 187,5K rolhas/linha. Salienta-se que ao *output* referido foram retiradas unidades que eram contabilizadas duas vezes, como lotes rejeitados após o controlo de classes (que provocavam 1,6K unidades reprocessadas/(linha x dia)) e reprocessamentos intencionais na máquina do tipo II (que causavam 3,1K unidades reprocessadas/(turno x dia)).

Quanto ao *input*, existiam 15 intervenientes por turno no setor, mas com diferentes horas de permanência. As horas por turno em cada secção encontram-se na Tabela 3 da secção 4.1.3.

Assim, a Tabela 5 expõe a produtividade e verifica-se que a 2ª EE é a secção mais problemática.

Tabela 5 - Produtividade na 2ª EE e 3ª EE

	2ª EE	3ª EE
Output (unid produzidas/dia)	143,5K × 16 linhas = 2,3M	14 linhas × (151,2K - 1,6K) + 9 linhas × (161,6 - 1,6K - 3,1K) + 1 linha × (108,6K - 1,6K) = 3,6 M
Input (homem-hora/dia)	(5 op × 8h × 3 turnos) + (1×2×2) + (2×3,2×3) = 143h	(7×8×3) + (1×2,5×1) + (2×4,8×3) = 199h
Produtividade	16,0K unid/(h.h)	18,1K unid/(h.h)

Posteriormente, de forma a quantificar a eficiência do setor recorreu-se ao cálculo do OEE. A empresa onde se realizou o projeto não monitoriza o indicador em tempo real, por isso foi necessário calcular o

mesmo. Salienta-se que quanto ao fator de qualidade, este está relacionado com a quantidade de artigos mal classificados pelo equipamento e não pela quantidade de artigos classificados corretamente como defeito de topo ou defeito de corpo. Contudo, como cada rolha é única, o controlo de processo realizado pelos colaboradores torna-se subjetivo. Desse modo, o número de defeitos é variável e o fator de qualidade também. A Tabela 6 identifica o valor de cada fator do OEE para a 2ª EE e para 3ª EE e no Apêndice II demonstra-se com mais detalhe o cálculo de cada fator.

Tabela 6 - Resultado do OEE da 2ª EE e 3ª EE para a máquina do tipo I e para a máquina do tipo II

	2ª EE	3ª EE – Máq. tipo I	3ª EE – Máq. tipo II
Disponibilidade	89,5%	88,3%	88,4%
Velocidade	66,9%	69,5%	62,4%
Qualidade	99,4%	98,9%	99,2%
OEE	59,5%	60,7%	54,7%

Como se pode verificar na tabela anterior, a velocidade é o índice que mais prejudicou o OEE neste setor. Mediante o exposto foi essencial perceber o que impedia a velocidade ótima da linha. Deste modo, registou-se para cada tipo de paragem do sistema, a sua frequência, o seu MWT e o seu MTTR e realizou-se um estudo de tempos (Apêndice III).

Assim sendo, relativamente à 2ª EE, as pequenas paragens com mais peso foram o braço fora da posição, encravamento no segundo centrífugo e erro no cilindro da alimentação de rolhas (Figura 14).

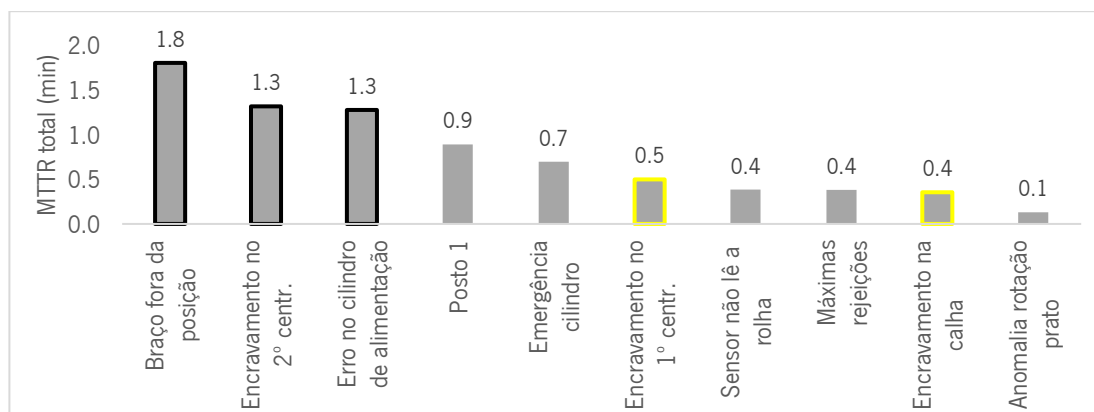


Figura 14 - MTTR dos tipos de paragem da 2ª EE

Salienta-se ainda a importância dos encravamentos no primeiro centrífugo e na calha, já que foram as paragens com o MWT mais elevado (o MWT deste tipo de erro era 49% superior ao MWT normal das restantes paragens [(139-93)/93]). Isto acontecia, porque a 2ª EE apenas tem *andons* associados à SVE e à EE e desse modo os erros que ocorrem nos centrífugos demoravam mais tempo a ser percebidos. Contudo, apenas no caso do primeiro centrífugo e da calha, o equipamento mais próximo (a SVE) não assinalava estes erros. Apenas quando a EE ficava sem rolhas é que o *andon* da EE assinalava a falta

de rolhas. Quando esse erro ocorria, os operadores sabiam que o problema podia ser um erro no centrífugo. Contudo, os operadores menos experientes demoravam mais tempo a identificar o problema. Assim, face ao elevado MWT, estes erros foram observados com mais pormenor. No final, para além dos encravamentos já identificados, foram registados em média num turno por linha, as seguintes paragens:

- 95 microparagens no centrífugo, que fizeram parar a máquina a jusante (a SVE) durante 0,07 minutos em cada paragem. O tempo é baixo, porque o centrífugo resolve sozinho. Contudo, no final de um turno, estas microparagens correspondiam a 6,3 minutos de paragem na SVE;
- 11 microparagens na calha com uma duração de 0,35 minutos cada, que também não necessitaram do operador. Deste modo, corresponderam a 3,9 minutos de paragem na SVE.

Estas microparagens individualmente podem não afetar a produção, porque o segundo centrífugo pode potenciar rolhas à EE, durante um período, enquanto a SVE está parada. Contudo, se as microparagens persistirem, o segundo centrífugo deixa de acumular rolhas e a EE para.

Ao analisar o contributo de cada máquina para a paragem de uma linha na 2ª EE, chegou-se à conclusão de que a EE era apenas responsável por 9% desse tempo. Dessa forma, 91% do tempo de paragem eram causados pela SVE e pelos centrífugos, mais especificamente 63% tinha origem na SVE (Figura 15).

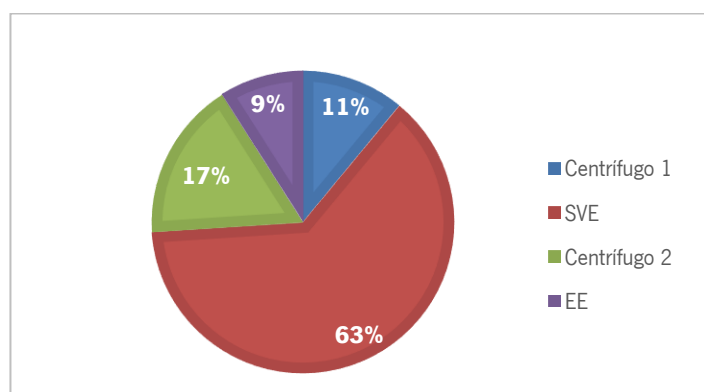


Figura 15 - Origem das falhas na paragem das linhas da 2ª EE

Da mesma forma, relativamente à 3ª EE, na máquina tipo I, as pequenas paragens com mais peso foram a emergência no cilindro, encravamento no centrífugo e encravamento entre centrífugo e EE (Figura 16). Quanto à máquina tipo II, as paragens mais significativas foram o martelo obstruído, estrela obstruída e encravamento no centrífugo (Figura 16). A frequência baixa de manutenção planeada, nomeadamente a limpeza autónoma pode ser um fator para as perdas de velocidade. Contudo, os operadores de máquina não a podem realizar, face a potenciais acidentes de trabalho. Além disso, após a limpeza, é necessário perceber se a mesma foi eficaz ou se prejudicou a eficiência. Desse modo, existem colaboradores específicos para limpar o equipamento, como os operadores de manutenção diária e os técnicos.

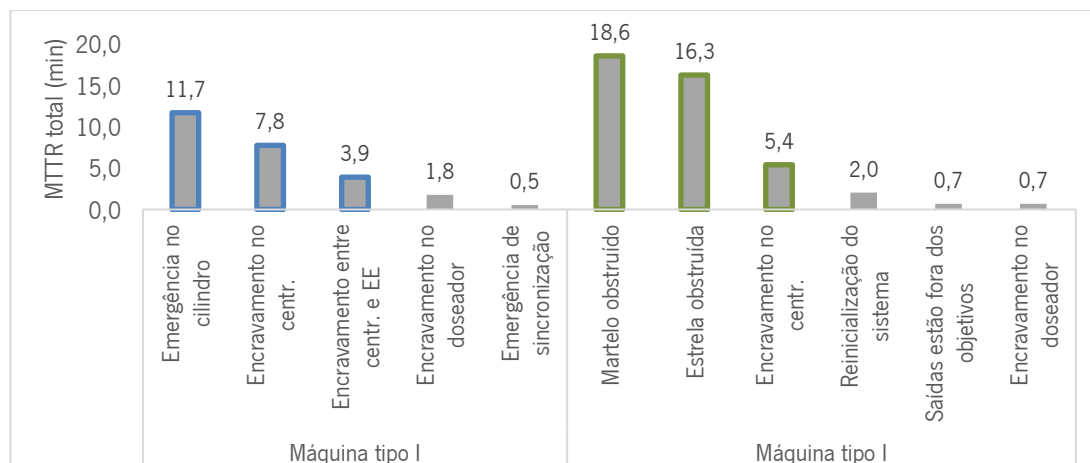


Figura 16 - MTTR dos tipos de paragem da 3ª EE

Em suma, recorreu-se ao Diagrama de Ishikawa para esquematizar as causas relativas as perdas de velocidade no setor, pelo que parte das causas serão discutidas neste capítulo (Figura 17). O diagrama foi concebido através de sessões de *brainstorming*, onde interveio uma equipa multidisciplinar.

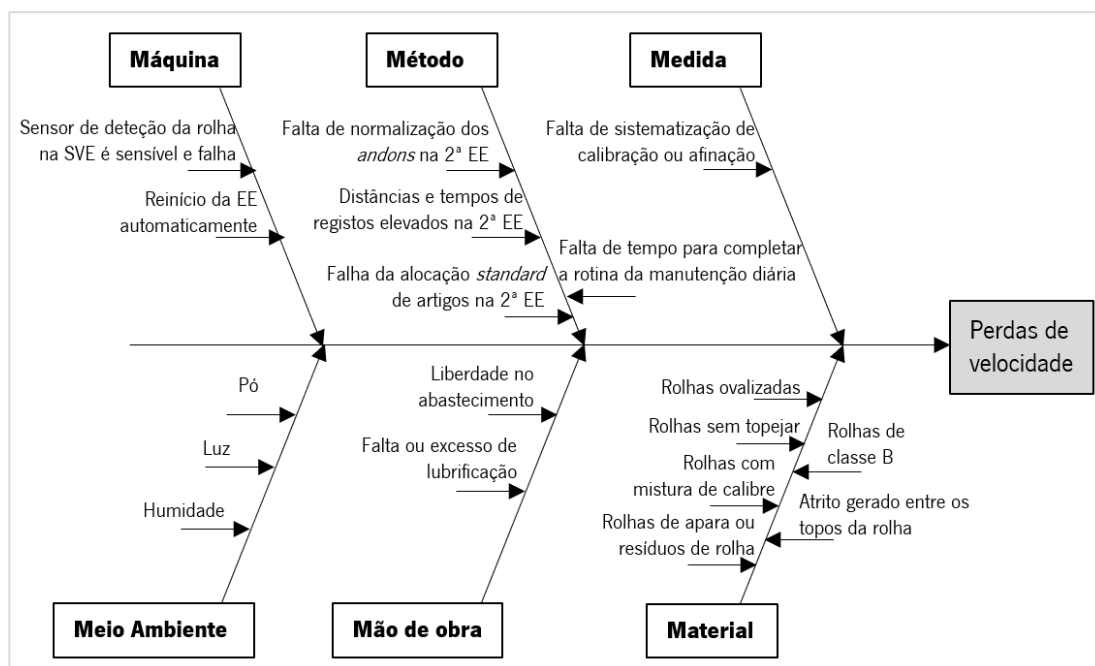


Figura 17 - Diagrama de Ishikawa alusivo às perdas de velocidade

4.2.2 Falta de normalização dos *andons*

Face aos problemas detetados na sinalização de erros, foram analisados os *andons* da 2ª EE. Na Figura 18 é possível verificar uma diversidade de *andons*: um total de seis tipos. Foram identificados os *andons* 1 a), b) e c) que representavam os três tipos de *andons* da SVE pelas diferentes linhas e os *andons* 2, *andon* 3 e *andon* 4, que se encontravam associados à EE. Mais especificamente, o *andon* 2 assinalava a falta de rolhas ou erros, o *andon* 3 estava associado ao MES e o *andon* 4 estava sempre desligado.



Figura 18 - Andons da 2ª EE

No total, em cada linha existiam quatro *andons*, como representado na Figura 19.



Figura 19 - Localização dos andons da 2ª EE

No Apêndice IV encontra-se uma lista de sinalização, mediante os diferentes estados de cada equipamento. Em suma, pôde-se concluir que existiam diversos problemas, nomeadamente:

- Variabilidade significativa de *andons* nas máquinas SVE e *andons* obsoletos na EE (*andon 4*);
- Encravamentos ocorridos no primeiro centrífugo eram sinalizados no *andon 2*, passado 1 minuto ou 7 minutos, caso a linha tivesse um *buffer* (caso único da linha 1);
- Avisos com a mesma origem tinham sinalizações diferentes e avisos com origens diferentes podiam ter uma sinalização igual. Por exemplo, quando ocorria um encravamento na SVE e na EE, ao mesmo tempo, os operadores assumiam que só existia um encravamento e era na EE;
- Combinação de cores em vez do uso de uma única cor, o que tornava a interpretação de sinais menos intuitiva e o tempo de reação era maior;
- Avisos não eram coerentes ao longo das linhas, como por exemplo “alimentador erro cilindro”;
- Existiam sinais falsos no *andon* da SVE, como era o caso do erro de *software* da EE. Assim, os operadores esperavam até se dirigir à SVE para qualquer erro, para verificar a veracidade do sinal, porque o erro de *software* é limitado no tempo e não necessita a intervenção do operador.

Deste modo, a variabilidade de *andons* e a sua sinalização foram causas para um MWT elevado.

4.2.3 Distância percorrida e tempos de registos elevados

No seguimento do tempo de reação elevado do operador de máquina, foram analisados outros possíveis fatores que poderiam impedir um tempo de resposta rápido na 2ª EE. Mediante o exposto, constatou-se que este operador possuía cinco registos para preencher durante um turno (Figura 20), nomeadamente:

1. Registo de consumo e produção de cada linha: O operador registava numa folha o artigo que a linha estava a consumir, em termos de OF, calibre, classe e lavação (que é sempre sem lavar na 2ª EE) e as percentagens de produção das oito saídas da EE (Figura 20a));
2. Registo acerca do motivo de paragens das máquinas: O operador registava as razões que impediram a linha de alcançar a meta de produção, caso fosse o caso. No dia seguinte, o chefe da secção transcrevia a informação para o *Exce*/para justificar a produção (Figura 20b));
3. Registo de produções e paragens: Para cada linha, o operador registava as características do lote. Caso a linha experienciasse falta de rolhas ou de contentores, avarias ou *setups*, então o operador registava aproximadamente a duração dessa ocorrência. Finalmente, também eram registadas as produções da SVE no final do turno e também quando o lote alterava (Figura 20c));
4. Registos do autocontrolo: Após a realização do teste do autocontrolo (descrito na secção 4.1.3), numa folha eram registados: o calibre, a classe, a OF e a lavação dos oito artigos produzidos; a linha onde foi realizado o controlo e o resultado da desdobra em n+1, n, n-1 e n-2 (Figura 20d)). Posteriormente, num placar designado (Figura 20e)), o operador tinha de se dirigir ao mesmo para registar novamente o calibre, classe, lavação e OF do artigo e escrever “ok”, se o autocontrolo foi realizado. O propósito do placar era transmitir informação ao turno seguinte, para garantir que nenhum lote da mesma linha era controlado mais do que uma vez por dia.



Figura 20 - Registos da 2ª EE

Em suma, existia um excesso de informação repetitiva, como sintetiza a Tabela 7. De facto, grande parte da informação registada era dispensável, visto que o MES permitia obter alguns valores (por exemplo: a produção da SVE; o consumo e a produção de cada linha; percentagens de produção e o tempo de *setup*). Além disso, existiam registos com a mesma função, nomeadamente o registo acerca do motivo de paragem e o registo de produções e paragens. Por último, quanto à informação sobre a lavação, todos os produtos da 2ª EE não passam por essa operação, sendo por isso desnecessário registar esse dado.

Tabela 7 - Registo de informação repetitiva por operador por turno

Tópicos	Contagem
OF	9
Calibre	9
Classe	9
Lavação	9
Nº da linha	6

A Tabela 8 expõe o tempo de operação médio dos procedimentos. Na tabela, os procedimentos são classificados em operação, registo e movimentos. O autocontrolo é o único que tem um tempo associado à operação e corresponde à realização da desdobra do artigo.

Tabela 8 - Tempos de operação dos procedimentos de trabalho por operador por turno

	Operação	Reg. físico	Movimentações	Movimentações: entrega dos reg. no final do turno	T op
Registo de consumo e produção de cada linha	–	3,3 min	1,3 min	0,5 min	5,1 min
Registo acerca do motivo de paragens das máquinas	–	0,5 min	-		1,0 min
Registos de produções e paragens	–	2,0 min	1,5 min		4,0 min
Autocontrolo	33,9 min	7,5 min	1,9 min		43,8 min

De seguida, os tempos de operação do técnico ou chefe secção para registar informaticamente os registos dos três operadores de máquina estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Tempos de operação dos procedimentos de trabalho pelo técnico ou chefe de secção por turno

	T op
Registo de consumo e produção de cada linha	–
Registo acerca do motivo de paragens das máquinas	2,0 min
Registos de produções e paragens	9,7 min
Autocontrolo	6,7 min

Como observado na Tabela 8, o autocontrolo era a atividade com o maior tempo de registo e movimentações por parte do operador de máquina, porque era necessário registar a mesma informação um elevado número de vezes e em dois locais diferentes. Para ilustrar o excesso de movimentações foi

realizado um diagrama de *spaghetti*, que tem o objetivo de expor os fluxos na realização de uma tarefa. Na Figura 21 encontra-se o diagrama e foi selecionada a linha 4 para a representação do trajeto do autocontrolo de um turno e de um operador.

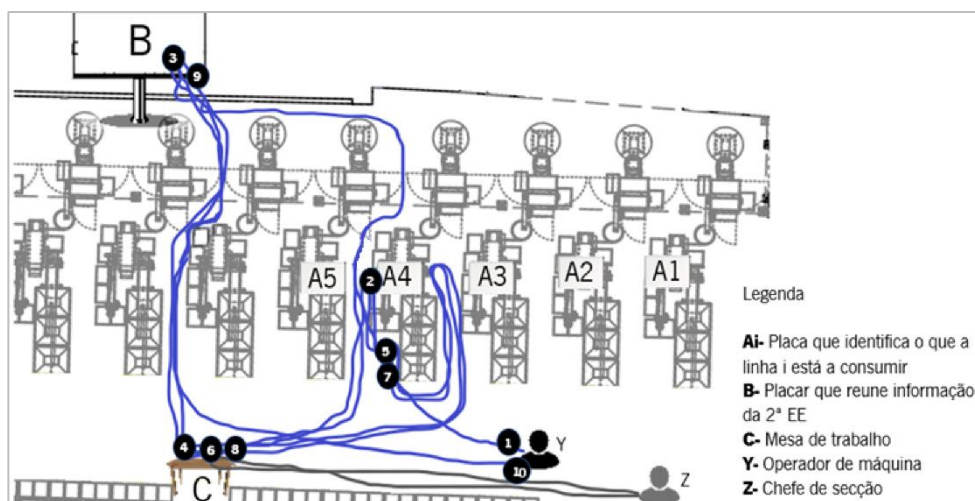


Figura 21 - Diagrama de spaghetti da operação autocontrolo (linha 4)

Posteriormente, na Tabela 10 expõe-se a sequência de passos para a realização do autocontrolo, que está em congruência com a numeração da Figura 21.

Tabela 10 - Sequência de passos da operação de autocontrolo

Nº	Operação	Nº	Operação
1	Posição inicial: vigilância das linhas	6	Realizar e registar o autocontrolo e supervisão final do chefe de secção
2	Identificar o lote que a linha está a consumir	7	Colocar as amostras em cada saída
3	Verificar se o autocontrolo já foi realizado para o lote	8	Arrumar os recipientes na mesa de trabalho
4	Pegar nos recipientes para colocar as amostras	9	Registar o autocontrolo no placar da 2ª EE
5	Tirar uma amostra de 50 rolhas em cada saída	10	Posição final: vigilância das linhas

Como se verifica pelo diagrama de *spaghetti* existia um elevado número de movimentações que levou a necessidade de quantificar a distância percorrida por turno. O operador 1 (responsável das linhas 1 à 5) percorria em média mais que os outros operadores, nomeadamente 167 metros, visto que estava mais afastado do placar da 2ª EE. O operador 2 (encarregue das linhas 6 à 11) percorria 155 metros e o operador 3 (responsável das linhas 12 à 16) percorria 129 metros. Assim, em média, cada operador movimentava-se 151 metros por turno para concretizar o autocontrolo.

Com o intuito de melhor compreender a carga do operador, consequente do excesso de movimentações, registos desnecessários e também de outros fatores, foi necessário quantificar a sua carga. Desse modo, calculou-se o MWT mínimo para um erro, mediante a localização do operador (Tabela 11). O MWT mínimo representa o tempo de resposta de um operador, caso este apresentasse 100% de

disponibilidade no momento do erro. Neste caso, o valor real do MWT é 12 vezes superior ao MWT mínimo quando o operador se encontra a uma distância média. Assim, estes dados comprovam a falta de disponibilidade do operador e a sua carga de trabalho.

Tabela 11 - MWT mínimo, mediante a localização do operador

	Operador junto ao local do erro	Operador encontra-se a uma distância média	Operador encontra-se o mais afastado do local do erro
Op1 (L1-L5)	0,0 s	7,6 s	14,3 s
Op2 (L6-L11)	0,0 s	8,6 s	18,7 s
Op3 (L12-L16)	0,0 s	7,6 s	14,3 s
Total	0,0 s	7,9 s	18,7 s

4.2.4 Análise da alocação *standard* de artigos a linhas

Após o estudo dos procedimentos de trabalho dos operadores de máquina, analisou-se o *standard* do operador que abastece na 2ª EE.

Ao comparar o *standard* de alocação de produtos a linhas (Tabela 12) e as restrições mecânicas e eletrônicas das linhas (Apêndice I) foram identificadas incongruências nas regras definidas. Quando a EE tem a versão 7075 (linha 1 à linha 9, exceto a linha 4), esta não deve consumir rolhas de classe B, porque esta versão identifica menos erros em comparação com a versão 7076 (restantes linhas). Contudo, ao analisar o *standard*, as linhas 3 à 9 exceto a linha 4 permitiam o consumo de rolhas de classe B, ou seja, estas linhas não estavam a tirar o melhor proveito a nível de qualidade. Além disso, a SVE da linha 10 não permite o consumo de rolhas de comprimento 54, devido a restrições mecânicas. Contudo, as regras permitiam esse caso.

Tabela 12 - Regras de abastecimento da 2ª EE, emitido em 27 de agosto de 2019

Linha	Produto principal	Alternativa	Linha	Produto principal	Alternativa
1	49x24 AA	54x24	9	45x24	Diâmetro 25
2	49x24 AA	49x24 A	10	Diâmetro 26	Diâmetro 25
3	49x24 A	49x24 AA ou B	11	Diâmetro 26	Diâmetro 25
4	49x24 B	49/45x24 AA ou A	12	45x24 B	45x24 A ou AA
5	45x24	49x24 B	13	45x24 B	45x24 A ou AA
6	45x24	–	14	45x24 B	45x24 A ou AA
7	45x24	–	15	45x24 A	45x24 B ou AA
8	45x24	Diâmetro 25	16	45x24 A	45x24 B ou AA

Além disso, as regras estabelecidas não eram cumpridas, como se observa na Tabela 13. No caso da linha 5, apenas eram permitidas as rolhas “45x24” ou “49x24 B” e em dois meses foram registados cinco *setups* para o “49x24 AA”. O que podia levar a tempos de *setup* e perdas de velocidades maiores.

Tabela 13 - Regras não cumpridas no abastecimento da 2ª EE (janeiro a fevereiro de 2020)

Linha	Artigo consumo	Nº de mudança de produto
3	45x24 A	1
	45x24 B	2
5	49x24 A	3
	49x24 AA	5
6	49x24 A	2
	49x24 AA	3
	49x24 B	2
8	49x24 A	1
9	49x24 A	3
	49x24 AA	3
	49x24 B	1

Esta falha na alocação de artigos a linhas levou também a problemas de cargas entre os operadores. Na 2ª EE há três operadores de máquinas: o operador 1 é responsável por cinco linhas e trabalha maioritariamente com a classe AA; o operador 2 é responsável por seis linhas e trabalha frequentemente com a classe A e o operador 3 é responsável por cinco linhas e trabalha maioritariamente com a classe B. Ou seja, o operador 1 trabalha com rolhas que garantem menos encravamentos, porque estas têm melhor qualidade. Por contrapartida, o operador 2 está encarregue de mais linhas e opera com rolhas de classe intermédia. Além disso, o operador 2 fez mais 41% de *setups* que o operador 1, que se refletiu no tempo médio de *setup* do operador 2: mais 8,6 minutos que o operador 1 (Tabela 14).

Dessa forma, potencialmente, o número de linhas atribuído a cada operador pode não ser o ideal, neste caso entre o operador 1 e o operador 2. O operador 3 não pode ter mais ou menos linhas, porque existe um elevador de cargas que o separa das linhas dos operadores 1 e 2 (Figura 9 da secção 4.1.1).

Tabela 14 - Número de *setups* e tempo de *setup* por cada operador, retirado do sistema informático (janeiro a fevereiro de 2020)

	Nº de <i>setups</i>	Nº de <i>setups</i> /linha	Diferença face à média do tempo de <i>setup</i>
Operador 1	75	15	- 4,8 min
Operador 2	106	18	+ 3,8 min
Operador 3	23	5	- 2,0 min

No Apêndice V foi realizada uma análise ABC dos artigos relativamente ao seu movimento de entrada no abastecimento e selecionaram-se os artigos que correspondiam a 95% de volume no abastecimento. Com isso, analisou-se a alocação destes artigos pelas linhas e foi deduzido que 38% dos artigos foram alocados a linhas distantes e aleatórias [10 artigos/26 artigos], que correspondeu a 55% da quantidade produzida (Tabela 15). Isto mostra uma desorganização no abastecimento, liberdade do operador que abastece e *standards* inadequados.

Tabela 15 - Histórico de artigos abastecidos em linhas não próximas (janeiro e fevereiro de 2020)

	Linhas de abastecimento																% quantidade
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	
45x24 A 10			x	x	x				x						x	X	5,6%
45x24 A 60					x		x	x	x					x	x	x	22,0%
45x24 AA 10				x	x	x			x						x	x	2,7%
45x24 B 60					x							x	x	x	x	x	11,9%
45x24 B 10			x									x	x	x			2,3%
49x24 A 10			x	x	x				x								0,9%
49x24 A 60		x	x	x				x									5,8%
49x24 A 65		x				x											0,9%
49x24 AA 10			x		x	x			x								1,4%
49x24 AA 65	x					x											1,5%

De seguida, estudou-se a relação entre o número de *setups* e número de artigos por cada linha, tendo em conta 95% do volume de artigos (Figura 22). Reforça-se o desnivelamento da carga entre linhas, visto que a amplitude do número de *setups* era de 31 *setups* e quanto ao número de artigos, a amplitude era de 14 artigos.

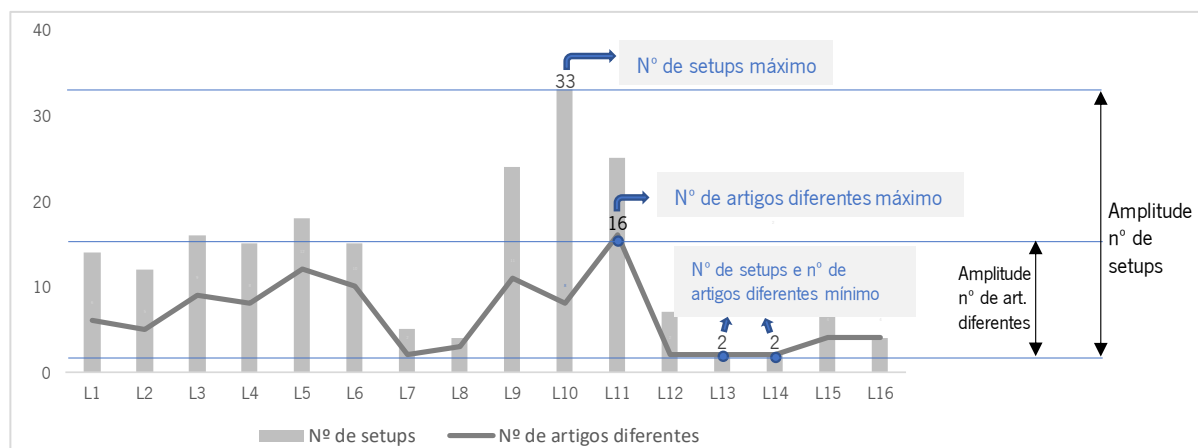


Figura 22 - Relação entre número de setups e nº de artigos consumidos em cada linha (janeiro a fevereiro de 2020)

4.2.5 Análise das ações da manutenção diária

A manutenção diária foi implementada no terceiro trimestre de 2019, por isso reconheceu-se a importância de analisar também esta atividade.

Como referido anteriormente, os intervenientes da manutenção diária têm o objetivo de realizar circuitos diários às secções da escolha eletrónica (1ª EE, 2ª EE e 3ª EE) e da secção Deslenhar, de forma a melhorar a eficiência das linhas e a qualidade do produto. A limpeza, em especial das câmaras, é a ação mais recorrente porque é através de fotografias à rolha que se identifica a classe do artigo (Figura 23). A maior parte das ações têm impacto imediato, exceto a troca de partes do equipamento, como é o caso da guia; neste caso é necessário emitir uma ordem à manutenção.



Figura 23 - Fotografia do topo de uma rolha com a câmara obstruída e com a câmara não obstruída

A manutenção diária era apenas realizada no primeiro e segundo turno, por dois colaboradores. Mais tarde, em janeiro de 2020, o colaborador do primeiro turno começou a suspender as suas atividades na 3ª EE, porque o mesmo não tinha tempo para completar a rotina. Uma das razões para a falta de tempo poderá dever-se ao facto de não existir um operador de manutenção diária no turno anterior ao seu e, por isso, o mesmo tinha de investir mais tempo nas secções iniciais para repor as condições normais do equipamento. Contudo, apesar da hipótese anterior, salienta-se que o operador realizava tarefas fora do *standard*, nomeadamente auxiliava outras secções, como os Acabamentos Mecânicos II.

Salienta-se que parte da rotina dos operadores de manutenção diária envolvia o registo de informação sobre as suas ações. Contudo, o registo era realizado sem o apoio de um *framework*, que podia levar a erros e um elevado tempo de registo. O tempo médio de registo em cada secção era 5,5 minutos.

Além disso, a informação registada na 3ª EE não era guardada em nenhum registo informático, ou seja, a informação ficava retida numa pessoa. Já na 2ª EE, existia um registo informático que identificava informação sobre as ações de intervenção do operador, nomeadamente: o ganho percentual de produção das três melhores rolhas de classes comerciais após a limpeza à EE e também mencionava as ações de intervenção que o operador realizava, para além da limpeza (Tabela 16).

Tabela 16 - Excerto do registo informático da 2ª EE

Data	Hora	Linha	Calibre	Classe	Dif. Classes Principais	Ações	
09/11/2019	03:00	1	49x24	AA	0%	Mudança da guia	repassa para cima
09/11/2019	03:00	2	49x24	A	0%		
09/11/2019	03:00	3	49x24	AA	0%		
09/11/2019	03:00	4	49x24	B	5%		

Após uma análise a este registo, percebeu-se a recorrência da ação “Mudança da guia”. A guia é uma parte da EE que permite a condução da rolha até à respetiva saída (Figura 24). Por outras palavras, na EE, após o martelo pneumático ser acionado, o corpo da rolha é fotografado e a rolha é disparada para uma guia. Quando a rolha já se encontra na guia, os seus topos são fotografados e com base nas imagens resultantes, a rolha é encaminhada para a saída correspondente.



Figura 24 - Guia em movimento: transporte da rolha 1 e rolha 2 para a saída correspondente

Contudo, se a guia ficar desgastada, a sua forma altera e torna-se ondulada. Neste caso, quando a rolha é fotografada, pode causar fotografias ilegíveis ou desfocadas. Quando a EE lê este tipo de fotografias, esta pode desvalorizar qualitativamente a rolha (ou seja, a rolha terá uma classe comercial inferior) ou pode não conseguir ler as fotografias e então segue para uma saída específica para ser depois reprocessada. Assim, teoricamente, quando a guia está degradada, há uma tendência para as rolhas não serem lidas ou serem classificadas como defeito de topo, porque as imagens dos topos da rolha são obtidas na guia. Assim, para verificar esta tendência, foi observada a linha 8 durante quatro dias (Tabela 17). A rolha consumida foi “45x24 A OF 60”, não houve falta de operadores ou material e a guia foi reposta dias antes do estudo. Após o estudo, em média, num turno e numa linha, 512 rolhas não foram lidas e 1,5K foram identificadas como defeito de topo. Acrescenta-se que as rolhas não lidas não são visíveis no controlo da produção, porque não são contabilizadas pela máquina, nem pelo MES.

Tabela 17 - Rolhas não lidas e rolhas com defeito numa linha num turno

	Rolhas não lidas		Rolhas com defeito de topo	
	Quantidade	%	Quantidade	%
Dia 1	476	0,64%	1877	2,55%
Dia 2	621	0,88%	1598	2,28%
Dia 3	417	0,59%	1235	1,75%
Dia 4	532	0,72%	1143	1,56%
Média	512	0,71%	1463	2,03%

Na Figura 25 encontra-se representada uma montagem de 50 imagens sobrepostas do visor da EE da linha 8, para expor a posição de 50 rolhas ao longo do tempo. Pode-se perceber que as fotografias do corpo da rolha encontram-se sempre no mesmo local, porque não são realizadas na guia. Já as fotografias dos topos mostram que a rolha tremia ou saltava, o que mostrou a não estabilidade da guia.



Figura 25 - Sobreposição de 50 imagens do visor da máquina 8 (fotografias do corpo e topos de rolhas)

Para além da fraca eficiência, a guia já provocou dois acidentes de trabalho e era reposta constantemente, devido ao seu curto tempo de vida.

A Figura 26 reúne o número de intervenções realizadas à guia no ano de 2019, ao longo dos meses. Existe uma evolução considerável a partir de julho, porque a manutenção diária iniciou o seu trabalho na mesma altura. Salienta-se que em agosto e dezembro ocorreu uma descida no número de intervenções, porque são meses de férias.

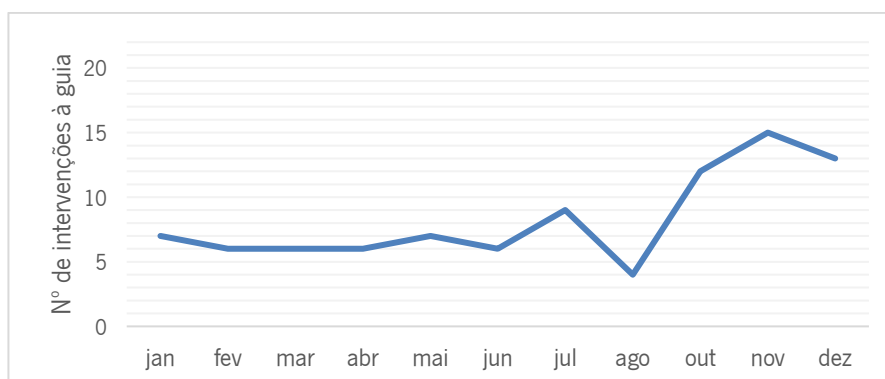


Figura 26 - Número de intervenções à guia em 2019

Em suma, constatou-se que a guia conduzia a um elevado número de reprocessamentos e perdas de qualidade e era propícia a acidentes de trabalho. Deste modo, esta guia poderá não ser uma boa opção.

4.2.6 Tempos de *setup* elevados

Relativamente à 2ª EE, o tempo de *setup* pode variar tendo em conta o tipo de artigo (Tabela 4 da secção 4.1.3). O *setup* mais problemático era quando o novo produto não era consistente com o comprimento do artigo anterior. Por essa razão, nos meses de janeiro e fevereiro de 2020, o operador de máquina ajustou o braço da SVE e trocou os *jigs* da EE 46 vezes e o técnico deslocou-se à 2ª EE 36 vezes para alterar a versão da SVE.

Outra causa para o aumento do tempo de *setup* era a falha de comunicação entre o operador que abastece e o operador logístico. Estes operadores encontram-se distantes; e certas vezes o operador que abastece não estava na plataforma, porque este tinha outras atividades. Aliado a isso, as operações dos dois operadores são sequenciais no MES: o operador que abastece, só pode abastecer a máquina no MES, quando o operador logístico parar a máquina.

Assim sendo, a Tabela 18 expõe o tempo médio de *setup* por linha. De facto, cada *setup* no MES demorava 50 minutos, mas a este valor teve de se adicionar 13 minutos. Isso, porque o MES não contabiliza o tempo que a linha demora ser parada no MES e o tempo que se demora a arrancar fisicamente a máquina, depois de a linha estar arrancada no MES. Assim, 21% do tempo do *setup* não

era contabilizado informaticamente, o que prejudicava a fiabilidade dos dados. Acrescenta-se que a maior parte das atividades do *setup* eram realizadas com a linha parada.

Tabela 18 - Tempo de setup médio por linha na 2ª EE

Linha	Tempo <i>setup</i> médio S.I.	Linha	Tempo <i>setup</i> médio S.I.
Linha 1	52,7 min	Linha 9	45,4 min
Linha 2	43,9 min	Linha 10	52,8 min
Linha 3	36,5 min	Linha 11	58,7 min
Linha 4	53,2 min	Linha 12	37,5 min
Linha 5	42,2 min	Linha 13	21,5 min
Linha 6	60,3 min	Linha 14	43,1 min
Linha 7	54,9 min	Linha 15	62,2 min
Linha 8	59,3 min	Linha 16	54,6 min
T <i>setup</i> médio (MES):		50,2 min	
T <i>setup</i> médio (Total):		63,2 min	

Relativamente à 3ª EE, um dos maiores impedimentos para um tempo de *setup* curto era o momento de entrega do *kanban*. O *kanban* era entregue pelo operador que abastece para o operador de máquina e estes operadores encontravam-se em pisos diferentes, o que podia conduzir a esperas entre eles. Além disso, a maior parte das vezes, a OF do *kanban* não estava definitiva. Desse modo, os operadores de máquina tinham de procurar e deslocar-se ao chefe de secção para a tornar definitiva, porque estes não tinham essa responsabilidade. Esta operação podia variar entre os 3 e os 20 minutos, dependendo do local e disponibilidade do chefe de secção.

Salienta-se ainda o tempo despendido no MES: 69% do tempo correspondia a esperas. Isso acontecia, porque o MES demorava a atualizar os dados e desse modo o operador de máquina tinha de aguardar até que o MES permitisse a edição dos dados novamente. Acrescenta-se que os resultados obtidos da Tabela 19 também são aplicáveis à 2ª EE.

Tabela 19 - Tempo despendido por cada operador na edição do MES

	Op. Máquina		Op. Abastece	Op. Máquina	Total	
	Parar máq	Gerar etiqueta	Abastecer	Arrancar a máq com a <i>kanban</i>		
Operação	0,1 min	0,7 min	0,4 min	0,6 min	1,8 min	31%
Esperas	0,8 min	1,9 min	0,1 min	1,3 min	4,1 min	69%

Na Tabela 20 está apresentado o tempo de *setup* para cada linha na 3ª EE, que, em média, representava 59,9 minutos no MES. Tal como na 2ª EE, é necessário adicionar o tempo que o MES não contabiliza e neste caso correspondeu a 18,0 minutos. Assim, em média cada *setup* demorava 77,9 minutos. Tal como na 2ª EE, 23% do tempo não era contabilizado pelo MES.

Tabela 20 - Tempo de *setup* médio por linha da 3ª EE (retirado do MES)

Linha	Tempo <i>setup</i> médio S.I.	Linha	Tempo <i>setup</i> médio S.I.
Linha 1	56,4 min	Linha 13	60,5 min
Linha 2	55,7 min	Linha 14	62,4 min
Linha 3	53,5 min	Linha 15	58,8 min
Linha 4	55,2 min	Linha 16	58,1 min
Linha 5	64,2 min	Linha 17	66,3 min
Linha 6	63,4 min	Linha 18	57,7 min
Linha 7	60,5 min	Linha 19	60,1 min
Linha 8	63,9 min	Linha 20	57,6 min
Linha 9	61,2 min	Linha 21	62,6 min
Linha 10	60,2 min	Linha 22	62,0 min
Linha 11	62,5 min	Linha 23	53,3 min
Linha 12	60,9 min	Linha 24	53,1 min
T <i>setup</i> médio (MES)		59,9 min	
T <i>setup</i> médio (Total)		77,9 min	

Face ao tempo de *setup* elevado do setor, o fluxo normal das atividades e do material era interrompido. Desse modo, a 2ª EE e a 3ª EE evidenciavam falta de material, mais concretamente falta de contentores e caixas, o que provocava paragens não planeadas no equipamento e um baixo OEE.

Para contornar a falta de contentores, os operadores transferiam as rolhas para sacos de menor capacidade, causando sobreprocessamentos. Salienta-se que estes sacos não eram ergonômicos, porque o operador tinha de pegar no saco para o colocar na moega. Além disso, os operadores tinham de descoser os sacos e caso fosse necessário transportar vários sacos, seria necessário um empilhador. No mês de janeiro, a 2ª EE esteve parada em média 6,7 horas por turno, devido à falta de contentores; e a 3ª EE esteve parada 53 minutos por turno.

Outra causa que impedia o fluxo normal do material eram os reprocessamentos.

4.2.7 Reprocessamentos excessivos

Face ao volume da máquina tipo II da 3ª EE, as oito saídas do equipamento encontram-se muito próximas, o que fazia com que uma saída não pudesse ser utilizada (Figura 27).



Figura 27 - Parte das saídas da máquina tipo II

Desse modo, os diferentes tipos de defeitos eram aglomerados apenas numa saída e mais tarde eram reprocessados na linha 7 da mesma secção. Na Tabela 21 são apresentados os reprocessamentos ocorridos durante o mês de janeiro e fevereiro de 2020, que corresponderam a 1,13M de rolhas.

Tabela 21 - Reprocessamentos das máquinas tipo II (janeiro e fevereiro de 2020)

Artigo	Consumo	Artigo	Consumo
45x24 Defeito B CL0	210 348	49x24 Defeito B CL0	109 417
45x24 Defeito B CL2C	346 807	49x24 Defeito B CL2C	40 195
45x24 Defeito B LIGHT	300 806	49x24 Defeito B LIGHT	118 335

4.3 Síntese dos problemas identificados

Após a análise crítica do setor de escolha eletrónica, a Tabela 22 reúne os seus problemas e as respetivas consequências. Como antecipado, a baixa produtividade é a consequência comum a todos os problemas.

Tabela 22 - Síntese dos problemas identificados no setor de escolha eletrónica de rolhas

Problema	Secção	Consequência
Baixa eficiência	2ª EE e 3ª EE	Baixa produtividade
Falta de normalização de <i>andons</i>	2ª EE	Baixa produtividade e perdas de velocidade (MWT elevado)
Distância percorrida e tempos de registos elevados	2ª EE	Baixa produtividade, perdas de velocidade (MWT elevado), carga significativa (medido pelo MWT) e perdas de disponibilidade (tempos de <i>setup</i> elevados)
Falha na alocação <i>standard</i> de artigos a linhas	2ª EE	Baixa produtividade, carga dos operadores desnivelada e elevada, perdas de disponibilidade (tempos de <i>setup</i> elevados), perdas de velocidade, problemas de qualidade e reprocessamentos
Falta de tempo para completar a rotina da manutenção diária	2ª EE e 3ª EE	Baixa produtividade, perdas de velocidade, perdas de qualidade
Material inadequado da guia	2ª EE	Baixa produtividade, reprocessamentos, perdas de qualidade e necessidade de manutenção
Tempos de <i>setup</i> elevados	2ª EE e 3ª EE	Baixa produtividade, perdas de disponibilidade, falta de material (menor disponibilidade) e perdas de velocidade (maior tempo de reação a sinais de outras máquinas)
Falta de contentores e caixas (falta de material)	2ª EE e 3ª EE	Baixa produtividade, perdas de disponibilidade, problemas ergonómicos e sobreprocessamento
Reprocessamentos excessivos	3ª EE	Baixa produtividade

No capítulo seguinte expõem-se as propostas de melhoria para os problemas enumerados na tabela anterior.

5 DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo apresentam-se as propostas de melhoria desenvolvidas para combater os problemas expostos na secção anterior. O plano de ações está sintetizado na Tabela 23 e tem por base a utilização da ferramenta 5W2H.

Tabela 23 - Plano de ações

<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>How</i>	<i>Who</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>How much</i>
Avaliação das ações da manutenção diária	Falta de tempo para completar a rotina da manutenção diária	Criação de um programa que calcula o ganho do valor comercial de um lote, após uma ação da manutenção e criação de uma <i>checklist</i> e <i>standard work</i>	Beatriz Rodrigues	2ª EE e 3ª EE	12/19-05/20	800 €/mês
Melhorias no equipamento e manutenção autónoma	Reprocessamentos, falta de material, perdas de velocidade, perdas de qualidade e material inadequado da guia	Estudo e alteração da guia; incorporação de um <i>poka-yoke</i> no 2º centrífugo; implementação de limpeza autónoma e respetivo <i>standard work</i> e eliminação de fontes de sujidade	Beatriz Rodrigues e Técnicos	2ª EE	02/20	12€/guia 3000€/buffer 5000€/centr.
Redefinição das atividades de <i>setup</i>	Tempos de <i>setup</i> elevados	SMED e alocação e sequenciação de artigos a linhas	Beatriz Rodrigues	2ª EE e 3ª EE	03/20-06/20	n/a
Alocação e sequenciação de artigos a linhas	Falha na alocação <i>standard</i> de artigos a linhas, tempos de <i>setup</i> elevados, perdas de velocidade e perdas de qualidade	Construção de uma matriz tempo de <i>setup</i> e matriz defeito de topo, estudo sobre fixação das linhas e agrupamento e sequenciação de artigos	Beatriz Rodrigues	2ª EE	02/20-05/20	-
Redefinição de operações	Distância percorrida e tempos de registos elevados e tempos de <i>setup</i> elevados	Diagrama de <i>spaghetti</i> e eliminação de atividades sem valor acrescentado	Beatriz Rodrigues	2ª EE e 3ª EE	03/20-06/20	n/a
Normalização dos <i>andons</i>	Falta de normalização de <i>andons</i> e perdas de velocidade	Retirar <i>andons</i> desnecessárias, reprogramação das cores das lâmpadas e criação de uma legenda	Beatriz Rodrigues e Manutenção	2ª EE	02/20-06/20	320 €
Otimização do espaço à saída de uma máquina	Reprocessamentos e falta de material	Redimensionamento das caixas, através da Equação NIOSH	Beatriz Rodrigues	3ª EE	03/20-06/20	n/a

5.1 Ferramenta de avaliação das ações da manutenção diária

Esta secção descreve a criação de uma ferramenta de avaliação das ações da manutenção diária, para estimar o número de operadores necessários, devido à falta de tempo evidenciada por um turno. Salienta-se que nesta secção recorreu-se também ao *standard work* para controlar as ações destes operadores.

5.1.1 Nomenclatura da ferramenta

A ferramenta de avaliação das ações da manutenção diária utilizou várias designações, nomeadamente:

- Ação: Uma ação pode ser classificada em principal e secundária. A ação principal é a que garante maior valor comercial a um lote. Por contrapartida, as ações secundárias são as restantes ações realizadas pelo operador. Exemplos: limpeza (por norma, é a ação principal, porque é a única ação obrigatória); mudança de guia; correção da versão da SVE; desobstrução da câmara, etc.;
- Percentagem de produção numa classe: Quantidade de rolhas classificadas numa classe em relação ao total de rolhas produzidas;
- Diferença qualitativa: Diferença entre a percentagem de produção depois de uma ação e antes de uma ação. No caso da Figura 28, as classes com melhor qualidade - Extra e Superior - apresentaram uma diferença qualitativa positiva (ou seja, após a ação, existem mais rolhas a ser classificadas nestas classes), ao contrário das restantes classes. Isso resultou num ganho do valor comercial do lote, porque as classes de melhor qualidade têm um maior valor comercial;

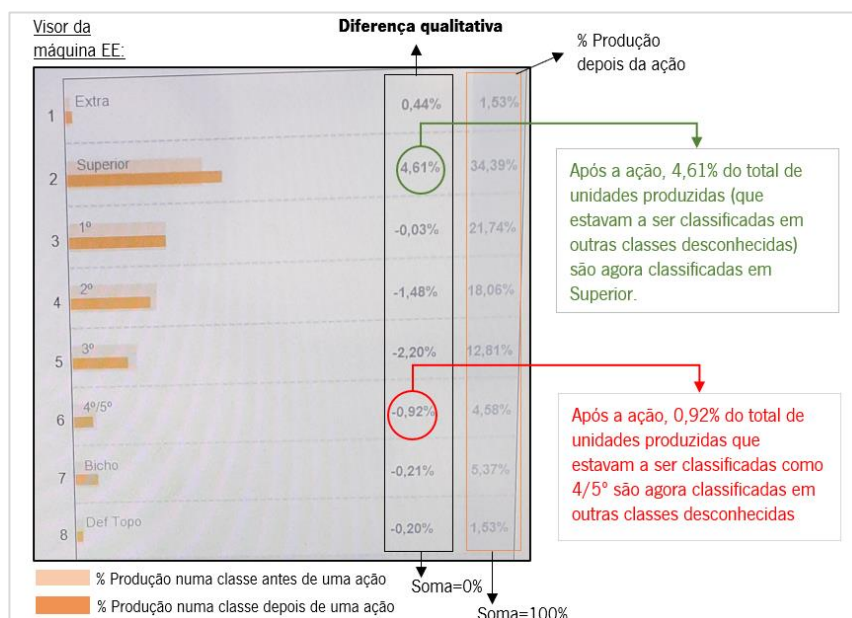


Figura 28 - Obtenção da diferença qualitativa por classe (obtido através do visor da EE)

- Ganho do valor comercial de um lote: Representa o ganho monetário de um lote proporcionado por uma ação do operador de manutenção diária, durante um determinado período.

5.1.2 Cálculo do ganho do valor comercial de um lote

O cálculo desta métrica encontra-se presente na Equação 7.

$$\text{Ganho VC lote}_r = \text{OEE} \times \text{taxa produção teórica} \times \sum_{i \in Q} (\% df_i \times vc_i) \times \text{tempo}_r \quad (7)$$

Onde:

Ganho VC lote_r: Ganho do valor comercial de um lote face a uma ação r

Q= {Flor; Extra; Superior; 1°;2°; 3°;4°; Defeito de corpo; Defeito de topo};

% df_i: Diferença qualitativa da classe i;

vc_i: Valor comercial da classe i, tendo em conta o calibre do artigo (exemplo: 49x24 de classe Flor tem um valor comercial de 550 €/1K unidades);

$$\text{tempo}_r = (\text{MWT}_{\text{antes da manutenção diária}} - \text{MWT}_{\text{com a manutenção diária}}) \text{ de um erro solucionado por uma ação } r.$$

Relativamente ao fator tempo, os erros que levam à necessidade de uma ação por parte da manutenção diária são dificilmente visíveis, porque não fazem parar o equipamento. Logo, para se obter o MWT antes e com a manutenção foi necessário calcular o MTBF, que neste caso, inevitavelmente, já inclui uma parte do MWT. Ou seja, o fator tempo pode ser calculado através da diferença entre o MTBF antes e depois da manutenção diária.

Desse modo, para a ação “mudança da guia”, na Tabela 24 foi calculado o MTBF da guia antes e com a manutenção diária. Através da interpretação dos dados, identificou-se que antes da manutenção diária, a guia estaria degradada pelo menos durante 490 horas, o que prejudicava o valor comercial do lote. Desse modo, as 490 horas correspondem ao fator tempo para o cálculo do ganho do valor comercial de um lote, proporcionado por um operador de manutenção diária

Tabela 24 - MTBF da guia (janeiro de 2019 a janeiro de 2020)

	Tempo de funcionamento	Nº de avarias	Nº de avarias/linha	MTBF	tempo
Antes M.D.	2 609h	38	2,38	1 099h/ocorrência	490h
Com a M.D.	2 588h	68	4,19	609h/ocorrência	(1099-609)

Quanto às restantes ações, como não existia qualquer registo antes da manutenção diária não foi possível calcular esse valor. Para essas ações e também para a ação limpeza considerou-se que o fator tempo seria de 8 horas. Ou seja, foi estimado que os operadores de manutenção diária são 8 horas mais rápidos a identificar um problema que os restantes operadores.

Assim, com base nos dados da diferença qualitativa presentes na Figura 28 da secção 5.1.1, a Figura 29 calcula o ganho do valor comercial de um lote, proporcionado por uma ação de limpeza, como forma de exemplo.

	Valor comercial (€/unid)	Diferença qualitativa	Valor comercial após ação	
Extra	0.24 €	0.44%	50.77 €	10100 unid/h x 59,5% x 0,44% x 0,24 €/unid x 8h
Superior	0.17 €	4.61%	376.77 €	
1°	0.13 €	-0.03%	-1.87 €	
2°	0.09 €	-1.48%	-60.48 €	
3°	0.05 €	-2.20%	-52.88 €	
4°/5°	0.02 €	-0.92%	-7.74 €	
Def. corpo	0.01 €	-0.21%	-0.61 €	
Def. topo	0.02 €	-0.20%	-1.92 €	
Total		0.00%	302.03 €	

Figura 29 - Valor comercial de um lote após uma ação de limpeza

5.1.3 Apresentação do funcionamento da ferramenta e *checklist*

De forma a auxiliar a atividade do operador foi criada uma *checklist* para o mesmo utilizar no *gemba* (Figura 30). Foi estabelecido que apenas se registava a informação de lotes que evidenciassem diferenças qualitativas, ao contrário de anteriormente, que se registava a informação de todos os lotes.

Manutenção Diária- 2ª EE										Data:		Turno:	
Input da Linha				Ação Principal	Ganhos das Ações								Ações secundárias
Linha	Calibre	Classe	OF		Flor	Extra	Sup.	1º	2º	3º	4º	Def. corpo	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													

Figura 30 - Checklist de auxílio à manutenção diária da 2ª EE

De seguida, a informação registada na *checklist* é guardada na ferramenta, onde é calculado o ganho do valor comercial de um lote. O programa utilizado foi o *Excel* e utilizou-se a linguagem *Visual Basic for Applications*. Sendo assim, inicialmente, o operador clica na secção “Input” da ferramenta e para cada lote que apresentou uma diferença qualitativa, este insere informação relativa ao artigo (calibre, classe e OF) e dados relativos às ações que efetuou (ação principal, ações secundárias e diferença qualitativa por classe), como ilustrado na Figura 31. Neste processo de registo existem alguns métodos *poka-yoke*. Se a soma das diferenças qualitativas for diferente de zero ou a ação principal for igual à ação secundária, o programa avisa do potencial erro. Após o preenchimento da tabela, o operador seleciona o botão “Guardar Registo” e a informação é guardada na secção “Histórico” e é removida desta secção. A secção “Input” encontra-se apresentada na Figura 31.

Inicio

Input

Histórico

Avaliação das ações

Propostas de melhoria

Cálculos Auxiliares

Input

Linha	Calibre	Classe Industrial	OF	Ação Principal	Diferença Qualitativa								Ações Secundárias		
					Fior	Ext	Sup	1°	2°	3°	4°	Def. corpo	Def. topo	A.S. 1	A.S. 2
Linha 1															
Linha 2															
Linha 3															
Linha 4															
Linha 5															
Linha 6															
Linha 7															
Linha 8															
Linha 9															
Linha 10															
Linha 11															
Linha 12															
Linha 13															
Linha 14															
Linha 15															
Linha 16															

Guardar Registo

Legenda

A soma dos ganhos é diferente de 0

As ações têm de ser distintas

Figura 31 - Secção “Input” da ferramenta

Posteriormente, a secção “Histórico” calcula o ganho do valor comercial de cada lote (Figura 32).

Inicio

Input

Histórico

Avaliação das ações

Propostas de melhoria

Cálculos Auxiliares

Histórico

Linha	Calibre	Classe	OF	Ação Principal	Diferença Qualitativa								Def. cc	Def. to	A.S. 1	A.S. 2	Dia	Hora	Turno	Ganho do VC do lote
					Fior	Extra	Superi	1°	2°	3°	4°									
Linha 14	45X24	B	600	Limpeza				3%	3%	-1%	-5%					13/01/2020	6:21	Turno 1	245.63 €	
Linha 2	49X24	AA	600	Limpeza	0%	2%	1%	-2%	-1%							13/01/2020	11:44	Turno 2	234.74 €	
Linha 9	45X24	A	100	Limpeza		0%	0%	3%	-2%	-1%	0%	0%				13/01/2020	11:44	Turno 2	82.28 €	
Linha 11	54X25	AA	620	Limpeza	2%		-2%									13/01/2020	11:44	Turno 2	0.00 €	
Linha 14	45X24	B	600	Limpeza				3%	-1%	-2%	0%	0%				13/01/2020	11:44	Turno 2	99.22 €	
Linha 15	45X24	A	600	Limpeza			3%	0%	-3%	0%	0%	0%				13/01/2020	11:44	Turno 2	123.42 €	
Linha 2	49X24	AA	600	Limpeza	3%	5%	-2%	-6%								14/01/2020	7:45	Turno 1	931.68 €	
Linha 5	49X24	AA	600	Correção do programa	5%	-3%	-1%	-1%						Limpeza		14/01/2020	7:45	Turno 1	638.87 €	
Linha 8	45X24	A	600	Limpeza			4%	2%	0%	-4%	-2%					14/01/2020	7:45	Turno 1	341.21 €	
Linha 4	45X24	AA	100	Mudança da guia			1%	2%				-3%	Limpeza			14/01/2020	12:28	Turno 2	10 968.47 €	
Linha 4	45X24	AA	100	Limpeza	2%	2%	-2%		-1%			-1%				15/01/2020	6:40	Turno 1	355.73 €	
Linha 6	45X24	AA	600	Limpeza	2%	1%	-3%									15/01/2020	6:40	Turno 1	208.12 €	
Linha 8	45X24	A	600	Limpeza			3%		-2%	-1%						15/01/2020	6:40	Turno 1	140.36 €	
Linha 14	45X24	B	600	Mudança da guia				2%				-2%	Limpeza			15/01/2020	6:40	Turno 1	3 853.79 €	
Linha 5	49X24	A	610	Limpeza			3%		-2%	-1%						15/01/2020	12:05	Turno 2	203.28 €	

Figura 32 - Secção “Histórico” da ferramenta

Finalmente, na aba “Avaliação das ações” são avaliadas as ações por turno, por ação, por linha e por tipo de artigo (Figura 33). Deste modo, é possível acompanhar o desempenho dos turnos, perceber qual é a ação mais frequente ou analisar a linha e o produto que mais necessitam de intervenção.

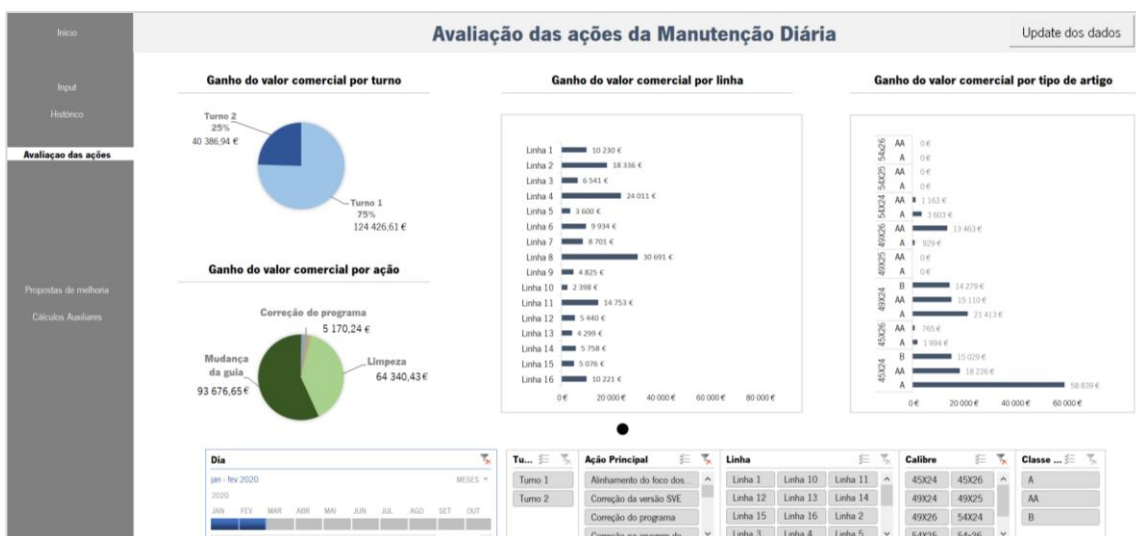


Figura 33 - Secção “Avaliação das ações” da ferramenta.

Finalmente, na secção “Propostas de melhoria”, os utilizadores podem mencionar melhorias ou observações relativas à ferramenta.

5.1.4 Avaliação da carga de trabalho inter-turno

Através dos dados da ferramenta, foi realizada uma análise mais detalhada dos mesmos (Apêndice VI). Assim sendo, o operador do primeiro turno apresentou um maior contributo para o ganho do valor comercial de um lote; este proporcionou 64% do ganho total. Contudo, por essa razão, impossibilitou-o de completar a rotina de manutenção diária na 3ª EE (Figura 34). Apesar da 3ª EE apresentar mais linhas do que a 2ª EE, o contributo monetário total do operador do turno 2 é superior na 2ª EE. Além disso, como a média do ganho do valor comercial do lote por ação é superior na 2ª EE (Apêndice VI), pôde-se deduzir que o operador do turno 2 não atuava nas linhas da 3ª EE com o mesmo detalhe. Por último, concluiu-se que a falta de cumprimento do *standard* não foi a única razão para o operador do primeiro turno não conseguir completar a rotina. Na verdade, como se pode deduzir pelo Apêndice VI, este operador realizava 3,7 vezes mais ações principais não obrigatórias [0,55/0,15] (ou seja, ações que não são limpeza) que o operador do segundo turno na 2ª EE. Os erros que obrigam à necessidade destas ações são mais difíceis de identificar e demoram mais a ser resolvidos.

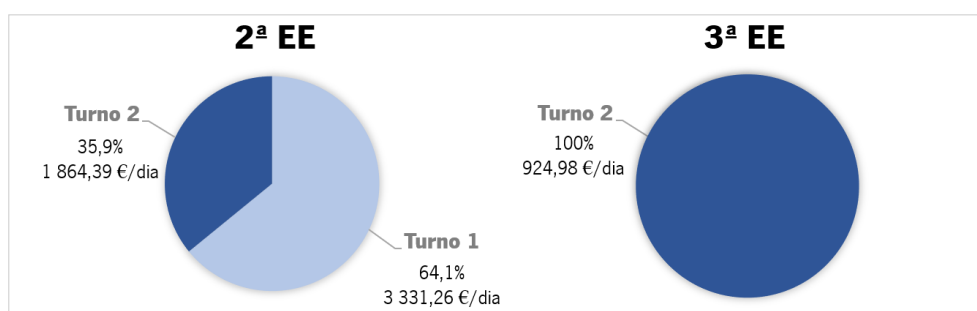


Figura 34 - Contributo de cada operador em cada secção

Deste modo, foi proposto que o operador do primeiro turno voltasse a realizar o seu circuito na 3ª EE e para isso foi necessário criar e controlar os procedimentos, de forma a consolidar o trabalho entre turnos e reduzir operações desnecessárias. Salienta-se que o *standard work* baseou-se em fluxogramas e em quadros gerais, porque as ações destes operadores são variáveis (Apêndice VII). De seguida, também foi proposto um operador para o terceiro turno, devido à não uniformidade de cargas.

5.2 Melhorias no equipamento e manutenção autónoma

Esta secção aplica dois pilares do TPM - melhorias específicas e manutenção autónoma- na 2ª EE. As melhorias específicas foram realizadas à guia e ao segundo centrífugo. Quanto à manutenção autónoma,

foram propostas a limpeza e inspeção à SVE, tendo em conta o *stock* do *buffer*. Além disso, também foi sugerida a troca do centrífugo, de forma a eliminar fontes de sujidade e perdas de velocidade.

5.2.1 Alteração do material da guia

Face ao desgaste rápido das guias na EE e aos seus problemas de eficiência, avaliou-se o número de intervenções da manutenção à guia por máquina em 2019 (Figura 35). A máquina 9 foi a única que não apresentou qualquer tipo de intervenção, uma vez que esta tinha uma guia de um material diferente e em vez de uma corrente tinha uma correia. Sendo assim, esta guia tinha a particularidade de não necessitar de ser reposta ou modificada com a mesma frequência, garantindo uma maior eficiência e produção, porque não necessitava de manutenção. Além disso, não foi registado nenhum acidente de trabalho com esta nova guia, mas com o outro tipo de guia foram registados dois acidentes de trabalho.

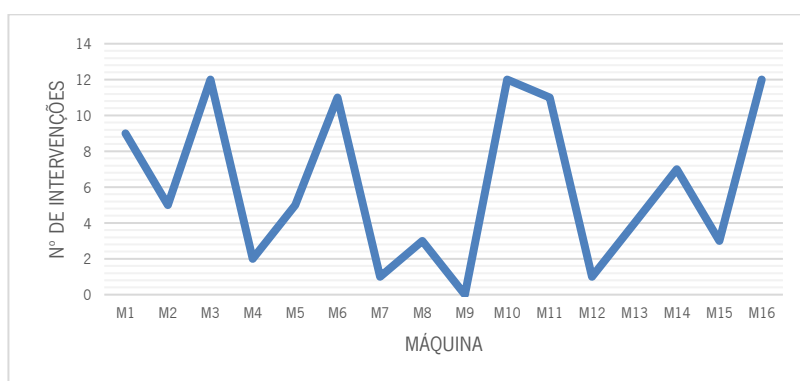


Figura 35 - Número de intervenções da manutenção à guia por máquina em 2019

Para averiguar a eficiência desta guia, realizou-se um estudo à máquina 9 (Tabela 25). A linha 9 consumiu o artigo “45x24 A OF 60” e não houve falta de operadores ou material no decorrer do ensaio, tal como no estudo conduzido na secção 4.2.5.

Tabela 25 - Resultados obtidos do estudo da guia à linha 9: rolhas não lidas e rolhas com defeito de topo

	Rolhas não lidas		Rolhas com defeito de topo	
	Quantidade	%	Quantidade	%
Dia 1	73	0,11%	530	0,81%
Dia 2	142	0,21%	516	0,78%
Dia 3	66	0,11%	630	1,00%
Dia 4	91	0,14%	679	1,02%
Média	93	0,14%	589	0,90%

Ao comparar com o estudo da secção 4.2.5 pode-se verificar que tanto as rolhas não lidas, como os defeitos de topos são menores na máquina 9. Dessa forma, esta guia é uma melhor opção em termos de produtividade e qualidade.

A Figura 36 comprova a diferença entre as duas máquinas (as máquinas referidas nesta secção e na secção 4.2.5) relativamente às rolhas não lidas, no final de um turno.



Figura 36 - Rolhas a reprocessar no final do turno; caixa à esquerda pertence à máquina 9 e caixa à direita pertence à máquina 8

Relativamente às rolhas defeito de topo, na Figura 37 está representada a sobreposição de 50 imagens do visor da máquina 9. De facto, ao comparar a Figura 25 da secção 4.2.5, a máquina 9 é muito mais estável e fiável que a máquina 8 e isso traduz-se numa melhor qualidade do produto.

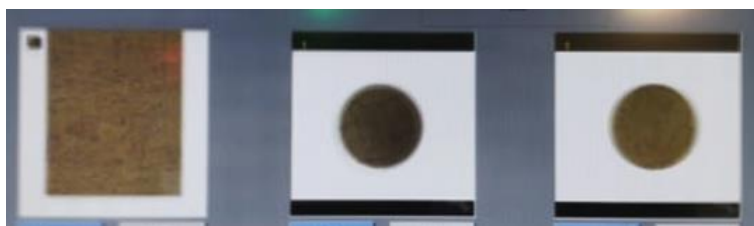


Figura 37 - Sobreposição de 50 imagens do visor da máquina 9

Assim sendo, foi proposto trocar a guia e a corrente por a guia da máquina 9 e uma correia. Acrescenta-se que em alternativa a esta ação, a troca da guia deveria ser incluída na manutenção preventiva. Ao consultar a ferramenta de avaliação das ações da manutenção diária (secção 5.1), quando a guia é trocada em ciclos médios de 609 horas (MTBF médio com a rotina da manutenção diária), ao invés de ciclos de 1 099 horas, em média (MTBF médio antes da manutenção diária), trouxe ganhos superiores a 360K € entre janeiro e maio de 2020.

5.2.2 Incorporação de um *poka-yoke* no segundo centrífugo

Os encravamentos no segundo centrífugo foram a segunda paragem com mais peso relativamente às perdas de velocidade da 2ª EE e estavam concentrados das linhas 12 à 16. Após uma análise ao funcionamento destas linhas, concluiu-se que a distância entre a saída das rolhas que vedam e a base do segundo centrífugo era considerável e a natureza oblíqua do centrífugo, fazia com que quando as rolhas embatiam no mesmo saltassem e encravassem à saída do centrífugo (Figura 38).



Figura 38 - Encravamento no segundo centrífugo

De seguida, avaliaram-se os centrífugos das linhas 1 à 11, visto que não apresentavam encravamentos. Neste caso, estas linhas tinham um vibrador e também tinham palas no final da saída das rolhas que vedam. As palas estavam a atuar como um *poka-yoke* de função proativa, para evitar este tipo de encravamentos. De facto, foi possível verificar que as palas encaminhavam as rolhas durante a sua queda e além disso bloqueavam a maioria dos saltos das rolhas (com ângulo acentuados), após a queda. Portanto, colocaram-se palas nas linhas 12 à 16 para contornar os encravamentos, apesar de o equipamento ser diferente (Figura 39).



Figura 39 - Centrífugo com palas

Após um total de 10 horas na 2ª EE, verificou-se uma redução de encravamentos.

5.2.3 Limpeza autónoma considerando o *stock* do *buffer*

Com o objetivo de prosseguir com a otimização da produtividade e a minimização das perdas de velocidade na 2ª EE, foram estudadas as produções por linha. Pela Figura 40 concluiu-se que a linha 1 era a que apresentava mais produção: 26% acima da produção média.

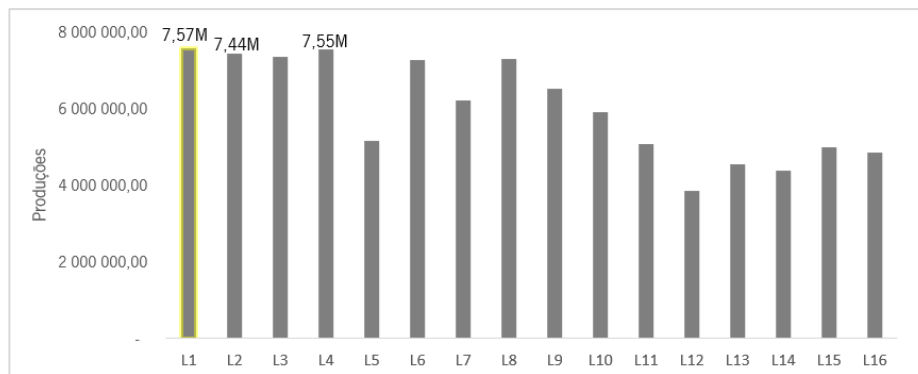


Figura 40 - Produções de dois meses das linhas da 2ª EE

Como referido na secção 4.1.1, a linha 1 tinha um *buffer* entre a SVE e o segundo centrífugo. O *buffer* é abastecido se a quantidade de rolhas que vedam é considerável e através de paragens na EE, devido a encravamentos, contentores cheios ou erros de *software* (Figura 41 a)). O objetivo do *buffer* entre as duas máquinas é que a linha não pare quando ocorresse uma falha na SVE (Figura 41b)). Acrescenta-se que quando o *buffer* alcançava a sua capacidade máxima, a SVE parava.

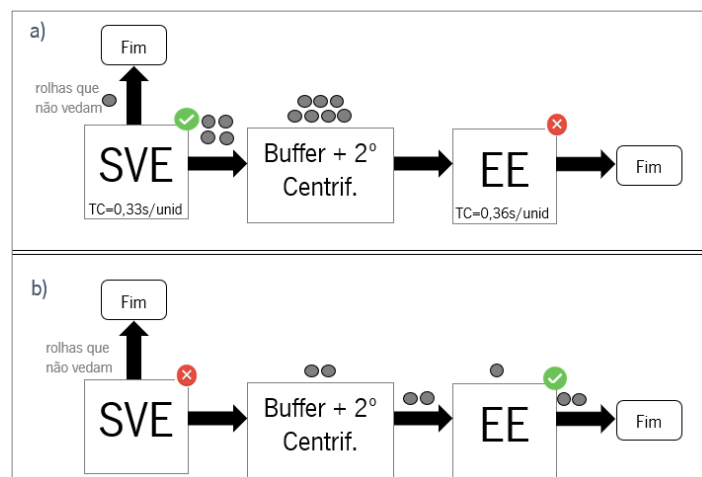


Figura 41 - Fases do buffer: a) abastecimento do buffer; b) esvaziamento do buffer

Com o intuito de melhor compreender a vantagem do *buffer*, estudaram-se a linha 1 (linha com *buffer*) e linha 2 (linha sem *buffer*), porque são linhas com o mesmo operador de máquina e apresentavam produções idênticas. Salienta-se que se manteve as mesmas condições nas duas linhas: não houve falta de material, falta de operadores, as linhas consumiram o mesmo lote e não houve esperas significativas para desencravar o equipamento, nem para mudança de lote. Através da Tabela 26 concluiu-se que com a implementação do *buffer* conseguiu-se um aumento da produção na classe AA e também na classe B. Verificou-se um aumento de produção com *buffer*, porque a percentagem de erros da SVE que influenciavam a paragem da linha eram significativamente menores no caso da linha 1. Além disso, na linha 1, o tempo que levava à paragem da linha após a paragem da SVE era maior em relação à linha 2.

Tabela 26 - Produção e encravamentos da linha 1 e linha 2

	Linha 1		Linha 2	
	49x24 AA 60	49x24 B 60	49x24 AA 60	49x24 B 60
Output SVE médio	72 161	65 216	68 803	62 816
Output da EE médio	72 726	65 682	68 763	62 487
% de avarias da SVE que influenciaram a paragem da linha	35%	69%	98%	100%
Desfasamento entre a paragem da SVE e a paragem da linha	77 s	40 s	27 s	14 s

Contudo, através da observação sistemática destas duas linhas, verificou-se que a frequência de erros na SVE era idêntica, como esperado. Além disso, constatou-se que a linha 1 apresentava um maior tempo de paragem na SVE, porque quando o *buffer* atingia a sua capacidade, a SVE parava.

Desta forma, surgiu a oportunidade de utilizar esse tempo de paragem da SVE para minimizar as perdas de velocidade, através de manutenção autónoma. A manutenção autónoma consistia na limpeza e inspeção à SVE durante 6 minutos, a partir do momento em que o *stock* atingia a capacidade do *buffer*. Salienta-se que o *andon* da SVE era acionado nesse momento e que o seu sinal era único (secção 5.7). Assim, foi possível realizar a manutenção autónoma sem comprometer a produção.

Posteriormente, realizou-se um estudo para avaliar e confirmar a influência da manutenção autónoma na produção. Idealmente, o estudo seria realizado na linha 1, contudo não foi possível (porque, na linha 1 estavam a ser conduzidos testes de desenvolvimento de uma nova rolha). Portanto, estudaram-se as linhas 12 à 16 e a linha 12 foi a única linha limpa (Figura 42). A linha 12 foi limpa uma vez por turno, 30 minutos após o início do turno e foi a linha que apresentou mais produção. Também foi possível perceber, que até ao momento da manutenção, as produções foram idênticas nas cinco linhas.

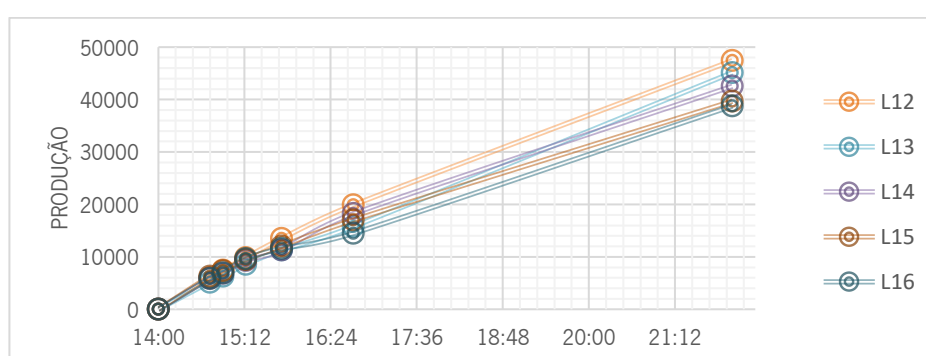


Figura 42 - Produção da EE com a influência da limpeza

O último passo consistiu no desenvolvimento de uma OPL para a manutenção autónoma (Figura 59 do Apêndice VIII).

Em suma, foi sugerida a replicação do *buffer* pelas linhas da 2ª EE e a manutenção autónoma despoletada pelo *stock* máximo no *buffer*.

5.2.4 Eliminação de fontes de sujidade e perdas de velocidade

Face aos encravamentos detetados no primeiro centrífugo e na calha, nomeadamente os que necessitam de intervenção do operador e os que a máquina consegue resolver automaticamente, avaliaram-se as pequenas paragens do vibrador (equipamento apenas presente na linha 6).

Durante dois dias, estudou-se o funcionamento do vibrador e não se observou nenhuma paragem ou microparagem do mesmo ou na calha. De facto, não ocorreu nenhum encravamento no vibrador, porque é um equipamento sem irregularidades e não é anguloso. Também não ocorreram erros na calha, porque a transição do vibrador para a calha apresenta um ângulo raso, ao contrário do centrífugo (Figura 43).



Figura 43 - Ângulo entre o centrífugo/vibrador e a calha

Os operadores de máquina confirmaram o desempenho do centrífugo e assinalaram o facto, do vibrador não necessitar da mesma frequência de limpeza, porque é um equipamento estanque, sem aberturas e consequentemente não permite que o pó se instale. Isso já não acontece com o centrífugo, porque tem aberturas para o pó se instalar; desse modo, o operador tinha de agitar o centrífugo para expulsar o pó. Além disso, no caso do vibrador centrífugo, os operadores não necessitam de lubrificar as rolhas, porque a superfície do vibrador é lisa, enquanto que o centrífugo tem uma superfície mais irregular e então opera melhor com o lubrificante. Contudo, a lubrificação excessiva provoca acumulação de pó na rolha e pode sujar o equipamento, podendo levar à sua paragem ou perdas de qualidade.

Em suma, foi sugerida a troca do centrífugo pelo vibrador, a fim de eliminar as perdas de velocidade e eliminar a necessidade de manutenção autónoma: limpeza e lubrificação.

5.3 Redefinição das atividades de *setup* na 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE)

A redução do tempo de *setup* pode ser conseguida por meio da ferramenta SMED e complementarmente através das propostas da secção posterior (secção 5.4).

Inicialmente, o primeiro passo consistiu na identificação de operações de um *setup* e na sua classificação, nomeadamente em interna (se a atividade foi executada com a linha parada) ou externa (se foi realizada com a linha em funcionamento) (Tabela 27). Pela tabela referida, verificou-se que já existia

uma consciência de preparação de certas operações (como é o caso da obtenção de contentores) e que as operações externas e internas já estavam precisamente separadas. Salienta-se que a operação de expulsão de rolhas podia ser interna ou externa, porque o operador podia ligar a linha para processar as rolhas, ou então o operador atribuía manualmente as rolhas à sua classe.

Tabela 27 - Operações internas e operações externas de mudança de produto na 2ª EE

Tipo Op.	Operador de máquina	Operador logístico	Operador que abastece	Técnico
Externa			Colocar o próximo artigo junto à moega	
Externa			Colocar a placa do próximo artigo no parapeito	
Externa		Buscar contentores vazios		
Linha ficou sem rolhas				
Interna	Chegar à linha			Chegar à linha
Interna/ Externa	(Ligar a EE) e expulsar as rolhas da linha			Alterar versão da SVE
Interna	Parar fisicamente a linha			
Interna	Registar a produção da SVE			
Interna	Despejar os cestos cheios nos contentores associados			
Interna	Retirar os contentores e cestos cheios			
Interna	Atualizar as placas que estão à saída da EE	Movimentar os contentores/cestos para perto do quiosque		
Interna	Preparar as placas para os contentores vazios	Gerar as etiquetas para cada saída no MES		
Interna	Colocar novos contentores e cestos	Parar a linha no MES		
Interna	Atualizar a placa que identifica o que a linha está a consumir	Avisar o operador que abastece para abastecer		
Interna		Atribuir cada etiqueta a cada contentor/cesto	Chegar ao abastecimento, após o aviso	
Interna		Movimentar os contentores/cestos para o lugar designado	Abastecer fisicamente	
Interna			Tirar etiqueta que está no contentor	
Interna			Ir ao quiosque com a etiqueta	
Interna			Abastecer a linha no MES	
Interna			Arrancar a linha no MES	
Interna			Avisar o operador da máquina que abasteceu a linha	
Interna	Alterar o programa da EE e a capacidade para cada saída			
Interna	Ajustar o braço da SVE			
Interna	Alterar os <i>jigs</i> da EE			
Interna	Arrancar fisicamente a linha			

Posteriormente, o próximo passo teve como propósito a redução ou eliminação das operações internas e a conversão das mesmas em operações externas.

Face ao elevado tempo de esperas entre o operador que abastece e o operador logístico (as suas operações eram sequenciais), foi proposto que o operador logístico ficasse encarregue de abastecer e de arrancar a linha no MES, apenas no momento de mudança de produto. Para tal, a etiqueta para abastecer no MES, tinha de ser entregue antes do início do *setup* e guardada junto à linha (Figura 44).

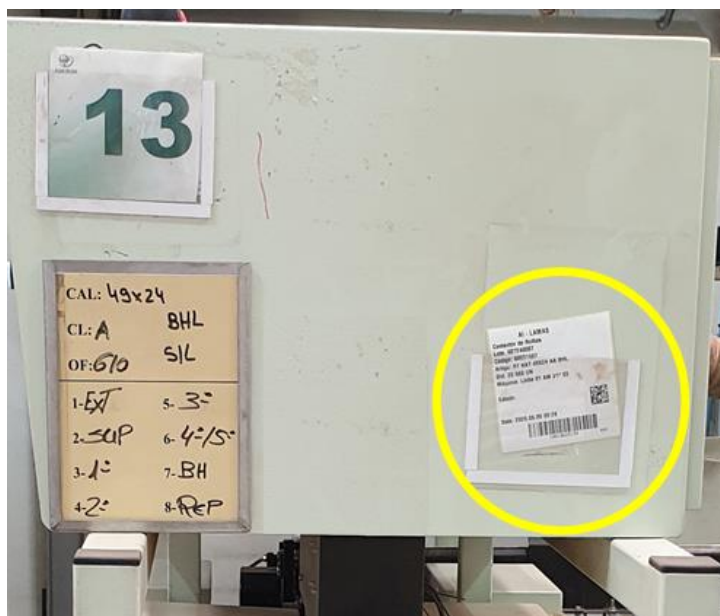


Figura 44 - Local da etiqueta do próximo artigo

Posteriormente, uma operação que não acrescentava valor era o registo de produções da SVE, que era atualizado durante o *setup* (Figura 20c) da secção 4.2.3). Este registo não chegava a ser consultado, porque o MES conseguia obter esses dados. Desse modo, o registo foi eliminado.

A operação de geração de etiquetas no MES também podia ser reduzida através de um *update* no MES. Inicialmente, esta atividade incidia na emissão da produção para cada um dos oito produtos da linha e o objetivo seria emitir a produção de todos os produtos em simultâneo. Com esta redução de passos, conseguia-se reduzir o tempo e o número de erros. Portanto, numa situação normal o *setup* podia ser reduzido em 2,27 minutos e numa situação de erro, podia ser reduzido em 5,85 minutos.

Além disso, propôs-se que a edição do MES fosse realizada no início do *setup* com o intuito de melhorar a fiabilidade dos dados, ou seja, que os dados informáticos se aproximassem da realidade.

Finalmente, as operações que envolviam a atualização das placas sobre a informação do produto (junto às linhas e também nos contentores) passaram a ser realizadas após o arranque do equipamento.

Na Tabela 28 encontra-se a proposta de passos para a realização do *setup*.

Tabela 28 - Proposta de passos para a mudança de produto

Op.	Operador de máquina	Operador logístico	Operador que abastece	Técnico
Ext.			Colocar o contentor do próximo art. junto à moega	
Ext.			Entregar a etiqueta para abastecer	
Ext.	Receber e guardar a etiqueta junto à EE			
Ext.		Buscar contentores vazios		
Linha ficou sem rolhas				
Int.	Chegar à linha			Chegar à linha
Int/ Ext.	(Ligar a EE) e expulsar as rolhas da linha			Alterar versão da SVE
Int.	Parar fisicamente a linha	Gerar as etiquetas p/ cada saída no MES		
Int.	Despejar os cestos cheios nos contentores associados	Parar a linha no MES		
Int.	Retirar os contentores e cestos cheios	Ir à linha		
Int.	Colocar novos contentores e cestos	Atribuir cada etiqueta em cada contentor/cesto		
Int	Avisar o operador que abastece para abastecer fisicamente a linha	Guardar a etiqueta		
Int	Ajustar o braço da SVE	Movimentar os contentores/cestos p/ o lugar designado		
Int	Alterar os <i>jigs</i> da EE	Abastecer a linha no MES	Abastecer fisicamente	
Int		Arrancar a linha no MES	Atualização do livro p/ o art. que a linha está a consumir	
Int	Alterar o programa da EE e a capacidade para cada saída			
Int	Arrancar fisicamente a EE			
Ext	Atualizar as placas à saída da EE			
Ext	Preparar as placas para os contentores vazios			
Ext	Atualizar a placa que identifica o que a EE está a consumir			

Como referido, a secção seguinte complementa as ações referidas na presente secção, através da eliminação de ajustes e calibrações e através da uniformização da carga entre os operadores.

5.4 Alocação e sequenciação de artigos a linhas na 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE)

Esta secção agrupa e sequencia artigos para o consumo na 2ª EE. Neste estudo consideraram-se restrições mecânicas, eletrónicas e de abastecimento das linhas; a carga do operador; tempos de *setups* e a percentagem de defeito de topo de artigos. O objetivo inclui a redução de tempos de *setup*, de perdas de velocidade e de qualidade e a uniformização e diminuição da carga dos operadores.

5.4.1 Restrições

Inicialmente, para estabelecer as regras a utilizar no abastecimento das linhas foi necessário definir restrições. As restrições foram elaboradas por uma equipa multidisciplinar e foram as seguintes:

- As rolhas “49x24 BHL”, independentemente da classe, estão reservadas à linha 13;
- As rolhas “49x25” estão reservadas à linha 9. Apesar do seu volume baixo de entrada no abastecimento, o mercado começou a pedir mais o artigo;
- Se um artigo for consumido em mais do que uma linha, então essas linhas devem ser próximas;
- Restrições mecânicas: Existem diferentes tipos de SVE que estão preparadas para certos calibres (diâmetro ou comprimento) e com isso, existem artigos mais favoráveis para uma linha consumir. Deste modo, foram reunidos na Tabela 55 do Apêndice I, os artigos ideais e alternativos que cada linha pode consumir, tendo em conta o calibre da rolha e também os artigos que a linha nunca pode consumir. Através desta consciencialização, a redução de encravamentos é possível;
- Restrições eletrônicas da SVE: Para a SVE inferir se a rolha cumpre a estanquicidade, a SVE aplica pressão à rolha. A pressão aplicada vai depender do calibre ou OF da rolha (Tabela 57 do Apêndice I). Para alterar os níveis de pressão da SVE é necessário alterar a versão da máquina e apesar de ser possível, é um processo demorado e tem de ser realizado pelo técnico, por isso deve ser evitada ou minimizada a sua ocorrência;
- Restrições eletrônicas da EE: A EE com versão 7075 não deve consumir rolhas de classes B, para evitar problemas de qualidade (Apêndice I). Salienta-se que a versão da EE não é alterável;
- As rolhas de classe B estão reservadas às linhas 12 à 16;
- Minimização da troca de artigos com comprimento diferente: Quando se altera o comprimento da rolha tem de ajustar o braço da SVE, trocar *jigs* na EE e em certos casos, alterar a versão da máquina SVE, o que faz aumentar o tempo de *setup*;
- Redução e uniformização da carga dos operadores: Limitação do número de artigos que podem entrar em cada linha.

As quatro primeiras restrições são as mais importantes e não foram infringidas, enquanto que as restantes foram balanceadas, de modo a alcançar a solução ótima, que é explicado ao longo da presente secção.

5.4.2 Matriz tempo de *setup* e matriz defeito de topo

De forma a alocar e sequenciar os artigos às linhas, em primeiro lugar reuniram-se os principais artigos, tendo em conta o seu volume de entrada no abastecimento, como expostos na Tabela 29. Os artigos foram obtidos através de uma análise ABC e seleccionou 50% dos artigos, que representavam 95% do volume no abastecimento (Apêndice V).

Tabela 29 - Artigos a analisar, obtidos da análise ABC

45x24 AA 10	45x24 A 10	45x24 AA 60	45x24 A 60	45x24 B 60	45x24 B 68	45x26 AA 60
45x26 A 60	49x26 AA 60	49x26 A 60	49x26 AA 65	49x26 AA 61	54x24 AA 60	49x24 AA 10
49x24 A 10	49x24 AA 60	49x24 A 61	49x24 A 68	49x24 A 60	49x24 AA 65	49x24 B 68
49x24 B 60	49x24 A 65	49x24 BHL	49x24 AA 61	49x24 B 65	49x25	

Após a seleção dos artigos, construiu-se uma matriz de tempo de *setup* (Tabela 71 e Tabela 72 no Apêndice IX). Com base na informação da matriz, na Tabela 30 encontram-se organizadas as transições ideais, alternativas e não ideais dos artigos, consoante o tempo de *setup*. Acrescenta-se que os tempos de *setup* referidos na matriz foram retirados do MES e deste modo são tempos aproximados.

Tabela 30 - Transições ideais (verde), alternativas (amarelo) e não ideais (vermelho), relativamente ao tempo de *setup*

Anterior	Atual	Tempo <i>setup</i>	Anterior	Atual	Tempo <i>setup</i>
45x24 A 10	45x24 A 60	57,47 min	49x26 AA 60	49x26 A 60	41,55 min
45x24 A 10	45x24 AA 60	44,13 min	45x24 AA 10	49x24 B 60	47,27 min
45x24 A 10	49x24 AA 10	42,82 min	45x24 AA 60	45x24 A 60	59,73 min
45x24 A 10	49x24 AA 60	30,10 min	49x24 A 60	49x24 AA 60	47,10 min
45x24 A 60	45x24 AA 60	50,42 min	49x24 AA 10	45x24 AA 60	53,12 min
45x24 A 60	45x24 B 60	50,08 min	49x24 AA 60	49x24 A 60	40,38 min
45x24 AA 10	45x24 A 10	45,05 min	49x24 AA 60	54x24 AA 60	61,63 min
45x24 AA 60	45x24 AA 10	40,30 min	49x24 AA 61	49x24 AA 60	46,07 min
45x24 B 60	45x24 A 60	42,58 min	49x26 AA 60	49x26 AA 61	57,50 min
45x26 A 60	45x26 AA 60	44,42 min	45x24 A 10	45x24 AA 10	64,58 min
45x26 AA 60	45x26 A 60	31,50 min	45x24 A 60	45x24 A 10	60,80 min
45x26 AA 60	49x26 AA 60	35,32 min	45x24 A 60	45x24 AA 10	68,05 min
49x24 A 10	49x24 AA 10	30,00 min	45x24 AA 10	45x24 A 60	69,80 min
49x24 A 10	49x24 B 60	41,13 min	45x24 AA 10	45x24 AA 60	87,17 min
49x24 A 60	45x24 AA 60	29,17 min	45x24 AA 60	49x24 A 60	46,27 min
49x24 A 60	49x24 A 10	19,28 min	45x24 AA 60	49x24 AA 65	79,13 min
49x24 A 60	49x24 B 60	38,12 min	45x24 B 60	49x24 AA 10	90,47 min
49x24 A 61	49x24 A 10	15,88 min	45x26 A 60	49x26 AA 60	66,02 min
49x24 A 61	49x24 A 60	12,25 min	45x26 A 60	49x26 AA 65	95,33 min
49x24 A 61	49x24 AA 61	9,10 min	45x26 AA 60	49x26 A 60	70,27 min
49x24 A 65	49x24 B 65	40,62 min	45x26 AA 60	49x26 AA 61	84,80 min
49x24 AA 10	49x24 AA 60	23,40 min	49x24 A 60	49x24 AA 61	58,73 min
49x24 AA 60	49x24 A 65	43,25 min	49x24 A 61	45x24 AA 60	61,27 min
49x24 AA 60	49x24 AA 61	29,07 min	49x24 AA 10	49x24 A 10	33,78 min
49x24 AA 60	49x24 B 60	40,72 min	49x24 AA 61	45x24 AA 10	64,43 min
49x24 AA 61	49x24 A 60	36,85 min	49x24 AA 65	49x24 A 65	65,00 min
49x24 AA 61	49x24 A 61	50,83 min	49x24 B 60	49x24 A 60	47,27 min
49x24 B 60	45x24 AA 10	49,40 min	49x24 B 60	49x24 AA 61	60,00 min
49x24 B 60	49x24 AA 60	40,33 min	49x26 A 60	45x26 AA 60	84,18 min
49x26 A 60	49x26 AA 60	49,95 min	49x26 AA 61	45x26 AA 60	74,03 min
49x26 A 60	49x26 AA 61	14,83 min	49x26 AA 65	45x26 AA 60	104,45 min
49x26 AA 60	45x26 A 60	12,13 min	54x24 AA 60	49x24 AA 60	60,00 min

O próximo passo consistiu na elaboração da matriz defeito de topo, presente no Apêndice X. A percentagem de defeito de topo foi o indicador assumido neste estudo para medir a qualidade, porque quando esta percentagem tem um valor elevado, pode indicar que as classes superiores estão a ser

desvalorizadas. Na Tabela 31 estão apresentadas as sequências ideais, alternativas e não ideais tendo em conta a qualidade e são derivadas da matriz de defeito de topo.

Tabela 31 - Transições ideais (verde), alternativas (amarelo) e não ideais (vermelho), relativamente à qualidade

Artigo anterior	Artigo atual	% defeito topo	Artigo anterior	Artigo atual	% defeito topo
45x24 A 10	45x24 A 60	1,29%	49x26 AA 65	45x26 AA 60	0,75%
45x24 A 10	45x24 AA 10	2,68%	49x26 AA 65	49x26 A 60	1,81%
45x24 A 10	49x24 AA 60	0,89%	54x24 AA 60	49x24 AA 60	0,65%
45x24 A 60	45x24 A 10	1,04%	45x24 A 60	45x24 AA 10	4,02%
45x24 A 68	45x24 A 60	1,91%	45x24 A 60	45x24 AA 60	3,02%
45x24 A 68	45x24 AA 60	2,23%	45x24 B 60	45x24 A 60	2,15%
45x24 AA 60	45x24 A 10	0,88%	45x26 A 60	45x26 AA 60	1,22%
45x24 AA 60	49x24 AA 10	0,65%	45x26 AA 60	45x26 A 60	6,40%
45x24 B 60	49x24 AA 10	0,44%	49x24 A 10	49x24 AA 10	0,74%
45x24 B 68	45x24 A 60	1,85%	49x24 A 60	49x24 AA 60	1,02%
45x24 B 68	45x24 B 60	5,03%	49x24 A 65	49x24 AA 60	1,02%
45x26 A 60	49x24 AA 60	0,57%	49x24 A 68	49x24 AA 60	1,00%
45x26 A 60	49x26 AA 60	0,68%	49x24 AA 10	49x24 AA 60	0,97%
45x26 AA 60	49x26 AA 60	0,55%	49x24 B 68	49x24 B 60	4,00%
49x24 A 10	45x24 AA 60	2,57%	45x24 A 10	49x24 B 60	12,93%
49x24 A 10	49x24 A 60	2,85%	45x24 A 60	45x24 B 60	6,43%
49x24 A 60	49x24 A 61	2,34%	45x24 AA 10	45x24 A 10	2,39%
49x24 A 61	49x24 A 60	3,83%	45x24 AA 10	45x24 A 60	2,53%
49x24 A 65	49x24 AA 10	0,59%	45x24 AA 10	45x24 AA 60	3,54%
49x24 A 65	49x24 B 60	1,21%	45x24 AA 10	49x24 B 60	8,34%
49x24 A 68	45x24 AA 60	1,24%	45x24 AA 60	45x24 A 60	2,57%
49x24 AA 60	49x24 A 10	2,25%	45x24 AA 60	49x24 A 60	5,32%
49x24 AA 60	49x24 A 60	2,04%	45x24 B 60	49x24 AA 60	1,44%
49x24 AA 60	49x24 AA 61	0,93%	49x24 A 60	49x24 A 65	5,03%
49x24 AA 60	49x24 AA 65	1,17%	49x24 A 60	49x24 AA 10	1,07%
49x24 AA 60	49x24 B 60	1,39%	49x24 A 61	45x24 AA 60	6,90%
49x24 AA 60	54x24 AA 60	0,70%	49x24 A 65	49x24 AA 65	1,57%
49x24 AA 61	49x24 A 10	2,64%	49x24 A 68	49x24 A 60	6,58%
49x24 AA 61	49x24 A 60	3,85%	49x24 AA 10	45x24 A 60	2,99%
49x24 AA 61	49x24 AA 60	0,58%	49x24 AA 10	49x24 A 10	3,62%
49x24 AA 61	49x24 B 60	1,43%	49x24 AA 61	45x24 A 10	2,27%
49x24 AA 61	54x24 AA 60	0,78%	49x24 B 60	45x24 A 10	3,24%
49x24 AA 65	45x24 AA 60	2,31%	49x24 B 60	49x24 A 60	5,76%
49x24 AA 65	49x24 AA 60	0,70%	49x24 B 60	49x24 B 65	3,39%
49x24 B 60	49x24 A 10	2,72%	49x24 B 68	45x24 AA 10	4,10%
49x24 B 65	45x24 AA 60	2,97%	49x24 B 68	49x24 AA 60	1,73%
49x24 B 65	49x24 AA 60	0,69%	49x26 AA 60	45x26 AA 60	1,64%
49x24 B 68	49x24 A 60	3,86%	49x26 AA 60	49x26 A 60	7,19%
49x26 AA 60	49x26 AA 65	0,84%	49x26 AA 60	49x26 AA 61	1,72%
49x26 AA 61	49x26 A 60	4,51%	49x26 AA 61	49x26 AA 65	3,59%
49x26 AA 61	49x26 AA 60	0,49%	49x26 AA 65	49x26 AA 60	2,01%

5.4.3 Fixação de uma parte das linhas da secção

Quando ocorre um *setup*, há o risco de a máquina não tirar o melhor proveito do lote que está a consumir e isso comprova-se pela Tabela 31 da secção 5.4.2: existem 27 combinações não ideais. Para além

disso, é importante referir que o mesmo lote consumido em duas linhas diferentes vai ter uma desdobra diferente em cada linha, devido às características individuais de cada máquina.

Então, como esta secção tem a vantagem de ter 16 linhas em paralelo, sugeriu-se que certas linhas consumissem apenas um tipo de produto. De forma a justificar esta necessidade, na Tabela 32 foram reunidos todos os artigos cujos consumos foram superiores a 1M de unidades (aproximadamente uma semana de consumo numa linha da 2ª EE). Concluiu-se que os produtos que são consumidos durante um longo período apresentam menos 1,7K rolhas de defeito de topo por linha [13,4K/8 linhas].

Tabela 32 - Percentagem de defeito de topo para consumos superiores a uma semana

Artigo atual	Consumo	Qtd. def. topo	% def. topo	% def. topo médio	Nº unidades realocadas
49x24 AA 60	1 411 328	10 408	0,74%	0,91%	2 399
49x24 AA 60	999 514	5 748	0,58%	0,91%	3 298
49x24 AA 60	1 094 693	7 579	0,69%	0,91%	2 408
45x24 AA 60	1 473 354	70 323	4,77%	2,98%	-26 373
45x24 A 60	1 046 286	20 580	1,97%	21,98%	105
45x26 A 60	1 108 807	78 696	7,10%	6,22%	-9 758
45x26 A 60	1 032 038	22 435	2,17%	6,22%	41 798
45x24 A 60	1 660 310	33 347	2,01%	1,98%	-498
					Total=13 380

Assim, como a EE está mais tempo com o mesmo produto, o equipamento torna-se mais fiável, porque há um ajuste progressivo do programa da EE em relação ao produto. Se a linha consumir qualquer produto, apesar de o técnico continuar a ajustar a EE, é um trabalho com valor limitado no tempo.

5.4.4 Alocação e sequenciação de artigos a linhas

No Apêndice XI foi calculado o número de dias que um artigo demora a ser consumido na 2ª EE, durante um mês. Com base nesses resultados, selecionaram-se os artigos que podiam ser consumidos exclusivamente numa linha e nesse caso foram os artigos 45x24 AA/A/B 60 e 49x24 AA 60. Posteriormente, estes artigos foram atribuídos às linhas mais adequadas, consoante as restrições definidas na secção 5.4.1.

De seguida, foram estudadas as relações em termos de tempo de *setup* e percentagem de defeito de topo dos artigos obtidos da análise ABC, incluindo também os artigos que podiam ser consumidos exclusivamente numa linha (Apêndice XII).

Por conseguinte, com base nessa análise, a Tabela 33 dispõe e agrupa os artigos por linha e os respetivos dias de consumo mensais e também discrimina os restantes 5% do volume de artigos nas linhas, de um modo geral.

Tabela 33 - Artigos alocados por linha e dias de consumo

		Ideal (95% do volume)				Total	Alternativo (5% do volume)		
L1	Art.	54x24 AA 60	49x24 AA 60	49x24 A 65	49x24 AA 65		54x24 A 6		
	Dias	2	11,1	2,5	4,3	19,9			
L2	Art.	49x24 AA 60							
	Dias	20				20			
L3	Art.	49x24 A 61	49x24 A 60	49x24 A 68			49x24 A 2		
	Dias	1,9	16,2	1,4		19,5			
L4	Art.	45x24 A 10	49x24 AA 10	49x24 A 10	49x24 AA 61		49x24 AA 2/6		
	Dias	10,5	4	1,9	3,6	20			
L5	Art.	45x24 AA 60	45x24 AA 10	45x24 A 10			45x24 AA/A 6		
	Dias	7,7	7,6	4,7		20			
L6	Art.	45x24 AA 60							
	Dias	20				20			
L7	Art.	45x24 A 60							
	Dias	8,5				20			
L8	Art.	45x24 A 60							
	Dias	20				20			
L9	Art.	45x24 A 60	49x25 A	49x25 AA			45x25		
	Dias	Max 20				20			
L10	Art.	45x26 A 60	45x26 AA 60				45x26 A 6		
	Dias	10,1	5,9			9,5			
L11	Art.	49x26 AA 60	49x26 A 60	49x26 AA 61	49x26 AA 65		49x26 A 6	54x26 A/AA 6	54x25 AA 6
	Dias	4	1,7	1,7	2,1	16			
L12	Art.	49x24 B 60	49x24 B 68	49x24 B 65			49x24 B 6		
	Dias	8,8	5,5	1,5		15,8			
L13	Art.	49x24 A BHL	49x24 AA BHL	49x24 B BHL					
	Dias								
L14	Art.	45x24 B 60							
	Dias	20				20			
L15	Art.	45x24 B 60	45x24 B 68				45x24 B 6		
	Dias	13,2	5,2			18,4			
L16	Art.						49x24 B 1		
	Dias								

Assim sendo, as linhas 2, 3, 6, 7, 8, 12, 14 e 15 foram classificadas como linhas fixas. Mas dentro das linhas fixas existem linhas que permitem mais do que um artigo diferente: o que varia é apenas o segundo dígito da OF. Acrescenta-se que a linha 16 não tem nenhum produto principal, face à média do volume de abastecimento de janeiro e fevereiro. Nesses meses a entrada de rolhas foi menor que o normal, devido a obras num setor e porque um produto desta secção foi retirado.

Face aos resultados da Tabela 33 e do Apêndice XII construiu-se uma sequência de artigos para as linhas com mais de um produto (Figura 45). Na sequência utilizou-se o azul escuro para representar os artigos obtidos da análise ABC e o cinzento para representar os restantes artigos. Quanto aos artigos que não foram estudados na secção 5.4.2, estes foram colocados na sequência imediatamente antes ou após um artigo com o mesmo comprimento, para minimizar a necessidade de ajustes. Acrescenta-se que a seta verde é a ideal, se não for possível seguir a seta verde, deve-se escolher a seta cinzenta; e se não for possível seguir a seta cinzenta, segue-se qualquer caminho.



Figura 45 - Sequência ideal e alternativa da a) linha 1; b) linha 3; c) linha 4; d) linha 5; e) linha 9; f) linha 10; g) linha 11; h) linha 12; i) linha 13; j) linha 15

Durante o agrupamento dos artigos, as várias restrições foram verificadas. Em primeiro lugar, confirmou-se que os artigos foram alocados a linhas próximas (Tabela 76 e Tabela 77 do Apêndice XIII), que permitiu uma melhor organização no abastecimento. Depois, relativamente à versão da SVE e à versão da EE, a Tabela 78 do Apêndice XIII mostra que se manteve a mesma versão da SVE em cada linha e quanto à versão da EE, o objetivo foi alocar os artigos de classe B a linhas com versão 7076.

Por último, durante a alocação dos artigos, também se teve em consideração a carga entre operadores. Cada linha tem no máximo quatro artigos principais e atribuiu-se mais linhas fixas a operadores que

tinham uma carga superior: ao operador 2, porque tinha seis linhas e ao operador 3, porque trabalhava com rolhas de classe inferior. O próximo passo foi avaliar a carga entre o operador 1 e operador 2, porque na secção 4.2.4 foi referido que o número de linhas atribuídos a estes operadores podia não ser o ideal. Contudo, tendo em conta o novo conjunto de artigos alocado a cada linha, o número de linhas para cada operador devia permanecer igual, por várias razões:

- O operador 1 trabalhava com a maioria das rolhas de classe AA, ou seja, teria menos erros, mas operava com 15 artigos principais diferentes e tinha duas linhas fixas e três linhas flexíveis;
- O operador 2 trabalhava com a maioria das rolhas de classe A, mas tinha 12 artigos principais e tinha três linhas fixas e três linhas flexíveis;
- O operador 3 trabalhava com a maioria das rolhas de classe B, ou seja, teria mais erros, mas trabalhava com pelo menos 9 artigos principais e tinha três linhas fixas e duas linhas flexíveis.

Após a implementação, confirmou-se o esperado: o operador 2 deve continuar com seis linhas, porque a diferença do tempo de *setup* entre o operador 1 e o operador 2 é 0,23 minutos.

5.4.5 Implementação

No abastecimento foi colocado um novo placar de maiores dimensões, com a nova informação *standard* sobre a alocação e sequenciação dos artigos às linhas para auxiliar o operador que abastece (Figura 46).

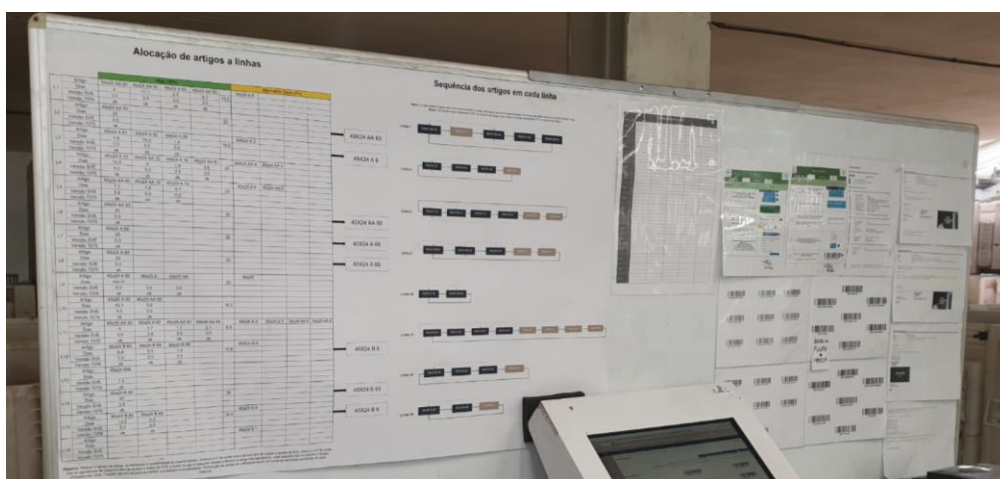


Figura 46 - Novo placar de auxílio ao operador que abastece

Além disso, no abastecimento, para cada linha, foi colocado um livro que identificava todos os artigos que a linha suportava (Figura 47). Salienta-se que cada página do livro identificava um artigo e que o livro estava ordenado pela sequência ideal da linha (para que o operador seguisse a sequência). Além disso, utilizou-se a cor branca para os livros das linhas flexíveis e rosa para os livros das linhas fixas. Assim, este livro foi a solução encontrada para que o operador seguisse as regras.



Figura 47 - Livro com os artigos a abastecer (esq.: ponto de vista do operador que abastece; dir.: ponto de vista do operador de máquina)

5.5 Redefinição das atividades de *setup* na 3ª Escolha Eletrônica (3ª EE)

Com o intuito de reduzir o tempo de *setup* na 3ª EE utilizou-se a ferramenta SMED. A Tabela 34 apresenta a sequência de operações de cada operador, referindo se a operação é externa ou interna. Tal como ocorreu na 2ª EE, já existia uma consciência de preparar algumas atividades do *setup* e as operações externas e internas já se encontravam devidamente separadas.

Tabela 34 - Operações internas e operações externas de mudança de produto na 3ª EE

Tipo Op.	Operador de máquina	Operador que abastece	Operador logístico
Externa		Colocar o próximo artigo junto à moega	Buscar contentores vazios
Linha ficou sem rolhas			
Interna	Chegar à linha		
Int/ Ext	(Ligar a EE) e expulsar as rolhas da linha		
Interna	Parar fisicamente a EE		
Interna	Fazer sinal ao operador que abastece		
Interna	Despejar os cestos cheios nos contentores associados		
Interna	Atualizar as placas que estão à saída da EE		
Interna	Ir ao quiosque		
Interna	Gerar as etiquetas para cada saída no MES		
Interna	Parar a máquina no MES		
Interna	Atribuir cada etiqueta a cada contentor/cesto		
Interna	Afastar os contentores cheios para o corredor	Retirar o <i>kanban</i> , etiqueta e placa do lote do artigo a abastecer	
Interna	Colocar contentores vazios no seu lugar	Dar <i>kanban</i> e placa ao operador de máquina	Movimentar os contentores/caixas p/ o lugar designado
Interna	Receção do <i>kanban</i> e placa	Ir ao quiosque com a etiqueta	
Interna	Procurar o chefe p/ tornar o <i>kanban</i> definitivo	Abastecer a EE no MES	
Interna	Arrancar a EE no MES com o <i>kanban</i>	Abastecer fisicamente a EE	
Interna	Atualizar a placa que identifica o que a linha está a consumir		
Interna	Preparar as placas p/ os contentores vazios		
Interna	Limpar com pressão de ar		
Interna	Zerar a EE		
Interna	Alterar o programa da EE e a capacidade p/ cada saída		
Interna	Alterar os <i>jigs</i> da EE		
Interna	Arrancar fisicamente a EE		

De seguida, foram estudadas as atividades internas, de forma a reduzi-las ou convertê-las em operações externas. Assim, quanto à OF do *kanban*, o facto de ser necessário tornar a OF definitiva ocasionalmente, trazia incerteza à duração do *setup*. Relativamente a este tópico sugeriram-se várias possibilidades de propostas, ao longo do projeto, nomeadamente:

1. O planeamento colocasse a OF definitiva *à priori*. Contudo, foi rejeitada, porque existia a necessidade de saber quando a OF se tornava definitiva e quando era posteriormente encerrada;
2. Os próprios operadores de máquina tornassem a OF definitiva no MES. Mas não foi aceite, porque se ocorresse um erro nesta operação, a sua resolução era difícil. Os únicos que poderiam realizar esta atividade eram o chefe da secção ou o operador que abastece;
3. O operador que abastece fosse responsável por tornar a OF definitiva e a sua realização seria antes de iniciar o *setup*. E com isso, ao atribuir esta operação ao operador que abastece (que era uma operação do operador de máquina), atribuíam-se ao operador de máquina a operação de abastecer no MES (que era uma atividade do operador que abastece). Assim, o operador de máquina seria responsável pela edição total no sistema informático, durante a mudança de um produto, o que permitiu a redução da necessidade de comunicação entre os dois operadores.

A terceira proposta seria a proposta a implementar, mas a primeira proposta foi reavaliada e implementada. Contudo, como a primeira proposta não incluiu todos os artigos (quando o descaio regressa ao abastecimento não tem OF), então empregou-se também a terceira proposta para esses artigos. Assim sendo, quando um descaio entrava no abastecimento, o operador que abastece podia agregar o descaio a um lote com as mesmas características. Caso não fosse possível, o mesmo tinha a responsabilidade de confirmar se existia uma OF para esse artigo no MES e se não houvesse, o operador tinha de avisar o chefe de secção. Assim, o *kanban* com a OF já definitiva, etiqueta e placa eram entregues ao operador de máquina, antes da linha parar e eram guardados junto à EE (Figura 48).

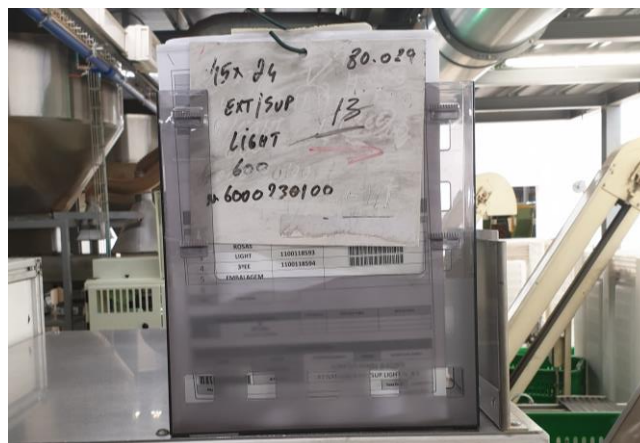


Figura 48 - Local do *kanban*, etiqueta e placa do próximo artigo

Tal como explicado na secção 5.3, a operação de geração de etiquetas podia ser reduzida através de um *update* no MES, o que melhorava a interface homem-máquina e permitia reduzir o tempo de operação e o número de erros. Além disso, foi antecipada esta operação, para melhorar a fiabilidade de dados.

Posteriormente, as operações que envolviam a atualização das placas sobre a informação do produto, também passaram a ser realizadas com o equipamento em funcionamento, como na 2ª EE.

Em seguida, o próximo passo consistiu na implementação de operações paralelas. No caso do segundo turno existiam dois operadores logísticos, logo existia a oportunidade de estes auxiliarem mais no *setup*, nomeadamente no abastecimento e arranque da linha no MES. Contudo, no final deste projeto, um operador logístico foi dispensado, o que impossibilitou a execução deste passo.

Finalmente, foi proposto um *andon* por moega ou um visor que indicasse as linhas que não tinham rolhas no abastecimento, para o operador saber identificar rapidamente as linhas a abastecer.

Assim, a Tabela 35 resume a proposta de passos para o *setup*.

Tabela 35 - Proposta de passos para a mudança de produto na 3ª EE

Op.	Operador de máquina	Operador que abastece	Operador logístico
Ext		Colocar o próximo artigo junto à moega e procurar descaio p/ agregar ao lote Nota: Se for descaio e não se poder agregar, então procurar OF no MES ou avisar o chefe	
Ext		Pegar no <i>kanban</i> , etiqueta e placa do próximo lote.	
Ext		Entregar o <i>kanban</i> definitivo, etiqueta e placa aos operadores de máquina	
Ext	Receber e guardar o <i>kanban</i> , etiqueta e placa		
Ext			Buscar contentores vazios
Linha ficou sem rolhas			
Int	Chegar à linha		
I/E	(Ligar a EE) e expulsar as rolhas da linha		
Int	Parar fisicamente a EE		
Int	Ir ao quiosque		
Int	Gerar as etiquetas p/ cada saída no MES		
Int	Parar a EE no MES		
Int	Acionar o <i>andon</i> do abastecimento		
Int	Despejar os cestos cheios nos contentores associados	Abastecer fisicamente a EE	
Int	Atribuir cada etiqueta a cada contentor/cesto		
Int	Afastar os contentores cheios para o corredor		
Int	Colocar contentores vazios no seu lugar		Movimentar material p/ o lugar designado
Int	Limpar com pressão de ar		
Int	Zerar a EE		
Int	Alterar os <i>jigs</i> da EE		
Int	Abastecer a EE no MES		
Int	Arrancar a EE no MES com o <i>kanban</i>		
Int	Alterar o programa da EE e a capacidade p/ cada saída		
Int	Arrancar fisicamente a EE		
Ext	Atualizar as placas que estão à saídas da EE		
Ext	Preparar as placas p/ os contentores vazios		
Ext	Atualizar a placa que identifica o que a EE está a consumir		

5.6 Redefinição de operações

Nesta secção são discutidas as operações a eliminar, redefinir e a adicionar, de forma a aumentar a produção e melhorar a eficiência, mas ainda assim conseguir diminuir a carga do operador (Tabela 36).

Tabela 36 - Eliminação, redefinição e acréscimo de operações

Ação	Operação
Redefinir	Autocontrolo
Eliminar	Teste de fiabilidade a uma máquina
Eliminar	Registo de produções e motivo de paragens
Eliminar	Registo de consumo e produção de cada linha
Adicionar	Monitorização do defeito de topo
Adicionar	Limpeza SVE (secção 5.2.3)

5.6.1 Atividades eliminadas

No início do projeto, um operador de máquina realizava o teste de fiabilidade a duas SVE por turno. Mas devido ao não cumprimento da operação e à perceção de que no presente já não seria necessário monitorizar duas SVE por turno e por operador, os responsáveis do processo e da produção decidiram que o teste de fiabilidade seria apenas realizado a uma SVE por turno e por operador.

De seguida, o registo de consumo e produção de cada linha, presente na Figura 20a) da secção 4.2.3 foi eliminado, porque podia ser substituído na íntegra por dados presentes no MES e ninguém consultava esse registo.

Por último, o registo de produções e paragens (Figura 20c) secção 4.2.3), também foi removido. Este registo assemelhava-se ao registo acerca do motivo de paragens das máquinas. Mas o registo eliminado levava mais tempo a ser preenchido, fisicamente e informaticamente e era necessário percorrer uma maior distância.

5.6.2 Autocontrolo

Quanto ao autocontrolo, foi proposto um novo registo (Figura 61 do Apêndice XIV), que substituiu o registo da Figura 20d) da secção 4.2.3, que permitiu reduzir o tempo de operação. O passo seguinte passou pela substituição da ida ao placar que reúne a informação da 2ª EE por um planeamento, para que o operador não necessitasse de saber a informação do turno anterior. Assim, foi possível reduzir a distância percorrida e eliminar um registo (Figura 20e) da secção 4.2.3). Acrescenta-se que, relativamente às linhas fixas, foi decidido que estas apenas necessitam de ser controladas uma vez por semana e assim as linhas flexíveis seriam controladas com mais frequência. A Tabela 37 expõe os planeamentos de cada operador. O planeamento foi criado de forma a que todos os operadores controlassem as linhas fixas, de forma a evitar possíveis constrangimentos entre operadores.

Tabela 37 - Planeamento por operador e semana

		Semana n		Semana n+1		Semana n+2	
		2ªf	3ªf a 6ªf	2ªf	3ªf a 6ªf	2ªf	3ªf a 6ªf
Op 1	Turno 1	Linha 1		Linha 2	Linha 4	Linha 2	Linha 5
	Turno 2	Linha 3	Linha 4	Linha 1		Linha 3	Linha 4
	Turno 3	Linha 2	Linha 5	Linha 3	Linha 5	Linha 1	
Op 2	Turno 1	Linha 8	Linha 9	Linha 8	Linha 9	Linha 8	Linha 9
	Turno 2	Linha 7	Linha 10	Linha 7	Linha 10	Linha 7	Linha 10
	Turno 3	Linha 6	Linha 11	Linha 6	Linha 11	Linha 6	Linha 11
Op 3	Turno 1	Linha 14	Linha 13	Linha 14	Linha 16	Linha 14	Linha 16
	Turno 2	Linha 12	Linha 16	Linha 12	Linha 13	Linha 12	Linha 13
	Turno 3	Linha 15	Linha 13	Linha 15	Linha 16	Linha 15	Linha 16

A Figura 49 ilustra o novo fluxo de movimentação do operador ao realizar o autocontrolo na linha 4, como forma de exemplo.

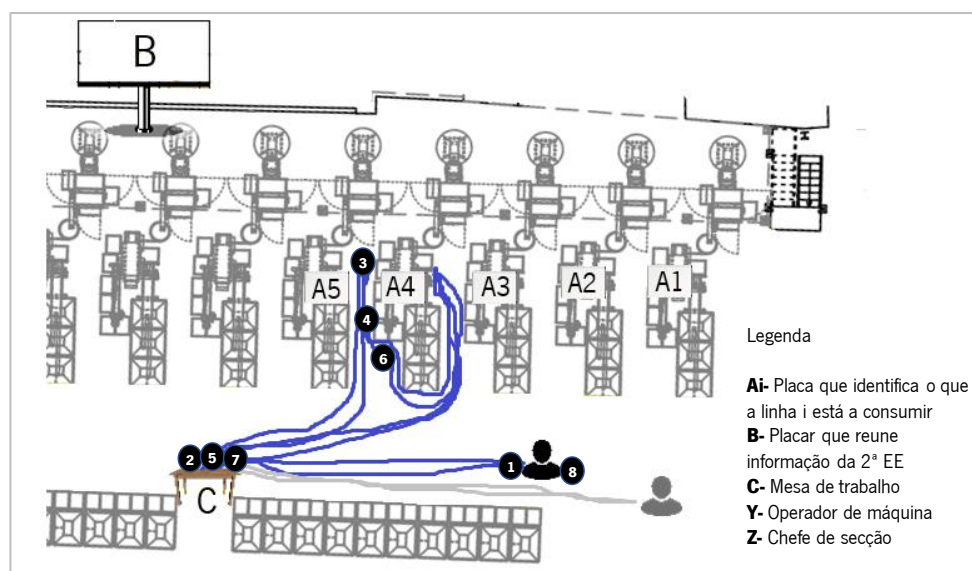


Figura 49 - Novo diagrama de spaghetti da operação autocontrolo (linha 4)

Posteriormente, a Tabela 38 indica a sequência de operações a realizar.

Tabela 38 - Nova sequência de operações para o autocontrolo

Nº	Operação	Nº	Operação
1	Posição inicial: vigilância das linhas	5	Realizar e registar o autocontrolo e supervisão final do chefe de secção
2	Pegar nos recipientes para colocar as amostras	6	Colocar as amostras em cada saída
3	Tirar uma amostra de 50 rolhas em cada saída	7	Arrumar os recipientes na mesa de trabalho
4	Identificar o lote que a linha está a consumir	8	Posição final: vigilância das linhas

5.6.3 Monitorização do defeito de topo

A monitorização do defeito de topo foi uma nova atividade proposta, que substituiu as operações eliminadas. A atividade consiste na análise de uma amostra de 20 rolhas defeito de topo. Caso o operador

identificasse mais de três falsos positivos na amostra, então o operador colocava-os num local específico, que foi concebido para esta operação e depois pegava numa braçadeira laranja e colocava-a no final da girafa (Figura 50). A braçadeira tinha a função de avisar os operadores de manutenção diária, que a respetiva linha estava com problemas de qualidade, ou seja, estes operadores quando iniciavam a rotina na secção dirigiam-se primeiro às linhas com braçadeiras.



Figura 50 - Material de auxílio à monitorização do defeito de topo (à esquerda: local para colocar as rolhas que não são defeito de topo; à direita: braçadeira laranja no final da girafa)

A frequência da monitorização é uma vez por máquina e por turno, com um tempo de operação previsto de 1,5 minutos. O registo desta atividade é realizado na folha do autocontrolo (Apêndice XIV).

5.7 Normalização dos *andons*

Face aos problemas detetados nos *andons* da 2ª EE, a primeira etapa foi retirar todas os *andons* que estavam desligados, que correspondeu a um total de 16 *andons*. Posteriormente, com o intuito de reduzir a variedade dos *andon* na SVE, foi replicado o *andon* 1 a) da Figura 18 (secção 4.2.2), porque três cores eram suficientes para advertir ao operador de uma paragem. Assim, foram retiradas oito luzes de cinco *andons*. Na Figura 51 encontram-se os *andons* numa linha, que são iguais em todas as restantes linhas.



Figura 51 - Andons numa linha

A fase seguinte consistiu em reprogramar a sinalização do *andon* da SVE (*andon* 1 da Figura 18 da secção 4.2.2), tendo em conta as paragens da SVE e a influência das restantes máquinas na SVE.

Utilizou-se a luz verde contínua para indicar que a SVE estava em funcionamento e a luz verde intermitente quando a máquina não estava rearmada (a máquina estava sem ar) ou estava em modo manual. Para assinalar um erro que ocorreu dentro da máquina SVE foi utilizado o vermelho intermitente e a partir do momento em que o operador abrisse a porta da SVE para resolver o problema, a luz tornava-se vermelha contínua para indicar que o problema estava a ser resolvido. Caso a paragem fosse devido a um equipamento que não fosse a SVE, mas tivesse influência no seu funcionamento, então era utilizado a luz amarela. Se o problema fosse num equipamento a montante da SVE a frequência da luz era contínua; se o problema fosse a jusante, a frequência era intermitente. Exemplos de erros a montante da SVE poderiam ser encravamentos no primeiro centrífugo ou na calha ou falta de rolhas. Por outro lado, um exemplo de um erro a jusante da SVE poderia ser quando o centrífugo atingisse a capacidade máxima. A Figura 52 ilustra a legenda da nova configuração do *andon* da SVE.

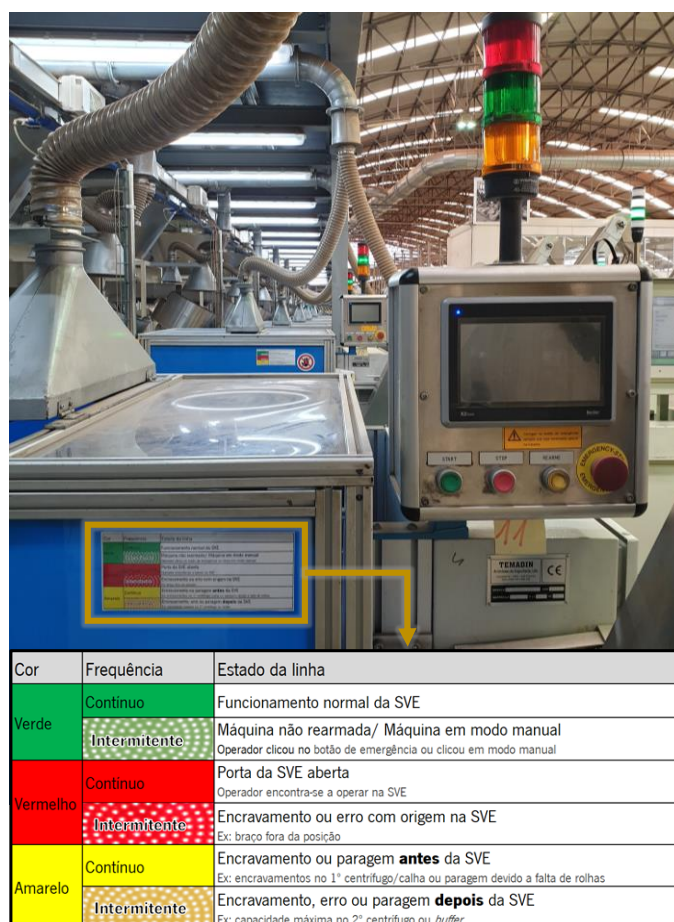


Figura 52 - Legenda da sinalização do *andon* da SVE

5.8 Otimização do espaço à saída da máquina tipo II

Faça aos reprocessamentos da máquina tipo II, propôs-se otimizar o espaço junto às saídas das máquinas, através de um redimensionamento das caixas. Tendo em conta o espaço disponível e a

estrutura da máquina, a altura máxima que a nova caixa poderia ter era de 59 cm, a largura máxima era de 32,5 cm. Além disso, procurou-se selecionar as medidas máximas ótimas que a caixa podia ter para que a frequência de esvaziamento da caixa não fosse elevada.

Para determinar as medidas máximas ótimas da nova caixa foi utilizada a Equação NIOSH, de forma a evitar riscos físicos para o operador, nomeadamente lesões musculoesqueléticas, que são as mais comuns. O Apêndice XV expõe o processo de obtenção das medidas favoráveis, que são 68x31x55 cm. A Figura 53 ilustra um modelo representativo das caixas com medidas ótimas das caixas, em comparação com as medidas do modelo inicial.



Figura 53 - Medida da caixa (à esquerda: caixas iniciais; à direita: modelo representativo das caixas propostas)

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste capítulo descrevem-se os resultados obtidos e estimados das propostas mencionadas no capítulo anterior. Os resultados são relativos à carga de trabalho, perdas de velocidade, tempo de *setup*, reprocessamentos e qualidade. No final é analisado o impacto global deste projeto, através de indicadores de desempenho, nomeadamente o OEE e a produtividade.

6.1 Redução e uniformidade da carga de trabalho

A redução e uniformidade da carga dos operadores é conseguida tanto inter-turno, como intra-turno.

6.1.1 Redução e uniformidade da carga de trabalho inter-turno

Após o operador do primeiro turno ter regressado novamente à rotina na 3ª EE, foi consultada a ferramenta de avaliação de ações da manutenção diária. O operador foi responsável por 32% do ganho do valor comercial de lotes, que correspondeu a 10,5K € durante um mês (Tabela 39). Além disso, a média do ganho do valor comercial de um lote por parte do operador do primeiro turno foi 8% maior em relação ao segundo turno, no mesmo período (Tabela 39). Este valor foi exposto ao operador do primeiro turno, de forma a mostrar a importância do seu trabalho e de este seguir a rotina diária. Para além disso, o tempo de registo no *gemba* foi 1,5 minutos por secção, ou seja, foi reduzido em 73% $[(1,5-5,5)/5,5]$.

Tabela 39 - Ganho total do valor comercial de lotes por turno

	Ganho Médio do Valor Comercial por lote (ganhos >0)	Ganho Total do Valor Comercial de lotes	
Turno 1	299,33 €	10 476,41 €	31,8%
Turno 2	276,82 €	22 422,17 €	68,2%

Depois da consolidação do procedimento de trabalho entre os dois operadores do primeiro e segundo turno, foi iniciado o trabalho do novo operador de manutenção diária no terceiro turno. Foi obtido um aumento de 88% no ganho do valor comercial total de lotes na 2ª EE, que correspondeu a um ganho de 4,6K € por dia (Tabela 40). Assim, no final de um ano equivale a um ganho de 69K € por linha.

Tabela 40 - Aumento do ganho do valor comercial por dia na 2ª EE

Turno	Estado inicial	Estado final
1º	3 331,26 €/dia (64%)	4 648,29 €/dia (47%)
2º	1 864,39 €/dia (36%)	3 974,44 €/dia (41%)
3º	-	1 169,87 €/dia (12%)
Total	5 195,66 €/dia	9 792,61 €/dia

Já na 3ª EE, ocorreu um aumento de 244% no ganho do valor comercial de lotes, ou seja, foi conseguido um ganho de 2,3K € por dia, que após um ano corresponde a 22,6K € por linha (Tabela 41).

Tabela 41 - Aumento do ganho do valor comercial por dia na 3ª EE

Turno	Estado inicial	Estado final
1º	0 €/dia (0%)	562,98 €/dia (18%)
2º	924,98 €/dia (100%)	1 479,68 €/dia (46%)
3º	–	1 140,75 €/dia (36%)
Total	924,98 €/dia	3 183,41 €/dia

Quanto à uniformidade de cargas, na 2ª EE obteve-se uma redução de 79% na diferença de ganhos do valor comercial de lotes entre o primeiro e segundo turno (Tabela 42). Por outro lado, quanto ao terceiro turno, percebeu-se que este operador ainda não conseguia identificar ações, como a mudança da guia, devido à sua in experiência, por isso o seu impacto nessa ação foi nulo. Assim, o seu contributo para o valor comercial de lotes foi menor em relação aos restantes turnos. Mediante o exposto, não se conseguiu perceber de imediato a uniformidade de cargas nos três turnos, apenas entre o primeiro e segundo turno, como referido.

Relativamente à uniformidade de cargas na 3ª EE, o operador do segundo turno deixou de ser o único interveniente e no estado final era responsável por 46% do ganho do valor comercial de lotes (Tabela 41). Ocorreu uma redução de 72% na diferença de ganhos do valor comercial de lotes entre o primeiro e segundo turno (Tabela 42). A justificação dada anteriormente relativamente à 2ª EE, também é aplicada nesta secção: neste caso quando o operador do primeiro turno ganhar mais experiência nesta secção vai se traduzir em mais ganhos e numa melhor uniformidade de cargas.

Tabela 42 - Diferença do ganho do valor comercial entre o turno 1 e o turno 2

	Estado inicial	Estado final	Diferença entre Estado inicial e final
2ª EE	28 pp (64%-36%)	6 pp (47%-41%)	-78,6%
3ª EE	100 pp (100%-0%)	28 pp (46%-18%)	-72,0%

Em suma, a ferramenta utilizada mostrou quantitativamente o contributo dos operadores contratados para o aumento do valor comercial de um lote. Desse modo, foi possível concluir que seria necessário mais um operador (secção 5.1). Posteriormente, também possibilitou estimar o ganho do valor comercial de um lote após a normalização de operações e o novo operador (presente secção). Mas, para além disso, também apresentou outras vantagens não mensuráveis, nomeadamente:

- Representou uma ferramenta de apoio e acompanhamento nas decisões na escolha eletrónica, nomeadamente de ações de melhoria que não apresentaram impacto e dessa forma falharam;

- A informação encontrava-se mais organizada e completa;
- Permitiu a consulta de um histórico de registos e desse modo estudar tendências de ações em determinadas linhas, diferenças entre turnos, análise de linhas que mais necessitavam de supervisão ou análise de artigos que mais provocam a necessidade de intervenção;
- Para cada ação, o operador conseguia ver o seu trabalho convertido num ganho monetário e dessa forma trouxe motivação no trabalho e também oportunidades de melhoria do programa;
- Mostrou o impacto que a conservação de um equipamento traz através de uma rotina diária.

6.1.2 Redução e uniformidade da carga de trabalho intra-turno

A redução e uniformidade da carga de trabalho também foi aplicada intra-turno, através da redução de movimentações e registos de operações do operador de máquina. Quanto às movimentações, foram reduzidos 2km por dia (ou seja, 487km por ano), que equivale a 26 minutos por dia (considerou-se uma velocidade de marcha de 1,3 m/s) (Tabela 43). E quanto aos registos, foram reduzidos 1,46 horas ao tempo gasto por dia nesta operação, que no final de um ano equivale a 350 horas (Tabela 43). No total, corresponde a uma poupança de 2,3K € por ano, tendo em conta o valor da hora de trabalho dos operadores. Salienta-se que não foi acrescentada a operação da limpeza quando o *buffer* atinge a sua capacidade máxima, porque não foi possível estimar o impacto em distância. Mas sabe-se que se traduzirá numa menor distância percorrida, porque haverá menos encravamentos e assim menos idas à SVE.

Tabela 43 - Redução da distância percorrida e tempo de registo (operador de máquina e chefe ou técnico)

	Distância percorrida			Registo		
	Diferença da distância			Diferença do tempo	Diferença do tempo de registo	
Autocontrolo	- 585 m/dia	- 140 400 m/ano	-43%	- 7,5 min/dia [585/(1,3 x 60)]	- 10,95 min/dia	12,40%
Controlo ao defeito de topo	+ 545 m/dia	+130 680 m/ano	100%	+ 7,0 min/dia		
Registo de consumo e produção	- 913 m/dia	- 219 024 m/ano	-100%	- 11,7 min/dia	- 30,0 min/dia	100%
Registo de produções e paragens	- 1 076 m/dia	- 258 336 m/ano	-100%	- 13,8 min/dia	- 46,7 min/dia	100%

De seguida, através da alocação de artigos a linhas, conseguiu-se reduzir o número de *setups* e artigos por linha de forma a equilibrar e reduzir a carga dos operadores, como exposto na Figura 54. A amplitude do número de artigos por linha é três, que correspondeu a uma redução de 79% [(3-14)/14] e a amplitude do número de *setups* é seis, que resultou numa redução de 81% [(6-31)/31].

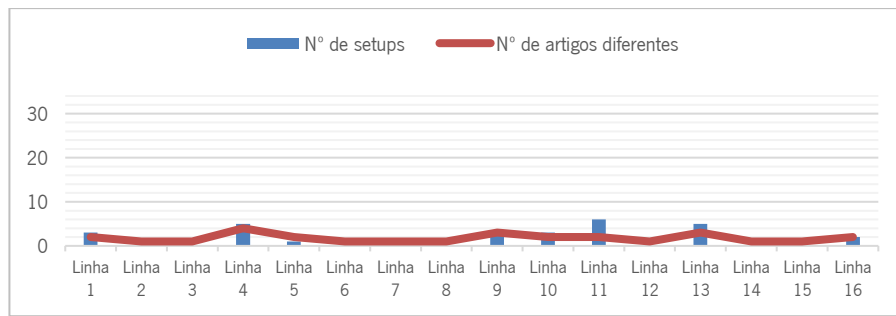


Figura 54 - Relação entre número de setups e nº de artigos consumidos em cada linha durante três semanas

Assim, durante três semanas, o operador 1 operou com 10 artigos principais e realizou nove *setups*; o operador 2 também trabalhou com 10 artigos principais e realizou 12 *setups*; e finalmente o operador 3 trabalhou com oito artigos principais e efetuou sete *setups*. Relativamente à diferença de tempo de *setup* entre o operador 1 e o operador 2, obteve-se uma redução de 97% $[(0,23-8,6)/8,6]$, confirmando a uniformidade.

Salienta-se que também se alcançou uma melhor organização no abastecimento: os artigos do mesmo tipo encontravam-se em linhas sequenciais, o que potencialmente pôde reduzir distâncias em transportes e movimentações, porque cada artigo tinha o seu lugar. Para além disso, ocorreu uma redução de 70% da necessidade de mudar a versão da SVE $[(11-36)/36]$ e também uma redução de 65% da frequência da troca de *jigs* e ajustes do braço da SVE $[(16-46)/46]$. Se o operador continuar a seguir o *standard* no abastecimento, 11 linhas nunca irão precisar de um técnico para alterar a versão da SVE ou do operador da máquina para alterar o braço da SVE ou para trocar os *jigs* na EE.

6.2 Redução de perdas de velocidade

Nesta secção são discutidos os ganhos relativos às ações de redução de perdas de velocidade. Explora-se o tempo de reação a um erro e também o número de encravamentos. Salienta-se que a secção anterior também é responsável por reduzir as perdas de velocidade, através do aumento da disponibilidade do operador.

6.2.1 Redução do tempo de reação a um encravamento

O tempo de reação da 2ª EE foi obtido por cronometragem e a esse valor médio foi-lhe multiplicado um fator de atividade, tendo em conta a cadência dos operadores, tal como realizado no Apêndice III. Assim, o tempo obtido foi 76 segundos, que se traduziu numa redução de 45% no caso dos encravamentos no primeiro centrífugo e de 18% para os restantes erros (Tabela 44). Isto foi alcançado através da programação e normalização dos *andons* da SVE, que assegurou uma compreensão mais eficiente na

interpretação de sinais. Mas também através da redução e uniformidade da carga de trabalho (secção 6.1.2) e pela redução da frequência de encravamentos (secção 6.2.2), o que fez aumentar a disponibilidade do operador.

Na 3ª EE, também se verificou uma redução do MWT, devido às alterações realizadas na 2ª EE, nomeadamente o aumento da qualidade através da alocação de artigos a linhas, que conduziu potencialmente a uma redução de erros na 3ª EE. Além disso, também devido ao contributo das ações dos operadores de manutenção diária, que melhorou a eficiência do equipamento. Por último, também ocorreram trocas de algumas máquinas e dessa forma também dos seus *andons*, que não foram analisados neste projeto. Dessa forma, o MWT foi reduzido em 44% (Tabela 44).

Tabela 44 - Redução do MWT

	Estado inicial	Estado final	Redução
2ª EE	[93; 139] s	76 s	[18; 45] %
3ª EE	133 s	75 s	44%

6.2.2 Redução da frequência de encravamentos

Relativamente à substituição do centrífugo pelo vibrador, esta ação não foi implementada, logo os resultados expostos são estimados. Assim, estima-se que seja possível eliminar os erros neste equipamento e que após a troca, também deixaria de ser necessário a manutenção autónoma. A Tabela 45 diz respeito à eliminação de encravamentos no centrífugo e na calha. A tabela foi segmentada em microparagens e em paragens, porque neste caso as paragens interrompem a produção da linha e as microparagens interrompem a produção da SVE, que podem ou não provocar paragens na linha. Ou seja, seria possível reduzir entre 6,8 horas e 15,0 horas de perdas de velocidade por dia, que corresponderia a um ganho de 71,9K € [(6,8h x taxa produção real/hora x preço médio/unid. x 240 dias)/(16 linhas)]. Para este cálculo assumiu-se um preço médio de 96,12 €/1K unidades para a 2ª EE, uma taxa de produção teórica de 10,1K unidades/h e utilizou-se o OEE referido na secção 6.6.2).

Tabela 45 - Eliminação de encravamentos no centrífugo e na calha

		Microparagens		Paragens	
Centrífugo	Estado inicial	19 min/(linha x dia)	5,1 h/dia	14,9 min/(linha x dia)	4,0 h/dia
	Estado proposto	0 min/(linha x dia)	0 h/dia	0 min/(linha x dia)	0 h/dia
Calha	Estado inicial	11,6 min/(linha x dia)	3,1 h/dia	10,6 min/(linha x dia)	2,8 h/dia
	Estado proposto	0 min/(linha x dia)	0 h/dia	0 min/(linha x dia)	0 h/dia

Quanto aos encravamentos do segundo centrífugo (apenas presentes em cinco linhas), estes foram reduzidos em 82%. Face à redução de frequência deste tipo de erro e também do MWT conseguiu-se

reduzir as perdas de velocidade em 8,9 horas por dia (Tabela 46). Estima-se ganhos de 94,3K € por ano e linha, mas apenas limitado às linhas 12 à 16.

Tabela 46 - Redução das perdas de velocidade no segundo centrífugo das linhas 12 à 16

	Encravamentos/(linha x turno)	Perdas/(linha x turno)	Perdas/dia
Estado inicial	26,2	42 min	10,5h
Estado final	4,8	6,3 min	1,6h

A realização da limpeza quando o *buffer* atinge a sua capacidade máxima é outra forma de reduzir encravamentos. Como o *buffer* não foi implementado, a ação de limpeza também não foi implementada, mas sabe-se que a limpeza permite obter um aumento da produção em 14,2% na classe B.

6.3 Redução do tempo de *setup*

A redução do tempo de *setup* é conseguida através da alocação de artigos a linhas e da técnica SMED.

6.3.1 Redução do tempo de *setup* na 2ª Escolha Eletrónica (2ª EE)

O tempo médio de *setup* foi 42,23 minutos, o que originou uma redução de 33%. Esta redução foi causada principalmente pela alocação de artigos a linhas, já que a implementação do SMED não foi totalmente eficaz, face à falta de operadores e operadores inexperientes na secção.

O tempo médio de *setup* foi recolhido do MES (Tabela 47). Dessa forma, foi necessário adicionar o tempo que o sistema não abrange e também se estimou o impacto de uma melhoria não implementada: o *update* do MES. Assim, no total, foi adicionado 3,35 minutos ao tempo de *setup* recolhido do MES.

Tabela 47 - Tempos de *setup* da 2ª EE retirados do MES

Linha	Tempo de <i>setup</i>	Linha	Tempo de <i>setup</i>
Linha 1	41,05 min	Linha 11	37,13 min
Linha 4	43,45 min	Linha 12	23,60 min
Linha 9	65,95 min	Linha 13	31,08 min
Linha 10	35,20 min	Linha 16	50,20 min
T <i>setup</i> médio (MES):		38,88 min	

Além disso, como a edição do MES começou a ser realizada no início do *setup*, os dados do MES tornaram-se mais fiáveis, ou seja, aproximavam-se do tempo real. Assim, obteve-se uma fiabilidade dos dados de 92% $[38,88/42,23]$, que correspondeu a um aumento de 16% $[(92-79)/79]$. Também se verificou que, o operador que abastece mostrou uma maior tendência em cumprir a regras, apenas dois *setups* não estavam conforme o *standard*, durante três semanas, que foram justificadas pela falta de rolhas. Anteriormente tinham sido registados 10 *setups* que descumpriam as regras, em três semanas.

6.3.2 Redução do tempo de *setup* na 3ª Escolha Eletrónica (3ª EE)

Para esta secção realizou-se um teste para perceber qual seria o tempo de *setup* após implementação de ações, já que a proposta de redução do tempo de *setup* não foi implementada na 3ª EE. Foi obtido um tempo de *setup* de 21,67 minutos (Tabela 48), que corresponderia a uma redução de 72% [(21,67-77,9)/77,9]. Contudo, estima-se que após a realização do *update* do MES e após a colocação de *andons* no abastecimento seja conseguido um tempo de *setup* de 9,75 minutos, com uma fiabilidade de dados de 70% [6,87/9,75]. Deste modo, obter-se-ia uma redução de 87% do tempo de *setup*.

Tabela 48 - Diminuição do tempo de *setup* da 3ª EE (através de um teste)

Operações internas	Estimativa 1 (Teste)	Estimativa 2
Chegar à linha e expulsar todas as rolhas	0,60 min	0,60 min
Deslocação até ao quiosque (MES)	0,067 min	0,067 min
Gerar etiquetas no MES	2,57 min	0,33 min
Parar a máquina no MES	0,90 min	0,90 min
Regressar à EE	0,067 min	0,067 min
Colocar caixas e contentores vazios e distribuir etiquetas	4,18 min	4,18 min
Avisar o operador que abastece para abastecer fisicamente ao longo da operação anterior	0,08 min	0,08 min
Deslocação até ao quiosque (MES)	0,067 min	0,067 min
Abastecer no MES	0,52 min	0,52 min
Arrancar com a OF no MES	1,95 min	1,95 min
Deslocação até à linha	0,067 min	0,067 min
Colocar o programa na máquina EE e zerar a máquina	0,63 min	0,63 min
EE à espera de rolhas	9,58 min	0,00 min
Moega abastecida	0,067 min	0,067 min
Operador (volta à EE e) arranca fisicamente com a máquina	0,35 min	0,22 min
Total	21,70 min	9,75 min

6.4 Redução de reprocessamentos e aumento da disponibilidade de material

Os reprocessamentos estudados neste projeto têm duas origens: de rolhas não lidas e da não otimização das saídas da máquina tipo II. Os resultados desta secção são estimados.

6.4.1 Redução de reprocessamentos das rolhas não lidas

A redução de reprocessamentos das rolhas não lidas é conseguida através da mudança do material da guia. Os resultados foram estimados e tiveram por base os dados obtidos no estudo da secção 4.2.5 e 5.2.1. Com a guia da máquina 9, estimou-se conseguir libertar 148 contentores por ano e reduzir 3,0M de rolhas que são reprocessadas por ano (Tabela 49). Equivale a um ganho anual de 17,8K € por linha [(3,7M-0,8M) x 96,12€/1K unid.)/16 linhas].

Tabela 49 - Estado inicial e proposto com a mudança da guia

	Estado inicial	Estado proposto	Redução	
Nº de rolhas reprocessadas/ano	3 746 005 [(0,14% x produção/h x 1 linha) + (0,71% x produção/h x 15 linhas)] x 5760h	786 446 0,14% x produção/h x 16 linhas x 5760h	2 959 559 (3,7M-0,8M)	79%
Nº de contentores de rolhas reprocessadas/ano	187 (3 746 005/20 000)	39 (786 446/20 000)	148 (187-39)	

6.4.2 Redução de reprocessamentos da máquina tipo II

Os reprocessamentos seriam eliminados através de um redimensionamento das caixas, que equivaleria a menos 6,8M de rolhas reprocessadas por ano e desse modo corresponderia à libertação de um contentor por dia (assumiu-se que um contentor tem capacidade de 20K unidades). Para este cálculo teve-se em conta os dados da secção 4.2.7, onde se concluiu que em dois meses, 1,13M de rolhas foram reprocessadas, devido à falta de espaço. Estima-se um ganho anual de 59,6K € [(6,8M x preço médio/unid.)/12 linhas], mas apenas limitado às 12 linhas da máquina tipo II. Para este cálculo assumiu-se um preço médio de 105,92 €/1K unidades para a 3ª EE.

6.5 Aumento da qualidade

Através da redefinição de operações, nomeadamente o controlo ao defeito de topo e através da alocação de artigos a linhas na 2ª EE, foi conseguida uma redução de 226 rolhas de defeito de topo por linha e turno que eram falsos positivos [(2,92%-2,45%) x 10,1K/h x OEE x 8h]. Inicialmente a percentagem de defeito de topo era 2,92% e foi conseguida uma percentagem de 2,45%. Estima-se também, que com a troca do material da guia seja possível reduzir, no máximo, mais 543 falsos positivos por turno e linha [(2,03%-0,9%) x OEE x 10,1K/h x 8h].

6.6 Indicadores

Os ganhos concretizados nas secções anteriores refletem-se nos indicadores produtividade e OEE.

6.6.1 Aumento da produtividade

Quanto à 2ª EE, devido a falta de rolhas e operadores, a produtividade foi extremamente afetada, por isso calculou-se uma produtividade estimada. Inicialmente, foram eliminadas linhas que estiverem paradas e de seguida, retiraram-se produções de turno com menos de 25K unidades (menos 63% da produção da meta de turno), porque foi assumido como um indicativo de falta de rolhas nessa linha. Salienta-se que se teve atenção de nessa amostra haver linhas fixas e flexíveis de classes AA, A e B. Após

um ajuste de dados, a produção estimada foi 52K unidades por turno e linha. Além disso, existiram propostas não implementadas que iriam aumentar a produtividade, nomeadamente através da guia, do primeiro vibrador e do *buffer* (Tabela 50). Como referido em secções anteriores, quanto à guia estimou-se uma redução de 79% de reprocessamentos, o que permitiria aproximadamente mais 257 rolhas produzidas por turno e por linha $[3,0M/(12 \times 20 \times 3 \times 16)]$ (secção 6.4.1). De seguida, os resultados do vibrador permitiram afirmar que ocorreria uma eliminação das perdas de velocidade, que se traduziria em mais produção, nomeadamente em mais 851 unidades por turno e por linha $[(6,8h \times 10,1K/h \times OEE)/(3 \times 16)]$ (secção 6.2.2). Relativamente ao *buffer*, estimou-se um aumento de produção de 5% $[(65,7K-62,5K)/62,5K]$ (secção 5.2.3).

Tabela 50 - Produtividade estimada da 2ª EE (unid/turno x linha)

	Produções
MES (>25k)	51 958 unid
Guia	+ 257 unid
Centrífugo	+ 851 unid
<i>Buffer</i>	+ 2 598 unid
Total	55 664 unid

Assim sendo, estimaram-se produções de 167,0K unidades por dia e linha, que corresponderia a um aumento 16% em relação ao estado inicial. Assim, a produtividade obtida foi 18 401 unidades/(h.h) $[(167K \times 16)/145h]$, que se refletiria num aumento de 15%.

Quanto à 3ª EE, não foi necessário restringir linhas para calcular a produção, uma vez que a 3ª EE tem várias secções que a abastecem, por isso não foi afetada com a falta de rolhas e também não houve falta de operadores. Apesar disso, foi necessário estimar a produção, porque houve uma proposta de melhoria não implementada: a alteração das caixas para a máquina tipo II (correspondeu a mais 1,0K unidades produzidas/linha de máquina tipo II x turno). Sendo assim, previu-se produções diárias por linha de 173,8K para a máquina tipo I e 191,5K unidades para a máquina tipo II. A produtividade obtida foi 21 461 unidades/(h.h), que equivale a um aumento de 18%. É importante salientar que no caso da 3ª EE, como é uma secção próxima do cliente final, ocorreram outras ações de melhoria realizadas por outros intervenientes, que não foram mencionadas neste projeto. Por isso o aumento deste indicador não foi apenas proveniente das ações referidas na presente dissertação.

6.6.2 Aumento do *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

O OEE estimado foi 72% para a 2ª EE, um aumento de 22%; para 3ª EE, no caso da máquina tipo I foi 70%, um aumento de 16% e para a máquina tipo II foi 66%, um aumento de 21% (Tabela 51).

Tabela 51 - OEE após melhorias da 2ª EE, 3ª EE para a máquina do tipo I (3ª EE (I)) e 3ª EE para a máquina do tipo II (3ª EE (II))

	2ª EE	3ª EE (I)	3ª EE (II)
Disponibilidade	90,5% (+1,2%)	96,5% (+9,3%)	95,3% (+7,8%)
Velocidade	80,4% (+20,2%)	73,3% (+5,4%)	70,4% (+12,8%)
Qualidade	99,4% (+0,20)	99,1% (+0,2%)	98,7% (-0,5%)
OEE	72,4% (+21,7%)	70,1% (+15,5%)	66,2% (+21,1%)

6.7 Síntese dos resultados

A Tabela 52 sintetiza os resultados obtidos e estimados, referidas na presente secção.

Tabela 52 - Síntese de resultados

Objetivos	Resultados	
Redução e uniformidade da carga de trabalho	<p>Intra-turno:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Aumento de 88% e 244% no ganho do valor comercial de lotes na 2ª EE e 3ª EE; -Redução de 79% e 72% na diferença do ganho do valor comercial de lotes entre o 1º e 2º turno na 2ª EE e 3ª EE, respetivamente -Redução do tempo de registo no chão de fábrica em 73%. 	Real
	<p>Inter-turno na 2ª EE:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Redução de distância percorrida: redução de 100% em duas operações, redução de 43% numa operação e adição de uma operação (-487km/ano); -Redução de registos: redução de 100% em duas operações e redução de 12% numa operação (-350 h/ano); -Redução de 79% e 81% da amplitude do número de artigos e <i>setups</i> respetivamente por linha; -Redução de 97% da diferença de tempo de <i>setup</i> entre o operador 1 e o operador 2; -Organização no abastecimento: redução de transportes e movimentações; -Redução de 70% e 65% do número de vezes que o técnico se desloca para alterar a versão da SVE e do número de vezes que o operador de máquina troca os <i>jigs</i> da EE, respetivamente. 	Real
Redução das perdas de velocidade	<p>Tempo de reação:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Redução de pelo menos 45% no caso dos encravamentos no primeiro centrífugo da 2ª EE e de 18% para os restantes encravamentos da 2ª EE; -Redução de 44% na 3ª EE. 	Real
	<p>Encravamentos na 2ª EE:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Eliminação de encravamentos do primeiro centrífugo (- 68 dias/ano); -Redução dos encravamentos do segundo centrífugo em 82% (-89 dias/ano). -Redução de encravamentos na SVE através de limpeza: aumento da produção em 14% na classe B. 	Real e Estimado
Redução do tempo de <i>setup</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Redução do tempo de <i>setup</i> em pelo menos 33% na 2ª EE; -Redução do tempo de <i>setup</i> em pelo menos 72% na 3ª EE. 	Real e Estimado
Redução de reprocessamentos e aumento da disponibilidade do material	<ul style="list-style-type: none"> -Redução em 79% das rolhas não lidas e aumento da disponibilidade de contentores (- 3,0M de rolhas/ano); -Eliminação de reprocessamentos intencionais, devido à falta de espaço e aumento da disponibilidade dos contentores (-6,8M de rolhas/ano) 	Estimado
Aumento da qualidade	<ul style="list-style-type: none"> -Redução de 16% de rolhas defeito de topo e estimativa de redução de 56% devido à troca da guia (falsos positivos) 	Real e Estimado
Indicadores gerais	<ul style="list-style-type: none"> -Aumento de 15% da produtividade na 2ª EE e aumento de 18% na 3ª EE; -Aumento de 22% do OEE na 2ª EE; um aumento de 16% na máquina tipo I na 3ª EE e um aumento de 21% na máquina do tipo II. 	Real e Estimado

7 CONCLUSÃO

Este capítulo apresenta uma visão geral do projeto, referindo os principais resultados deste trabalho. Além disso, também são mencionadas propostas de trabalho futuro relacionadas com este tema.

7.1 Conclusões

O presente projeto foi realizado na Amorim Cork; local onde se presenciou oportunidades de melhoria e onde foi possível implementar medidas, através da aplicação da filosofia *Lean* e da metodologia TPM. O principal objetivo foi aumentar a produtividade num setor de escolha eletrónica de rolhas.

A primeira fase consistiu na compreensão do processo produtivo e levantamento de dados no sistema informático e no *gemba*, de forma a identificar problemas que condicionavam a produtividade. Os principais problemas identificados foram perdas de velocidade e de qualidade, tempo de *setup* elevado; falta de material; reprocessamentos excessivos e carga elevada e não uniforme entre os operadores.

Face aos problemas referidos, elaborou-se um plano de ações que contemplou sete etapas. Inicialmente, avaliaram-se as ações de manutenção diária, por meio de uma ferramenta. De seguida, elaborou-se um conjunto de melhorias no equipamento e propôs-se ações de manutenção autónoma. Posteriormente, redefiniram-se as atividades de *setup* e estudou-se a alocação e sequenciação ótima de artigos a linhas. Depois, redefiniram-se os procedimentos dos operadores de máquina na 2ªEE. A próxima etapa consistiu na normalização e programação dos *andons*. Por último, através do redimensionamento das caixas, otimizou-se o espaço à saída da máquina tipo II.

A complementaridade e a inter-relação destas propostas traduziram-se num conjunto de ganhos. Em primeiro lugar, após a redução e uniformidade da carga dos operadores da manutenção diária foram obtidos os seguintes resultados: 1) Aumento de 88% e 244% no ganho do valor comercial de lotes na 2ª EE e 3ª EE, respetivamente; 2) Redução de 79% e 72% na diferença do ganho do valor comercial de lotes entre o 1º e 2º turno na 2ª EE e 3ª EE, respetivamente; 3) Redução de 73% do tempo de registo no *gemba*. Relativamente à carga de trabalho intra-turno, por meio de uma redefinição de operações, verificou-se uma redução de 487km/ano em distância percorrida e uma redução de 350h/ano em registos, que resultou em ganhos anuais de 2,3K €. Através da alocação e sequenciação de artigos a linhas constatou-se uma redução de 79% da amplitude de número de artigos por linha, uma redução de 81% da amplitude de número de *setups* por linha e uma redução de 97% da diferença de tempo de *setup* entre o operador de máquina 1 e 2. Além disso, verificou-se uma redução entre 65% e 70% do número de vezes que se tem de calibrar o equipamento.

De seguida, quanto às perdas de velocidade, obteve-se uma redução entre 18% e 45% do tempo de reação do operador na 2ª EE e uma redução de 44% na 3ª EE. Estimou-se uma eliminação de encravamentos no primeiro centrífugo e uma redução de encravamentos na SVE, que corresponderia a um aumento de produção na classe B em 14%. Por último, constatou-se uma redução de 82% de encravamentos no segundo centrífugo.

Quanto ao tempo de *setup* foi possível reduzir em 33% na 2ª EE e estimou-se uma redução de 72% na 3ª EE.

Posteriormente, obteve-se uma redução de reprocessamentos, nomeadamente em 79% de rolhas não lidas na 2ª EE e eliminação de unidades reprocessadas devido ao espaço à saída da máquina tipo II na 3ª EE.

Por último, a qualidade também foi otimizada, através de uma redução de 16% falsos positivos na classe defeito de topo e estima-se uma redução até 56%, após a mudança da guia.

Este conjunto de ganhos referidos permitiu um aumento estimado em 15% da produtividade e 22% do OEE na 2ª EE. Relativamente à 3ª EE, estimou-se um aumento em 18% da produtividade e um aumento do OEE entre 16% a 21%.

Assim sendo, é de salientar que o desenvolvimento deste projeto promoveu o desenvolvimento e consolidação de conhecimentos relacionados com o tema e também a capacidade de planear e implementar ações de melhoria. Além disso, também proporcionou competências sociais e profissionais.

7.2 Limitações

Uma das grandes limitações deste projeto foi a necessidade de paragem do estágio por tempo indeterminado, no momento de arranque da implementação das propostas de melhoria. Após o regresso ao estágio, verificaram-se algumas mudanças no setor, que levaram à necessidade de ajustes e alterações de várias propostas.

Além disso, a implementação das propostas foi realizada durante uma pandemia e dessa forma constatou-se falta de operadores em setores a montante e no próprio setor e também falta de matéria prima no setor. Além disso, ocorreu uma alocação de operadores de outros setores ao setor do presente projeto e desse modo, alguns dados são provenientes de operadores inexperientes, em contrapartida com os resultados retirados no estado inicial. A implementação de ações foi também desafiante, por essa mesma razão.

7.3 Trabalho futuro

O trabalho futuro passa pela continuação da monitorização da ferramenta de avaliação das ações da manutenção diária.

Posteriormente, também é sugerida uma análise ao abastecimento da 3ª EE e um estudo do tamanho ideal de lote, após a redução do tempo de *setup*, através da ferramenta SMED.

Quanto à máquina SVE da 2ª EE, o fornecedor da máquina propôs que o aumento da pressão poderia melhorar a fiabilidade da mesma. Além disso, para reduzir ainda mais as perdas de velocidade da SVE, deve-se estudar a posição do sensor de deteção da rolha na SVE, já que este comanda o martelo pneumático e impulsiona as rolhas para iniciar o teste de estanquicidade. A sua fraca performance influencia a velocidade da SVE e causa a terceira paragem com mais peso relativamente a perdas de velocidade na SVE.

Finalmente, assinala-se uma continuação na organização do abastecimento da 2ª EE, através da ferramenta 5s e posteriormente também no supermercado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alavian, P., Eun, Y., Liu, K., Meerkov, S. M., & Zhang, L. (2019). The (α, β) -precise estimates of MTBF and MTTR: Definitions, calculations, and induced effect on machine efficiency evaluation. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 1004–1009. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.326>
- Alhuraish, I., Robledo, C., & Kobi, A. (2017). A comparative exploration of lean manufacturing and six sigma in terms of their critical success factors. *Journal of Cleaner Production*, 164, 325–337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.146>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of major lean production waste in automobile industries using weighted average method. *Procedia Engineering*, 97, 2167–2175. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.460>
- Aziz, R. F., & Hafez, S. M. (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52(4), 679–695. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2013.04.008>
- Bonome, L., Costa, M., Godinho, M., Fredendall, L. D., José, F., & Paredes, G. (2018). Lean , six sigma and lean six sigma in the food industry : A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 82(April), 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Caldera, H. T. S., Desha, C., & Dawes, L. (2019). Evaluating the enablers and barriers for successful implementation of sustainable business practice in 'lean' SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 218, 575–590. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.239>
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>
- Cherrafi, A., Elfezazi, S., Chiarini, A., Mokhlis, A., & Benhida, K. (2016). The integration of lean manufacturing, Six Sigma and sustainability: A literature review and future research directions for developing a specific model. *Journal of Cleaner Production*, 139, 828–846. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.101>
- Costa, L., & Arezes, P. (2003). Introdução ao Estudo do Trabalho. *Universidade Do Minho*.
- Costa, L., & Arezes, P. (2005). Ergonomia e Biomecânica: Introdução à elevação manual de cargas. *Universidade Do Minho Escola de Engenharia*.
- Eden, C., & Ackermann, F. (2018). Theory into practice, practice to theory: Action research in method development. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.061>
- Editor, J. P. D. (2018). *Progress in Lean Manufacturing*. Aveiro: Springer International Publishing.
- Gamberini, R., Galloni, L., Lolli, F., & Rimini, B. (2017). On the Analysis of Effectiveness in a Manufacturing Cell: A Critical Implementation of Existing Approaches. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1882–1891. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.328>
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Lean and green-a systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*, 102, 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.064>
- Gonzalez, M. E., Quesada, G., Mora-Monge, C. A., & Barton, M. E. (2019). An empirical study of the application of lean tools in U.S. industry. *Quality Management Journal*, 26(4), 174–190. <https://doi.org/10.1080/10686967.2019.1647769>
- 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>
- Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., Simon, A. T., & Helleno, A. L. (2017). Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in

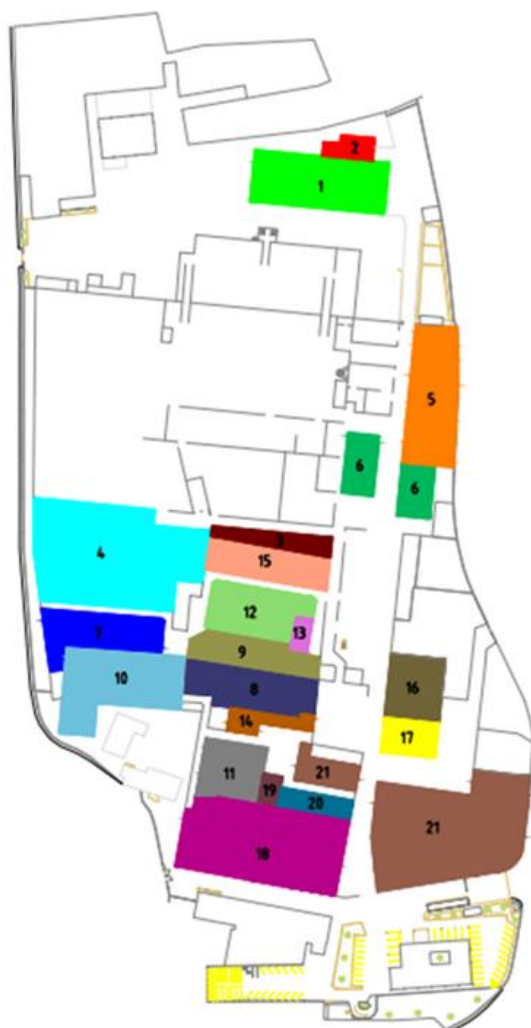
- Brazilian industry. *Journal of Cleaner Production*, 153, 405–416. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.072>
- Henao, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 208, 99–116. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.116>
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hinckley, C. M. (2007). Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. *Accreditation and Quality Assurance*, 12(5), 223–230. <https://doi.org/10.1007/s00769-007-0256-7>
- 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>
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. New York: McGraw-Hill Education.
- Janjić, V., Todorović, M., & Jovanović, D. (2019). Key Success Factors and Benefits of Kaizen Implementation. *EMJ - Engineering Management Journal*, 00(00), 1–9. <https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1664274>
- Karam, A. A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886–892. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.125>
- Kumar, R., Dwivedi, R. K., & Verma, A. (2017). Poka-yoke technique, methodology & design. *Indian Journal of Engineering*, 14(35), 71–76. Retrieved from http://www.discoveryjournals.org/engineering/current_issue/2017/A7.pdf
- Lander, E., & Liker, J. K. (2007). The Toyota Production System and art: Making highly customized and creative products the Toyota way. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3681–3698. <https://doi.org/10.1080/00207540701223519>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* (Fourth Edi). McGraw-Hill Education.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>
- Maarof, M. G., & Mahmud, F. (2016). A Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises. *Procedia Economics and Finance*, 35(October 2015), 522–531. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(16\)00065-4](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(16)00065-4)
- Matt, D. T. (2008). Template based production system design. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 19(7), 783–797. <https://doi.org/10.1108/17410380810898741>
- McKone, K. E., Schroeder, R. G., & Cua, K. O. (1999). Total productive maintenance: A contextual view. *Journal of Operations Management*, 17(2), 123–144. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(98\)00039-4](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(98)00039-4)
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Mwanza, B. G., & Mbohwa, C. (2015). Design of a total productive maintenance model for effective implementation: Case study of a chemical manufacturing company. *Procedia Manufacturing*, 4(less), 461–470. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.063>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM (Total Productive Maintenance)*. Portland, Oregon: Productivity Press.
- O'Brien, R. (1998). An Overview of the Methodological Approach of Action Research. Retrieved from

- <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. P. S. B. L.-S. P. (1988). *Toyota Production System- Beyond Large: Scale Production*. CRC Press.
- Pačaiová, H., & Ižariková, G. (2019). Base principles and practices for implementation of total productive maintenance in automotive industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 45–59. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I1.1203>
- Panwar, A., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015). Lean implementation in Indian process industries - Some empirical evidence. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 26(1), 131–160. <https://doi.org/10.1108/JMTM-05-2013-0049>
- Prashar, A. (2017). Adopting PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle for energy optimization in energy-intensive SMEs. *Journal of Cleaner Production*, 145, 277–293. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.068>
- Puvanasvaran, A. P., Mei, C. Z., & Alagendran, V. A. (2013). Overall equipment efficiency improvement using time study in an aerospace industry. *Procedia Engineering*, 68, 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.12.179>
- Ramakrishnan, V., Jayaprakash, J., Elanchezhian, C., & Vijaya Ramnath, B. (2019). Implementation of lean manufacturing in Indian SMEs-A case study. *Materials Today: Proceedings*, 16, 1244–1250. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.05.221>
- Rawat, G. S., Gupta, A., & Juneja, C. (2018). Productivity Measurement of Manufacturing System. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 1483–1489. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.237>
- Resta, B., Dotti, S., Gaiardelli, P., Boffelli, A., Resta, B., Dotti, S., ... Manufacturing, L. (2017). Lean Manufacturing and Sustainability: An Integrated View. *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems*, 0–8.
- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1574–1581. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.128>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (Fifth Edit). Prentice Hall.
- Schein, E. H. (1999). *Process Consultation Revisited: Building the Helping Relationship*. Reading, Massachusetts: Addison Wesley Longman.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Productivity Press.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-yoke System*. New York: Productivity Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Shingo, S. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Productivity Press.
- Simões, A., & Tenera, A. (2010). Improving setup time in a press line - Application of the SMED methodology. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 43(17), 297–302. <https://doi.org/10.3182/20100908-3-PT-3007.00065>
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611–622. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.103>
- Sternberg, H., Stefansson, G., Westernberg, E., af Gennäs, R. B., Allenström, E., & Nauska, M. L. (2013). Applying a lean approach to identify waste in motor carrier operations. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 62(1), 47–65.

<https://doi.org/10.1108/17410401311285291>

- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Tsasis, P., & Bruce-Barrett, C. (2008). Organizational change through Lean Thinking. *Health Services Management Research*, 21(3), 192–198. <https://doi.org/10.1258/hsmr.2007.007023>
- Vlachos, I. (2015). Applying lean thinking in the food supply chains: A case study. *Production Planning and Control*, 26(16), 1351–1367. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1049238>
- Westkämper, E. (2014). *Towards the Re-Industrialization of Europe: A Concept for Manufacturing for 2030. Towards the Re-Industrialization of Europe*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-38502-5_10
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). *TPM: A Route to World-Class Performance*. Butterworth-Heinemann.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation* (First Edit). New York: Simon & Schuster.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Yang, F. F., Yeh, A. G. O., & Wang, J. (2018). Regional effects of producer services on manufacturing productivity in China. *Applied Geography*, 97(April), 263–274. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.04.014>
- Zhang, A. (2014). Quality improvement through Poka-Yoke. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 8(2), 147–159. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2014.064260>

ANEXO I – LAYOUT DA FÁBRICA



Legenda:

- 1-** Receção da matéria-prima
- 2-** Vaporização
- 3-** Armazém de cortiça vaporizada
- 4-** Rabaneação, Brocagem e Deslenhar
- 5-** Armazém de rolhas do Super ROSA
- 6-** Super ROSA
- 7-** Acabamentos Mecânicos I e 1ª Escolha Eletrónica
- 8-** Supermercado
- 9-** 2ª Escolha Eletrónica
- 10-** Lavação
- 11-** ROSA Evolution
- 12-** 3ª Escolha Eletrónica
- 13-** Embalagem de rolhas naturais
- 14-** Embalagem de rolhas naturais em paletes
- 15-** Importações
- 16-** Acabamentos Mecânicos II
- 17-** Armazém de rolhas de Acabamentos Mecânicos II
- 18-** Colmatagem e Acquamark
- 19-** Embalagem de rolhas colmatadas e acquamark
- 20-** Embalagem de rolhas colmatadas e acquamark em paletes
- 21-** Expedição

Figura 55 - Layout da unidade industrial de Lamas

ANEXO II – CONSUMO E PRODUÇÃO DA 2ª ESCOLHA ELETRÔNICA (2ª EE)

Na Tabela 53 estão representadas as saídas de cada linha tendo em conta o artigo de entrada na linha. Por exemplo, o 45x24 AA é desdobrado em 9 saídas: Flor; Extra; Superior; 1º; 2º; Bicho; Defeito de corpo; Defeito de topo e Não Veda.

Tabela 53 - Consumo e produção da 2ª EE

Entrada Saídas	AA						A			B
	45x...	49x24	49x25	49x26	54x24	54x26	...x25	...x26	resto	qualquer
1	Flor	Flor T.E.	Flor T.E.	Flor	Flor T.E.	Flor T.E.	Extra	Extra	Extra	1º
2	Extra	Flor	Flor	Extra	Flor	Flor	Superior	Superior	Superior	2º
3	Superior	Extra	Extra	Superior	Extra	Extra	2º	2º	2º	3º
4	1º	Superior	Superior	1º	Superior	Superior	1º	1º	1º	4º/5º
5	2º	1º	1º	2º	1º	1º	3º	3º	3º	Apara
6	Bicho	4º/5º	Bicho	Bicho	4º/5º	2º	4º/5º	4º/5º	—	Bicho
7	Defeito de corpo	Bicho	Defeito de corpo	Defeito de corpo	Bicho	Bicho	Defeito de corpo	Defeito de corpo	Defeito de corpo	Defeito de corpo
8	Defeito de topo	Defeito de topo	Defeito de topo	Defeito de topo	Defeito de topo	Defeito de corpo	Defeito de topo	Defeito de topo	Defeito de topo	Defeito de topo
9	Não Veda	Não Veda	Não Veda	Não Veda	Não Veda	Não Veda	Não Veda	Não Veda	Não Veda	Não Veda

APÊNDICE I – INFORMAÇÃO SOBRE O EQUIPAMENTO DA 2ª ESCOLHA ELETRÔNICA (2ª EE)

A Tabela 54 distingue as linhas da 2ª EE pelo seu equipamento e versão da EE.

Acrescenta-se que a linha 9 no futuro irá ter versão 7076 e que irá comportar rolhas de diâmetro 25cm.

Dessa forma, teve-se em consideração esse dado no desenvolvimento de propostas.

Tabela 54 - Características dos equipamentos das linhas da 2ª EE

	1º Centrífugo/Vibrador	Buffer	2º Centrífugo/Vibrador	Versão da EE
Linha 1	Centrífugo	Sim	Vibrador	7075
Linha 2	Centrífugo	Não	Vibrador	7075
Linha 3	Centrífugo	Não	Vibrador	7075
Linha 4	Centrífugo	Não	Vibrador	7076
Linha 5	Centrífugo	Não	Vibrador	7075
Linha 6	Vibrador	Não	Vibrador	7075
Linha 7	Centrífugo	Não	Vibrador	7075
Linha 8	Centrífugo	Não	Vibrador	7075
Linha 9*	Centrífugo	Não	Vibrador	7075* (7076)
Linha 10	Centrífugo	Não	Vibrador	7076
Linha 11	Centrífugo	Não	Vibrador	7076
Linha 12	Centrífugo	Não	Centrífugo	7076
Linha 13	Centrífugo	Não	Centrífugo	7076
Linha 14	Centrífugo	Não	Centrífugo	7076
Linha 15	Centrífugo	Não	Centrífugo	7076
Linha 16	Centrífugo	Não	Centrífugo	7076

Além disso, a Tabela 55 classifica os artigos em “ideal”, “alternativo” ou “nunca”, consoante a linha que são abastecidos na 2ª EE.

Tabela 55 - Classificação dos artigos por linhas da 2ª EE

	Ideal					Alternativo		Nunca				
Linha 1	45x24	49x24	54x24			49x25	54x25	45x26	49x26	54x26		
Linha 2	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 3	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 4	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 5	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 6	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 7	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 8	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 9*	45x24	49x24	49x25			49x25*		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 10	49x25	49x26	45x26					45x24	49x24	54x26	54x24	54x25
Linha 11	49x25	49x26	45x26	54x25	54x26			45x24	49x24	54x24		
Linha 12	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 13	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 14	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 15	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25
Linha 16	45x24	49x24				49x25		45x26	49x26	54x26	54x24	54x25

A Tabela 56 identifica a versão da EE e a classe mais apropriada a abastecer, para cada linha da 2ª EE. É importante identificar a versão da EE, porque a versão 7076 identifica mais defeitos que a versão 7075, como bofes, por exemplo e também tem câmaras diferentes. Desse modo, a versão 7076 é mais adequada para artigos com qualidade inferior, mas também para rolhas de qualidade superior. Contudo, a versão 7075 não deve estar associada a artigos de classes inferiores, porque a versão 7076 é mais apropriada.

Tabela 56 - Identificação da versão da EE e classe mais apropriada, consoante a linha da 2ª EE

	Versão EE	Classe mais adequada
Linha 1	7075	AA, A
Linha 2	7075	AA, A
Linha 3	7075	AA, A
Linha 4	7076	AA, A, B
Linha 5	7075	AA, A
Linha 6	7075	AA, A
Linha 7	7075	AA, A
Linha 8	7075	AA, A
Linha 9	7075* (7076)	AA, A, B
Linha 10	7076	AA, A, B
Linha 11	7076	AA, A, B
Linha 12	7076	AA, A, B
Linha 13	7076	AA, A, B
Linha 14	7076	AA, A, B
Linha 15	7076	AA, A, B
Linha 16	7076	AA, A, B

A Tabela 57 indica a versão da SVE para cada artigo, que pode ser alterada ao contrário da EE.

Tabela 57 - Versão da SVE tendo em conta o produto de consumo

Artigo		Versão SVE
Calibre	OF (1º dígito)	
45x24	todos	5.0
45x26	todos	5.0
49x24	todos	3.0
49x24 BHL	todos	7.0
Restantes calibres	todos	3.0
todos	5	5.0

APÊNDICE II – CÁLCULO DOS FATORES DO *OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS* (OEE)

De modo a determinar o fator de disponibilidade e velocidade, na Tabela 58 foi calculado o tempo de turno, o tempo de abertura e o tempo de funcionamento.

Tabela 58 - Cálculo do tempo de abertura e tempo de funcionamento durante um turno

	2ª EE	3ª EE máq. tipo I	3ª EE máq. tipo II
TC ideal	0,356 s/unid	0,350 s/unid	0,300 s/unid
Quantidade total	47 824 unid	50 388 unid	52 814 unid
Tempo de turno	480,0 min	480,0 min	480,0 min
Limpeza autónoma	2,0 min	0,0 min	0,0 min
Mudar ventosas	0,5 min	0,0 min	0,0 min
Limpeza diária	2,0 min	0,0 min	0,0 min
Ações Manutenção Diária	1,3 min	0,7 min	1,3 min
Manutenções planeadas, mas não são usualmente realizadas	6,7 min	0,0 min	0,0 min
Paragens planeadas	5,8 min	0,7 min	1,3 min
Tempo de abertura	474,2 min	479,3 min	478,7 min
Avárias máquinas	13,9 min	2,1 min	3,9 min
Falta de material	25,1 min	2,2 min	2,2 min
Falta de rolhas	0,6 min	0,0 min	0,0 min
Caixas cheias	2,6 min	2,2 min	4,6 min
Setups	7,7 min	49,6 min	44,8 min
Paragens não planeadas	49,9 min	56,1 min	55,5 min
Tempo funcionamento	424,3 min	423,2 min	423,2 min
Fator Disponibilidade	89,5%	88,3%	88,4%
Fator Velocidade	66,9%	69,5%	62,4%

A Tabela 59 diz respeito ao fator de qualidade, relativo a cada máquina. Relativamente à SVE, os dados foram retirados de registos relativos ao teste de fiabilidade, que verifica o funcionamento do equipamento. Quanto à EE da 2ªEE, os dados foram obtidos através de um programa, que expõe a percentagem de produção defeituosa de um lote, que após a intervenção do operador deixou de existir (secção 5.1). Finalmente, os dados para calcular a qualidade na 3ª EE foram obtidos a partir de um registo informático sobre rejeições de lote, que indicava o volume de rolhas incorretamente distribuídas por classes.

Tabela 59 - Fator qualidade

	Fator Qualidade
SVE	100,0%
EE	98,8%
2ª EE Total	99,4%
3ª EE máquina tipo I	98,9%
3ª EE máquina tipo II	99,2%

APÊNDICE III – ESTUDO DE TEMPOS DAS PERDAS DE VELOCIDADE E PESO DE CADA ERRO

No presente apêndice determinou-se o MWT e o MTTR de cada paragem na 2ª EE e 3ª EE. Como a frequência e resolução dos encravamentos apresentavam ciclos curtos e repetitivos, a técnica que se aplicou foi a cronometragem.

O primeiro passo foi perceber se as medições realizadas eram fiáveis. Segundo Costa & Arezes (2003), é recorrente existirem diferenças nos tempos obtidos, mesmo que o operador mantenha um ritmo de trabalho uniforme, devido às variações que podem ocorrer durante a medição, como erros de cronometragem.

Assim, de forma a verificar se a amostra era representativa, recorreu-se à equação do número mínimo de observações a efetuar (Equação 8).

$$N' = \left(\frac{Z \times s}{\varepsilon \times TO} \right) \quad (8)$$

Onde:

N': Número mínimo de observações a realizar;

Z: Nível de confiança, que se considerou 95% (Z=1,96);

s: Desvio-padrão;

ε : Precisão, que se considerou $\pm 5\%$ ($\varepsilon=0,05$);

TO: Tempo observado médio.

A Tabela 60 apresenta o tempo observado médio, o desvio padrão da amostra, o número de observações efetuadas e o cálculo do número mínimo de observações. Pode-se perceber que em nenhum caso o número de observações realizadas foi suficiente, exceto nos casos onde o número de observações foi apenas um. Para obter resultados representativos, possivelmente, seriam necessários 1 276 horas adicionais, contudo para o tempo disponível do projeto não foi possível obtê-los.

Tabela 60 - Cálculo do número mínimo de observações (N')

		TO médio	s	N	N'
2ª EE	MWT	91,3 s	137,9 s	110	3509
	MWT do 1º centrífugo	136,0 s	88,0 s	10	643
	MTTR: Erro no cilindro de alimentação	13,1 s	8,8 s	36	693
	MTTR: Anomalia rotação prato	33,7 s	13,6 s	3	250
	MTTR: Braço fora da posição	17,1 s	20,6 s	49	2230
	MTTR: Encravamento na calha antes SVE	37,2 s	52,2 s	6	3026
	MTTR: Encravamento no centrífugo 1	9,7 s	9,3 s	10	1419
	MTTR: Encravamento no centrífugo 2	3,4 s	2 s	41	527
	MTTR: Máximas rejeições seguidas na cavidade x	21,4 s	12,7 s	10	541
	MTTR: Posto 1- Anomalia no cilindro de introdução	33,5 s	26,3 s	21	947
	MTTR: Sensor não lê a rolha	11,3 s	2,6 s	11	85
	MTTR: EE2- Emergência cilindro	11,0 s	6,0 s	20	464
3ª EE	MWT	130,4 s	188,8 s	59	3219
	MTTR i: Encravamento entre centrífugo e EE3	3,7 s	2,1 s	3	495
	MTTR i: Emergência cilindro	8,6 s	4,8 s	24	476
	MTTR i: Encravamento no doseador	8,0 s	0,0 s	2	0
	MTTR i: Encravamento no centrífugo	2,7 s	1,4 s	6	403
	MTTR i: Emergência de sincronização	29,0 s		1	0
	MTTR ii: Estrela Obstruída	17,3 s	15,5 s	12	1239
	MTTR ii: Martelo Obstruído	23,8 s	14,1 s	6	541
	MTTR ii: O sistema foi reinicializado duas vezes em 30 seg	4,0 s		1	0
	MTTR ii: Encravamento no centrífugo	4,0 s		1	0
	MTTR ii: As saídas estão fora dos objetivos	4,0 s		1	0
	MTTR ii: Encravamento no doseador	4,0 s		1	0

É importante também referir que estes tempos são variáveis, porque a disponibilidade do operador também o é e depende das várias atividades que o mesmo se pode encontrar a efetuar. Por exemplo, uma linha pode estar no processo de mudança de produto e outra linha pode ter tido um encravamento, ao mesmo tempo, dessa forma o operador não terá um tempo de reação sempre igual. Quanto ao MTTR, este também não será sempre uniforme, porque como o produto é natural, causará diferentes tipos de erros e a sua resolução não será sempre a mesma. Por exemplo, o erro “Braço fora da posição” que ocorre na SVE, pode ser mais rápido ou lento de resolver, porque pode depender do número de rolhas que saíram da cassete da SVE e depende da origem do problema: sensor sujo, apara a obstruir o martelo ou rolhas de mistura que encravaram na cassete. Por conseguinte, como o conteúdo do trabalho dos operadores não é constante, os tempos observados também não serão.

Assim, apesar de a amostra não respeitar os valores de nível de confiança e do erro (geralmente utilizados e aceites na Medida do Trabalho), prosseguiu-se com o cálculo do tempo normalizado. O tempo normalizado representa o tempo que seria necessário para uma determinada operação, se o operador a executasse a uma cadência normal (Costa & Arezes, 2003). O tempo normalizado pode ser representado na forma de uma equação (Equação 9).

$$TN = TO \times \frac{FA}{AR} \quad (9)$$

Onde:

TN: Tempo normalizado;

TO: Tempo observado médio;

FA: Fator de atividade médio. Neste caso, estimou-se um fator de atividade de 102;

AR: Atividade de referência, que é igual a 100.

A Tabela 61 identifica o tempo normalizado para cada paragem.

Tabela 61 - Cálculo do tempo normalizado

		TO	TN
2ª EE	MWT	91 s	93 s
	MWT 1º centrífugo	136 s	139 s
	MTTR: Erro no cilindro de alimentação	13 s	13 s
	MTTR: Anomalia rotação prato	34 s	35 s
	MTTR: Braço fora da posição	17 s	17 s
	MTTR: Encravamento na calha antes SVE	37 s	38 s
	MTTR: Encravamento no centrífugo 1	10 s	10 s
	MTTR: Encravamento no centrífugo 2	3 s	3 s
	MTTR: Máximas rejeições seguidas na cavidade x	21 s	21 s
	MTTR: Posto 1- Anomalia no cilindro de introdução	33 s	34 s
	MTTR: Sensor não lê a rolha	11 s	11 s
	MTTR: EE2- Emergência cilindro	11 s	11 s
3ª EE	MWT	130 s	133 s
	MTTR i: Encravamento entre centrífugo e EE3	4 s	4 s
	MTTR i: Emergência cilindro	9 s	9 s
	MTTR i: Encravamento no doseador	8 s	8 s
	MTTR i: Encravamento no centrífugo	3 s	3 s
	MTTR i: Emergência de sincronização	29 s	30 s
	MTTR ii: Estrela Obstruída	17 s	17 s
	MTTR ii: Martelo Obstruído	24 s	24 s
	MTTR: ii O sistema foi reinicializado duas vezes em 30 seg	4 s	4 s
	MTTR ii: Encravamento no centrífugo	4 s	4 s
	MTTR ii: As saídas estão fora dos objetivos	4 s	4 s
	MTTR ii: Encravamento no doseador	4 s	4 s

A Tabela 62 lista as perdas de velocidade registadas na máquina SVE, centrífugos e na máquina EE da 2ª EE, com base nos tempos normalizados. O tempo médio de espera (MWT) foi igual em todas as paragens, exceto nos encravamentos do primeiro centrífugo/vibrador. A contagem dos erros foi obtida durante 40 horas e alguns encravamentos não foram observados durante o estudo, contudo sabia-se que podiam ocorrer. A penúltima coluna da tabela representa uma estimativa do tempo de paragem de uma linha num turno.

Tabela 62 - Perdas de velocidade de um turno na 2ª EE

Nome das paragens	Freq. (40h em 16 linhas)	MWT	MTTR*	MTTR total (turno por linha)	Peso
Erro no cilindro de alimentação	36	93 s	13 s	763 s	16%
Anomalia rotação prato	3	93 s	35 s	77 s	2%
Braço fora da posição	49	93 s	17 s	1 078 s	23%
Disparo térmico do alimentador rotativo de rolhas	0	0 s	0 s	0 s	0%
Posto 1- Anomalia no cilindro de introdução	21	93 s	34 s	533 s	12%
Posto 3- Anomalia Expulsão Rolha Cavidade x	0	0 s	0 s	0 s	0%
Prato cheio	0	93 s	0 s	0 s	0%
Sensor não lê a rolha	11	93 s	11 s	229 s	5%
Verifique a membrana na cavidade x	0	0 s	0 s	0 s	0%
Máximas rejeições seguidas na cavidade x	10	93 s	21 s	228 s	5%
Encravamento na calha	6	139 s	38 s	212 s	5%
Encravamento no 1º centrífugo/vibrador	10	139 s	10 s	298 s	6%
Encravamento no 2º centrífugo/vibrador	41	93 s	3 s	787 s	17%
Emergência cilindro	20	93 s	11 s	416 s	9%
				4 621 s	

Quanto à 3ª EE, a frequência dos encravamentos foi obtida durante 3 horas em cada linha. Na Tabela 63 estão listadas as paragens na máquina tipo I e na máquina tipo II. Salienta-se que a penúltima coluna desta tabela revela uma estimativa de tempo de paragem para cada erro, numa linha, durante um turno.

Tabela 63 - Perdas de velocidade na máquina do tipo I e do tipo II na 3ª EE

	Nome das paragens	Freq (3h por linha)	MWT	MTTR*	MTTR total (turno/linha)	Peso
Máquina tipo I	Encravamento entre centrífugo e EE	9	133 s	4 s	235 s	15%
	Emergência no cilindro	26	133 s	9 s	703 s	46%
	Encravamento no doseador	4	133 s	8 s	107 s	7%
	Encravamento no centrífugo	18	133 s	3 s	466 s	30%
	Emergência de sincronização	1	133 s	30 s	31 s	2%
Máquina tipo II	Estrela obstruída	22	133 s	17 s	977 s	37%
	Martelo obstruído	24	133 s	24 s	1 116 s	42%
	Reinicialização do sistema 2 vezes	3	133 s	4 s	122 s	5%
	Encravamento no centrífugo	8	133 s	4 s	325 s	12%
	As saídas estão fora dos objetivos	1	133 s	4 s	41 s	2%
	Encravamento no doseador	1	133 s	4 s	41 s	2%

Em suma, face à não representatividade da amostra, os dados descritos neste apêndice apenas foram utilizados para expor os erros mais recorrentes por secção para atuar mais incisivamente numa fase inicial. Contudo, numa fase posterior, o tempo normalizado do MWT foi assumido como o tempo de resposta do operador, apesar da sua variabilidade; tal como o tempo normalizado do MTTR dos encravamentos dos centrífugos e na calha na 2ª EE.

APÊNDICE IV – SINALIZAÇÃO DOS *ANDONS*

A Tabela 64 reúne os diferentes estados dos equipamentos na 2ª EE e os seus respectivos sinais.

A partir da lista, pôde-se concluir que o *andon 2* piscava sempre com uma frequência baixa quando faltavam rolhas e piscava com uma frequência elevada quando havia uma falha na EE: encravamento ou quando as caixas estavam cheias. Quando ocorria um erro de *software*, este *andon* não era acionado. O *andon 3*, numa situação normal, tinha as cores verde e branco ligadas e apenas era desligada a luz verde quando a linha era desligada ou quando havia uma falha na EE: encravamentos, caixas cheias e erro de *software*. O *andon 4* estava sempre desligado.

Quando ocorria qualquer tipo de paragem na EE, a SVE continuava a trabalhar até que o centrífugo ou vibrador ficasse cheio. Quando o centrífugo ou vibrador ficava cheio, a SVE parava e acionava o seu *andon*.

Quando ocorria um encravamento na SVE, diferentes cores eram ligadas no *andon 1*, dependendo do tipo de erro. Momentos depois, quando o segundo centrífugo ficava sem rolhas, o *andon 2* da EE era acionado para avisar que faltavam rolhas, como referido anteriormente. Acrescenta-se que o *andon 3* continuava com as mesmas cores acesas: branco e verde contínuo.

Tabela 64 - Sinalização dos andons da 2ª EE

Legenda: x - luz contínua; o - luz intermitente com frequência baixa; oo - luz intermitente com frequência alta; -/o : pode estar desligado ou piscar													
Equip.	Estado do equipamento	Andon 1 a) b) c) (SVE)					Andon 2 (EE)	Andon 3 (EE)			Andon 4 (EE)		
		Amarelo	Verde	Vermelho	Branco	Azul	Vermelho	Verde	Branca	Vermelho	Vermelho	Azul	Preto
EE e SVE	Situação normal	x	x					x	x				
EE e SVE	Linha sem rolhas			x						x			
EE e SVE	Linha desligada								x				
EE	Máquina parada	x		x					x				
EE	Emergência cilindro	x		x			oo		x				
EE	Caixas cheias	x		x			oo		x				
EE	Erro de <i>software</i>	x		x				x	x				
SVE	Abertura da porta, após um erro	x		x			o	x	x				
SVE	Erro no Posto 1	x		x			o	x	x				
SVE	Erro no Posto 3	x		x			o	x	x				
SVE	Alimentador erro cilindro	x	-/o	x			o	x	x				
SVE	Máxima rejeições seguidas na cavidade	x		x			o	x	x				
SVE	Rolha encravada na saída do alimentador. Falta de rolhas	x		x			o	x	x				
SVE	Sensor não lê a rolha	x	o				o	x	x				
SVE	Braço fora da posição	x	o	x			o	x	x				
SVE	Anomalia rotação parto	x	o	x			o	x	x				
Centrífugo e EE	Alimentador da máquina seguinte cheio c/paragem a jusante	x		x			-/o	-/o	x				
Centrífugo	Alimentador da máquina seguinte cheio s/paragem a jusante	x		x				x	x				
Centrífugo	Encravamento no centrífugo 1	x	x				o	x	x				
Centrífugo	Encravamento no centrífugo 2	x		x			o	x	x				
Calha	Encravamento na calha	x	x				o	x	x				

APÊNDICE V – ENTRADAS NO ABASTECIMENTO DA 2ª ESCOLHA ELETRÔNICA (2ª EE)

As movimentações de entrada no abastecimento da 2ª EE foram estudadas, através de uma análise ABC, com base em dados de janeiro e fevereiro de 2020 (Tabela 65).

Tabela 65 - Análise ABC de movimentações de entrada no abastecimento da 2ª EE

Artigo	Quantidade de entrada (2 meses)	% Quantidade de entrada	% Quantidade de entrada acumulada	% Artigo	% Artigo acumulado
45x24 A 60	24 524 112	21,96%	21,96%	1,92%	1,92%
45x24 B 60	13 299 978	11,91%	33,86%	1,92%	3,85%
49x24 AA 60	12 453 713	11,15%	45,01%	1,92%	5,77%
45x24 AA 60	11 081 952	9,92%	54,93%	1,92%	7,69%
49x24 A 60	6 482 735	5,80%	60,74%	1,92%	9,62%
45x24 A 10	6 213 814	5,56%	66,30%	1,92%	11,54%
45x26 A 60	4 026 310	3,60%	69,91%	1,92%	13,46%
49x24 B 60	3 504 349	3,14%	73,04%	1,92%	15,38%
45x24 AA 10	3 037 683	2,72%	75,76%	1,92%	17,31%
45x24 B 10	2 571 209	2,30%	78,07%	1,92%	19,23%
45x26 AA 60	2 377 172	2,13%	80,19%	1,92%	21,15%
49x24 B 68	2 195 644	1,97%	82,16%	1,92%	23,08%
45x24 B 68	2 080 234	1,86%	84,02%	1,92%	25,00%
49x24 AA 65	1 712 944	1,53%	85,56%	1,92%	26,92%
49x24 AA 10	1 609 032	1,44%	87,00%	1,92%	28,85%
49x26 AA 60	1 593 141	1,43%	88,42%	1,92%	30,77%
49x24 AA 61	1 420 788	1,27%	89,69%	1,92%	32,69%
49x24 A 10	1 048 182	0,94%	90,63%	1,92%	34,62%
49x24 A 65	991 777	0,89%	91,52%	1,92%	36,54%
49x26 AA 65	840 646	0,75%	92,27%	1,92%	38,46%
54x24 AA 60	795 536	0,71%	92,99%	1,92%	40,38%
49x24 A 61	773 238	0,69%	93,68%	1,92%	42,31%
49x26 AA 61	674 231	0,60%	94,28%	1,92%	44,23%
49x26 A 60	671 677	0,60%	94,88%	1,92%	46,15%
49x24 B 65	586 492	0,53%	95,41%	1,92%	48,08%
49x24 A 68	571 649	0,51%	95,92%	1,92%	50,00%
45x24 A 68	530 305	0,47%	96,39%	1,92%	51,92%
49x25 AA 61	442 200	0,40%	96,79%	1,92%	53,85%
54x26 AA 60	390 218	0,35%	97,14%	1,92%	55,77%
49x26 A 65	389 355	0,35%	97,49%	1,92%	57,69%
49x24 B 61	370 526	0,33%	97,82%	1,92%	59,62%
49x26 A 61	281 758	0,25%	98,07%	1,92%	61,54%
49x25 AA 20	267 892	0,24%	98,31%	1,92%	63,46%
49x25 AA 62	252 329	0,23%	98,54%	1,92%	65,38%
54x24 A 68	227 323	0,20%	98,74%	1,92%	67,31%
49x24 B 10	196 802	0,18%	98,92%	1,92%	69,23%
54x24 A 60	192 650	0,17%	99,09%	1,92%	71,15%
49x25 A 60	172 171	0,15%	99,24%	1,92%	73,08%
49x25 AA 60	134 496	0,12%	99,36%	1,92%	75,00%
45x26 B 60	129 833	0,12%	99,48%	1,92%	76,92%
49x25 A 62	89 758	0,08%	99,56%	1,92%	78,85%
49x25 A 61	88 723	0,08%	99,64%	1,92%	80,77%
54x26 A 60	84 337	0,08%	99,72%	1,92%	82,69%
49x24 AA 28	82 757	0,07%	99,79%	1,92%	84,62%
49x25 A 20	48 331	0,04%	99,83%	1,92%	86,54%
54x25 AA 62	46 116	0,04%	99,87%	1,92%	88,46%
45x24 AA 68	42 854	0,04%	99,91%	1,92%	90,38%
49x24 AA 68	42 428	0,04%	99,95%	1,92%	92,31%
49x24 A 28	40 392	0,04%	99,99%	1,92%	94,23%
54x25 AA 60	6 497	0,01%	99,99%	1,92%	96,15%
49x26 B 61	4 172	0,00%	100,00%	1,92%	98,08%
49x26 B 65	3 680	0,00%	100,00%	1,92%	100,00%

Posteriormente, construiu-se um diagrama de Pareto (Figura 56), com base nos dados obtidos da Tabela 65. Devido às especificidades das linhas, o estudo incidiu-se em 96,2% do volume de entradas, que correspondeu a 50% dos artigos.

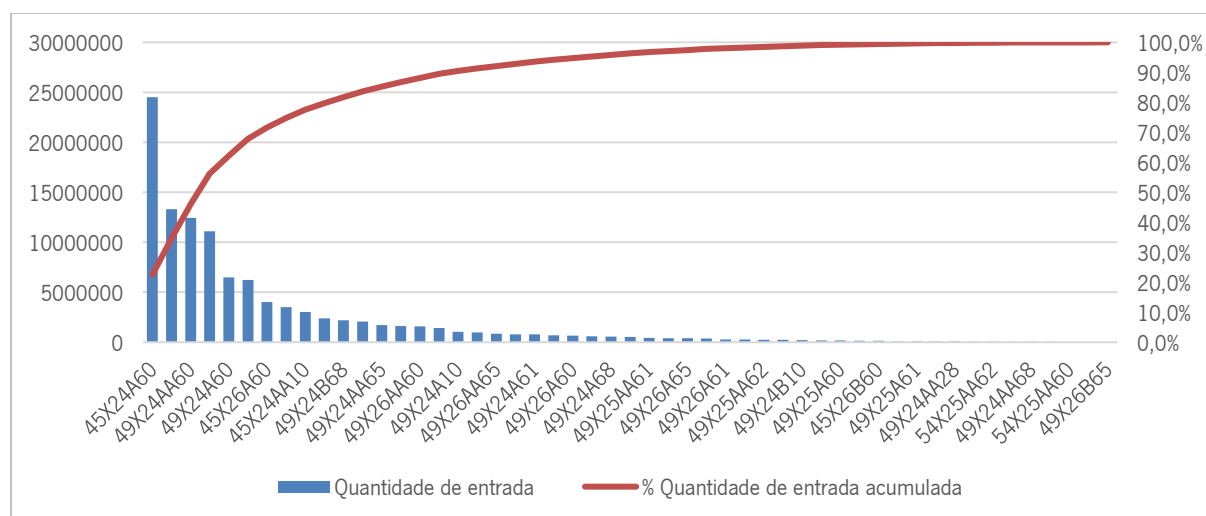


Figura 56 - Curva ABC dos artigos de entrada no abastecimento da 2ª EE

Relativamente ao artigo “45x24 B 10”, este não foi mais consumido na secção da 2ª EE. Além disso, uma versão do 49x24, denominada “49x24 BHL” começou a ser produzida em março, tendo já uma linha na 2ª EE pré-determinada e o “49x25” começou a ser pedido mais pelo mercado e também já tinha uma linha pré-alocada.

Deste modo, ao analisar e retratar a situação atual da 2ª EE teve-se em conta o artigo “45x24 B 10”, mas ao desenvolver as propostas de melhorias não se teve em conta este artigo, mas teve-se em conta o “49x24 BHL” e o “49x25” (contudo, sem informação sobre as suas movimentações de entrada).

APÊNDICE VI – ANÁLISE DOS VALORES OBTIDOS DO FICHEIRO DA MANUTENÇÃO

Após a análise da informação do ficheiro de avaliação das ações da manutenção diária, chegaram-se a algumas conclusões relativas às ações principais na 2ª EE. Quando a limpeza era a ação principal, o segundo turno apresentou um maior número de ações deste tipo que o primeiro turno, mas o primeiro turno deteve um maior ganho do valor comercial de lote (Tabela 66). O segundo turno tinha a limpeza com mais frequência do que o primeiro turno, porque o primeiro turno realizava outras ações para além da limpeza que garantiam um maior valor comercial ao lote (porque não existia operador de manutenção diária no turno anterior ao seu) e desse modo a limpeza deixava de ser a ação principal.

Tabela 66 - Diferenças entre o primeiro e segundo turno na 2ª EE

Turno	Nº ações com ganho por dia				Ganho do VC de todos os lotes por dia			
	Limpeza	Mudança da guia	Outras ações	Total	Limpeza	Mudança da guia	Outras ações	Total
1º	3,2	0,3	0,25	3,75	1 191,38 €	1 949,13 €	190,75 €	3 331,26 €
2º	4,3	0,05	0,1	4,45	1 279,79 €	548,42 €	36,18 €	1 864,39 €
Total	7,5	0,35	0,35	8,2	2 471,18 €	2 497,55 €	226,93 €	5 195,66 €

Relativamente à 3ª EE, apenas o operador do segundo turno a monitorizava (Tabela 67).

Tabela 67 - Diferenças entre o primeiro e segundo turno na 3ª EE

Turno	Nº ações com ganho por dia			Ganho do VC de todos os lotes por dia		
	Limpeza	Outras ações	Total	Limpeza	Outras ações	Total
1º	0	0	0	0 €	0 €	0 €
2º	2,79	0,26	3,05	442,83 €	482,15 €	924,98 €
Total	2,79	0,26	3,05	442,83 €	482,15 €	924,98 €

A Tabela 68 apresenta a média do ganho do valor comercial de um lote (apenas foram considerados ganhos não nulos).

Tabela 68 - Média do ganho do valor comercial de um lote para ganhos não nulos

Turno	2ª EE	3ª EE
1º	888,34 €	0 €
2º	418,97 €	303,01 €
Total	633,62 €	303,01 €

APÊNDICE VII – *STANDARD WORK* DA MANUTENÇÃO DIÁRIA

A Figura 57 contempla o fluxograma relativo à rotina da manutenção diária na 2ª EE, referindo também as ações que os operadores podem realizar.

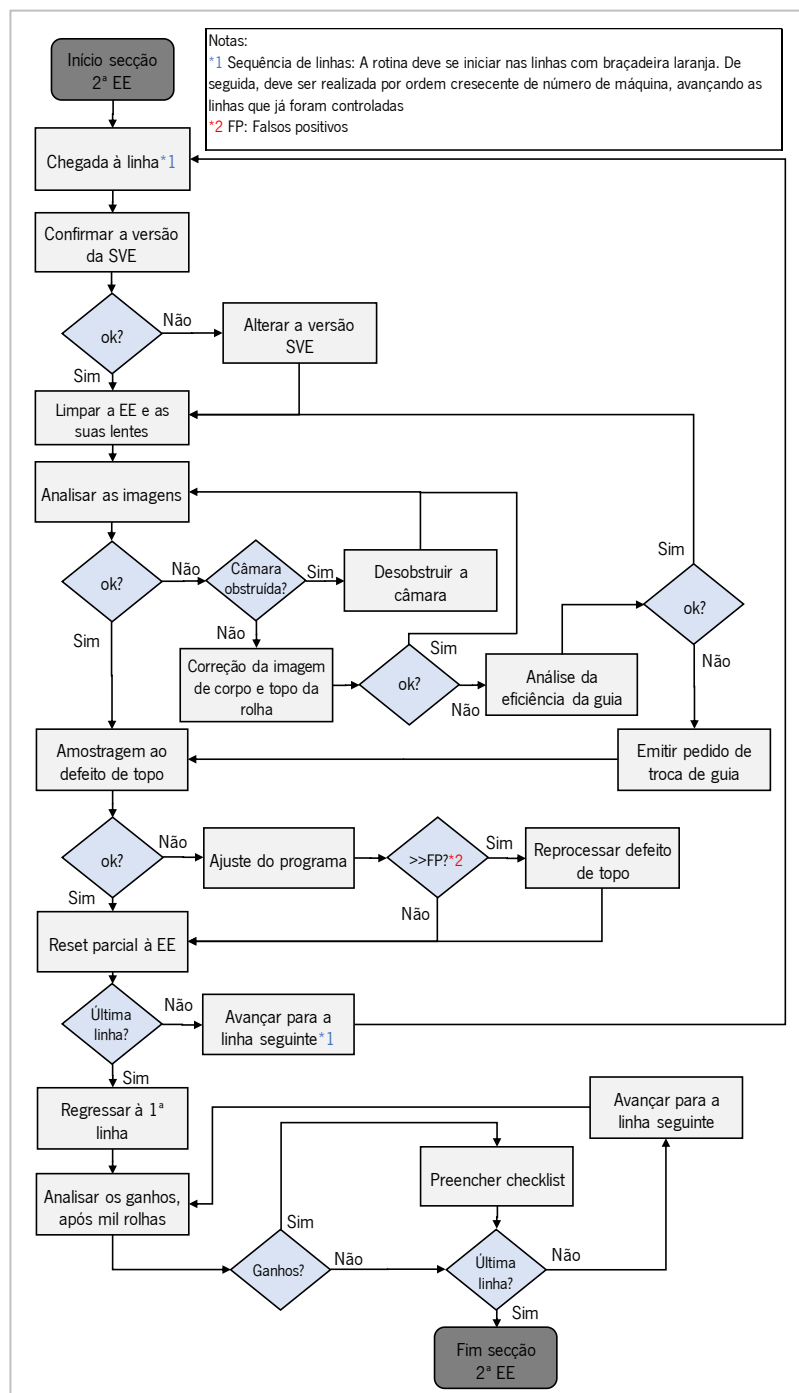


Figura 57 - Fluxograma das possíveis atividades da manutenção diária na 2ª EE

Posteriormente a Tabela 69 resume o procedimento geral da manutenção na 2ª EE. Além disso, a tabela referida indica o tempo disponível para a secção e os utensílios a utilizar.

Tabela 69 - Procedimento geral da manutenção diária na 2ª EE

Local:	Secção 2ª EE
Objetivo:	Limpar a EE e atuar se a EE não produz conforme, através de análise de imagens e amostragem.
Tempo:	2h (6 minutos por linha)
Utensílios:	Proteção individual: óculos e máscara; Material de limpeza: pressão de ar e pano; Cesto.
1-Confirmar programa e Limpeza	Confirmar a versão da SVE.
	Limpar a EE com a pressão de ar para retirar o pó e pedaços de rolha.
	Limpar com o pano as lentes da EE.
2- Analisar as fotos das rolhas e realizar amostragem	Analisar as imagens resultantes da câmara e proceder com as possíveis ações.
	Fazer uma amostragem cuidadosa ao defeito de topo (amostra de 50 rolhas).
	Ajuste do programa, se se identificar mais de 3 falsos positivos. Se necessário, reprocessar os falsos positivos.
	Após realizar todas as ações à linha, fazer um <i>reset</i> parcial à EE.
3- Preencher a <i>checklist</i>	Após 1K rolhas processadas depois do início do <i>reset</i> , preencher a <i>checklist</i> para as linhas que apresentaram diferenças qualitativas.

Relativamente à 3ª EE, foi também realizado um fluxograma relativo à manutenção diária (Figura 58).

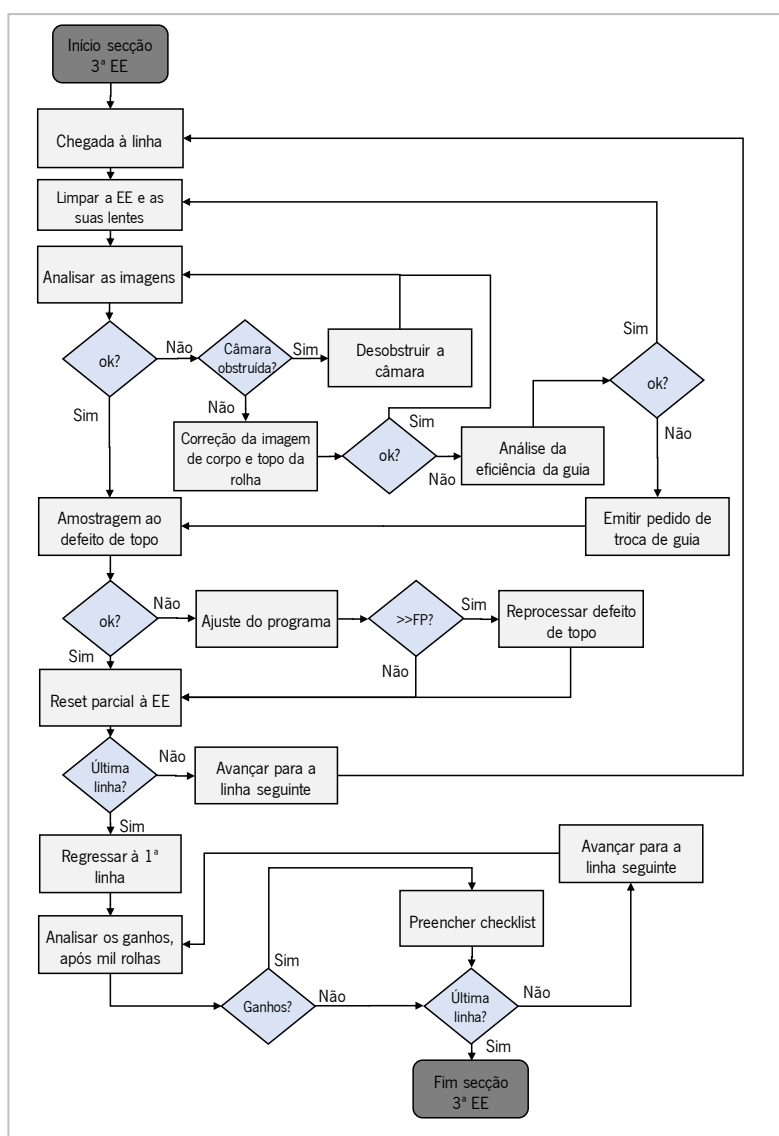


Figura 58 - Fluxograma das possíveis atividades da manutenção diária na 3ª EE

Finalmente, a Tabela 70 sintetiza o procedimento geral da manutenção na 3ª EE e indica o tempo disponível e os utensílios a utilizar.

Tabela 70 - Procedimento geral da manutenção diária na 3ª EE


Local:	Secção 3ªEE
Objetivo:	Limpar a EE e atuar se a EE não produz conforme, através de análise de imagens e amostragem.
Tempo:	2,5h (máquina tipo I: 5,5 minutos/linha; máquina tipo II: 6,5 minutos/linha)
Utensílios:	Proteção individual: óculos e máscara; Material de limpeza: pressão de ar e pano; Cesto.
1- Limpeza	Limpar a EE com a pressão de ar para retirar o pó e pedaços de rolha.
	Limpar com um pano as lentes da EE, com atenção na máquina tipo II.
	Verificar se a limpeza foi eficaz, com atenção na máquina tipo II (fazer controlo visual).
2- Amostragem	Fazer amostragem cuidada ao defeito de topo e defeito de corpo (amostras de 50 rolhas).
	Ajuste do programa, se se identificar mais de 3 falsos positivos. Se necessário, reprocessar os falsos positivos.
	Após realizar todas as ações à linha, fazer um <i>reset</i> parcial à EE.
3- Preencher a <i>checklist</i>	Após 1K rolhas processadas depois do início do <i>reset</i> , preencher a <i>checklist</i> para as linhas que apresentaram diferenças qualitativas.

APÊNDICE VIII – ONE POINT LESSON (OPL) DA OPERAÇÃO LIMPEZA

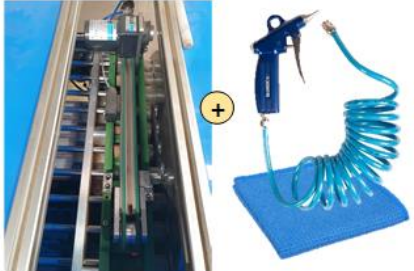
AMORIM CORK	One Point Lesson (OPL)	Unidade Industrial: UI Lamas Local: 2º EE
--------------------	-------------------------------	--

Tema:	Limpeza à SVE quando o buffer atinge a capacidade máxima
Objetivo:	Reduzir encravesamentos na SVE e aumentar produção
Responsabilidade:	Operadores de máquina


1 Parar a SVE, quando o buffer estiver cheio



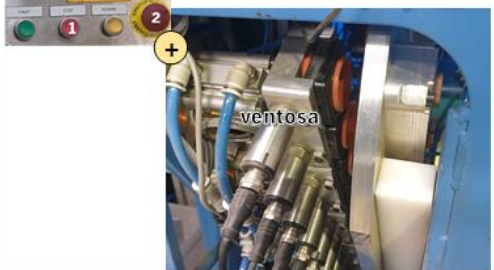
2 Limpar a cassete com a pressão de ar e com um pano



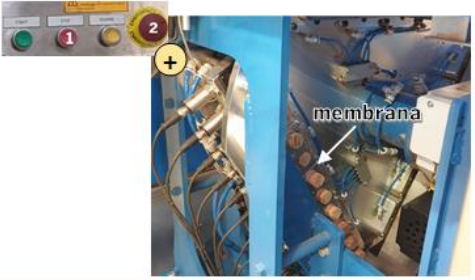
3 Ligar a SVE e analisar a pressão em cada cavidade



4 Se a cavidade estiver sempre com redução de pressão: parar SVE e limpar/mudar a ventosa



5 Se a cavidade, 3 em 3 vezes, tem uma redução da pressão: parar SVE e limpar/mudar a membrana



6 Ligar a SVE e verificar o impacto das alterações




Figura 59 - OPL da operação de limpeza

APÊNDICE IX – MATRIZ TEMPO DE *SETUP*

A matriz tempo de *setup* encontra-se dividida pela Tabela 71 e Tabela 72 e foi obtida através de dados de janeiro e fevereiro de 2020. Relativamente à interpretação da matriz, as linhas dizem respeito ao artigo anterior ao momento do *setup* e as colunas dizem respeito ao artigo atual. Quanto à penúltima linha, esta indica a média do tempo de *setup* de cada artigo (tendo em conta o tempo de *setup* de todos os artigos e não apenas os artigos principais). E a última linha indica a média do tempo de *setup*, mas com uma adição de 15% a esse valor. Tendo em conta estes dados, classificaram-se os tempos de *setup* em três cores diferentes, nomeadamente:

- Verde: Foi utilizado o verde, quando o valor do *setup* de um artigo, tendo em conta o seu antecessor, era inferior ou igual ao tempo médio de *setup*, e dessa forma, era um valor ótimo. Por exemplo, quando a linha estava a consumir “45x24 A 10” e houve uma alteração para “45x24 AA 60”, o tempo médio de *setup* foi 44 minutos, o que foi inferior à sua média, que era 52 minutos;
- Amarelo: Foi utilizado o amarelo, quando o valor do *setup* de um artigo, tendo em conta o seu antecessor, está compreendido entre o tempo médio de *setup* e o tempo médio de *setup* com um acréscimo de 15%. Isto quer dizer que o tempo de *setup* era superior à média, mas não era significativo;
- Vermelho: Foi utilizado o vermelho, quando o valor do *setup* de um artigo, tendo em conta o seu antecessor, era superior ao tempo médio de *setup* com uma adição de 15%. Dessa forma, devia ser evitada essa sequência de produtos.

Salienta-se que alguns artigos que foram considerados para a análise não foram identificados nesta matriz, porque não foram consumidos em janeiro ou fevereiro, apesar da sua presença no abastecimento.

Tabela 71 - Matriz tempo de setup (artigo anterior fixo) (1)

		Artigo atual										
		45x24 A 10	45x24 A 60	45x24 AA 10	45x24 AA 60	45x24 B 60	45x26 A 60	45x26 AA 60	49x24 A 10	49x24 A 60	49x24 A 61	49x24 A 65
Artigo anterior	45x24 A 10		57,47 min	64,58 min	44,13 min							
	45x24 A 60	60,80 min		68,05 min	50,42 min	50,08 min						
	45x24 AA 10	45,05 min	69,80 min		87,17 min							
	45x24 AA 60		59,73 min	40,30 min						46,27 min		
	45x24 B 60		42,58 min									
	45x26 A 60							44,42 min				
	45x26 AA 60						31,50 min					
	49x24 A 10											
	49x24 A 60				29,17 min				19,28 min			
	49x24 A 61				61,27 min				15,88 min	12,25 min		
	49x24 A 65											
	49x24 AA 10				53,12 min				33,78 min			
	49x24 AA 60									40,38 min		43,25 min
	49x24 AA 61			64,43 min						36,85 min	50,83 min	
	49x24 AA 65											65,00 min
	49x24 B 60			49,40 min						47,27 min		
	49x24 B 65											
	49x26 A 60							84,18 min				
	49x26 AA 60						12,33 min					
	49x26 AA 61							74,03 min				
	49x26 AA 65							104,45 min				
	54x24 AA 60											
	Média	49,77 min	57,98 min	55,27 min	52,48 min	50,08 min	43,02 min	61,55 min	28,38 min	39,28 min	54,00 min	54,67 min
	Média + 15%	57,23 min	66,68 min	63,57 min	60,67 min	57,60 min	49,33 min	70,72 min	32,33 min	45,18 min	62,10 min	62,25 min

Tabela 72 - Matriz tempo de setup (artigo anterior fixo) (2)

		Artigo atual										
		49x24 AA 10	49x24 AA 60	49x24 AA 61	49x24 AA 65	49x24 B 60	49x24 B 65	49x26 A 60	49x26 AA 60	49x26 AA 61	49x26 AA 65	54x24 AA 60
Artigo anterior	45x24 A 10	42,82 min	30,10 min									
	45x24 A 60											
	45x24 AA 10					47,27 min						
	45x24 AA 60				79,13 min							
	45x24 B 60	90,47 min										
	45x26 A 60								66,02 min		95,33 min	
	45x26 AA 60							70,27 min	35,32 min	84,80 min		
	49x24 A 10	30,00 min				41,13 min						
	49x24 A 60		47,10 min	58,73 min		38,12 min						
	49x24 A 61			9,10 min								
	49x24 A 65						40,62 min					
	49x24 AA 10		23,40 min									
	49x24 AA 60			29,07 min		40,72 min						61,63 min
	49x24 AA 61		46,07 min									
	49x24 AA 65											
	49x24 B 60		40,33 min	60,00 min								
	49x24 B 65											
	49x26 A 60								49,95 min	14,83 min		
	49x26 AA 60							41,55 min		57,50 min		
	49x26 AA 61											
	49x26 AA 65											
	54x24 AA 60		60,00 min									
	Média	45,83 min	42,83 min	41,72 min	55,67 min	42,73 min	40,62 min	56,25 min	49,65 min	55,80 min	80,87 min	56,52 min
	Média + 15%	52,72 min	49,25 min	47,98 min	64,02 min	49,13 min	46,67 min	64,68 min	57,10 min	64,17 min	92,98 min	65,00 min

APÊNDICE X – MATRIZ DEFEITO DE TOPO

A matriz defeito de topo baseia-se no mesmo princípio de que a matriz tempo de *setup*. A matriz defeito de topo contempla a percentagem de defeito de topo de um determinado artigo, que depende do artigo que a linha estava a consumir antes do *setup*. A matriz está dividida pela Tabela 73 e Tabela 74 e foram utilizados dados de janeiro e fevereiro de 2020.

Quanto à interpretação da matriz, a penúltima linha da tabela assinala a média da percentagem de defeito de topo de cada artigo. E a última linha da tabela indica a média de percentagem de defeito de topo, mas com complemento de 15%. Tendo em conta estes dados, classificaram-se as percentagens de defeito de topo em três cores diferentes, nomeadamente:

- Verde: Utilizou-se o verde, quando o valor do defeito de topo de um artigo, tendo em conta o seu antecessor, era inferior ou igual à percentagem de defeito de topo média. Desse modo, é um valor ótimo;
- Amarelo: Utilizou-se o amarelo, quando o valor do defeito de topo de um artigo, tendo em conta o seu antecessor, estava compreendido entre a percentagem de defeito de topo média e a percentagem de defeito de topo média com um acréscimo de 15%. Isto queria dizer que percentagem de defeito de topo era superior à média, mas não era significativa;
- Vermelho: Utilizou-se o vermelho, quando o valor do defeito de topo de um artigo, tendo em conta o seu antecessor, era superior à percentagem de defeito de topo média com uma adição de 15%. Dessa forma, devia ser evitado essa sequência de produtos no *setup*.

Tabela 73 - Matriz de defeito de topo (artigo anterior fixo) (1)

		Artigo atual										
		45x24 A 10	45x24 A 60	45x24 AA 10	45x24 AA 60	45x24 B 60	45x26 A 60	45x26 AA 60	49x24 A 10	49x24 A 60	49x24 A 61	49x24 A 65
Artigo anterior	45x24 A 10		1,29%	2,68%								
	45x24 A 60	1,04%		4,02%	3,02%	6,43%						
	45x24 A 68		1,91%		2,23%							
	45x24 AA 10	2,39%	2,53%		3,54%							
	45x24 AA 60	0,88%	2,57%							5,32%		
	45x24 B 60		2,15%									
	45x24 B 68		1,85%			5,03%						
	45x26 A 60							1,22%				
	45x26 AA 60						6,40%					
	49x24 A 10				2,57%					2,85%		
	49x24 A 60										2,34%	5,03%
	49x24 A 61				6,90%					3,83%		
	49x24 A 65											
	49x24 A 68				1,24%					6,58%		
	49x24 AA 10		2,99%						3,62%			
	49x24 AA 60								2,25%	2,04%		
	49x24 AA 61	2,27%							2,64%	3,85%		
	49x24 AA 65				2,31%							
	49x24 B 60	3,24%							2,72%	5,76%		
	49x24 B 65				2,97%							
	49x24 B 68			4,10%						3,86%		
	49x26 A 60											
	49x26 AA 60							1,64%				
	49x26 AA 61											
	49x26 AA 65							0,75%				
	54x24 AA 60											
	Média	1,65%	1,98%	3,56%	2,98%	5,35%	6,22%	1,10%	2,78%	3,86%	2,34%	4,09%
	Média+15%	1,89%	2,27%	4,09%	3,43%	6,15%	7,16%	1,27%	3,19%	4,44%	2,69%	4,71%

Tabela 74 - Matriz de defeito de topo (artigo anterior fixo) (2)

		Artigo atual										
		49x24 AA 10	49x24 AA 60	49x24 AA 61	49x24 AA 65	49x24 B 60	49x24 B 65	49x26 A 60	49x26 AA 60	49x26 AA 61	49x26 AA 65	54x24 AA 60
Artigo anterior	45x24 A 10		0,89%			12,93%						
	45x24 A 60											
	45x24 A 68											
	45x24 AA 10					8,34%						
	45x24 AA 60	0,65%										
	45x24 B 60	0,44%	1,44%									
	45x24 B 68											
	45x26 A 60		0,57%						0,68%			
	45x26 AA 60								0,55%			
	49x24 A 10	0,74%										
	49x24 A 60	1,07%	1,02%									
	49x24 A 61											
	49x24 A 65	0,59%	1,02%		1,57%	1,21%						
	49x24 A 68		1,00%									
	49x24 AA 10		0,97%									
	49x24 AA 60			0,93%	1,17%	1,39%						0,70%
	49x24 AA 61		0,58%			1,43%						0,78%
	49x24 AA 65		0,70%									
	49x24 B 60						3,39%					
	49x24 B 65		0,69%									
	49x24 B 68		1,73%			4,00%						
	49x26 A 60											
	49x26 AA 60							7,19%		1,72%	0,84%	
	49x26 AA 61							4,51%	0,49%		3,59%	
	49x26 AA 65							1,81%	2,01%			
	54x24 AA 60		0,65%									
	Média	0,71%	0,91%	0,93%	1,32%	3,56%	2,90%	5,27%	0,87%	1,47%	1,74%	0,78%
	Média+15%	0,82%	1,05%	1,07%	1,51%	4,09%	3,33%	6,06%	1,00%	1,70%	2,00%	0,90%

APÊNDICE XI – CONSUMO MENSAL POR ARTIGO NA 2ª ESCOLHA ELETRÔNICA (2ª EE)

A Tabela 75 mostra o número de dias durante um mês que um artigo demora a ser consumido na 2ª EE. Ou seja, o artigo “45x24 A 60”, que ao longo de um mês acumulava 12M de rolhas no abastecimento, podia abastecer três linhas no mesmo período. Considerou-se que diariamente uma linha consome 200K rolhas (meta diária) e que um mês tem 20 dias úteis.

Tabela 75 - Número de dias de consumo durante um mês na 2ª EE

	Nº de rolhas/mês	Nº de dias de consumo
45x24 A 60	12 262 056	61,3
45x24 B 60	6 649 989	33,2
49x24 AA 60	6 226 857	31,1
45x24 AA 60	5 540 976	27,7
49x24 A 60	3 241 368	16,2
45x24 A 10	3 106 907	15,5
45x26 A 60	2 013 155	10,1
49x24 B 60	1 752 175	8,8
45x24 AA 10	1 518 842	7,6
45x26 AA 60	1 188 586	5,9
49x24 B 68	1 097 822	5,5
45x24 B 68	1 040 117	5,2
49x24 AA 65	856 472	4,3
49x24 AA 10	804 516	4,0
49x26 AA 60	796 571	4,0
49x24 AA 61	710 394	3,6
49x24 A 10	524 091	2,6
49x24 A 65	495 889	2,5
49x26 AA 65	420 323	2,1
54x24 AA 60	397 768	2,0
49x24 A 61	386 619	1,9
49x26 AA 61	337 116	1,7
49x26 A 60	335 839	1,7
49x24 B 65	293 246	1,5
49x24 A 68	285 825	1,4

APÊNDICE XII – SEQUENCIAÇÃO DE ARTIGOS

A Figura 60 mostra a sequência de artigos, para cada linha com mais de um artigo. De um artigo para o seguinte são apresentados o tempo médio de *setup* e a percentagem de defeito de topo médio (as cores apresentadas têm o mesmo significado que mencionado no Apêndice IX e Apêndice X).

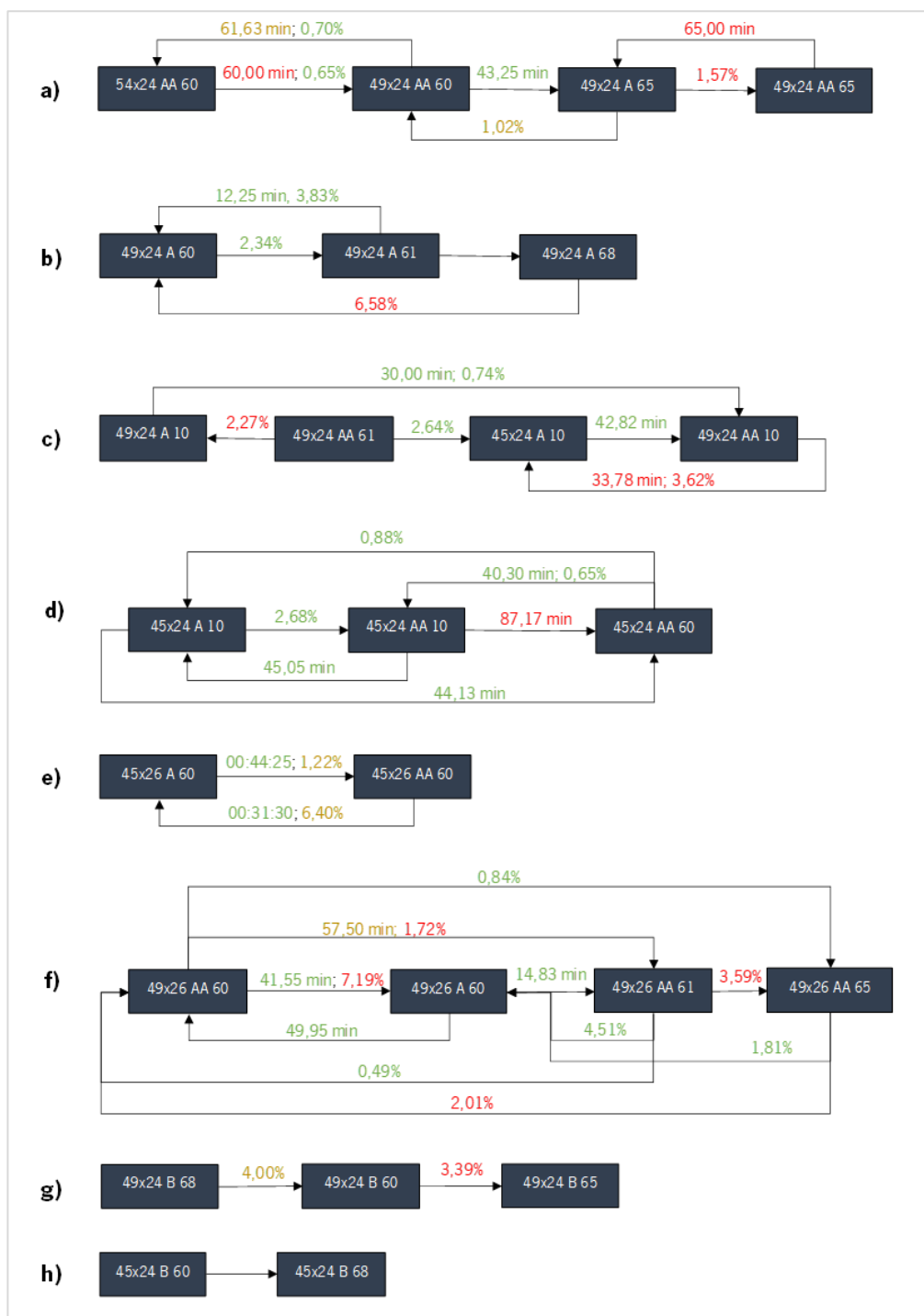


Figura 60 - Possibilidade de sequência da a) linha 1; b) linha 3; c) linha 4; d) linha 5; e) linha 10; f) linha 11; g) linha 12; h) linha 15

APÊNDICE XIII – CONFIRMAÇÃO DE RESTRIÇÕES

A Tabela 76 mostra o peso de cada artigo pelas linhas da 2ª EE.

Tabela 76 - Percentagem de artigo alocado às linhas

	Nº rolhas/mês	Nº dias no abastecimento	Linhas para abastecer						Resto (dias)
45x24 A 60	12 262 056	61,3	L7	33%	L8	33%	L9	Max 33%	Mín 1,3
45x24 B 60	6 649 989	33,2	L14	60%	L15	40%			0
49x24 AA 60	6 226 857	31,1	L1	36%	L2	64%			0
45x24 AA 60	5 540 976	27,7	L5	28%	L6	72%			0
49x24 A 60	3 241 368	16,2	L3	100%					0
45x24 A 10	3 106 907	15,5	L4	68%	L5	30%			0
45x26 A 60	2 013 155	10,1	L10	100%					0
49x24 B 60	1 752 175	8,8	L12	100%					0
45x24 AA 10	1 518 842	7,6	L5	96%					0,3
45x26 AA 60	1 188 586	5,9	L10	100%					0
49x24 B 68	1 097 822	5,5	L12	100%					0
45x24 B 68	1 040 117	5,2	L15	100%					0
49x24 AA 65	856 472	4,3	L1	100%					0
49x24 AA 10	804 516	4,0	L4	100%					0
49x26 AA 60	796 571	4,0	L11	100%					0
49x24 AA 61	710 394	3,6	L4	100%					0
49x24 A 10	524 091	2,6	L4	73%					0,7
49x24 A 65	495 889	2,5	L1	100%					0
49x26 AA 65	420 323	2,1	L11	100%					0
54x24 AA 60	397 768	2,0	L1	100%					0
49x24 A 61	386 619	1,9	L3	100%					0
49x26 AA 61	337 116	1,7	L11	100%					0
49x26 A 60	335 839	1,7	L11	100%					0
49x24 B 65	293 246	1,5	L12	100%					0
49x24 A 68	285 825	1,4	L3	100%					0
49x25	?	?	L9	100%					-
49x24 BHL	?	?	L13	100%					-

A Tabela 77 sintetiza a alocação dos artigos por linha, de um panorama geral.

Tabela 77 - Quadro geral da distribuição dos artigos pelas linhas

	Classe geral	Diâmetro	Comprimento	1º dig. OF	2º dig. OF	Classe	
L1	AA/A	24	54/49	6	0/5	AA/A	
L2			49		6	0	AA
L3						0/1/8	A
L4			49/45	1/6	0/1	AA/A	
L5			45		6	0	AA
L6				AA			
L7				A			
L8				AA/A			
L9		24/25	45/49				
L10		26	45				
L11		B/AA/A	24	49		0/1/5	B
L12	0/5/8						
L13	1			B/AA/A			
L14	0			B			
L15	0/8						

A Tabela 78 analisa o cumprimento das restrições definidas na secção 5.4.1., em termos da versão de SVE e versão da EE.

Tabela 78 - Análise do cumprimento da versão da SVE e da EE

		Ideal (95%)				Alternativo Geral (5%)		
L1	Art	54x24 AA 60	49x24 AA 60	49x24 A 65	49x24 AA 65	54x24 A 6		
	V SVE	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
	7075	ok	ok	ok	ok	ok		
L2	Art	49x24 AA 60						
	V SVE	3.0						
	7075	ok						
L3	Art	49x24 A 61	49x24 A 60	49x24 A 68		49x24 A 2		
	V SVE	3.0	3.0	3.0		3.0		
	7075	ok	ok	ok		ok		
L4	Artigo	45x24 A 10	49x24 AA 10	49x24 A 10	49x24 AA 61	49x24 AA 6/2		
	V SVE	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0		
	7076	ok	ok	ok	ok	ok		
L5	Artigo	45x24 AA 60	45x24 AA 10	45x24 A 10		45x24 A/AA 6		
	V SVE	5.0	5.0	5.0		5.0		
	7075	ok	ok	ok		ok		
L6	Art	45x24 AA 60						
	V SVE	5.0						
	7075	ok						
L7	Art	45x24 A 60						
	V SVE	5.0						
	7075	ok						
L8	Art	45x24 A 60						
	V SVE	5.0						
	7075	ok						
L9	Art	45x24 A 60	49x25 A	49x25 AA		49x25		
	V SVE	5.0	3.0	3.0		3.0		
	7076	ok	ok	ok		ok		
L10	Art	45x26 A 60	45x26 AA 60					
	V SVE	5.0	5.0					
	7076	ok	ok					
L11	Art	49x26 AA 60	49x26 A 60	49x26 AA 61	49x26 AA 65	49x26 A 6	54x26 A/AA 6	54x25 AA 6
	V SVE	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	7076	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
L12	Art	49x24 B 60	49x24 B 68	49x24 B 65		49x24 B 6		
	V SVE	3.0	3.0	3.0		3.0		
	7076	ok	ok	ok		ok		
L13	Art	49x24 BHL						
	V SVE	7.0						
	7076	ok						
L14	Art	45x24 B 60						
	V SVE	5.0						
	7076	ok						
L15	Art	45x24 B 60	45x24 B 68			45x24 B 6		
	V SVE	5.0	5.0			5.0		
	7076	ok	ok			ok		
L16	Art					49x24 B 1		
	V SVE					3.0		
	7076					ok		

APÊNDICE XIV – REGISTO DE AUTOCONTROLO E CONTROLO DE DEFEITO DE TOPO

A Figura 61 combina o registo do autocontrolo (secção 5.6.2) e o registo do controlo ao defeito de topo (secção 5.6.3), porque ao realizar o autocontrolo a uma linha, não será necessário realizar o controlo ao defeito de topo, novamente.

Registo do <u>Autocontrolo</u> e do <u>Controlo ao defeito de topo</u>									
Informação do artigo de entrada									
Data e turno: _____			Calibre: _____			OF: _____			
Linha: _____			Classe: _____			Lavação: S/L			
Autocontrolo									
Classe: _____					Classe: _____				
	Qtd.	Defeito	Críticos	Maiores		Qtd.	Defeito	Críticos	Maiores
N+1					N+1				
N					N				
N-1					N-1				
N-2					N-2				
Classe: _____					Classe: _____				
	Qtd.	Defeito	Críticos	Maiores		Qtd.	Defeito	Críticos	Maiores
N+1					N+1				
N					N				
N-1					N-1				
N-2					N-2				
Classe: _____					Classe: _____				
	Qtd.	Defeito	Críticos	Maiores		Qtd.	Defeito	Críticos	Maiores
N+1					N+1				
N					N				
N-1					N-1				
N-2					N-2				
Classe: Bicho _____									
Falsas:		T.F.		T.C.					
		C.F.		C.C.					
50 rolhas/saída: N+1:0-2 / N:22-27 / N-1:15-20 / N-2: 0-7									
Controlo ao defeito de topo									
Linha									
Falsas									
20 rolhas/linha: limite máximo de falsas: 3									

Figura 61 - Novo registo de autocontrolo e controlo de defeito de topo

APÊNDICE XV – EQUAÇÃO NIOSH PARA DETERMINAR AS MEDIDAS ÓTIMAS DA CAIXA

As caixas junto às máquinas necessitavam de ser esvaziadas nos respectivos contentores, quando atingiam a capacidade máximo ou no momento de mudança de produto. Este processo de esvaziar a caixa envolvia três etapas: 1) O operador de máquina elevava a caixa até à altura dos seus cotovelos; 2) Posteriormente, o operador movimenta-se com a caixa para o respetivo contentor, num movimento horizontal de 4,6 metros; 3) Finalmente, o operador elevava a caixa até à altura do contentor e despejava o conteúdo da caixa.

Para a obtenção das medidas das caixas, consideraram-se apenas os movimentos verticais, individualmente. Para isso, utilizou-se a equação NIOSH, porque permite determinar o peso aceitável para operações de elevação de cargas (Costa & Arezes, 2005).

Após algumas tentativas, chegou-se à conclusão de que as medidas 68x31x55 cm, com espessura de 0,2 cm para a nova caixa eram favoráveis para a elevação de cargas.

Na Tabela 79 está apresentado o peso da nova caixa (caixa vazia) e uma estimativa do peso das rolhas, no momento de elevação da carga. Salienta-se que o operador despejava a caixa, quando o conteúdo da caixa se encontrava a 75% da capacidade da caixa. Contudo, também foi considerado a capacidade máxima, porque podia acontecer. Além disso, as condições de início e de fim da elevação de cargas eram idênticas nas duas operações de elevação, por isso não foi necessário calcular o PLR para os dois momentos (início e fim de elevação) em cada uma das elevações.

Tabela 79 - Peso da caixa e das rolhas separadamente

	Medida
Volume da superfície da caixa	2 599,6 cm ³
Densidade do polipropileno	0,92 g/cm ³
Peso da caixa	2,39 kg
Densidade de uma rolha natural	190 kg/m ³
Volume interior da nova caixa	0,1144 m ³
Nº de rolhas numa caixa cheia	2388 unid
Nº de rolhas numa caixa a ¾ da capacidade	1791 unid
Volume de uma rolha	2,03E-05 m ³
Volume de 2388 rolhas	0,0486 m ³
Volume de 1791 rolhas	0,0364 m ³
Peso de 2388 rolhas (s/ caixa)	9,23 kg
Peso de 1791 rolhas (s/ caixa)	6,92 kg

Deste modo, a caixa mais as rolhas teriam um peso entre 9,31 e 11,62 kg, dependendo do momento em que a caixa seria esvaziada.

De seguida, calculou-se o peso limite recomendado (Equação 10) para os dois momentos da elevação.

$$PLR = CC \times MH \times MV \times MD \times MA \times MP \times MF \text{ (kg)} \quad (10)$$

Onde:

PLR: Peso limite recomendado

CC: Constante de carga (CC=23 kg)

MH: Multiplicador horizontal. $MH=25/H$ (H: distância horizontal entre as mãos e a vertical);

MV: Multiplicador vertical. $MV=1-(0,003 \times |V-75|)$ (V: altura que é iniciada a elevação);

MD: Multiplicador de distância. $MD=0,82+(4,5/D)$ (D: distância vertical percorrida);

MA: Multiplicador de assimetria. $MA=1-(0,0032 \times A)$ (A: ângulo de rotação do tronco);

MP: Multiplicador de pega. MP: depende da qualidade da pega (Figura 62);

Qualidade da pega	Multiplicadores de pega	
	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
Boa	1,00	1,00
Aceitável	0,95	1,00
Má	0,90	0,90

Figura 62 - Multiplicador de pega (MP) (retirado de Costa & Arezes, 2005)

MF: Multiplicador de frequência. MF: depende da frequência das elevações (Figura 63).

Frequência (em elevações por minuto) ⁽¹⁾	Duração do período com tarefas de elevação					
	< 1 h		1 - 2 h		2 - 8 h	
	V<75	V≥75	V<75	V≥75	V<75	V≥75
0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
>15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Figura 63 - Multiplicador de frequência (MF) (retirado de Costa & Arezes, 2005)

Para o primeiro momento: elevação da caixa até à altura dos ombros, o peso limite recomendado da operação foi 11,70 kg (Tabela 80). Quanto ao segundo momento, que corresponde à elevação da caixa a partir da altura dos ombros até à altura de despejar a caixa no contentor, o peso limite recomendado foi 11,87 kg (Tabela 80).

Tabela 80 - Cálculo do peso limite recomendado da primeira e segunda atividade

	1° atividade	2° atividade
V	53 cm	103
D	50 cm	37 cm
H	35,5 cm	35,5 cm
A	0°	0°
freq	0,12 elevações/min	0,12 elevações/min
MV	0,93	0,92
MD	0,91	0,94
MH	0,70	0,70
MA	1,00	1
MP	1,00	1
MF	0,85	0,85
CC	23,00 kg	23 kg
PLR	11,70 kg	11,87 kg

Entre os dois pesos limites recomendados, deve-se selecionar o peso que mais protege os trabalhadores e neste caso o peso limite selecionado foi 11,70 kg. Desse modo, o peso estimado para a caixa e as rolhas é inferior ao peso limite, quando a caixa está a 75% da sua capacidade e também quando a caixa atinge a sua capacidade máxima.