

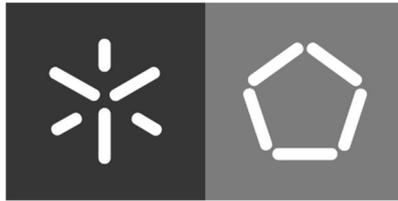


Gonçalo Leão de Freitas

**Implementação de uma
metodologia de melhoria para o
aumento de produtividade
numa indústria corticeira**



Universidade do Minho
Escola de Engenharia



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Gonçalo Leão de Freitas

**Implementação de uma metodologia de
melhoria para o aumento de
produtividade numa indústria corticeira**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

**Professor Doutor José Pedro Teixeira
Domingues**

dezembro de 2021

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
CC BY**

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

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer à minha mãe e ao meu pai por todo o esforço que fizeram ao longo da vida, por me sustentarem e pela educação que me deram. À Matilde um agradecimento especial por estar sempre ao meu lado, pela disponibilidade e pelo apoio que me deu sempre que necessitei e por me ajudar a alcançar os meus objetivos. Sem dúvida que o incentivo que me deu foi essencial para que procurasse ser melhor. À minha família e amigos por sempre me fazerem feliz e me manterem motivado para todos os desafios que já defrontei.

Ao meu orientador José Pedro Teixeira Domingues pelo acompanhamento constante que me deu e pelo tempo que dispendeu comigo ao longo de todo o projeto.

Ao Tiago Pinho, Tiago Pimentel e Ricardo Soares pelos ensinamentos que me passaram e por me encaminharem ao longo do estágio.

A todas as pessoas da Amorim & Irmãos S.A. que de alguma maneira estiveram envolvidos neste projeto. Sempre me fizeram sentir integrado e procuraram transmitir-me conhecimentos importantes para a minha jornada futura, senti que aprendi muito com todos. Um agradecimento especial ao Davy Martins por toda a ajuda que me deu.

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.

IMPLEMENTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA DE MELHORIA PARA O AUMENTO DE PRODUTIVIDADE NUMA INDÚSTRIA CORTICEIRA

RESUMO e PALAVRAS-CHAVE

Esta dissertação foi desenvolvida através da realização de um estágio numa indústria corticeira, cujo principal objetivo foi o aumento de produtividade nas linhas de brocas inteligentes.

A metodologia de investigação adotada para este projeto foi a metodologia de investigação-ação, visto que o investigador está também envolvido na questão a abordar, estabelecendo-se uma ligação entre a parte teórica e a parte prática. Uma grande vantagem desta metodologia é que facilita a avaliação e resolução dos problemas, uma vez que o investigador está envolvido no terreno e contacta diretamente com a equipa responsável pelo projeto, conhecendo bem todo o processo envolvente.

Para tal, recorreu-se ao Lean Six Sigma de modo a identificar claramente as causas que levavam à baixa produtividade nestas linhas, utilizando, para tal, as ferramentas necessárias. Neste projeto em concreto, aplicou-se o DMAIC, que guiou a equipa ao longo das suas cinco fases estruturadas. Numa fase inicial, foi feita uma análise da situação inicial, com o objetivo de identificar as principais causas responsáveis pelas paragens de produção. De seguida, recolheram-se dados referentes aos motivos pelos quais se verificava a ocorrência destas paragens, através de medições realizadas a cada uma das linhas em questão. Depois de uma análise dos mesmos, identificaram-se os principais motivos e procedeu-se à sugestão e posterior implementação de ações de melhoria responsáveis por reduzir ou eliminar os problemas identificados, tendo sido comparados os resultados obtidos com estas alterações efetuadas com a situação inicial. Foram também elaboradas normas de trabalho de modo a suster os ganhos obtidos, recorrendo-se ao *standard work*.

A implementação das ações de melhoria traduziu-se num aumento de produtividade de cerca de 60% na linha em que foram realizadas as alterações, correspondente a ganhos de cerca de 52675 euros por ano. Este é um balanço bastante positivo do projeto que, no entanto, ainda pode ser otimizado se se der continuidade a todo o trabalho realizado.

PALAVRAS-CHAVE: Linhas de brocas inteligentes, *Lean Six Sigma*, DMAIC, *standard work*.

IMPLEMENTATION OF AN IMPROVEMENT METHODOLOGY TO INCREASE PRODUCTIVITY IN A CORK INDUSTRY

ABSTRACT AND KEYWORDS

This dissertation was developed through an internship in a cork industry, and its main objective was to increase productivity in the smart drill lines.

The research methodology adopted for this project was the action research methodology, since the researcher is also involved in the issue to be addressed, establishing a link between the theoretical and the practical part. A major advantage of this methodology is that it facilitates the evaluation and resolution of problems, since the researcher is involved in the field and contacts directly with the team responsible for the project, knowing well the entire process involved.

For this, Lean Six Sigma was used to clearly identify the causes that led to low productivity in these lines, using the necessary tools. In this specific project, the DMAIC was applied, which guided the team throughout its five structured phases. In an initial phase, an analysis of the initial situation was performed, with the objective of identifying the main causes responsible for the production stops. Next, data was collected regarding the reasons why these stops were occurring, through measurements taken on each of the lines in question. After analyzing them, the main reasons were identified and improvement actions were suggested and then implemented in order to reduce or eliminate the problems identified. The results obtained with these changes were compared with the initial situation. Work standards were also elaborated in order to sustain the gains obtained, using standard work.

The implementation of the improvement actions resulted in an increase in productivity of about 60% in the line where the changes were made, corresponding to gains of about 52675 euros per year. This is a very positive balance of the project that, however, it can still be optimized if all the work done is continued.

KEYWORDS: Intelligent drill lines, *Lean Six Sigma*, DMAIC, *standard work*.

ÍNDICE

1.	Introdução	1
1.1.	Enquadramento.....	1
1.2.	Objetivos	4
1.3.	Metodologia de Investigação	4
1.4.	Estrutura da dissertação	6
2.	Revisão de literatura	8
2.1.	<i>Lean Manufacturing</i>	8
2.1.1.	Tipos de desperdício	10
2.1.2.	Princípios do <i>Lean Thinking</i>	11
2.1.3.	<i>Value Stream Mapping</i>	13
2.1.4.	5S.....	14
2.1.5.	<i>Standard work</i>	15
2.2.	<i>Six Sigma</i>	15
2.3.1.	<i>Lean Six Sigma</i>	17
2.3.2.	<i>Six Sigma</i> e DMAIC.....	19
2.3.	DMAIC	19
2.3.1.	Define	21
2.3.2.	<i>Measure</i>	22
2.3.3.	<i>Analyze</i>	22
2.3.4.	<i>Improve</i>	23
2.3.5.	<i>Control</i>	24
2.4.	Project Charter	24
2.5.	Diagrama de Pareto.....	25
2.6.	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	25
3.	Apresentação e caracterização da empresa	27
3.1.	Grupo Amorim	27
3.2.	Distribuição geográfica.....	31
3.3.	A cortiça	32
3.3.1.	O que é a cortiça	32
3.3.2.	Propriedades da cortiça	34
3.3.3.	Aplicações	34
3.4.	Corticeira Amorim e as Unidades de Negócio	34

3.5.	Produtos.....	35
3.6.	Estrutura organizacional.....	39
3.7.	Políticas e Sistemas de Gestão.....	39
3.7.1.	Montado.....	39
3.7.2.	Estratégia e Gestão.....	40
3.7.3.	Parcerias para o desenvolvimento sustentável.....	40
3.7.4.	Políticas e Sistemas de Gestão – Comportamento responsável.....	41
3.7.5.	Cadeia de valor.....	42
3.8.	Missão, Visão e Valores.....	42
4.	Processo produtivo – confeção de uma rolha natural de cortiça.....	44
4.1.	Preparação da matéria-prima.....	44
4.2.	Estaleiro.....	46
4.2.1.	Receção de matéria-prima.....	46
4.2.2.	Descarregamento, identificação e classificação das paletes.....	47
4.2.3.	Pesagem e amostragem.....	50
4.2.4.	Registo das paletes em SAP e MES.....	50
4.3.	Rabaneação e Brocas.....	51
4.3.1.	Rabaneação.....	52
4.3.2.	Brocagem.....	57
4.3.3.	Linhas 12,13 e 14.....	61
4.4.	Do desenhar à expedição.....	69
5.	Descrição do problema e análise da situação atual.....	71
5.1.	Projeto de melhoria de produtividade.....	71
5.2.	Funcionamento das linhas.....	72
5.3.	Zonas críticas das linhas 12, 13 e 14.....	74
5.3.1.	Rabaneadeira e Tapetes.....	74
5.3.2.	Robôs e mesas.....	77
5.3.3.	Canais de alimentação.....	78
5.3.4.	Canais e robôs das brocas (apenas na linha 12).....	79
5.3.5.	Desviadores (linhas 13 e 14).....	80
5.3.6.	Brocas.....	82
5.4.	Possíveis causas-raiz da baixa produtividade nas linhas.....	82
5.4.1.	Principais problemas na rabaneação e tapetes.....	82

5.4.2.	Principais problemas nos robôs	83
5.4.3.	Principais problemas nas brocas.....	83
5.4.4.	Principais problemas nos canais de alimentação.....	85
5.4.5.	Principais problemas nas mesas.....	87
5.4.6.	Principais problemas nos desviadores.....	88
6.	Projeto de melhoria.....	90
6.1.	Fase <i>Define</i>	90
6.1.1.	Plano do projeto	90
6.1.2.	Esclarecimento do investimento e impacto do projeto.....	93
6.1.3.	Objetivos propostos e viabilidade.....	95
6.2.	Fase <i>Measure</i>	97
6.2.1.	Identificação dos tipos de paragem	97
6.2.2.	Modo do registo das paragens e posterior análise	98
6.2.3.	Dados referentes à linha 14.....	101
6.2.4.	Dados referentes à linha 13.....	106
6.2.5.	Dados referentes à linha 12.....	111
6.2.6.	OEE.....	117
6.3.	Fase <i>Analyze</i>	126
6.3.1.	Causas-raiz.....	126
6.3.2.	Priorização das causas-raiz	127
6.3.2.1.	Agrupamento dos tipos de paragem da linha 12.....	127
6.3.2.2.	Análise do tempo de produção perdido da linha 12	132
6.3.2.3.	Agrupamento dos tipos de paragem da linha 14.....	133
6.3.2.4.	Análise do tempo de produção perdido da linha 14	135
6.3.2.5.	Agrupamento dos tipos de paragem da linha 13.....	135
6.3.2.6.	Análise do tempo de produção perdido da linha 13	136
6.4.	Fase <i>Improve</i>	137
6.4.1.	Alterações nas mesas.....	138
6.4.2.	Ajustar o software do robô das mesas.....	138
6.4.3.	Trocar os rolamentos e telas desgastadas	139
6.4.4.	Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos “gaps” entre os tapetes....	139
6.4.5.	Definir rotinas para os operadores.....	139
6.4.6.	Ações corretivas	141

6.4.7.	Ajustar o software do robô das brocas.....	141
6.4.8.	Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente + semáforos altos nas brocas e rabaneadeira	142
6.4.9.	Acrescentar um tapete à saída da rabaneadeira	143
6.4.10.	Software de visão: não agarrar os traços de lado e fitas.....	144
6.4.11.	Garantir que os traços não ficam presos nos desviadores.....	144
6.4.12.	Ações de melhoria sugeridas, mas não implementadas.....	144
6.4.13.	Indicadores utilizados para a priorização das ações de melhoria.....	146
6.4.14.	Priorização das ações de melhoria e plano de ações de cada linha.....	149
6.5.	Fase <i>Control</i>	158
6.5.1.	Avaliação do impacto das ações de melhoria.....	158
6.5.2.	Monitorização e controlo do processo.....	162
6.5.3.1.	Normas	167
6.5.3.	Situação inicial e situação final.....	171
7.	Considerações finais	173
7.1.	Conclusões.....	173
7.2.	Limitações.....	174
7.3.	Trabalho futuro.....	174
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	176
	ANEXO I – EMPRESAS DO GRUPO AMORIM AGRUPADAS NAS RESPETIVAS UN	180
	ANEXO II – DIAGRAMA DE PARETO, TEMPO PERDIDO E NÚMERO DE OCORRÊNCIAS (LINHA 14) 181	
	ANEXO III – DIAGRAMA DE PARETO, TEMPO PERDIDO E NÚMERO DE OCORRÊNCIAS (LINHA 13) 183	
	ANEXO IV – DIAGRAMA DE PARETO, TEMPO PERDIDO E NÚMERO DE OCORRÊNCIAS (LINHA 12) 185	
	ANEXO V – NORMA DA RABANEACÃO	187
	ANEXO VI – NORMA DAS BROCAS.....	189
	ANEXO VII – A3 DO PROJETO.....	191
	ANEXO VIII – CÁLCULO DOS GANHOS DAS LINHAS 12, 13 E 14.....	193

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Método Plan-Do-Check-Act (adaptado de Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006)	20
Figura 2 - Novo logótipo da Amorim	29
Figura 3 - Nova logomarca, que marca os 150 anos de história da Corticeira Amorim	31
Figura 4 - Presença mundial da Corticeira Amorim	32
Figura 5 - Imagens de cortiça ao microscópio, evidenciando a sua estrutura alveolar	32
Figura 6 - Identificação da barriga e das costas de um traço de cortiça	33
Figura 7 - Unidades Industriais da Amorim Cork (Portugal)	36
Figura 8 - Pranchas de cortiça (à esquerda) e rolhas naturais (à direita)	36
Figura 9 - Exemplo de um calibre de rolha e de dois códigos respetivos a pranchas de cortiça .	38
Figura 10 - Organigrama da UN Rolhas	39
Figura 11 - Fluxograma com as etapas do processo produtivo	44
Figura 12 - Estabilização das pranchas de cortiça.....	45
Figura 13 - Tanques de cozedura	45
Figura 14 - Fluxograma com as etapas a realizar no Estaleiro	46
Figura 15 - Paletes descarregadas e espalhadas no Estaleiro (já etiquetadas)	47
Figura 16 - Etiqueta com a letra B – corresponde ao 13/15 1°/4°, explicada de seguida.....	48
Figura 17 - Quadro com as classes e calibres das pranchas de cortiça	49
Figura 18 - Etiqueta mais detalhada.....	49
Figura 19 - Layout do setor da Rabaneação e Brocas	51
Figura 20 - Rabaneação feita manualmente (à esquerda) e rabaneação automática nas rabaneadeiras (à direita)	52
Figura 21 - Vista do outro lado da rabaneadeira automática, com as pranchas cortadas em traços	53
Figura 22 - Localização da rabaneadeira e das paletes	53
Figura 23 - Alguns defeitos da cortiça.....	55

Figura 24 - Apoio às brocas a pedal, constituído por uma rabaneadeira manual	56
Figura 25 - Paletes do Reaproveitamento	56
Figura 26 - Movimentações feitas no setor	57
Figura 27 - Visualização de como é extraída a rolha do traço de cortiça	57
Figura 28 - Linha de brocas manuais (à esquerda) e broquista a extrair uma rolha do traço (à direita).....	58
Figura 29 - Broca automática.....	59
Figura 30 - Setor da Rabaneação e Brocas.....	60
Figura 31 - Tapetes e robôs da linha 12	62
Figura 32 - Caixa onde caem os traços rejeitados.....	62
Figura 33 – Robôs, mesas e batentes da linha 12.....	63
Figura 34 - Robô das brocas com as pinças	63
Figura 35 - Canais de alimentação, robôs das brocas e canais das brocas.....	64
Figura 36 - Conjunto do segundo robô das brocas (idêntico ao primeiro apresentado).....	64
Figura 37 - Linha 13 (à esquerda) e linha 14 (à direita)	66
Figura 38 - Mesas, canais de alimentação e sistema de rejeição de traços	66
Figura 39 - Sistema de rejeição de traços.....	67
Figura 40 - Encaminhamento dos traços não rejeitados até às brocas	67
Figura 41 - Câmara de topo (1), câmara lateral (2) e broca (3)	68
Figura 42 - Câmaras laterais (1 e 2), câmara de topo (3) e broca (4).....	68
Figura 43 - Plano de Acolhimento e Integração.....	71
Figura 44 - Funcionamento do abastecimento de traços na linha 12.....	73
Figura 45 - Localização do perímetro de segurança (a vermelho) e das portas de segurança (a amarelo) das linhas 13 e 14.....	73
Figura 46 - Localização do perímetro de segurança (a vermelho) e das portas de segurança (a amarelo) da linha 12	74
Figura 47 - Tapetes e respetivos lasers.....	75

Figura 48 - Tapetes demasiado cheios	76
Figura 49 - Zonas abordadas nas linhas 13 e 14.....	76
Figura 50 - Zonas abordadas na linha 12	77
Figura 51 - Localização dos robôs e mesas nas linhas 13 e 14.....	77
Figura 52 - Localização dos robôs e mesas na linha 12.....	78
Figura 53 - Localização dos canais de alimentação nas linhas 13 e 14.....	78
Figura 54 - Localização dos canais de alimentação na linha 12	79
Figura 55 - Localização dos canais e robôs das brocas.....	80
Figura 56 - Caixa com as câmaras que identificam a posição dos traços.....	80
Figura 57 - Funcionamento dos desviadores ao detetarem um traço de lado.....	81
Figura 58 - Localização dos desviadores.....	81
Figura 59 - Fita (à esquerda) e bocados (à direita).....	83
Figura 60 - Paragem da broca devido a um traço de lado	84
Figura 61 - Paragem da broca devido a traços encavalitados	84
Figura 62 - Paragem da broca devido a um bocado (à esquerda) e devido a uma fita (à direita)	85
Figura 63 - Encravamento de um traço na parte final do canal de alimentação	85
Figura 64 - Encravamento de um bocado nos canais.....	86
Figura 65 - Encravamento de uma fita nos canais	86
Figura 66 - Encravamento de traços tortos nos canais.....	86
Figura 67 - Encravamento na mesa devido a um traço a obstruir a calha.....	87
Figura 68 - Encravamento na mesa devido a um bocado a obstruir a calha	87
Figura 69 - Encravamento nos desviadores devido a um traço de lado.....	88
Figura 70 - Encravamento nos desviadores devido a um bocado.....	88
Figura 71 - Encravamento nos desviadores devido a uma fita	89
Figura 72 - Prova realizada entre uma broca da Vimétrica e uma broca a pedal.....	94
Figura 73 - Ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 12	95

Figura 74 - Ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 13	96
Figura 75 - Ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 14	96
Figura 76 - Folha de registo das causas de paragem principais	99
Figura 77 - Folha de registo de causas pontuais	99
Figura 78 - Tempo de produção registado numa das medições à linha 14	102
Figura 79 - Tempo efetivo de produção durante as cinco medições à linha 14	104
Figura 80 - Tempo de produção das brocas durante as cinco medições à linha 14	104
Figura 81 - Produções por turno e ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 14.....	105
Figura 82 - Tempo de produção registado numa das medições à linha 13	107
Figura 83 - Tempo de produção das brocas durante as quatro medições à linha 13.....	109
Figura 84 - Tempo efetivo de produção durante as quatro medições à linha 13	109
Figura 85 - Produções por turno e ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 13.....	110
Figura 86 - Localizações das posições de recolha de dados nas medições na linha 12.....	112
Figura 87 - Tempo de produção registado numa das medições à linha 12	113
Figura 88 - Tempo efetivo de produção durante as seis medições à linha 12	115
Figura 89 - Tempo de produção das brocas durante as seis medições à linha 12	115
Figura 90 - Produções por turno e ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 12.....	116
Figura 91 - Excel com os dados necessários ao cálculo do OEE inicial da linha 14.....	121
Figura 92 - Excel com os dados necessários ao cálculo do OEE inicial da linha 13.....	123
Figura 93 - Excel com os dados necessários ao cálculo do OEE inicial da linha 12	125
Figura 94 - Diagrama de Ishikawa do projeto.....	126
Figura 95 - Dados relativos à entrada do operador na linha 12	129
Figura 96 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada grupo de tipo de paragem da linha 12.....	133

Figura 97 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada grupo de tipo de paragem da linha 14.....	135
Figura 98 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada grupo de tipo de paragem da linha 13.....	137
Figura 99 - Caixas de rejeição	142
Figura 100 - Protótipo das mesas das linhas 13 e 14.....	146
Figura 101 - Instalação do sistema de visão	153
Figura 102 - Semáforos altos nas brocas e na rabaneadeira.....	154
Figura 103 - Aumento do tamanho das mesas	154
Figura 104 - Fixação dos lasers que verificam a presença ou ausência de traços nas mesas..	155
Figura 105 - Instalação do motor responsável por girar a roldana	155
Figura 106 - Instalação do novo tapete lateral, com mais atrito.....	155
Figura 107 - Ajuste das guias e eliminação dos "gaps" entre tapetes.....	156
Figura 108 - Instalação do tapete na linha 12.....	156
Figura 109 - Tapete já instalado na linha 12.....	157
Figura 110 - Rolamentos e telas novas.....	157
Figura 111 - Tempo efetivo de produção durante as seis medições à linha 12	160
Figura 112 - Visualização do tempo teoricamente recuperado com cada ação de melhoria	160
Figura 113 - Comparação da situação inicial com a situação após a implementação das ações de melhoria.....	161
Figura 114 - Visualização das produções por dia da linha 12 e dos ganhos percentuais	162
Figura 115 - Diagrama de spaghetti feito ao rabaneador da linha 12	164
Figura 116 - Dados recolhidos no diagrama de spaghetti ao rabaneador.....	165
Figura 117 - Diagrama de spaghetti feito ao broquista da linha 12.....	166
Figura 118 - Dados recolhidos no diagrama de spaghetti ao broquista	167
Figura 119 - Novo diagrama de spaghetti feito ao broquista da linha 12	169
Figura 120 - Dados recolhidos no novo diagrama de spaghetti ao broquista.....	170

Figura 121 - Ganhos de produção alcançados com o projeto	172
Figura 122 - UNs e respectivas empresas do Grupo Amorim	180
Figura 123 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada tipo de paragem na linha 14	181
Figura 124 - Tempo perdido e número de ocorrências de cada tipo de paragem na linha 14 .	182
Figura 125 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada tipo de paragem na linha 13	183
Figura 126 - Tempo perdido e número de ocorrências de cada tipo de paragem na linha 13 .	184
Figura 127 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada tipo de paragem na linha 12	185
Figura 128 - Tempo perdido e número de ocorrências de cada tipo de paragem na linha 12 .	186
Figura 129 - Norma da Rabaneação (parte 1)	187
Figura 130 - Norma da Rabaneação (parte 2)	188
Figura 131 - Norma das Brocas (parte 1)	189
Figura 132 - Norma das Brocas (parte 2)	190
Figura 133 - A3 do projeto visto como um todo	191
Figura 134 - Foco no ponto 6 do A3, contendo os indicadores de desempenho	192
Figura 135 - Comparação da situação inicial, da meta e da posição em agosto dos ganhos de cada uma das linhas.....	193

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Relação entre o nível Sigma, o nível de qualidade e os DPMO	16
Tabela 2 - Principais benefícios, fatores de motivação e limitações do LSS (adaptada de Antony et al., 2017)	19
Tabela 3 - Diferentes tipos de pranchas e os respetivos calibres de rolhas que se produzem a partir destas	37
Tabela 4 - Caracterização das brocas e da cortiça de cada linha.....	60
Tabela 5 - Project charter relativo à linha Blowmek.....	91
Tabela 6 - Project charter relativo às linhas Vimétrica	92
Tabela 7 - Exemplo de uma das primeiras medições registadas na linha 14	100
Tabela 8 - Novo Excel com as causas de paragem.....	101
Tabela 9 - Registo dos encravamentos responsáveis pelas paragens de produção na linha 14	101
Tabela 10 - Base de dados das paragens ocorridas ao longo das cinco medições da linha 14	103
Tabela 11 - Registo dos encravamentos responsáveis pelas paragens de produção na linha 13	107
Tabela 12 - Base de dados das paragens ocorridas ao longo das quatro medições da linha 13	108
Tabela 13 - Registo dos encravamentos responsáveis pelas paragens de produção na linha 12 e respetiva legenda de cores.....	113
Tabela 14 - Base de dados das paragens ocorridas ao longo das quatro medições da linha 12	114
Tabela 15 - Elaboração dos grupos de tipos de paragem da linha 12.....	128
Tabela 16 - Grupos de tipos de paragem da linha 12.....	128
Tabela 17 - Análise das causas responsáveis pela quebra no fluxo de traços nos canais	129
Tabela 18 - Atualização dos tempos das mesas e do operador	130
Tabela 19 - Atualização das causas responsáveis pela quebra no fluxo de traços nos canais..	131
Tabela 20 - Alteração dos motivos das falhas registadas.....	131
Tabela 21 - Grupos de tipos de paragem da linha 12 atualizados.....	132

Tabela 22 - Elaboração dos grupos de tipos de paragem da linha 14.....	133
Tabela 23 - Grupos de tipos de paragem da linha 14.....	134
Tabela 24 - Atualização dos tipos de paragens registados na linha 14	134
Tabela 25 - Grupos de tipos de paragem da linha 13.....	136
Tabela 26 - Elaboração dos grupos de tipos de paragem da linha 13.....	136
Tabela 27 - Tabela utilizada para o cálculo da pontuação de cada ação de melhoria na linha 12	150
Tabela 28 - Tabela utilizada para o cálculo da pontuação de cada ação de melhoria na linha 13	151
Tabela 29 - Tabela utilizada para o cálculo da pontuação de cada ação de melhoria na linha 14	151
Tabela 30 - Plano de ações elaborado para a linha 12.....	152
Tabela 31 - Plano de ações elaborado para a linha 13.....	152
Tabela 32 - Plano de ações elaborado para a linha 14.....	153
Tabela 33 - Produções da linha 12 no final do mês de maio e no início do mês de junho.....	163
Tabela 34 - Produções da linha 12 desde o dia 12 de julho ao dia 3 de agosto.....	170

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AMI – Acabamentos Mecânicos I

BRC – *British Retail Consortium*

CB – Com bicho

COPQ – *Cost of Poor Quality*

CTQ – *Critical to Quality*

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve, Control*

DPMO – Defeitos por Milhão de Oportunidades

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FSC – *Forest Stewardship Council*

FSSC – *Food Safety System Certification*

GE – *General Electric*

HACCP – *Hazard Analysis and Critical Control Point*

I&D+i – Investigação & Desenvolvimento e Inovação

IFS – *International Featured Standards*

ISO – *International Organization for Standardization*

JIT – *Just-In-Time*

LSS – *Lean Six Sigma*

MES – *Manufacturing Execution System*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

OHSAS – *Occupational Health and Safety*

p.p. – Pontos percentuais

PAC – *Packaging Association of Canada*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

PEFC – *Program for the Endorsement of Forest Certification*

ROSA – *Rate of Optimal Steam Application*

S.A. – Sociedade Anónima

SAP – *Systems, Applications and Products in Data Processing*

SVE – Sistema de Verificação de Estanquicidade

TCA – Tricloroanisol

TPS – *Toyota Production System*

UI – Unidade Industrial

UN – Unidade de Negócio

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work in Progress*

1. Introdução

Este capítulo apresenta uma contextualização da problemática abordada ao longo deste documento, focando-se na elevada competitividade existente atualmente e em conceitos importantes abordados, tais como o *Lean* e o *Six Sigma*. Apresenta também os objetivos propostos para este projeto, a metodologia de investigação adotada e a estrutura desta dissertação.

1.1. Enquadramento

Ao longo destes últimos anos, a constante evolução do mercado tem ditado uma elevada competitividade e as empresas viram-se obrigadas a adotar estratégias, que as permitissem manter a par da concorrência. Uma empresa cria vantagem competitiva quando implementa uma estratégia capaz de criar valor que não está a ser desenvolvida simultaneamente por outro concorrente ou potencial concorrente (Barney, 1991). Uma das principais preocupações das empresas é garantir que o produto desenvolvido tem valor aos olhos do cliente, uma vez que, ao ter isto em conta, leva a que o número de vendas aumente e, conseqüentemente, que o lucro também aumente. Deste modo, é de extrema importância identificar e apenas conferir ao produto as características que proporcionam uma grande melhoria naquilo que é a perceção de valor por parte do cliente (Gautam & Singh, 2008).

Segundo Tam (2004), existem três variáveis cada vez mais reconhecidas como fontes de vantagem competitiva, sendo estas a satisfação do cliente, a qualidade do serviço e a perceção do valor. Cada vez mais se verifica que a fonte fundamental de vantagem competitiva está naquilo que o cliente considera como valor, sendo esta variável caracterizada como o maior estímulo que diferencia a oferta de uma empresa num mercado cada vez mais competitivo. O cliente percebe o valor como a diferença entre as expectativas antes da compra com a perceção que este tem acerca do seu desempenho. Torna-se relevante, devido aos motivos apresentados, perceber exatamente o que é que o cliente considera como sendo valor, ainda para mais com as exigências a serem cada vez mais elevadas.

De modo a conseguirem atingir estes patamares mais elevados de excelência, muitas empresas têm vindo a adotar a filosofia *Lean*. Efetivamente, tem havido um desenvolvimento significativo do conceito *Lean*, fomentado por uma rápida disseminação pela indústria automóvel, além de vários outros setores industriais. Desde as suas origens nas empresas japonesas, mais particularmente na *Toyota Motor Corporation*, até à sua aplicação nestes últimos dez anos, o *Lean Thinking* tem tido um impacto muito significativo, quer ao nível académico, quer ao nível industrial. Todas as inovações basearam-se em máximas tais como o sistema de produção *Just-In-Time* (JIT), o método *Kanban* de produção puxada, o respeito pelos empregados, os elevados níveis de resolução de problemas ou erros, entre outros (Hines et al., 2004). Esta abordagem representou um modelo alternativo à popular produção em massa com lotes de grandes dimensões, centrando-se na eliminação de desperdícios e excessos identificados como os sete desperdícios da *Toyota*. Estes desperdícios, também conhecidos como *muda*, resumem-se à sobreprodução, esperas, transporte, sobreprocessamento, stocks, movimentações e defeitos.

A metodologia *Six Sigma* também tem ganho destaque, visto que os seus procedimentos de melhoria estruturada fornecem às equipas um enquadramento metodológico que as orienta em projetos de melhoria. As ferramentas e técnicas associadas a estes projetos facilitam a aquisição de conhecimento acerca da resolução de problemas, para além de aumentarem a qualidade (Zu et al., 2008).

Efetivamente, tanto o *Lean* como as abordagens *Six Sigma* têm ganho uma importância considerável nos últimos anos, havendo relatos de empresas acerca do impacto positivo alcançado através da sua implementação no desempenho da produção das empresas. A *Toyota Motor Company* foi um exemplo de sucesso através de implementações *Lean*, conhecida pela sua alta produtividade e desempenho de qualidade e a *General Electric* (GE) foi um exemplo de sucesso de iniciativas *Six Sigma*, reportando dois mil milhões de dólares de rendimento líquido através da sua utilização (Shah et al., 2008).

Ao contrário do *Lean*, o *Six Sigma* é um conceito emergente, referindo-se este conceito a um objetivo de desempenho de 3,4 Defeitos Por Milhão de Oportunidades (DPMO), enfatizando a redução de variabilidade indesejada (Pande et al., 2000).

Esta redução da variabilidade ocorre seguindo um método estruturado de resolução de problemas conhecido como DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), que fornece uma base para a melhoria contínua. Na primeira fase do DMAIC, o *Define*, é determinado o problema a resolver e os membros que farão parte da equipa, bem como os objetivos que se espera que sejam alcançados e as limitações do projeto. O objetivo do *Measure* é compreender o desempenho atual e reunir dados para que, quando as melhorias forem feitas, se consiga verificar o seu impacto comparativamente ao estado inicial. Durante a fase *Analyze*, devem identificar-se os parâmetros mais importantes do processo que causa o defeito, que acabam por ser as causas-raiz do problema. O *Improve* resume-se à sugestão de ideias que lidem com as causas-raiz identificadas, de modo a implementar ações de melhoria para aperfeiçoar o processo. Por fim, a última fase *Control* deve focar-se em estabelecer um plano de controlo a longo prazo para impedir que as melhorias implementadas voltem ao estado inicial (Ghosh & Maiti, 2014).

Analisando as práticas e filosofias do *Lean* e do *Six Sigma*, verificam-se semelhanças notáveis, assim como algumas diferenças importantes a realçar entre ambas. O traço mais significativo comum a estas duas vertentes verifica-se na área da gestão de qualidade, sendo que o *Lean* inclui práticas de qualidade como controlo estatístico do processo e, do mesmo modo, o *Six Sigma* também engloba a gestão da qualidade com um foco no método estatístico avançado como alicerce da sua definição (Shah et al., 2008). O *Lean* destaca o fluxo do processo e foca-se mais na identificação do problema, enquanto que o *Six Sigma* se concentra mais nos defeitos do processo, ajudando a identificar e, acima de tudo, a eliminar as causas destacadas e que poderão ser menos visíveis, como a variação do desempenho de um sistema. Apesar disto, a maioria dos investigadores chega à conclusão de que existem mais uniformidades do que diferenças entre as ferramentas e práticas *Lean* e *Six Sigma*, sendo que se complementam e ajudam a reduzir o número de defeitos, aumentando a satisfação do cliente.

Desta forma, o objetivo desta dissertação é aumentar a produtividade das linhas de produção de brocas inteligentes na Unidade Industrial (UI) de Lamas, que faz parte da Corticeira Amorim. Assim, pretende-se identificar quais as causas responsáveis pelas paragens de produção registadas em cada uma das linhas, com o objetivo de se elaborar um plano de ações que consiga resolver os problemas identificados. Inicialmente deparou-se com uma falta de dados relativamente a estas paragens de produção pelo que foi necessário efetuar um plano de recolha

de dados que conseguisse claramente identificar os principais problemas de cada uma das linhas. A produção inicial destas linhas (assumindo-se os valores de produção de novembro de 2020) estava em valores bastante baixos relativamente às expectativas estabelecidas, daí a necessidade deste projeto para ajudar a aumentar estes valores para níveis aceitáveis.

1.2. Objetivos

Esta dissertação tem como objetivo a aplicação da metodologia *Lean Six Sigma* (LSS) para melhorar a produtividade em três das linhas de produção presentes na AMORIM CORK, S.A. ao reduzir o tempo perdido nas tarefas que não acrescentam valor, esperando-se um aumento na produção e na rentabilidade destas linhas. Mais especificamente, os objetivos definidos para este projeto foram os seguintes:

- Descrição e análise do estado atual de cada uma das três linhas;
- Definição clara do problema e posterior análise das causas;
- Identificação de ações de melhoria;
- Priorização das propostas de melhoria identificadas;
- Implementação das ações de melhoria;
- Análise da eficiência destas ações e cálculo dos ganhos alcançados.

1.3. Metodologia de Investigação

Este projeto baseia-se numa pesquisa sobre os temas mais relevantes que estão presentes ao longo desta dissertação, realizando-se uma investigação de várias fontes bibliográficas relativamente a tópicos tais como o *Lean Six Sigma*. Toda a informação recolhida será resumida, com o objetivo último de adquirir conhecimento sobre o tema desenvolvido.

A metodologia de investigação adotada para chegar aos objetivos definidos para este projeto foi a metodologia de investigação-ação. A metodologia de investigação-ação teve origem em Kurt Lewin, que defendeu que a investigação para a prática social deveria preocupar-se com o diagnóstico de uma situação específica e com o estudo das leis gerais. Esta metodologia é utilizada para realizar investigações sobre gestão e organizações (Huxham, 2018).

Esta metodologia faz a ligação entre a investigação e a prática, abordando o problema dos insucessos consecutivos da investigação nas ciências sociais de uma forma direta, de modo a fazer a diferença em termos de trazer melhorias efetivas na prática. Esta diferença é alcançada ao rejeitar o conceito da realização do processo em duas fases: a dos investigadores, em primeiro lugar e, por fim, o conhecimento gerado pela própria investigação, aplicado pelos profissionais. Em vez disso, os dois processos de investigação e de ação são integrados.

Segundo Somekh (1995), existem cinco diferenças entre a metodologia de investigação-ação e as outras formas de investigação. A primeira é que esta é realizada por pessoas diretamente envolvidas na situação a ser investigada. Esta metodologia começa a partir de questões práticas que surgem de preocupações no trabalho do dia a dia. A segunda é que os resultados da investigação-ação são diretamente integrados na prática, de modo a fomentar a mudança. Ao contrário da investigação tradicional, a validade desta metodologia depende da exploração das ações, relações e interações interpessoais em contextos excecionais. O objetivo será aprofundar a compreensão dos profissionais sobre as diferentes situações do quotidiano. A terceira grande diferença está na orientação desta metodologia, que é muito pragmática. Admite que há um compromisso entre os benefícios gerados ao dar aos profissionais o papel central na investigação e as limitações que são originadas, tanto do tempo que podem dedicar à investigação como da falta de alguns conhecimentos especializados. Apesar de utilizar muitos métodos na investigação qualitativa tradicional, o objetivo será sempre fazer o melhor uso dos mesmos dentro do local de trabalho. A quarta diferença está na cultura e nos valores dos grupos sociais, cujos membros também fazem parte do campo da investigação, sendo estimulada a colaboração e a cooperação do grupo. Verifica-se o envolvimento de profissionais na investigação e, acima de tudo, de uma parceria democrática de colaboração entre profissionais e investigadores, independentemente do seu estatuto (consultores, estudantes ou outros profissionais) (Saunders et al., 2009). Por último, a quinta diferença está nas questões éticas levantadas por esta metodologia, sendo difícil traçar uma linha entre os dados recolhidos como parte da investigação dos dados recolhidos no próprio trabalho.

O processo de investigação-ação pode ser representado por modelos gráficos, sendo que muitos escritores desenvolveram modelos cíclicos caracterizados pelos seguintes passos:

identificação do problema, recolha de dados, análise de dados, tomada de ação e avaliação, tendo este caráter iterativo.

Segundo Saunders et al. (2009), o objetivo da metodologia é que a investigação seja feita em ação e não que seja feita uma investigação sobre a ação, preocupando-se com problema organizacionais.

Neste caso em concreto, na identificação do problema será feita um reconhecimento e análise a cada uma das linhas de brocas inteligentes de modo a identificar quais as principais causas de paragens na produção, recolhendo-se dados que permitam detetar quais os principais problemas. Para efetuar uma análise dos dados e identificar estas causas, irão ser utilizadas ferramentas tais como o diagrama de *Ishikawa* e o diagrama de Pareto, sendo que depois de feita esta análise se passará à sugestão de ações de melhoria para serem implementadas. O impacto destas ações será medido através da análise da situação final relativamente à situação inicial observada.

1.4. Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em sete capítulos, sendo o primeiro a introdução a este documento, juntamente com o enquadramento, os objetivos deste projeto, a metodologia de investigação utilizada e a estrutura na qual esta dissertação está subdividida. O segundo capítulo contempla a revisão de literatura acerca do tópico principal, que é o *Lean Six Sigma*, para além de também serem abordados outros conceitos relevantes, tais como o *Lean Manufacturing*, o *Six Sigma* e o DMAIC. No terceiro capítulo é apresentado um contexto histórico da empresa onde se desenvolveu este projeto, bem como a distribuição geográfica da empresa pelo mundo, a apresentação da matéria-prima que está na base deste negócio – a cortiça –, as várias Unidades de Negócio (UN) da Corticeira Amorim, os produtos comercializados, a estrutura organizacional, as políticas e sistemas de gestão e a missão, visão e valores da empresa. O quarto capítulo apresenta todo o processo produtivo, com um foco especial nos setores que serão alvo de melhorias neste projeto – o da Rabaneação e Brocas – e, mais detalhadamente, das linhas de produção sujeitas a melhorias. O quinto capítulo apresenta a descrição do problema e da situação inicial, detalhando o funcionamento do sistema de alimentação de cada uma das três linhas analisadas, importante para perceber alguns conceitos presentes nos capítulos seguintes. O sexto

capítulo apresenta o desenvolvimento da metodologia DMAIC, contendo cada uma das suas fases, o *Define, Measure, Analyze, Improve* e o *Control*. No sétimo capítulo são apresentadas as conclusões finais deste projeto, com o trabalho futuro que poderá ser desenvolvido após o final do estágio e algumas limitações encontradas.

2. Revisão de literatura

2.1. *Lean Manufacturing*

A primeira referência feita ao *Lean Production* foi feita no famoso livro *The machine that changed the world* (Womack *et al.* 1990), descrevendo o funcionamento de um sistema *Lean*, no entanto, sem oferecer uma definição específica. Efetivamente, este livro foi muito importante para divulgar o conceito de *Just-in-Time* (JIT) e de *Lean Production* para além do Japão, embora o conceito de JIT já fosse conhecido há mais de uma década. Esta falta de interesse por parte dos fabricantes ocidentais pode ser explicada pela sua inicial despreocupação com a concorrência japonesa. No entanto, os aumentos das importações devido às crises petrolíferas fizeram-nos mudar de perspetiva, vendo os seus negócios ameaçados. (Holweg, 2007).

O *Lean* é utilizado para melhorar o desempenho geral de uma empresa, através da aceleração de todos os processos com a finalidade de minimizar o desperdício (Womack *et al.*, 1990). Resumidamente, o *Lean* é descrito como a eliminação das atividades que não acrescentam valor ao produto, eliminando os desperdícios ao mesmo tempo que se procura maximizar aquilo que o cliente considera como valor do produto, procurando sempre a melhoria contínua e produzindo apenas as quantidades necessárias, estando aqui subjacente o conceito de JIT. É muito importante saber o que é que o cliente final considera como valor, visto que são estas características que serão responsáveis pela criação de valor, também muito importante na filosofia *Lean*.

Mesmo atualmente, não existe uma definição clara e, muitas vezes, confunde-se o *Toyota Production System* (TPS) com o *Lean* uma vez que a produção *Lean* descende diretamente e é utilizada como substituto para o TPS, que por sua vez evoluiu das iniciativas de Taiichi Ohno ao longo de três décadas na *Toyota Motor Company* (Shah & Ward, 2007). Segundo Hopp & Spearman (2020), a propagação do *Lean* deu-se devido a estes três acontecimentos: devido ao livro *The machine that changed the world*, ao primeiro artigo acerca do TPS publicado em inglês no final da década de 70 e, por último, às inúmeras descrições de TPS que começaram a surgir em livros populares por volta de 1980. Tudo isto levou a extensões na definição e nas ferramentas *Lean*, ao ponto onde agora o TPS é considerado *Lean*, mas nem todas as implementações *Lean* são consideradas TPS. De modo a fazer esta distinção, os autores descreveram quatro “lentes”

através das quais o *Lean* pode ser visto, cada uma delas alinhada com uma perspectiva prática do que é o *Lean*.

1. *Process Lens*: a primeira definição de *Lean* resume-se à “procura da eliminação do desperdício”, estando este objetivo presente sempre que se quer desenvolver a melhor maneira possível de elaborar um produto ou oferecer um determinado serviço.
2. *Flow Lens*: esta segunda definição serve para minimizar o custo do excesso de inventário, capacidade ou tempo. Enquanto que a *Process Lens* se foca na redução de resíduos causados por atividades que não acrescentam valor ao cliente final, esta “lente” identifica explicitamente estes três fatores responsáveis pela existência de variabilidade num sistema de produção, que se resume a qualquer desvio da regularidade. Isto é essencial para o *Lean*, uma vez que o principal desafio na entrega de um bem ou serviço ao cliente final é combinar de uma forma eficaz a oferta com a procura, com o objetivo final de encontrar a combinação mais económica de capacidade, inventário e tempo.
3. *Network Lens*: esta definição de *Lean* salienta um processo sistemático que obriga a pensar onde e como é que se poderá reduzir o desperdício para alcançar a máxima eficiência ao nível do custo, ao contrário das duas primeiras definições que apenas ajudam a enumerar tipos de resíduos. Uma vez que estas iniciativas de eficiência à escala do sistema exigem muito mais sofisticação do que as atividades diretas de eliminação de desperdícios, promovidas pela *Process Lens*, ou a eliminação indireta de resíduos através da redução da variabilidade, promovido pela *Flow Lens*, a *Network Lens* é geralmente utilizada por praticantes mais avançados do *Lean*.
4. *Organization Lens*: esta última definição de *Lean* é “uma cultura organizacional que incentiva a redução contínua do custo de desperdício”. De facto, este destaque dado à cultura organizacional e às pessoas envolvidas nos sistemas empresariais vai além do foco físico dado aos sistemas de produção constituídos por máquinas, dando uma elevada importância às pessoas. Para ter isto em conta, foi necessário adicionar a *Organization Lens*, sendo esta perspectiva a mais expansiva no que toca ao *Lean*.

2.1.1. Tipos de desperdício

O desperdício são todas as atividades que não acrescentam valor ao produto final, sendo que Liker (2004) identificou sete tipos de desperdício:

Sobreprodução: a sobreprodução é produzir mais do que o cliente pede, ou seja, produzir artigos para os quais não existem encomendas. Este excesso de inventário criado leva a que haja desperdícios tais como o excesso de custo de armazenamento, transporte e de pessoal. Este tipo de desperdício é o que provoca mais consequências negativas segundo Ohno (1988), visto que causa muitos dos outros desperdícios.

Esperas: esperas ao nível dos operadores ou equipamentos, quer seja pelo final de uma determinada etapa do processo produtivo, de uma ferramenta, devido à rutura de *stock*, *bottlenecks*, avarias de máquinas ou atrasos, responsáveis por estes tempos em que os operadores aguardam por algum recurso necessário para executar a tarefa seguinte.

Transporte: correspondem aos desperdícios de todas as movimentações, incluindo *Work In Progress* (WIP), movimentações de peças, de materiais ou de produtos, quer seja entre processos, quer seja para dentro ou fora do armazém. Também está incluída a movimentação excessiva de informação.

Sobreprocessamento: o sobreprocessamento corresponde a etapas ou operações desnecessárias para processar um determinado produto. Estes processos podem levar à produção de defeitos, para além de fomentarem o *muda*, comprometendo a qualidade do produto. O desperdício é gerado quando se fornecem produtos com maior qualidade do que é necessário.

Stocks: os *stocks* são os excessos de matéria-prima, WIP ou produto acabado que causam atrasos, aumento dos custos de transporte e de armazenamento, para além de aumentarem o *lead time*. Este desperdício pode ser responsável por problemas tais como tempos de *setup* elevados e produção não balanceada.

Movimentações: as movimentações são desperdícios verificados ao nível de movimentos dos operadores no decurso da realização das suas tarefas diárias, sendo que até caminhar é considerado como *muda*. Qualquer movimento que estes realizem, quer seja para procurar alguma ferramenta ou ir buscar uma determinada peça é considerado como um desperdício, não acrescentando valor ao produto final.

Defeitos: produção de peças defeituosas, retrabalho, sucata ou produção de peças para substituição, são alguns dos exemplos de defeitos, que se traduzem num desperdício de tempo, esforço e de manuseamento. Estes defeitos comprometem, obviamente, a qualidade do produto, podendo, se não forem identificados, levar a reclamações por parte dos clientes.

Adicionalmente, foi adicionado um oitavo desperdício por Liker (2004), sendo este a falta de utilização da criatividade dos operadores, referindo-se à falta de envolvência dos empregados. Efetivamente, este desperdício do contributo dos operadores é comum, no entanto, estes deverão ter um contributo significativo, visto que são estes que estão no chão de fábrica diariamente, tendo conhecimento daquilo que é feito no processo produtivo. Ao incluir a criatividade dos operadores ganha-se tempo, uma vez que podem ser geradas novas ideias, oportunidades de aprendizagem e melhorias, sendo uma grande mais-valia para toda a empresa.

Em suma, o *Lean Thinking* procura cada vez mais fornecer aos clientes exatamente o que eles querem, ao mesmo tempo que promove uma forma de fazer mais com menos, quer ao nível do esforço humano, quer ao nível do tempo e do espaço necessários. Muitas vezes, verifica-se que a palavra *Lean* vem sempre associada à palavra *Manufacturing* (fabrico ou produção em português), uma vez que o *Lean* existe a dois níveis: o estratégico e o operacional (Bhat et al., 2014).

2.1.2. Princípios do *Lean Thinking*

Os princípios através dos quais o *Lean Thinking* pode ser sintetizado, segundo Womack & Jones (1996), são os seguintes:

O primeiro ponto abordado é o valor, sendo este um passo crítico do *Lean Thinking*. Efetivamente, a criação de valor tem uma elevada importância, como se pode perceber pela maneira através da qual empresas como a *Toyota* definem o valor. Estas referem que o valor “é onde este é criado”, evidenciando a sua preocupação com a opinião do cliente final, sendo que é este que define o que é realmente o valor do produto ou serviço que se pretende adquirir.

O próximo passo no *Lean Thinking* é identificar a cadeia de valor. Resumidamente, a cadeia de valor são todas as ações necessárias para a conceção de um produto. Por sua vez, estas ações são divididas em três categorias: as ações que, efetivamente, acrescentam valor, as que, apesar de não poderem ser ignoradas por serem estritamente necessárias para o processo, não acrescentam valor ao produto e, por fim, as ações que não acrescentam qualquer valor e devem ser eliminadas.

Depois de assegurar que o valor foi devidamente identificado e que os passos desnecessários e que não acrescentam valor foram retirados do processo, deve-se criar um fluxo contínuo. De facto, está aqui subentendida a mudança do *batch-and-queue* (abordagem de produção em massa com grandes lotes) para o *one-piece flow* (conceito de produção *Lean* que tem como base o processamento de um produto de cada vez, em vez do processamento em lotes), de modo a garantir um fluxo fluido e contínuo, ideia defendida por Taiichi Ohno e Shingeo Shingo. A grande vantagem da criação do fluxo é que torna o processo mais rápido, reduzindo o WIP e os tempos de processamento, para além de tornar mais fácil a identificação de erros críticos no processo.

De seguida, vem a produção puxada, na qual está subentendida a ideia de que é o cliente que inicia a produção através de uma encomenda de um produto. Deste modo, produz-se a quantidade correta e necessária, eliminando quaisquer excessos e *stocks* dispensáveis.

Por fim, a procura da perfeição, que tem como base o conhecimento do processo por parte de todas as pessoas envolvidas no mesmo, com o objetivo final de conseguirem identificar maneiras de melhorarem este processo continuamente.

Atualmente, já é pressuposto que as empresas que operam em mercados muito competitivos e que estão em constante mudança têm de adotar uma mentalidade de melhoria contínua do processo de modo a manterem-se num alto nível. Utilizando os princípios do *Lean*

Thinking, trabalham para melhorar o tempo de resposta ao cliente, bem como a qualidade e a flexibilidade. A metodologia *Lean* deverá então ser adotada como uma estratégia empresarial abrangente, e não uma atividade isolada exclusivamente nas operações, uma vez que só assim atingirá todo o seu potencial. Deste modo, devem integrar-se as práticas *Lean* nas operações e também noutras funções empresariais de modo a serem alcançados os benefícios desejados (Fullerton et al., 2014).

De seguida, serão apresentadas algumas ferramentas *Lean Thinking* que poderão ser úteis para implementar num contexto organizacional.

2.1.3. *Value Stream Mapping*

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta que apresenta claramente todo o processo necessário para que um produto chegue até ao cliente, identificando o seu fluxo de valor. O fluxo de valor é o conjunto de todas as ações, incluindo as que acrescentam e as que não acrescentam valor, que são necessárias para a conceção do produto, iniciando-se na matéria-prima, que será transformada no produto final, e acabando com o cliente ao qual o produto se destina. São considerados tanto os fluxos de materiais como os fluxos de informação na cadeia de abastecimento, existindo simbologia para representar cada um deles e as atividades realizadas ao longo do processo (Abdulmalek & Rajgopal, 2007). Segundo (Rother and Shook, 1999), o VSM serve para realizar a identificação de todos os desperdícios ao longo da cadeia de valor de um determinado produto ou conjunto de produtos, com a finalidade de encontrar maneiras de eliminá-los.

Esta ferramenta fornece uma representação visual que permite identificar o *input / output* dos passos, tempo de ciclo, recursos necessários e tempo utilizado ao longo do processo, motivo pelo qual começa a substituir as abordagens de registos mais convencionais numa perspetiva de análise. Devido à elevada taxa de sucesso em identificar os desperdícios e melhorar os processos, o VSM é uma das ferramentas e métodos do *Lean Thinking* mais utilizadas (Tyagi et al., 2015).

2.1.4. 5S

O 5S foi desenvolvido pela *Toyota* com o objetivo de diminuir os desperdícios mais ocultos existentes numa fábrica, ajudando na organização do local de trabalho. Este conceito resulta de cinco palavras japonesas, sendo estas:

- *Seiri*: todos os objetos desnecessários devem ser identificados e descartados, uma vez que se deve garantir que apenas estão no local de trabalho utensílios ou ferramentas que são utilizadas muito frequentemente. Para colocar em prática o *Seiri*, etiqueta-se os materiais desnecessários para a tarefa em questão com rótulos vermelhos, com a finalidade de identificar e remover os objetos inúteis. Desta forma, garante-se que ficam no local de trabalho apenas os utensílios necessários e mais frequentemente utilizados.
- *Seiton*: esta palavra traduzida literalmente significa “colocar as coisas de uma forma atrativa”, sendo o objetivo organizar e identificar os objetos utilizados no local de trabalho de uma forma fácil e clara. No contexto do 5S, o *Seiton* significa organizar os materiais de modo a encontrá-los facilmente. Para o colocar em prática, devem ser utilizadas placas para identificar cada objeto e o local onde cada um deve ser armazenado.
- *Seiso*: este é um procedimento de limpeza que tem como objetivo manter a arrumação e a higiene no local de trabalho, tanto nos equipamento e máquinas, como no próprio chão e paredes.
- *Seiketsu*: o *Seiketsu* tem como principal objetivo a normalização dos 3S já mencionados, garantindo que todos ficam a compreender o que é necessário fazer em cada um destes passos.
- *Shitsuke*: esta é a disciplina mais importante dos 5S, enfatizando que os procedimentos definidos anteriormente devem serem cumpridos, sendo importante ter trabalhadores disciplinados que tenham o hábito de seguir regras.

O sistema 5S ajudou a aumentar a produtividade, ao reduzir o tempo de inatividade de alguns processos, garantindo a organização e limpeza do local de trabalho, normalizando o fluxo de trabalho e atribuindo uma clara responsabilidade por parte dos processos aos operadores (Kumar et al., 2006). Segundo Yu et al. (2013), esta ferramenta do *Lean Thinking* é a que consegue mais facilmente a adesão por parte dos trabalhadores e produz resultados visíveis

imediatos, envolvendo muitos princípios da metodologia *Lean*, tais como o *standard work* e a gestão visual. O plano 5S é recomendado por muitos peritos como ponto de partida da transformação *Lean*, ajudando a construir uma cultura de melhoria contínua e potenciando o trabalho em equipa.

2.1.5. *Standard work*

O *standard work* é uma ferramenta *Lean* desenvolvida por Ohno em 1950 que surge na base do TPS e é também aliada à melhoria contínua *Kaizen*, cuja definição é a documentação, treino e implementação do melhor método de trabalho, garantindo que todos seguem o mesmo procedimento e sabem o que fazer quando confrontados com uma variedade de situações possíveis. Torna-se evidente que o objetivo é encontrar o melhor método de trabalho possível e atualizá-lo sempre que necessário, de modo a que se estabeleça a melhor maneira possível de desempenhar uma determinada tarefa. Assim, a uniformização através de documentos escritos é fundamental para o sucesso do *Lean Thinking*, sendo que esta ferramenta permite eliminar a variabilidade de um sistema, ao mesmo tempo que melhora o rendimento de um posto de trabalho, permitindo que os processos sejam feitos de uma forma consistente e sem atrasos (Monden, 1993). Os três elementos essenciais para o *standard work* são o *takt time*, a sequência de produção e o nível WIP.

O *standard work* documenta os movimentos do operador, o trabalho do operador e o trabalho da máquina, ou seja, é um procedimento operacional normalizado e otimizado (Miltenburg, 2008).

2.2. *Six Sigma*

O conceito *Six Sigma* surgiu nos Estados Unidos por volta de 1985 e foi inicialmente introduzido pela *Motorola*. Nessa altura, a *Motorola* enfrentava a ameaça da concorrência japonesa na indústria eletrónica e sentiu a necessidade de se tornar mais competitiva e apresentar melhorias drásticas nos seus níveis de qualidade (Harry and Schroeder, 2000). Assim, o *Six Sigma* foi uma forma da *Motorola* expressar o seu objetivo de qualidade, reduzindo a margem para falhas e defeitos.

O foco deste conceito é reduzir a variabilidade das características-chave de qualidade do produto para que as falhas ou defeitos sejam extremamente improváveis. Por conseguinte, a *Motorola* estabeleceu um objetivo de qualidade de 3,4 DPMO e, para isso, determinou que a variabilidade do processo deve ser de seis desvios padrão em relação à média (Breyfogle et al., 2001). O desvio padrão é comumente representado pela letra grega Sigma (σ) e é, por definição, uma medida estatística de dispersão dos valores em torno da sua média. Deste modo, um nível *Six Sigma* de qualidade significa que a probabilidade de que um produto específico do processo não apresente nenhuma falha nem defeito é de 99,99966% como se pode ver na Tabela 1 (Montgomery, 2009).

Tabela 1 - Relação entre o nível Sigma, o nível de qualidade e os DPMO

Nível Sigma	Nível de qualidade	Defeitos Por Milhão de Oportunidade
± 1 Sigma	30.23%	697700
± 2 Sigma	69.13%	608700
± 3 Sigma	93.32%	66810
± 4 Sigma	99.3790%	6210
± 5 Sigma	99.97670%	233
± 6 Sigma	99.999660%	3.4

Ao longo dos anos, foram várias as definições que foram surgindo a respeito do conceito *Six Sigma* instituídas por diversos autores como Linderman, Pyzdek & Keller, Montgomery e Woodall, Antony e Banuelas entre muitos outros. Brue (2006) resume o significado de *Six Sigma* apresentado por todos estes autores, afirmando que é, em primeiro lugar, um nível de qualidade, uma metodologia de resolução de problemas e, por último, é também uma filosofia de gestão. Numa perspetiva mais empresarial, o *Six Sigma* pode ainda ser conotada como uma “estratégia de negócio que ajuda as organizações a melhorar a eficiência organizacional e a satisfação do cliente; diminui os custos operacionais e aumenta os lucros” (Boon Sin et al., 2015). Esta ferramenta que começou por ser utilizada nos processos produtivos e de fabrico é, hoje em dia, utilizada no marketing, na faturação, nas aquisições, no atendimento ao cliente, nas empresas, nos hospitais, com o simples objetivo de melhorar continuamente o processo de produtos ou

serviços e gerar o maior nível de satisfação do cliente possível (Antony et al, 2012). Em suma, o *Six Sigma* foi considerado como a abordagem mais conhecida para melhorar um processo.

2.3.1. *Lean Six Sigma*

O *Six Sigma* enquanto método de gestão com enorme potencial, evoluiu de um objetivo de 3,4 DPMO para uma vasta gama de abordagens que podem ser incorporadas na qualidade de produtos e serviços, ao longo de toda a cadeia de abastecimento – desde a sua conceção e desenvolvimento até ao fim da sua vida (Antony, 2009). Muitos começaram a complementar esta abordagem com outras ferramentas, como é o caso a integração do *Lean* com o *Six Sigma*, que se tornou numa ferramenta extremamente popular.

A integração do *Lean* com o *Six Sigma* fazia sentido intuitivamente. Ambas tinham resultados tremendos, mas várias limitações e, portanto, a sua integração permitiria alcançar resultados que seriam impossíveis de atingir se os sistemas não estivessem integrados (Antony et al., 2017). Por um lado, o *Six Sigma* é extremamente útil na abordagem de criação de valor nas etapas do processo que apresentam níveis de baixo desempenho, uma vez que tem uma função crítica na compreensão de cada etapa. Por outro lado, o *Lean* foca-se mais no material e na informação entre as próprias etapas por se basear em modelos mais qualitativos. Deste modo, a abordagem integrada funciona melhor, porque integra os aspetos humanos (tais como o foco no cliente, a liderança, a mudança cultural) com os aspetos de processo (a gestão e a capacidade de processo, o pensamento estatístico) para alcançar grandes melhorias (Antony, 2011). Uma vez que as ferramentas e os processos *Lean* não podem ser controlados estatisticamente e que o *Six Sigma* não pode melhorar drasticamente a velocidade do processo ou reduzir o capital investido sozinho, a fusão do *Lean* e do *Six Sigma* é essencial (George, 2002).

O termo *Lean Six Sigma* foi introduzido pela primeira vez por volta do ano 2000 e o ensino do LSS foi estabelecido em 2003, fazendo parte da evolução do conceito *Six Sigma*. Desde essa altura, verificou-se um aumento notável na popularidade e implementação do LSS no mundo industrial, principalmente em grandes organizações ocidentais como a *Motorola*, *General Electric*, *Honeywell* e muitas outras (Antony et al., 2017).

LSS foi definido por Snee (2010) como “uma estratégia e metodologia empresarial que aumenta o desempenho do processo resultando em maior satisfação do cliente e melhores resultados finais”. É uma abordagem eficaz de desenvolvimento de liderança uma vez que prepara os líderes para a sua função: promover a mudança. A metodologia LSS visa melhorar a capacidade numa organização, reduzir custos de produção e maximizar o valor para os acionistas através da melhoria de qualidade (Antony, 2011).

Tanto as organizações como os próprios trabalhadores precisam de uma metodologia que os faça caminhar no sentido da resolução de problemas com o mínimo desperdício (Snee, 2010). Contudo, a maioria dos esforços para implementar plena e exaustivamente iniciativas LSS não são realizadas em todo o seu potencial. A incapacidade de sustentar uma mudança, mesmo que seja no sentido de uma melhoria contínua, pode ser atribuída, em grande parte, à falta de empenho da direção. As abordagens *Lean* e *Six Sigma* são frequentemente implementadas isoladamente, criando subculturas *Lean* e *Six Sigma* a emergir dentro de uma organização, o que pode causar conflitos de interesses e desentendimentos na gestão dos recursos. (Pepper, 2010).

Enquanto que o *Six Sigma* só é implementado por alguns indivíduos específicos dentro de uma empresa, o sistema *Lean* permite que todos os membros da organização identifiquem e eliminem atividades que não acrescentem valor (Pepper, 2010). Contudo, e como em qualquer mudança na rotina e na forma de trabalhar, existem desafios na implementação do LSS. Muitas vezes, observa-se resistência na implementação desta ferramenta, tanto em empresas como um todo, como em funções ou áreas de negócio, devido à falta de compreensão e crença que o LSS irá funcionar. A realidade é que todas as organizações têm processos que não estão a funcionar corretamente ou que não estão no seu potencial máximo, e que podem ser aperfeiçoados através da recolha de dados, do pensamento científico e dos conceitos, métodos e ferramentas de uma abordagem LSS (Snee 2010). Com o passar do tempo, e à medida que se vê resultados, a abordagem *Lean Six Sigma* acaba por se tornar inerente ao processo de qualquer organização.

De forma sucinta, Antony et al. (2017) resume os principais benefícios, fatores de motivação e limitações de uma abordagem LSS como se pode observar na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais benefícios, fatores de motivação e limitações do LSS (adaptada de Antony et al., 2017)

Principais benefícios	Principais fatores de motivação	Principais limitações
Aumento das poupanças financeiras	Permanecer em concorrência dentro do mercado global	Ausência de um quadro de sustentabilidade para o LSS
Aumento da satisfação do cliente	Aumentar a satisfação do cliente	Falta de currículos LSS normalizados e robustos
Custos reduzidos de má qualidade (falhas, defeitos...)	Melhorar a qualidade do produto e as operações	Nenhuma norma globalmente aceite para a certificação
Redução do tempo de ciclo e do <i>lead time</i>	Aumentar a poupança e o crescimento	Falta de um roteiro a ser seguido
Inventário reduzido	Reduzir os custos da má qualidade	Número limitado de estudos de caso publicados sobre LSS (abordagem integrada)

2.3.2. Six Sigma e DMAIC

Com a crescente popularidade que estas ferramentas *Lean* e *Six Sigma* foram ganhando, diversos autores tentaram determinar quais os elementos do *Six Sigma* que o tornariam mais eficaz. Para além da sua estrutura e da sua função de se focar nas métricas, o procedimento de melhoria estruturada do *Six Sigma* é visto como “um novo e eficaz contributo para a gestão da qualidade”. Este procedimento de melhoria é geralmente conhecido sob a sigla DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Improve* e *Control* (De Mast, 2012). A metodologia LSS sustentada pelo ciclo DMAIC assegura um fundamento bem estabelecido, especialmente para a melhoria da qualidade do serviço. O LSS utiliza “ferramentas de ambas as caixas de ferramentas, de modo a obter o melhor das duas metodologias, aumentando a velocidade ao mesmo tempo que aumenta a precisão” (Bhat et al., 2014).

2.3. DMAIC

A metodologia DMAIC é um procedimento estruturado de resolução de problemas, amplamente utilizado na melhoria da qualidade e processo. Esta ferramenta está associada a atividades de *Six Sigma* e praticamente todas as implementações de *Six Sigma* recorrem à utilização do processo DMAIC para a gestão e conclusão de projetos (Montgomery, 2009). O DMAIC é utilizado para melhorar processos já existentes, sendo uma ferramenta de sucesso no

que diz respeito a redução de custos, eliminação de defeitos, melhoria dos tempos de ciclo e aumento da satisfação do cliente. Adicionalmente, é capaz de gerar aumentos expressivos na rentabilidade em inúmeras empresas em todas as indústrias em qualquer parte do mundo (Parshar, 2014). Segundo De Mast (2012) e a teoria das rotinas organizacionais, o DMAIC é uma mera rotina, “uma rotina para alterar rotinas estabelecidas ou para conceber novas rotinas. Para efeitos de comparação, este procedimento tem uma função semelhante relativamente a ferramentas já existentes de resolução de problemas de fabrico, tal como o *Plan-Do-Check-Act* (PDCA) descrito na Figura 1 (Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006). Dahlgaard & Dahlgaard-Park (2006) defendem que o processo DMAIC pode ser considerado uma versão mais reduzida deste padrão de melhoria da qualidade conhecido sob a sigla PDCA.

Plan:

- (1) Decide on a theme (establish goals).
- (2) Clarify the reasons this particular theme is chosen.
- (3) Assess the present situation.
- (4) Analysis (identify the causes).
- (5) Establish corrective measures.

Do:

- (6) Implementation.

Check:

- (7) Evaluate the results.

Action:

- (8) Standardization.
- (9) After-thought and reflection, consideration of remaining problems.
- (10) Planning for the future.

Figura 1 - Método Plan-Do-Check-Act (adaptado de Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006)

A sigla DMAIC significa *Define, Measure, Analyze, Improve e Control* e corresponde às cinco fases que integram esta metodologia, analisadas detalhadamente nas seções seguintes. Estas fases são concebidas para, através de um projeto de melhoria de processos, conduzir uma equipa por todos os passos, desde o início até à conclusão do processo (Boon Sin et al., 2015). Os instrumentos estatísticos utilizados nestas cinco fases ajudam a identificar, quantificar e eliminar a causa raiz dos resíduos ou dos desperdícios e sustentar a melhoria do desempenho de uma linha de produção ou de um processo mais complexo, com planos de controlo bem executados no futuro. O objetivo é evitar os defeitos e reduzir o *Cost of Poor Quality* (COPQ) – custos que existem exclusivamente devido ao facto de o processo ser imperfeito, tais como custos

de reparação, custos de reclamações de garantia, chamadas de serviço, amortização de produtos obsoletos, retrabalho – adotando uma abordagem preditiva em vez de reativa em relação a desperdícios e falhas, para evitar trabalho desnecessário (Prashar, 2014).

2.3.1. Define

A primeira fase da ferramenta DMAIC é a fase do *Define*. O objetivo desta fase é identificar o processo ou produto que precisa de ser melhorado, transformando-se numa oportunidade de melhoria que deve ser verificada ou validada em termos de potencial progresso legítimo (Montgomery, 2009). O projeto deve ser importante para o negócio e principalmente para os clientes, daí a importância da *voice of customer*. Curiosamente, esta fase não existia na conceção inicial desta ferramenta, que antes era conhecida apenas por MAIC. Jack Welch foi quem incluiu a fase *Define* ao modelo, precisamente pela importância da opinião e da voz (*“voice”*) do cliente (*“of customer”*) enquanto característica crítica para a qualidade (Karthi et al., 2012).

Segundo De Mast (2012), nesta fase deve ser feita a seleção do problema e a análise dos benefícios através de 4 passos:

1. Identificar e mapear processos relevantes;
2. Identificar os *stakeholders* (partes interessadas);
3. Determinar e dar prioridade às necessidades e requisitos dos clientes;
4. Construir um caso de estudo para o projeto.

Um dos primeiros elementos que deve ser elaborado nesta etapa é o *Project Charter*. Trata-se de um documento que contém uma descrição e âmbito do projeto, a sua calendarização, a descrição inicial das métricas que serão utilizadas, os recursos necessários, os objetivos da unidade de negócio e da empresa, os potenciais benefícios para a satisfação do cliente, os potenciais benefícios financeiros para a organização, os membros da equipa entre outros detalhes relevantes (Montgomery, 2009). Em suma, através do *Project Charter* definem-se os objetivos e calendário, o processo e as partes interessadas, seleciona-se os membros da equipa que estarão alocados ao projeto, e depois de se obter autorização, começa-se a montar e a treinar a equipa (Pyzdek & Keller, 2010).

2.3.2. *Measure*

A fase do procedimento DMAIC que se segue é a fase do *Measure*. A finalidade desta fase é traduzir o problema em análise, numa forma mensurável e quantificável, validar o sistema de medição e realizar a avaliação da situação atual (Bhat et al., 2014). Nesta fase dá-se uma definição mais refinada e exata dos objetivos, o que envolve a recolha de dados sobre as medidas de qualidade, de custo e tempo de produção ou ciclo, tal como os requisitos *Critical to Quality* (CTQ), custos dos defeitos (DPMO) e muitas outras métricas de negócio. É essencial definir quais são as variáveis-chaves a medir ao longo de todo o processo.

Esta fase diz respeito à seleção das características adequadas do produto, mapeamento do respetivo processo, estudo da precisão do sistema de medição, realização das medições necessárias, registo dos dados e estabelecimento de uma *baseline* (ponto de partida) da capacidade do processo ou uma classificação Sigma para o processo (Antony et al., 2012). De forma complementar, devem ser identificadas as características do produto ou processo que são críticas para as exigências do cliente, em termos de desempenho, de qualidade e que contribuem para uma maior satisfação do cliente (Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006).

Os dados podem ser recolhidos através dos registos históricos, mas uma vez que estes podem estar incompletos ou já nem ser adequados, em muitos casos, a informação desejada pode nem ter sido registada. Consequentemente, é frequentemente necessário recolher dados atuais através de estudo e observação. A recolha de dados pode ocorrer durante um período de tempo contínuo ou pode ser feita por amostragem a partir dos fluxos de dados mais relevantes. Após a recolha, os dados podem ser exibidos de diferentes maneiras, tais como histogramas, diagramas de tronco e folhas (*stem-and-leaf diagrams*), diagramas de execução (*run charts*), *pie charts*, diagramas de dispersão e diagramas de Pareto (Montgomery, 2009).

2.3.3. *Analyze*

A terceira fase do procedimento DMAIC é a fase *Analyze* e, durante esta fase, identificam-se as causas-raiz que criam o problema no processo ou no produto. Através de ferramentas estatísticas como o diagrama de causa e efeito, analisa-se o sistema para identificar formas de eliminar a lacuna entre o desempenho atual do processo ou sistema e o objetivo desejado (Pyzdek

& Keller, 2010). Esta fase procura determinar as causas potenciais dos defeitos, os problemas de qualidade, problemas de clientes, problemas de tempo de ciclo e de produção ou desperdício e ineficiências que fundamentaram a análise do projeto.

O objetivo é utilizar os dados medidos na fase anterior (*Measure*) para começar a determinar as relações de causa e efeito no processo, com a finalidade de compreender as diferentes fontes de variabilidade. Montgomery (2009) afirma que é muito importante separar as fontes de variabilidade em causas comuns e causas atribuíveis. As primeiras são fontes de variabilidade que são incorporadas no sistema ou no próprio processo e as segundas geralmente provêm de uma fonte externa. Remover uma causa comum de variabilidade significa alterar o processo, enquanto que a remoção de uma causa atribuível envolve a eliminação de um problema específico. Assim sendo, é importante agrupar as causas-raiz para depois poder eliminá-las e corrigi-las da maneira mais eficiente possível.

2.3.4. *Improve*

A fase *Improve* é a quarta fase do DMAIC e, tal como o nome indica, nesta fase selecionam-se as características do produto ou processo que devem ser melhoradas para alcançar o objetivo (Dahlgaard & Dahlgaard-Park, 2006). Portanto, esta fase envolve a identificação de possíveis soluções, a sua implementação e a verificação da operacionalidade das soluções (Prashar, 2014). Relacionando-se com a fase anterior, é nesta etapa que são identificadas soluções para todas as causas-raiz determinadas anteriormente e que são implementadas após o estudo do risco envolvido na implementação.

O método desta fase implica a determinação de como intervir no processo para reduzir significativamente os níveis de defeitos, através da geração, seleção e implementação de soluções (Bhat et al., 2014). Nesta fase, é essencial ser criativo na procura de novas formas de fazer as coisas melhor, mais barato ou mais rápido. Deve-se desenvolver uma ou várias soluções para o problema e testar essas soluções sob forma de um *pilot test*. Se houver várias soluções, deve ser feita uma priorização. Este teste piloto é uma experiência de validação, que avalia e documenta as soluções e que confirma se estas atingem os objetivos. Esta é uma atividade iterativa, porque

as soluções propostas podem ser refinadas, revistas e melhoradas sucessivamente até chegar aos resultados desejados (Montgomery, 2009).

2.3.5. *Control*

A última fase do procedimento DMAIC é a fase *Control*. Neste último momento, procura-se completar todo o trabalho restante do projeto e entregar o processo melhorado, juntamente com um plano de controlo do processo. Deve garantir-se que os processos continuam a funcionar bem, que fornecem os resultados desejados e que mantêm os níveis de desempenho (Bhat et al., 2014).

Para a verificação empírica dos resultados do projeto e para controlar o processo, são sugeridas técnicas como o plano de controlo, controlo estatístico do processo, o pré-controlo, a fim de que as melhorias sejam sustentáveis (De Mast, 2012). A padronização dos métodos melhorados e a monitorização contínua dos resultados, só por si, pode assegurar a sustentabilidade dos resultados. Porém dependendo do resultado, pode ser necessário visitar algumas fases anteriores. (Antony et al., 2012).

Uma vez alcançados os resultados, o desafio é sustentar e manter estes resultados. É muito importante que o pessoal operacional no processo se sinta proprietário das soluções implementadas. As equipas de projeto devem documentar, treinar os funcionários para os novos processos e consciencializá-los para planos de monitorização e reação para novos processos (Pyzdek & Keller, 2010).

2.4. Project Charter

O *project charter* é um dos primeiros passos a realizar na etapa do *Define*. Este é um pequeno documento que contém toda a informação importante acerca do projeto a ser desenvolvido. Neste estão presentes dados tais como a descrição e o âmbito do projeto, a descrição das métricas utilizadas para medir o sucesso do projeto e a forma como estas se relacionam com os objetivos propostos, os benefícios, o que se deve alcançar com o projeto, os membros da equipa e as funções desempenhadas e alguns recursos adicionais necessários mencionar (Montgomery, 2009).

2.5. Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é muito utilizado para identificar fatores críticos que conduzem a falhas ou a defeitos num determinado processo. Segundo Liker (2004), o diagrama de Pareto recorre a gráficos de barras para categorizar os problemas de acordo com a gravidade ou frequência, apresentando-os por ordem de tamanho para evidenciar quais os problemas mais importantes. Deste modo, identificam-se as principais causas destes problemas ou defeitos de modo a estas serem atacadas em primeiro lugar (Montgomery, 2009).

O eixo horizontal contém as diferentes categorias a analisar, enquanto que o eixo vertical esquerdo representa o número de ocorrências verificadas em cada uma dessas categorias e o eixo vertical direito representa o número de ocorrências acumuladas em cada uma dessas categorias, em percentagem. Juran observou que existe um princípio universal comum a todos os casos, nos quais as perdas nunca são distribuídas uniformemente pelas várias categorias, pelo contrário, são distribuídas de uma maneira não uniforme de tal modo que uma pequena percentagem das categorias corresponde sempre a uma elevada percentagem de perda de qualidade. Para além disto, adicionou que o economista Pareto descobriu que a riqueza, a distribuição de acidentes em processos perigosos, a distribuição do crime entre os criminosos, entre outros, ocorriam tal e qual este princípio. Nunca é demais lembrar que também explicou a regra 80/20, na qual 80% dos defeitos são motivados por 20% das causas (Wilkinson, 2006).

2.6. Diagrama de *Ishikawa*

O diagrama de *Ishikawa* (também conhecido como diagrama de causa-efeito ou diagrama espinha de peixe) é uma ferramenta cujo objetivo é identificar todas as possíveis causas de um determinado problema em formato gráfico (Gündüz et al., 2013). Esta ferramenta permite realizar uma análise qualitativa destas causas, tornando um sistema complexo num sistema mais organizado (Luo et al., 2018). Segundo Montgomery (2009), o diagrama de causa-efeito é uma ferramenta extremamente útil para ser utilizada tanto na fase *Measure* como na fase *Analyze* do DMAIC. Primeiramente, a equipa responsável deve definir claramente o problema a ser analisado, sendo que se recorre, muitas vezes, ao *brainstorming* para descobrir quais são as possíveis causas raiz do problema. Depois de concluídos estes passos, especifica-se quais são as categorias principais associadas a estas possíveis causas, recorrendo-se aos 6M: Método, Matéria-prima,

Mão de obra, Máquinas, Medição e Meio-Ambiente. Por fim, através destes passos realizados, identificam-se as causas para serem agrupadas em cada uma das seis categorias especificadas, apresentando-se as que parecem ter maior impacto no problema. Esta análise é, de facto, uma grande ajuda na resolução de problemas, sendo uma ferramenta muito vantajosa para identificar estas potenciais causas de um problema.

3. Apresentação e caracterização da empresa

Neste capítulo, será feita uma apresentação da empresa na qual foi desenvolvido este projeto, começando por fazer um enquadramento do Grupo Amorim desde o início da sua história, mais precisamente no ano de 1870. Para além disto, é também abordada a distribuição geográfica das várias UIs, bem como as diferentes aplicações e propriedades da matéria-prima que é a base deste negócio: a cortiça. Seguidamente, são abordadas cada uma das cinco Unidades de Negócio (UN) nas quais a Corticeira Amorim está estruturada e é apresentada a estrutura organizacional da UN Rolhas, assim como o respetivo organigrama. Por fim, são apresentadas as políticas e sistemas de gestão e a missão, visão e valores do Grupo Amorim.

3.1. Grupo Amorim

A história do Grupo Amorim remonta ao ano de 1870, ano em que António Alves de Amorim inicia a atividade corticeira, com a fundação da primeira UI para a produção à mão de rolhas para o Vinho do Porto, no Cais de Vila Nova de Gaia. No entanto, foi apenas a 11 de março de 1922 que houve a constituição formal da Amorim & Irmãos, Lda., empresa que foi a base de todo o universo de empresas do Grupo Amorim, estando localizada em Santa Maria de Lamas. A segunda geração Amorim foi a responsável por tornar esta empresa numa referência nacional, dinamizando a atividade corticeira.

A partir de 1930, apesar da Grande Depressão Económica vivida, deu-se o desenvolvimento de produtos com um elevado valor acrescentado, que levaram a que a indústria corticeira proliferasse. Encontraram-se novas soluções para os derivados da cortiça que potenciaram as suas aplicações, sendo utilizados, por exemplo, para revestimentos térmicos e acústicos, entre inúmeras outras áreas. É ainda de referir que a Amorim & Irmãos, Lda. se expandiu para vários pontos do mundo, exportando para países tais como o Japão, Brasil, Holanda, Bélgica, Inglaterra, Suécia, Estados Unidos e França.

Mais tarde, em 1963, é criada a Corticeira Amorim, Lda., com o principal objetivo de aproveitar os desperdícios produzidos pela Amorim & Irmãos, Lda., começando a produzir rolhas através de granulado e aglomerado gerados pelos tais desperdícios. A meta definida foi

transformar 70% de todos os desperdícios derivados da produção de rolhas da Amorim & Irmãos, Lda. A Corticeira Amorim desenvolveu também uma estratégia para verticalizar o seu negócio, sob o lema “nem um só mercado, nem um só cliente, nem uma só divisa, nem um só produto”, sendo que esta estratégia foi criada com a finalidade de liderar a produção e a exportação de produtos de cortiça a um nível mundial. Este objetivo de liderar a produção e a exportação de produtos de cortiça a um nível mundial foi materializado entre 1966 e 1969 através da criação e aquisição de várias empresas, quer em Portugal, quer no estrangeiro. A abertura da primeira subsidiária, a *Gerhard Schiesser GmbH*, em Viena, veio dinamizar as relações com os antigos países da União Soviética, permitindo ultrapassar as restrições políticas existentes.

No início da década de 70, Portugal assume-se como o país transformador da cortiça, com o distrito de Aveiro (onde está sediada a base da Corticeira Amorim) a representar 75% de toda a produção nacional.

Foi apenas dez anos depois, em 1981, que a Corticeira Amorim entrou no mercado americano, que era o mais importante no setor de produtos de cortiça com borracha, através da constituição de uma empresa no Canadá, vocacionada para a comercialização de cortiça com borracha. Foi também em 1982, que se deu a constituição da Champcork, empresa especializada na produção de rolhas de champanhe e vinhos espumosos, em 1989 adquiriu-se a RARO – Rufino Alves Ribeiro e Filhos, Lda. – (atual Amorim & Irmãos, S.A. - Unidade Industrial Raro), empresa responsável pelo fabrico de rolhas de cortiça com cápsula, e, no início dos anos 90, mais precisamente em 1991, fundou-se a Academia Amorim. Esta instituição internacional é ainda hoje uma referência e teve como objetivo a promoção de vinho, com a missão de incentivar a pesquisa e os trabalhos científicos sobre o aperfeiçoamento das condições da sua conservação.

Em 1998, o Grupo Amorim passa a ter uma nova imagem, com o novo logótipo que simboliza os princípios do Grupo: harmonia ambiental, força natural e confiança no crescimento. Esta árvore com o nome Amorim veio reforçar a identidade e a cultura Amorim, quer a um nível interno, quer a um nível externo, apresentada na Figura 2.



Figura 2 - Novo logótipo da Amorim

Apenas um ano mais tarde, adquire-se 50% do capital social da empresa chilena *Industria Corchera, S.A.*, líder no fornecimento de componentes para a indústria vinícola e é também neste ano que se dá a criação do Departamento de Investigação & Desenvolvimento, focado na resolução da questão do Tricloroanisol (TCA) (o TCA é o composto químico responsável pelo “sabor a rolha”), em melhorar a performance e aumentar o conhecimento do produto, otimizar os processos produtivos e desenvolver novos tipos de rolhas de cortiça.

No início do ano de 2000, é introduzido o revolucionário sistema de cozedura de cortiça *CONVEX®* e dá-se a criação da Amorim & Irmãos, S.A. - Unidade de Ponte de Sôr, potenciando o controlo qualitativo da matéria-prima, credibilizando a indústria da cortiça ao nível mundial. Apenas 1 ano mais tarde, é criada a Amorim & Irmãos, S.A. - Unidade de Coruche, que acaba por ser uma “gémea” da Unidade de Ponte de Sôr, produzindo esta discos para as rolhas de champanhe comercializadas sob a marca *Spark®*. Com a abertura destas Unidades, a verticalização de todo o processo produtivo de rolhas de cortiça torna-se uma realidade.

Em 2004, a Amorim Cork Composites, sediada em Mozelos (Portugal), recebe a certificação *Forest Stewardship Council®* (FSC), tornando-se, assim, na primeira empresa de *packaging* do mundo a receber esta certificação ambiental. Esta certificação assegura que os produtos provêm de florestas bem geridas que oferecem benefícios ambientais, sociais e económicos. No ano de 2005, dá-se a aquisição do Grupo Equipar, responsável pela produção de rolhas Twin Top e Aglomerada.

O ano de 2006 foi marcado pela participação no capital da sociedade francesa *Société Nouvelle des Bouchons Trencases, S.A.*, uma referência de prestígio no mercado de rolhas francês desde o final do século XIX. Esta sociedade, para além de possuir um ótimo posicionamento comercial nas rolhas naturais para vinhos topo de gama, é também uma referência de prestígio no mercado de rolhas francês. Efetivamente, esta participação evidencia um reconhecimento internacional e o elevado patamar alcançado pelo Grupo Amorim, reforçando a capacidade de distribuição no maior mercado mundial de rolhas de cortiça de elevada qualidade, com uma excelente taxa de crescimento sustentável quer em França, quer no mundo.

Em 2007, são criadas duas macro áreas de condução estratégica do negócio – Amorim Natural Cork (UN Matérias-Primas e Rolhas) e Amorim Cork Composites (aplicações técnicas dos aglomerados de cortiça em produtos e soluções) – e também uma nova área de suporte transversal a toda a Organização – Amorim Cork Research, destinada para a inovação. É ainda de referir que a Corticeira Amorim deu aquele que seria o primeiro passo do Programa Escolha Natural, um programa com o objetivo final de integrar a sustentabilidade no negócio e de aumentar a competitividade do Grupo Amorim a longo prazo. Este passo foi dado através da publicação do primeiro e único Relatório de Sustentabilidade da indústria, comunicando as suas políticas e práticas em matéria de sustentabilidade que viria a ser publicado de uma forma regular, sistemática e estruturada. É de notar a preocupação com a sustentabilidade e com o ambiente dada pelo Grupo Amorim, sendo que foi a partir desta altura que se começou a dar uma maior importância à integração destes assuntos naquilo que é a visão da Amorim a longo prazo.

No ano seguinte, houve o lançamento do *Green Cork*, um programa de recolha e reciclagem de rolhas de cortiça cujas receitas são utilizadas para a plantação e preservação da floresta autóctone portuguesa, com iniciativa da *Quercus*. Logo de seguida, em 2009, inaugurou-se a primeira instalação mundial de reciclagem de rolhas de cortiça na Amorim Cork Composites, em Mozelos, para viabilizar o programa de reciclagem de rolhas *Green Cork*.

Nos anos mais recentes, o Grupo Amorim foi reconhecido com algumas distinções, com destaque para o Prémio *Kaizen Lean*, em 2009, que distingue produtividade e eficiência operacional da Corticeira Amorim na categoria “Excelência na Produtividade” para a Unidade RARO, da Amorim & Irmãos e, em 2012, o Selo de Sustentabilidade pela Plataforma para a

Construção Sustentável, numa iniciativa para reconhecer o esforço das entidades e empresas em prol da sustentabilidade. A Corticeira Amorim cumpriu onze dos critérios sujeitos a avaliação, tendo-lhe sido atribuído em resultado o nível ouro.

Os anos de 2016 e 2017 foram marcados pelo lançamento do *NDtech* e pela implementação da Indústria 4.0. O *NDtech* é uma tecnologia de análise individualizada de controlo de qualidade concebida para as rolhas naturais, baseada em cromatografia gasosa, com garantia de TCA não detetável. A tecnologia *NDtech* é capaz de detetar qualquer rolha de cortiça que apresente mais de 0,5 nanogramas por litro (partes por trilião) de TCA, removendo-a automaticamente da linha de produção.

2020 foi marcado pelos 150 anos da Corticeira Amorim, surgindo uma nova identidade visual, incluindo nova logomarca (Figura 3), que faz a ponte entre 150 anos de história e o forte compromisso da empresa com o futuro.



Figura 3 - Nova logomarca, que marca os 150 anos de história da Corticeira Amorim

3.2. Distribuição geográfica

Atualmente, o Grupo Amorim conta com cerca de 27000 clientes, com 19 UIs, 10 UIs de matéria-prima, 10 *Joint Ventures* e 51 empresas de distribuição, estando presente em mais de 100 países mundiais, com presença em todos os continentes do mundo e contando com mais de 4400 colaboradores.

Através de uma rede de dezenas de empresas subsidiárias, os negócios da Corticeira Amorim espalharam-se pelos cinco continentes. A presença da empresa nos diferentes países concilia quer a proximidade com as áreas florestais de sobreiro – Portugal, Espanha e Norte de África – quer a proximidade com os seus principais mercados finais, como França, EUA, Alemanha, Itália e Espanha. Hoje a Corticeira Amorim exporta os seus produtos para mais de 100 países, como se pode constatar na Figura 4.



Figura 4 - Presença mundial da Corticeira Amorim

3.3.A cortiça

3.3.1. O que é a cortiça

A cortiça é a casca do sobreiro – *Quercus Suber L.* – o que significa que é um tecido vegetal 100% natural. As células da cortiça, agrupadas numa estrutura alveolar que se assemelha a uma colmeia, estão preenchidas com uma mistura de gases idênticas ao ar. As paredes da cortiça são revestidas na sua maioria por suberina (uma espécie de cera natural) e lenhina (uma macro célula tridimensional de resistência a ataques microbiológicos). Polissacáridos, ceroides e taninos são outros compostos que encontramos no sistema celular da cortiça, apesar de existirem em menor quantidade. A Figura 5 mostra imagens de cortiça ao microscópio.



Figura 5 - Imagens de cortiça ao microscópio, evidenciando a sua estrutura alveolar

Desde os montados até chegarem aos vinhos, a cortiça percorre um longo caminho onde o ser humano, a natureza e a tecnologia se entrelaçam e se apoiam. A cortiça é retirada a cada nove anos, sem que nenhuma árvore seja abatida ou danificada durante este processo de descortiçamento, uma vez que o sobreiro é a única espécie cuja casca se autorregenera após cada descortiçamento. Este processo é levado a cabo por trabalhadores experientes, sendo a extração feita sempre entre maio e agosto, que é quando a árvore se encontra numa fase mais ativa do crescimento, o que torna mais fácil descortiçá-la sem ferir o tronco. O sobreiro pode ser descortiçado cerca de 15 a 18 vezes ao longo da sua longevidade que é, em média, de 170 a 200 anos.

O primeiro descortiçamento do sobreiro chama-se desboia e é feito apenas 25 anos após este ter nascido, denominando-se esta cortiça extraída de cortiça virgem. Esta cortiça tem uma dureza que a torna bastante difícil de trabalhar, para além de apresentar uma estrutura muito irregular. Nove anos depois, no segundo descortiçamento, a cortiça secundeira já tem uma estrutura regular e é menos dura. No entanto, a cortiça destas duas primeiras extrações não é própria para o fabrico de rolhas, sendo utilizada para outras aplicações, tais como isolamentos, objetos decorativos, pavimentos, entre outros. A partir do terceiro descortiçamento e seguintes, a cortiça já apresenta uma estrutura regular e com as costas e barriga lisas, tendo as características ideais para a produção de rolhas naturais. Esta cortiça tem o nome de cortiça amadia ou de reprodução. A Figura 6 identifica o que é a barriga e as costas da cortiça.



Figura 6 - Identificação da barriga e das costas de um traço de cortiça

Desde então, a cortiça origina uma infinidade de produtos, sendo o principal desses produtos a rolha. Contudo, nem toda a cortiça possui os requisitos necessários para poder transformar-se neste objeto.

3.3.2. Propriedades da cortiça

A cortiça é uma matéria-prima leve, elástica e compressível, impermeável a líquidos e gases, com uma excelente capacidade de isolamento térmico, acústico e antivibrática, hipoalergénica, resistente ao atrito, retardadora de fogo (devido à sua combustão lenta), renovável, reciclável e reutilizável, biodegradável, energética e suave ao toque.

Todas estas suas características conferem à cortiça uma elevada aplicabilidade em diversos ramos de diferentes setores, como se irá verificar de seguida.

3.3.3. Aplicações

O desafio para a Corticeira Amorim sempre foi desenvolver novos produtos, aplicações e soluções capazes de responder a desafios, marcar a diferença e agregar valor. Existem cinco Unidades de Negócio no universo Amorim: rolhas, matérias-primas, revestimentos, aglomerados compósitos e isolamentos.

O departamento de Investigação & Desenvolvimento e Inovação (I&D+i) e os avanços alcançados potenciaram ainda mais a performance desta matéria-prima, no entanto, as capacidades da cortiça são continuamente exploradas por designers, arquitetos e engenheiros dos mais variados setores em todo o mundo, sendo utilizada em diversas áreas e com inúmeras aplicações, tais como a arquitetura e design, a construção e infraestruturas, mobilidade, energia, aeroespacial, desporto, entre outras, apesar de que as rolhas e os revestimentos ainda ocupam a posição mais elevada relativamente aos produtos de cortiça mais representativos da indústria.

3.4. Corticeira Amorim e as Unidades de Negócio

Face a esta grande diversidade de aplicações da cortiça, a atividade operacional da Corticeira Amorim está estruturada em cinco Unidades de Negócio. O modelo de negócio

implementado, assente em boas práticas de gestão, está também assente num processo integrado e verticalizado, fazendo uso dos princípios de economia circular como forma de minimizar os desperdícios criados. A cortiça, que está no centro das operações da Corticeira Amorim, provém de diversos produtores com os quais a empresa mantém uma relação de proximidade e promove boas práticas de gestão florestal, assegurando, dessa forma, a produção contínua de matéria-prima de boa qualidade. As cinco Unidades de Negócio são:

- UN Matérias-Primas: responsável pela gestão global e integrada da cadeia de valor da empresa, é fundamental na promoção de sinergias entre as várias Unidades para garantir a otimização do fluxo de matérias-primas, fornecendo as restantes UN da Corticeira Amorim.
- UN Rolhas: líder mundial na produção e fornecimento de rolhas de cortiça, produzindo em média cinco mil milhões de unidades anualmente, correspondente a 35% da quota do mercado global de cortiça.
- UN Revestimentos: presente em mais de 70 países, detém uma gama de pavimentos de alta qualidade e versáteis com credenciais de conforto e sustentabilidade, que promovem uma melhor qualidade de vida com um maior isolamento acústico e térmico.
- UN Aglomerados Compósitos: a mais tecnológica das Unidades do universo Corticeira Amorim, utiliza as propriedades naturais da cortiça para a produção de granulados, aglomerados e compósitos de cortiça, em vários formatos, com finalidades várias.
- UN Isolamentos: dedicada à produção de materiais de isolamento 100% naturais e de excelente desempenho técnico, junta nos seus produtos durabilidade praticamente ilimitada, baixa energia incorporada, qualidade do ar interior A+ e isolamento térmico, acústico e antivibrático em simultâneo.

As empresas do Grupo Amorim agrupadas nas respetivas UN estão presentes na Figura 122 do Anexo I – Empresas do Grupo Amorim agrupadas nas respetivas UN.

3.5. Produtos

Dentro da UN Rolhas encontra-se a Amorim Cork (Portugal), na qual está inserida a UI de Lamas, onde se desenvolveu este projeto. Como esta se dedica à produção de rolhas naturais este

projeto será, evidentemente, focado no fabrico de rolhas naturais. A Figura 7 apresenta as atividades desempenhadas por cada uma das UIs da Amorim Cork (Portugal).

Unidade Industrial	Atividade
Unidade Industrial - Lamas	Produção de Rolhas Naturais, Colmatadas e Acquamark
AMORIM CORK, S.A. - DISTRIBUIÇÃO	Marcação e tratamento de Rolhas Naturais, Colmatadas, Aglomeradas, Twin Top, Neutrocork, Acquamark e Advantec
AMORIM CHAMPCORK, S.A.	Produção, Marcação e Tratamento de Rolhas de Champanhe
AMORIM TOP SERIES, S.A.	Produção de Rolhas Capsuladas e Especialidades
AMORIM CORK, S.A. - V&L	Tratamento e escolha de Rolhas Naturais e Colmatadas
AMORIM CORK, S.A. - PORTOCORK	Marcação, Tratamento, Escolha e Lavação de Rolhas Naturais
Unidade Industrial de Sousa	Produção de Rolhas Neutrocork e Helix
EQUIPAR - ROLHA NATURAL, S.A.	Produção, Marcação e Tratamento de Rolhas TwinTop, Aglomeradas e Advantec

Figura 7 - Unidades Industriais da Amorim Cork (Portugal)

Aqui, torna-se importante falar das rolhas e das pranchas de cortiça, representadas na Figura 8. As pranchas são as cascas retiradas dos sobreiros, sendo que as rolhas são feitas a partir destas pranchas, através de um conjunto de processos que serão explicados mais adiante. Resumidamente, as pranchas destinadas às rolhas naturais serão cortadas em tiras e perfuradas com uma broca extraindo-se as rolhas cilíndricas. Este é um processo automático ou semiautomático.



Figura 8 - Pranchas de cortiça (à esquerda) e rolhas naturais (à direita)

A UI de Lamas produz, anualmente, uma enorme quantidade de rolhas naturais, sendo estas rolhas feitas com uma só peça de cortiça e que são utilizadas maioritariamente para vinhos com potencial de envelhecimento, ou seja, vinhos que não sejam consumidos num curto espaço de tempo. Também existe o fabrico de rolhas Acquamark, que são rolhas também feitas de uma só peça de cortiça, mas que por terem uma classe inferior são revestidas por uma solução de base aquosa, que fixa os extratos de cortiça às paredes da rolha, de modo a tornar a rolha mais uniforme e apelativa e aumentando, ao mesmo tempo, a capacidade de vedação do produto.

De seguida, irão ser apresentadas na Tabela 3 todos os calibres de rolhas produzidas no setor da UI de Lamas que foi alvo de melhorias através deste estágio. O calibre da rolha que será feita irá depender do calibre e da classe da prancha de cortiça, da qual são provenientes as rolhas. O calibre e a classe das pranchas serão abordados mais detalhadamente na parte do processo produtivo, mais precisamente no setor do Estaleiro, no qual se dá a receção da matéria-prima. As pranchas de cortiça serão apresentadas em forma de código, sendo que os calibres de rolhas que poderão ser feitos a partir de cada prancha serão assinalados na tabela seguinte.

Tabela 3 - Diferentes tipos de pranchas e os respetivos calibres de rolhas que se produzem a partir destas

Código do produto	Calibres das rolhas									
	45x24	45x25	45x26	49x24	49x25	49x26	54x24	54x26	49x24 BHL	30x21
COZ CHE RL BA 13 15 1º 4º				✓	✓					
COZ CHE RL BA 13 15 5º 6º	✓									
COZ CHE RL BA 15 20 1º 4º						✓				
COZ CHE RL BA 15 20 5º 6º	✓		✓							
COZ CHE RL BA 18 24 1º 6º			✓							
COZ CHE RL BP 12 14 1º 4º				✓						
COZ CHE RL BP 12 14 1º 4º CB	✓								✓	
COZ CHE RL BP 12 14 5º 6º	✓									
COZ CHE RL BP 13 15 1º 4º CB	✓								✓	
COZ CHE RL BP 15 20 1º 4º CB			✓						✓	
COZ DEL 10 12 1º										✓
COZ DEL 10 12 2º 3º										✓

A parte do código “COZ” significa que a cortiça já foi previamente cozida. De seguida, existem as pranchas “CHE RL”, o que significa que são cheias, ou seja, mais espessa e as pranchas “DEL”, que significa delgado, que correspondem a pranchas mais finas e com um calibre inferior. O “BA” e “BP” servem para identificar se a prancha será encaminhada para as brocas

automáticas ou para as brocas a pedal (manuais), onde serão feitas as rolhas. Os números que se seguem, por exemplo, “13 15” correspondem ao calibre das pranchas e o “1º 4º” corresponde à classe das pranchas. A denominação “CB” significa com bicho, que é um dos defeitos da cortiça e serve para identificar a presença ou a ausência deste nas pranchas de cortiça.

O calibre das rolhas acaba por ser o seu comprimento e diâmetro, sendo que o comprimento se apresenta à esquerda do “x” e o diâmetro da mesma à direita do “x”. A denominação BHL serve para assinalar que as rolhas irão seguir um caminho diferente no processo produtivo, uma vez que foram feitas a partir de pranchas que apresentavam bicho (CB). O comprimento da rolha varia dos 30 aos 54 milímetros de comprimento, enquanto o diâmetro pode variar dos 21 aos 26 milímetros, de acordo com a preferência do cliente.

Nota: o processo de cozedura, os tipos de broca, os calibres, as classes e os defeitos das pranchas de cortiça serão abordados com maior pormenor mais à frente, no processo produtivo.

A Figura 9 apresenta o exemplo de um calibre de rolha (com o comprimento e diâmetro de cada rolha) e de dois códigos, com a respetiva legenda.



Figura 9 - Exemplo de um calibre de rolha e de dois códigos respetivos a pranchas de cortiça

3.6. Estrutura organizacional

O organigrama apresentado na Figura 10 descreve a estrutura adotada pela UN Rolhas, com os respetivos cargos administrativos e departamentos da empresa.

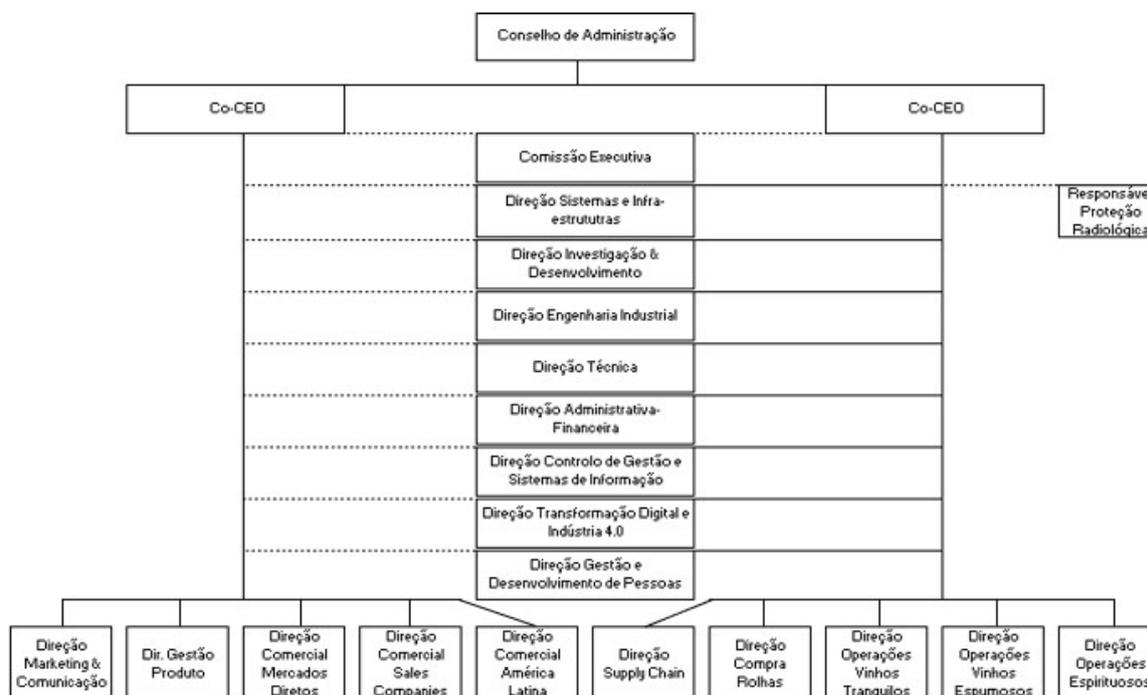


Figura 10 - Organigrama da UN Rolhas

3.7. Políticas e Sistemas de Gestão

3.7.1. Montado

A abordagem da Corticeira Amorim à escolha de matérias-primas e os seus processos de produção sustentáveis estão na base de uma interdependência singular entre a indústria e um importante ecossistema, o montado – um exemplo paradigmático em termos de desenvolvimento social, económico e ambiental sustentável. É atribuída uma grande relevância ao conhecimento do montado e à melhoria na produção de cortiça de qualidade, assumindo a responsabilidade na preservação do montado e serviços dos ecossistemas. Enquanto líder do setor, desenvolve inúmeras iniciativas com vista à valorização, proteção e conhecimento do montado para uma gestão mais sustentável. Estas ações, estão alinhados com os compromissos assumidos pela Corticeira Amorim no que se refere à sua contribuição para a defesa da biodiversidade e estão assentes em linhas de orientação que viabilizam:

- O aumento do conhecimento sobre o impacto ambiental dos produtos de cortiça e dos ecossistemas que estes viabilizam;
- A afirmação de soluções de cortiça e do desenvolvimento do montado, enquanto garantes do ecossistema;
- A dinamização de ações de sensibilização internas e externas;
- A atuação proativa na discussão de políticas e na proposta de medidas para a proteção do sobreiro, a preservação do montado, a promoção do setor da cortiça, a certificação de sistemas de gestão florestal e a remuneração dos serviços ambientais do montado.

Atualmente, a Corticeira Amorim é um dos maiores exportadores de Portugal, com um papel muito relevante na economia portuguesa e na garantia da boa gestão do Montado de sobreiro, incluindo na preservação dos três aspetos fundamentais que lhe estão associados: ambiental – a floresta mediterrânica com uma biodiversidade única –, económico – a rentabilidade da cortiça garante que estas áreas florestais não são substituídas por espécies não nativas – e social – a criação de trabalho ao longo da cadeia de valor.

3.7.2. Estratégia e Gestão

A Estratégia de Sustentabilidade da Corticeira Amorim está alinhada não só com os Valores e Missão da Empresa e as políticas internas, mas também com o seu compromisso perante os *stakeholders* e perante os objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas (ODS). Preservar o montado, biodiversidade e serviços dos ecossistemas, reduzir o impacto ambiental, aplicar a economia circular, desenvolver produtos verdes, apoiar a investigação, desenvolvimento e inovação, alavancar o crescimento económico, promover a formação e bem-estar dos colaboradores e assegurar saúde e segurança no trabalho são os tópicos que estão na base para alcançar o crescimento sustentável.

3.7.3. Parcerias para o desenvolvimento sustentável

As empresas do grupo Corticeira Amorim integram diversas iniciativas e associações nacionais e internacionais, participando ativamente em reuniões sobre desenvolvimento sustentável das regiões geográficas onde atua.

Nunca é demais lembrar que a Corticeira Amorim integra diversas iniciativas e associações, participando ativamente em reuniões sobre desenvolvimento sustentável das regiões geográficas onde atua. A Corticeira Amorim conduz programas de reciclagem nos quatro cantos do mundo, 63% da sua energia é de origem renovável (biomassa) e a sua taxa de valorização de resíduos ultrapassa os 90%. Detém 29 unidades industriais com certificação FSC, dirige programas de educação ambiental e prevê a plantação de 17 milhões de sobreiros nos próximos dez anos no âmbito do Projeto de Intervenção Florestal.

3.7.4. Políticas e Sistemas de Gestão – Comportamento responsável

O principal objetivo da empresa ao nível das Políticas Corporativas e comportamento responsável no negócio é atuar de forma ética e responsável com os *stakeholders*, assegurando o cumprimento de um conjunto de princípios e regras definidos voluntariamente pela Corticeira Amorim. A Corticeira Amorim implementa, em toda a sua atividade, um Sistema de Gestão Integrado que uniformiza os requisitos de gestão nas dimensões: práticas rolheiras, qualidade, ambiente, energia, segurança alimentar, produtos florestais e cadeia de custódia e segurança e higiene no trabalho. Este sistema engloba um conjunto de critérios de gestão que estão alinhados com os objetivos estratégicos do negócio e com os compromissos assumidos perante as partes interessadas, garantindo a gestão efetiva dos aspetos ambientais e sociais.

- Sistema de Gestão de Práticas Rolheiras – *SYSTECODE (Base; Premium; Excellence)*;
- Sistema de Gestão de Qualidade – ISO 9001;
- Sistema de Gestão de Ambiente – ISO 14001;
- Sistema de Gestão de Energia – ISO 50001;
- Sistema de Gestão de Segurança Alimentar – ISO 22000; FSSC 22000; HACCP; *IFS Standard PAC Secure; IFS Broker; BRC*;
- Sistema de Gestão de Produtos Florestais Cadeia de Custódia – FSC; PEFC;
- Sistema de Gestão de Segurança e Higiene no Trabalho – OHSAS ISO 18001; ISO 45001.

3.7.5. Cadeia de valor

A Corticeira Amorim tem um modelo de negócio verticalizado que integra todas as fases da produção, desde a compra da matéria-prima até à comercialização de um variadíssimo portefólio de produtos de cortiça. Preocupa-se com o seu comportamento responsável ao longo da cadeia de valor, ao mesmo tempo que promove a produção e consumo responsável, procurando colaborar com os fornecedores de acordo com os mesmos valores de ética e conduta da organização. Efetivamente, a Amorim dá preferência a fornecedores com boas práticas de sustentabilidade, ambientais e sociais relativamente à origem e a processos de exploração de matérias-primas. Para isto, a Corticeira Amorim pretende conhecer detalhadamente o comportamento e as práticas dos fornecedores, de modo a conseguir selecionar os que oferecem as melhores condições de negociação e as que compartilham os princípios da empresa. Assim, a Corticeira Amorim compromete-se a:

- Relacionar-se com fornecedores de bens e serviços de maneira ética e legal, selecionando apenas fornecedores cujas práticas de emprego respeitem a dignidade humana, não violem a lei ou ponham em risco a reputação da Organização;
- Manter critérios de seleção de fornecedores – técnicos, económicos e éticos – claros, imparciais e pré-determinados;
- Promover a observância pelos fornecedores das normas e práticas de segurança e da legislação laboral em vigor;
- Monitorizar a conduta ética dos fornecedores e a adotar medida nos casos em que esta seja incompatível com os princípios preconizados no Código de Ética Empresarial e Conduta Profissional.

3.8. Missão, Visão e Valores

Missão

Acrescentar valor à cortiça, de forma competitiva, diferenciada e inovadora, em perfeita harmonia com a Natureza.

Visão

Ser uma empresa sustentável, remunerando adequadamente o capital investido, na promoção da equidade social e da salvaguarda ambiental e com fatores de diferenciação ao nível do produto e do serviço.

Valores

Orgulho – Orgulhamo-nos da tradição do nosso negócio, da nossa história enquanto Empresa e do saber que acumulámos em anos de trabalho de diferentes gerações. Orgulhamo-nos de trabalhar com uma matéria-prima que vem da Terra, sustentável, com identidade, tradição, modernidade e inovação.

Ambição – Temos gosto no que fazemos, mobilizamo-nos para fazer sempre mais e melhor, desenvolvendo novos Clientes, novos mercados e novas aplicações para a cortiça.

Iniciativa – Encontramos soluções para compromissos e desafios, reagindo rápida, eficaz e positivamente a diferentes circunstâncias e contextos, sempre focados no desenvolvimento do negócio e do setor.

Sobriedade – Celebramos vitórias e comemoramos sucessos internamente, privilegiando a discrição na nossa relação com o exterior, nunca esquecendo que devemos sempre aprender mais e fazer continuamente melhor.

Atitude – Estamos com a Empresa nos bons e nos maus momentos, com o nosso esforço, empenho e disponibilidade, dando o melhor de nós e, sempre, respeitando Colaboradores, Clientes, Fornecedores, Acionistas e demais *stakeholders*, relevantes para a sustentabilidade da Corticeira Amorim.

4. Processo produtivo – confeção de uma rolha natural de cortiça

As primeiras semanas na empresa ficaram reservadas para o conhecimento de todo o processo produtivo da UI de Lamas, de modo a entender o fluxo de materiais ao longo deste processo. Aqui, será então apresentado todo este processo de fabrico de rolhas naturais, com especial destaque para o setor que é o alvo do desenvolvimento de todo este projeto, que é o setor da Rabaneação e Brocas. Os restantes setores também serão apresentados, de modo a fazer um enquadramento geral e explicar como decorre o resto do processo produtivo, no entanto, estes não terão o detalhe dado ao setor da Rabaneação e Brocas uma vez que não serão abordados neste projeto. A Figura 11 apresenta o fluxograma com todas as etapas do processo produtivo.

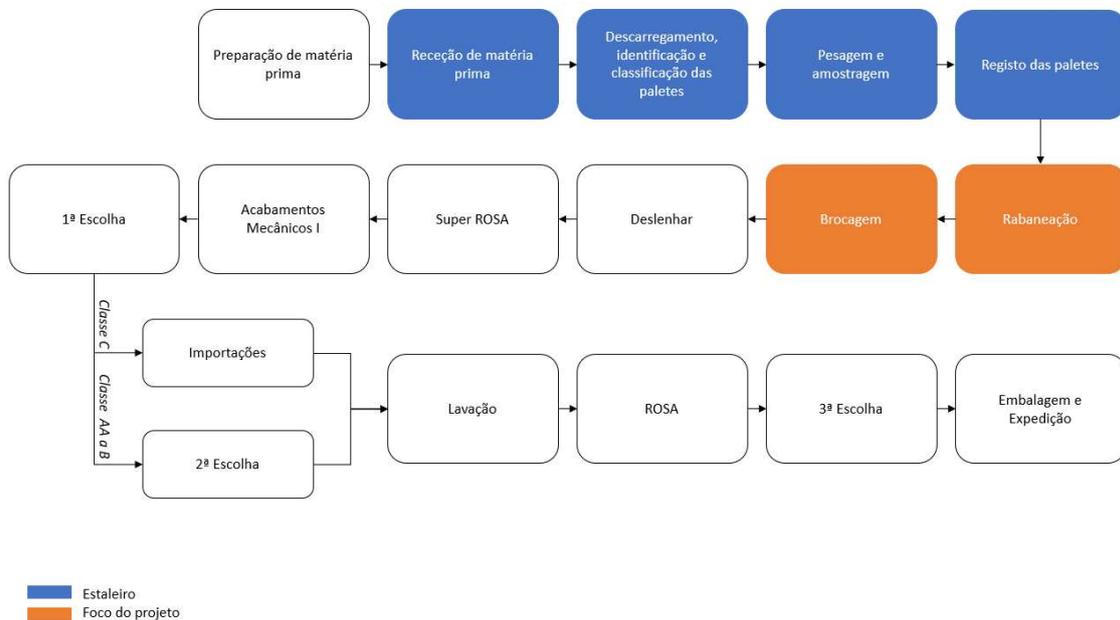


Figura 11 - Fluxograma com as etapas do processo produtivo

4.1. Preparação da matéria-prima

Antes da cortiça chegar ao Estaleiro da UI de Lamas, etapa onde se inicia o processo produtivo, esta passa por um conjunto de procedimentos que a torna pronta para ser posteriormente processada.

A cortiça, depois de sair do montado, tem de ficar, num período mínimo de seis meses, a estabilizar e a desenvolver um teor de humidade uniforme, como se pode observar na Figura 12.

Cada um dos lotes individuais da floresta é etiquetado, com a finalidade de poder remontar à sua origem. Aqui a rastreabilidade tem uma elevada importância, uma vez que permite obter a certificação pelo FSC.



Figura 12 - Estabilização das pranchas de cortiça

Após este período de estabilização, a cortiça passa pela etapa da cozedura. O objetivo desta etapa é remover os sólidos orgânicos que estão alojados nos poros, para além de permitir que a cortiça atinja o teor de humidade necessário para ser processada. As pranchas são então cozidas em tanques de aço inoxidável fechados e filtrados (Figura 13), onde cada lote é cozido durante uma hora. Quando saem, as pranchas aumentaram cerca de 20% do seu volume e são bastante mais fáceis de manusear e mais regulares.



Figura 13 - Tanques de cozedura

Depois da cozedura, as pranchas irão ser empilhadas numa área estéril e com boa ventilação, para que consigam repousar (estas estão demasiado húmidas para serem processadas). Dois dias depois, já estarão preparadas para serem processadas.

4.2. Estaleiro

A Figura 14 apresenta o fluxograma com as etapas realizadas no setor do Estaleiro, representando visualmente os passos feitos desde a receção da matéria-prima até ao envio das paletes para a Rabaneação.

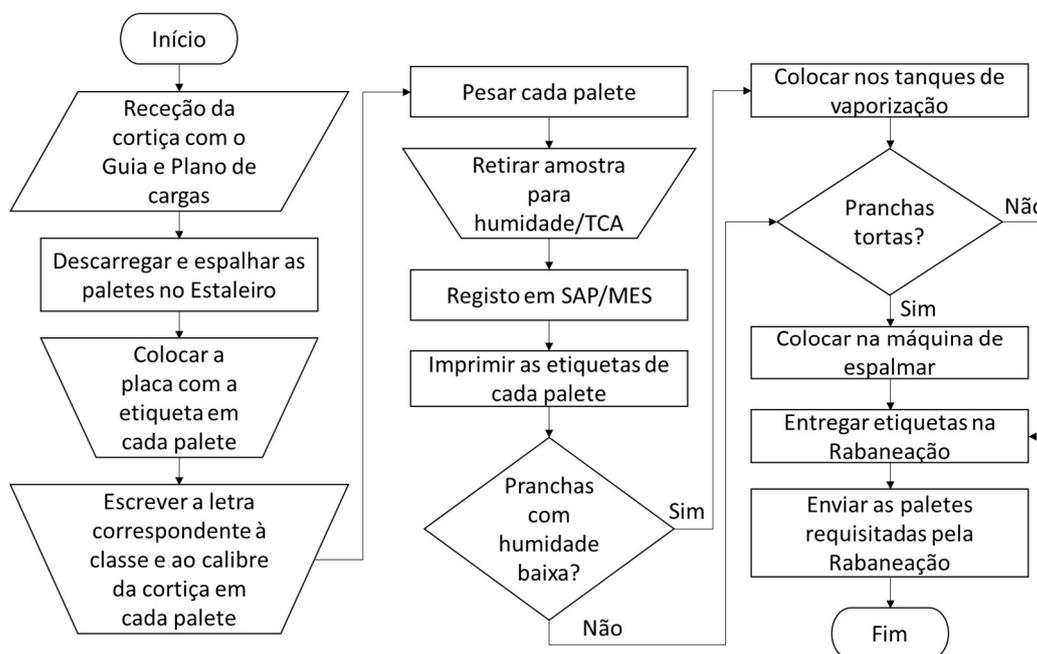


Figura 14 - Fluxograma com as etapas a realizar no Estaleiro

4.2.1. Receção de matéria-prima

Desde a prancha de cortiça ao produto final, a cortiça passa por uma série de etapas, que diferem de acordo com o tipo de rolha a que se destinam. O processo produtivo começa no Estaleiro, local onde ocorre a chegada da matéria-prima para o fabrico das rolhas, que são as pranchas de cortiça. Todos os dias chegam ao Estaleiro camiões com paletes que contêm estas pranchas, sendo que são descarregadas e espalhadas para posterior etiquetagem, como se pode observar através da Figura 15.



Figura 15 - Paletes descarregadas e espalhadas no Estaleiro (já etiquetadas)

Cada um dos camiões que chega leva, normalmente, 14 ou 15 paletes, juntamente com uma Guia e Plano de cargas, que são os documentos que identificam cada uma das paletes, com informações acerca do local de onde veio a cortiça, o número de cada paleta, bem como outros dados relevantes para o acompanhamento desta cortiça ao longo de todo o processo produtivo, através dos sistemas de SAP e MES.

4.2.2. Descarregamento, identificação e classificação das paletes

O responsável pelo setor vai a cada paleta e coloca a etiqueta de cada uma delas numa placa (de modo a identificá-las), permitindo esta etiqueta remontar à origem de um lote individual na floresta (aqui está novamente subentendida a rastreabilidade, importante para a certificação FSC). Nesta etiqueta (Figura 16) é também escrita uma letra, letra esta que corresponde à classificação dada ao tipo de cortiça de cada paleta.



Figura 16 - Etiqueta com a letra B – corresponde ao 13/15 1°/4°, explicada de seguida

Esta classificação é dada tendo em conta dois fatores: o calibre e a classe das pranchas de cortiça (Figura 17). O calibre não é mais do que a “espessura” de cada prancha e a classe acaba por ser a “qualidade” da cortiça. Esta qualidade estará dependente de algumas características-chave, como a própria aparência, a porosidade e a existência ou ausência de alguns defeitos na cortiça, tais como o bicho. Estes fatores são rapidamente identificados pelos olhos dos operadores, que já têm muita experiência e facilmente reconhecem qual é o calibre e a classe da cortiça das paletes. Os calibres de cortiça que existem são:

- 10/12
- 12/14
- 13/15
- 15/20
- 18/24
- 13/20
- 12/15

Por sua vez, as classes de cortiça são da 1ª à 6ª (sendo a 1ª a melhor e a 6ª a pior), podendo ou não ter bicho (CB). Estas classes são dadas à cortiça em intervalos, sendo estes:

- 1^a
- 1^a/2^a
- 1^a/3^a
- 2^a/3^a
- 1^a/4^a
- 1^a/4^a CB
- 5^a/6^a

Nota: Toda a cortiça que é considerada 5^a/6^a tem sempre bicho, daí não ser colocada CB na sua designação.



Figura 17 - Quadro com as classes e calibres das pranchas de cortiça

Para além desta letra que identifica o calibre e a classe da cortiça de cada palete, é também colocado na etiqueta o número de cada palete (a caneta azul), de modo a estar mais facilmente visível (Figura 18).



Figura 18 - Etiqueta mais detalhada

4.2.3. Pesagem e amostragem

Entretanto, todas as paletes são pesadas e é registado o peso de cada uma, retirando-se também de cada palete uma amostra de cortiça para a realização de testes de humidade em laboratório. Uma vez por dia, em todas as paletes de um camião escolhido aleatoriamente, são retiradas em vez de uma, duas amostras para realização de testes de humidade e de TCA em laboratório, de modo a verificar se os valores estão nos limites considerados como aceitáveis.

4.2.4. Registo das paletes em SAP e MES

O SAP (*Systems, Applications and Products in Data Processing*) é um sistema de Gestão Empresarial (ERP) que traz as melhores práticas do mercado para as empresas, tendo como finalidade a melhoria da gestão, controlo e eficiência dos dados e informação, tanto ao nível dos produtos, como das movimentações feitas no sistema.

O MES (*Manufacturing Execution System*) é um software que permite fazer a recolha e análise dos dados do processo produtivo diretamente do chão de fábrica, muito importante para que seja mais fácil a tomada de decisões e permitindo planear e parametrizar toda a produção. Deste modo, o MES permite fazer uma comparação entre aquilo que estava inicialmente planeado em termos de produção e o que foi efetivamente executado. Esse acompanhamento é feito medindo quantidades físicas de produtos e custos de natureza industrial.

As paletes são posteriormente registadas em SAP e em MES, através da leitura do *QR code* presente na Guia, imprimindo-se duas etiquetas por palete. Estas etiquetas serão entregues no setor que se sucede no processo produtivo, o da Rabaneação, para que o responsável por este setor consiga ver o tipo de cortiça disponível nesse dia. De acordo com as necessidades de produção no dia considerado, irão ser pedidas as paletes de cortiça que estiverem a ser necessárias, sendo estas entregues para serem depois consumidas (a etiqueta funciona como uma espécie de *Kanban*).

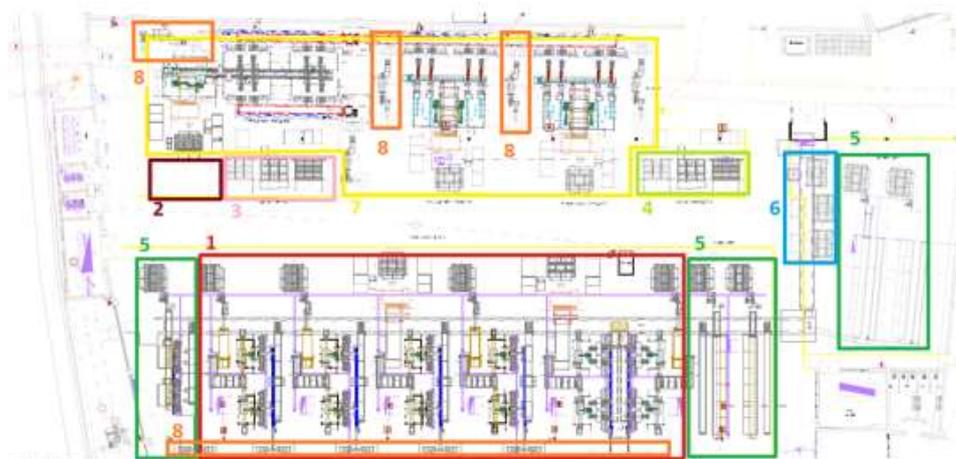
Se eventualmente a cortiça das paletes estiver com a humidade demasiado baixa, antes desta ser enviada para a Rabaneação será colocada nos tanques de vaporização, com a finalidade de repor os valores de humidade em intervalos aceitáveis. De igual modo, se a cortiça também

estiver demasiado torta, ou seja, se as pranchas tiverem uma curvatura considerada como acentuada, estas serão colocadas na máquina de espalmar antes de irem para a Rabaneação, de modo a colocar a cortiça mais “lisa” (menos torta).

Depois de concluída esta etapa de receção da matéria-prima, esta continuará o processo produtivo para a fase seguinte, o da Rabaneação e Brocas.

4.3.Rabaneação e Brocas

Existem 14 linhas de produção, sendo que cada uma destas linhas pode ser de um dos seguintes tipos: brocas a pedal (brocas manuais), brocas automáticas (brocas “cegas”) ou brocas inteligentes (brocas com visão artificial). Este projeto será focado apenas nas linhas 12, 13 e 14, sendo estas as três linhas que contém brocas inteligentes (serão descritas e abordadas mais pormenorizadamente neste capítulo). A Figura 19 apresenta o *layout* da Rabaneação e Brocas, sendo que cada zona será detalhada mais à frente.



Legenda:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| 1. Linhas de brocas automáticas | 5. Linhas de brocas a pedal |
| 2. Devoluções | 6. Reaproveitamento |
| 3. Banca | 7. Linhas de brocas inteligentes |
| 4. Apoio às brocas a pedal | 8. Deslenhar |

Figura 19 - Layout do setor da Rabaneação e Brocas

4.3.1. Rabaneação

Nesta etapa do processo produtivo, a cortiça chega nas paletes provenientes do Estaleiro e é feita uma escolha da cortiça, verificando que a qualidade da cortiça que foi comprada corresponde à cortiça que está efetivamente na paleta. Depois deste processo de verificação, a cortiça é rabaneada. O termo rabanear significa cortar a prancha em traços, sendo estes perfurados com uma broca de modo a extrair as rolhas. A rabaneação tanto pode ser feita manualmente pelo rabaneador (apenas no caso das brocas a pedal, manuais) como automaticamente, numas máquinas chamadas rabaneadeiras (no caso das linhas das brocas automáticas e inteligentes), estando estas posicionadas imediatamente antes do sistema de alimentação que levará os traços, já cortados, até às brocas (Figura 20).



Figura 20 - Rabaneação feita manualmente (à esquerda) e rabaneação automática nas rabaneadeiras (à direita)

A rabaneadeira manual é composta pelo disco cortante, visível na figura acima e a rabaneadeira automática é composta por um tapete giratório, que leva a prancha de cortiça para o seu interior. Aqui, existem vários discos semelhantes ao que está presente na rabaneadeira manual, que são responsáveis por cortar a prancha nos vários traços. A Figura 21 apresenta duas imagens que ajudam a visualizar a saída dos traços, já cortados, do interior da rabaneadeira automática.



Figura 21 - Vista do outro lado da rabaneadeira automática, com as pranchas cortadas em traços

Em primeiro lugar, o rabaneador terá de verificar a qualidade da cortiça, de modo a verificar se corresponde ou não ao calibre e à classe que estão a ser consumidas na respetiva linha e, de seguida, tem de rabaneá-la. Para além de verificar o calibre e a classe da cortiça, tem também de verificar se esta tem defeitos, sendo que estas pranchas devem ser separadas pelos rabaneadores nas respetivas paletes que se encontram ao lado da rabaneadeira, devidamente identificadas, como se pode verificar através da Figura 22.

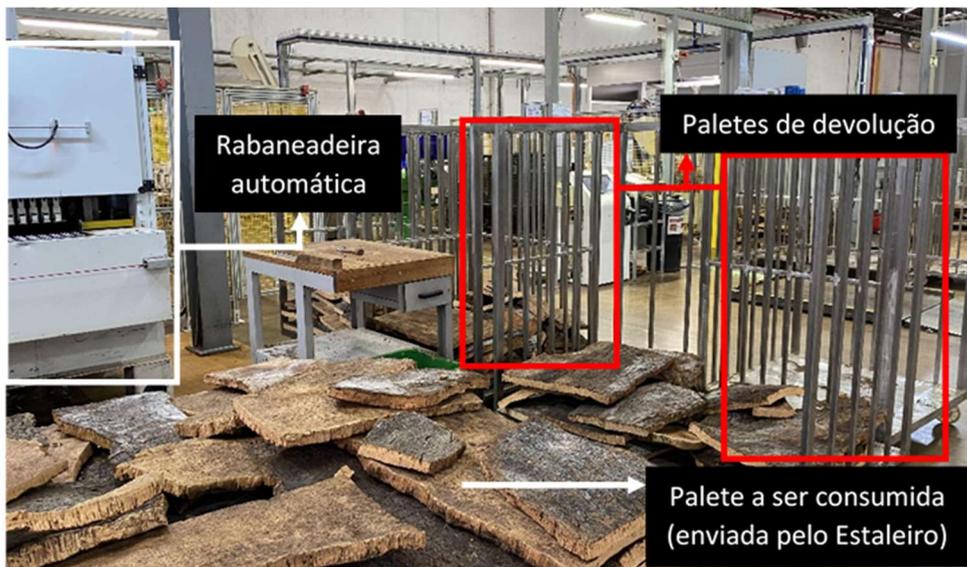


Figura 22 - Localização da rabaneadeira e das paletes

Cada palete de devolução contém apenas o mesmo tipo de classe e calibre ou então o mesmo tipo de defeito. Estas paletes serão pesadas e será descontado ao fornecedor o preço entre a suposta classe da cortiça e o preço da classe ou defeito identificados. Por exemplo, se a classe da cortiça presente na paleta a ser consumida for supostamente de 1^a/4^a, mas o rabaneador verificar que a classe da prancha em que pegou é de 5^a/6^a, irá colocá-la na paleta de devolução com cortiça apenas de 5^a/6^a e será descontado o peso desta paleta, acertando o preço entre a cortiça de 1^a/4^a e a cortiça de 5^a/6^a (sendo esta diferença paga pelo fornecedor). Posteriormente, após ter sido pesada esta paleta, é encaminhada para uma das linhas das brocas automáticas que esteja a produzir cortiça de 5^a/6^a, continuando o rabaneador com o processo de seleção e alimentando a rabaneadeira, caso verifique que a cortiça está conforme.

Após ter falado neste processo de seleção da cortiça, serão descritos os defeitos que se podem encontrar, presentes na Figura 23, sendo estes:

- Mancha;
- 9/11 (calibre demasiado pequeno para fazer a rolha);
- Plano riscado/encascado;
- Refugo: aqui estão incluídos os defeitos bicho formiga, bicho cobrilha, prego, barro, bofe e ano seco;
- Cortiça não adequada (torta, estreita ou rachada): no caso da cortiça torta, é possível corrigir ou remediar este defeito, encaminhando estas pranchas de volta para o Estaleiro para serem colocadas na máquina de espalmar. Normalmente, esta cortiça é encaminhada para as brocas a pedal, quando existe disponibilidade para tal;
- Verdura: é possível corrigir este defeito, enviando a cortiça para reprocessamento (processo que engloba colocar a cortiça com verdura na estufa, seguindo-se uma nova cozedura desta cortiça);
- Defeito físico (traçado): normalmente, esta cortiça também é encaminhada para as brocas a pedal.

Os quatro primeiros defeitos apresentados são encaminhados para as respectivas paletes, presentes na zona do *layout* da Figura 19, a zona das Devoluções, a fim de serem pesadas para acertar os pagamentos com o fornecedor.

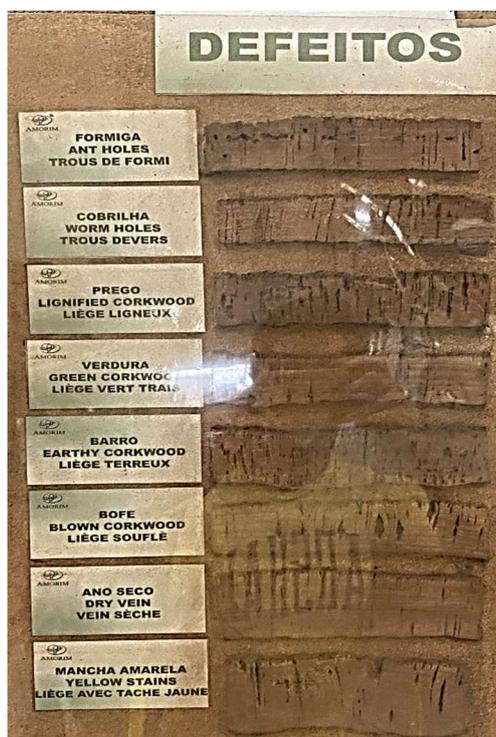


Figura 23 - Alguns defeitos da cortiça

Paralelamente a este processo de seleção feito pelos rabaneadores, é realizada uma separação e uma espécie de nova verificação das escolhas feitas pelos mesmos, verificando se, evidentemente, a cortiça foi bem selecionada e separada.

A Banca está identificada na Figura 19, no qual o chefe do setor da Rabaneação é responsável por ir às várias paletes que estão a abastecer as linhas de produção das brocas automáticas e separar aquelas que têm uma classe superior à classe presente na palete. De seguida, encaminha-as para as paletes da Banca. Existem três paletes com três diferentes classes: uma palete com cortiça de 1^a, outra com cortiça de 1^a/2^a e outra com cortiça de 1^a/3^a.

Da Banca, estas pranchas vão para o Apoio às brocas a pedal (Figura 24). Estas pranchas são rabaneadas manualmente e os traços servem para alimentar as brocas a pedal, se forem necessárias mais pranchas.



Figura 24 - Apoio às brocas a pedal, constituído por uma rabaneadeira manual

O Reaproveitamento funciona como uma espécie de “filtro” do erro dos rabaneadores das brocas automáticas. O chefe do setor da Rabaneação coloca no Reaproveitamento a cortiça que foi colocada pelo rabaneador numa das paletes de devolução, mas que pode ter uma classe superior (ou seja, a separação foi mal feita). Desta forma, ao haver esta nova verificação, assegura-se que a cortiça não está a ser subvalorizada, ao mesmo tempo que se minimiza o erro dos rabaneadores na seleção da cortiça. Do Reaproveitamento, a cortiça que realmente tiver uma classe superior é encaminhada para uma das paletes da Banca já referidas.



Figura 25 - Paletes do Reaproveitamento

A Figura 26 ilustra as movimentações feitas nesta nova verificação das escolhas dos rabaneadores.

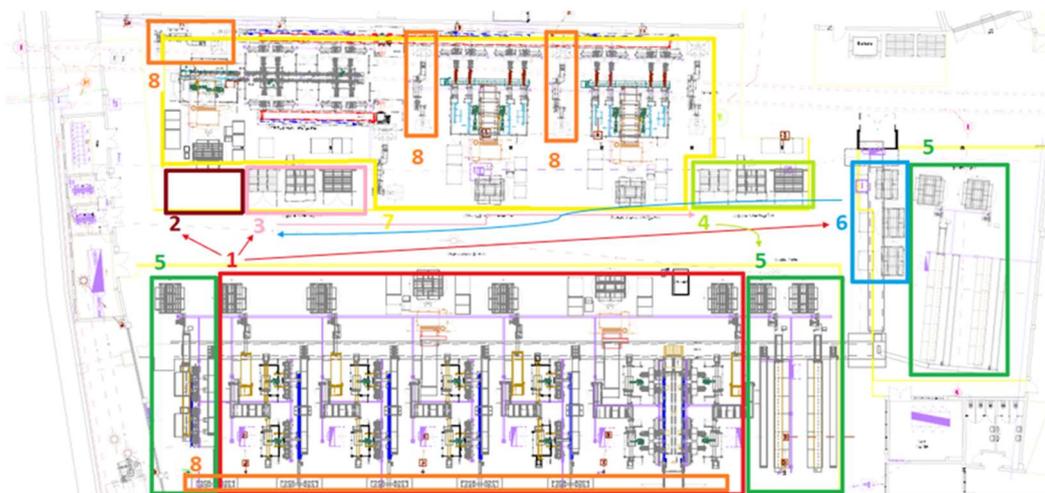


Figura 26 - Movimentações feitas no setor

4.3.2. Brocagem

Depois desta breve explicação acerca do processo de escolha da cortiça e da rabanação, serão apresentados os três tipos de linhas existentes: as linhas de brocas a pedal, de brocas automáticas e de brocas inteligentes, sendo estas últimas abordadas de uma forma mais pormenorizada, uma vez que serão o alvo deste projeto. As outras linhas serão descritas de uma forma mais superficial. As brocas de cada um destes três tipos de linhas têm a mesma função: perfurar os traços com a finalidade de extrair a rolha (Figura 27).



Figura 27 - Visualização de como é extraída a rolha do traço de cortiça

As brocas a pedal são as manuais, isto é, que têm um operador (o broquista) a manusear a broca para fazer as rolhas de cortiça (Figura 28). A cortiça que chega às brocas a pedal é de maior qualidade, com uma classe superior, proveniente normalmente das três paletes existentes na Banca, com cortiça de 1^a, 1^a/2^a e 1^a/3^a. Isto acontece uma vez que o broquista consegue ver os defeitos existentes no traço de cortiça e irá picar as rolhas na área do traço com a maior qualidade possível, passando à frente os defeitos. As brocas a pedal têm, por isso mesmo, uma maior precisão e um maior aproveitamento do traço relativamente às brocas automáticas. Uma das desvantagens da broca a pedal em relação às automáticas é que uma broca a pedal apenas produz à volta de 14 ou 15 mil rolhas num turno de oito horas, enquanto que a broca automática produz à volta de 35 mil rolhas no período homólogo. Os traços que abastecem estas linhas são rabaneados manualmente.



Figura 28 - Linha de brocas manuais (à esquerda) e broquista a extrair uma rolha do traço (à direita)

Por sua vez, as brocas automáticas (Figura 29) operam, como o nome indica, automaticamente. Ou seja, o rabaneador apenas necessita de escolher e colocar as pranchas de cortiça na rabaneadeira automática e o sistema de alimentação será responsável por levar os traços rabaneados até às brocas automáticas. A maioria da cortiça consumida nestas linhas tem um calibre mais pequeno, sendo maioritariamente de 12/14 ou 13/15.

Os calibres de rolhas que podem ser produzidos pelas brocas automáticas são os 45x24, 45x26, 49x24 e 49x26. Estas brocas também são denominadas de “brocas cegas”, porque não conseguem “ver” se a rolha tem defeitos ou não, picando sempre o traço que lhes chega independentemente de a rolha poder sair conforme ou não conforme (com defeito). O único

objetivo é produzir em grandes quantidades, não havendo a preocupação com evitar os defeitos que a cortiça possa ter, produzindo uma broca automática cerca de 35 mil rolhas por cada turno de oito horas, consideravelmente mais do que as brocas a pedal.



Figura 29 - Broca automática

Por fim, as brocas inteligentes são brocas automáticas, mas que têm um sistema de visão artificial que lhes permite evitar a cortiça com defeitos, reduzindo substancialmente a quantidade de rolhas produzidas com defeito, ou seja, não conformes. O objetivo destas brocas é conseguir identificar qual a melhor área do traço de modo a extrair as rolhas com a maior qualidade possível. Estas linhas também têm, à semelhança das linhas de brocas automáticas, uma rabaneadeira automática e um rabaneador (desempenhando este a mesma função daqueles que operam nas brocas automáticas) e o sistema de alimentação, que, apesar de diferente, também terá a mesma função de levar os traços rabaneados até às brocas. Apesar da rabaneadeira ser exatamente igual à das linhas de brocas automáticas, existe uma particularidade das linhas de brocas inteligentes (linhas 12, 13 e 14): os traços têm de ser abastecidos com a barriga (a parte lisa da cortiça) para cima. Por isso mesmo, todo o sistema de alimentação tem de garantir que não ocorram situações que façam com que os traços cheguem noutra posição às brocas, caso contrário, leva ao encravamento destas, parando a produção.

A Tabela 4 indica o número de brocas e o respetivo fornecedor, o calibre e a classe da cortiça consumida em cada uma das linhas, bem como o calibre de rolhas produzido.

Tabela 4 - Caracterização das brocas e da cortiça de cada linha

	Linha 12	Linha 13	Linha 14
Número de brocas	8 Brocas Vimétrica	4 Brocas Vimétrica	4 Brocas Blowmek
Calibre das pranchas	12/14	12/14	13/15
Classe das pranchas	5 ^a /6 ^a	1 ^a /4 ^a CB	1 ^a /4 ^a CB
Calibre das rolhas	45x24	49x24	45x25
	C/BH	BHL	C/BH

A cortiça consumida na linha 12 é mais baixa, de 12/14 e a classe é de 5^a/6^a, na linha 13 também é consumida cortiça de 12/14, no entanto a classe é de 1^a/4^a CB e na linha 14 é consumida cortiça de 13/15, diferindo das outras duas linhas, sendo a classe igual à das pranchas consumidas na linha 13, de 1^a/4^a CB. Na linha 12 produz-se rolhas 45x24 com bicho (C/BH), na linha 13 produz-se 49x24 BHL (ordem de fabrico específica, para saber que estas rolhas percorrem um caminho diferente do normal no processo produtivo) e a linha 14 produz rolhas 45x25 C/BH.

Uma das desvantagens destas linhas é que uma broca inteligente da *Blowmek* apenas produz à volta de 10 mil rolhas num turno de oito horas, enquanto que uma broca inteligente da *Vimétrica* apenas produz cerca de 6 mil rolhas num turno, quantidade ainda menor do que a produzida pela broca a pedal. A Figura 30 representa o setor da Rabaneação e Brocas, englobando as linhas 12, 13 e 14.



Figura 30 - Setor da Rabaneação e Brocas

4.3.3. Linhas 12,13 e 14

Como este projeto é focado nas linhas de brocas inteligentes, torna-se evidente que a parte do processo produtivo que será mais importante de reter e entender será o sistema de alimentação de cada uma das linhas, uma vez que as melhorias que serão apresentadas são feitas nas linhas 12, 13 e 14. Este subtítulo terá como objetivo principal a descrição mais detalhada destas linhas, de modo a perceber o seu funcionamento e como é que as pranchas de cortiça viajam ao longo do sistema de alimentação até chegarem às brocas.

A linha 12 é composta pela rabaneadeira, um sistema de alimentação e 8 brocas da *Vimétrica*. O objetivo do sistema de alimentação é fazer com que os traços cheguem até às brocas com a barriga para cima, caso contrário, pode levar a que ocorram encravamentos das brocas e a perdas de produção. Este sistema de alimentação é composto pelos seguintes componentes:

- 2 tapetes giratórios – Tapete 1 e Tapete Azul;
- 2 robôs das mesas;
- Sistema de visão;
- Zona de rejeição de traços;
- 4 mesas de alimentação;
- 4 canais de alimentação;
- 2 robôs das brocas;
- 8 canais das brocas.

Os tapetes giratórios são responsáveis por levar os traços já rabaneados até à zona de ação dos robôs. Estes robôs têm um *gripper*, que, através de um sistema de sucção de ar, tem como objetivo principal transportar os traços de cortiça desde o segundo tapete giratório até às quatro mesas de alimentação. A este segundo tapete giratório foi atribuído o nome de Tapete Azul por causa da sua cor, e os robôs conseguem identificar os traços de cortiça neste tapete devido ao sistema de visão. Existe uma câmara em cima deste Tapete Azul que comunica aos robôs onde estão presentes os traços de cortiça, permitindo que estes “vejam” a que zona do tapete terão de ir buscá-los. Os robôs têm a função de pegar nestes traços, através da sucção de ar, e largá-los corretamente nas mesas de alimentação. O sistema de visão identifica os traços disponíveis no Tapete Azul para os robôs pegarem, no entanto, caso este sistema não consiga por algum motivo

identificar algum traço, o Tapete Azul irá continuar a girar, sendo estes traços rejeitados para a zona de rejeição de traços, encaminhando estes traços para uma caixa, onde terão de ser novamente alimentados nos canais manualmente caso estejam conformes (OK). Apesar de não estar visível na Figura 31, a câmara responsável por identificar os traços e comunicar aos robôs da sua disposição está diretamente em cima deste Tapete Azul.



Figura 31 - Tapetes e robôs da linha 12

A caixa onde os traços que caem da zona de rejeição são depositados está representada na Figura 32.

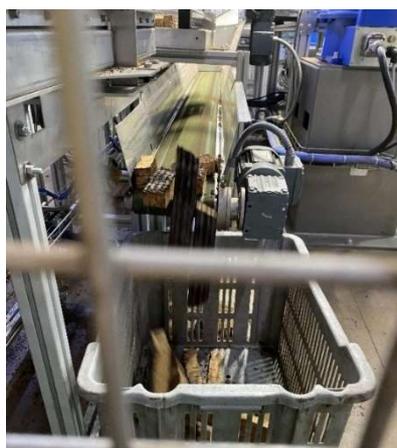


Figura 32 - Caixa onde caem os traços rejeitados

Nas mesas, os traços de cortiça são “espalmados” por um batente, sendo encaminhados para os canais de alimentação. A Figura 33 demonstra um dos robôs, as mesas e os batentes da linha 12.

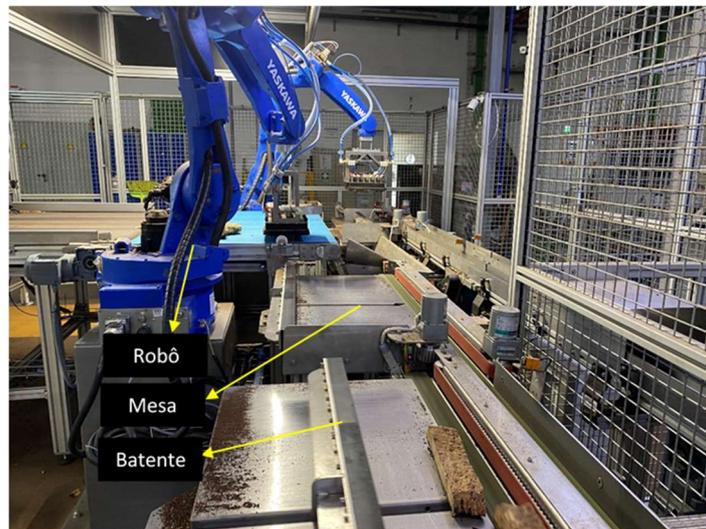


Figura 33 – Robôs, mesas e batentes da linha 12

Os canais de alimentação, por sua vez, têm a função de levar os traços até aos robôs das brocas. Todos os canais (incluindo os canais das brocas), têm também tapetes giratórios que fazem com que os traços avancem ao longo dos mesmos. Os robôs das brocas têm, em vez do *gripper* dos robôs das mesas, duas pinças, estando cada robô encarregue de transportar os traços de dois canais de alimentação até aos canais das brocas (Figura 34).



Figura 34 - Robô das brocas com as pinças

Cada robô das brocas estará encarregue de alimentar quatro dos oito canais das brocas existentes nesta linha (um robô para cada quatro canais das brocas). Por fim, os canais das brocas levam os traços diretamente até às brocas, onde as rolhas serão produzidas (Figura 35).

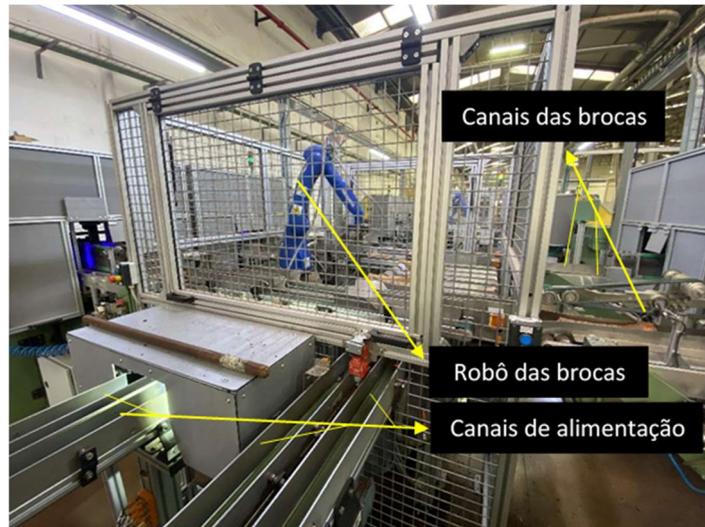


Figura 35 - Canais de alimentação, robôs das brocas e canais das brocas

Na Figura 35, apenas se visualiza um robô das brocas e quatro canais. Os canais de alimentação continuam em frente, sendo que existe outro sistema idêntico a este, com um robô das brocas a alimentar mais quatro brocas, presente na Figura 36.



Figura 36 - Conjunto do segundo robô das brocas (idêntico ao primeiro apresentado)

O sistema de alimentação das linhas 13 e 14 é igual, sendo que a diferença entre estas linhas está nas brocas. Na linha 13 existem 4 brocas da *Vimétrica* e na linha 14 existem 4 brocas da *Blowmek*. A largura dos canais de alimentação também é diferente, sendo que na linha 13, como são produzidas rolhas de calibre 49x24 BHL, a largura dos canais é maior do que os canais da linha 14, que produzem rolhas de calibre 45x25. Nestas duas linhas não existem os robôs das brocas (apenas existem os robôs das mesas) e os traços de cortiça são encaminhados para as brocas diretamente através dos canais de alimentação. Cada uma destas linhas é composta pela rabaneadeira, um sistema de alimentação e pelas 4 brocas. Este sistema de alimentação é composto pelos seguintes componentes:

- 3 tapetes giratórios – Tapete 0, Tapete 1 e Tapete Azul;
- 2 robôs das mesas;
- Sistema de visão;
- Zona de rejeição de traços;
- 4 mesas de alimentação;
- 4 canais de alimentação;
- 4 sistemas de rejeição de traços não OK (desviadores e respectivas câmaras).

À semelhança da linha 12, os tapetes giratórios são responsáveis por levar os traços já rabaneados até à zona de ação dos robôs. A única diferença é que, neste caso, existe mais um tapete imediatamente a seguir à rabaneadeira, que funciona como uma espécie de *buffer* para que o rabaneador tenha mais tempo para fazer uma seleção cuidada das pranchas de cortiça. Os robôs são exatamente iguais aos robôs das mesas da linha 12, sendo a sua função de transportar os traços desde o Tapete Azul até cada uma das quatro mesas de alimentação, através do seu sistema de sucção de ar, sendo auxiliados pelo sistema de visão. A Figura 37 mostra uma imagem da linha 13 e da linha 14.



Figura 37 - Linha 13 (à esquerda) e linha 14 (à direita)

Adicionalmente, o sistema de visão também funciona da mesma maneira que na linha 12. Caso não consiga, por algum motivo, identificar algum traço, o Tapete Azul irá continuar a girar, sendo estes traços rejeitados para a zona de rejeição de traços e encaminhados até à caixa. Nas mesas, os traços de cortiça serão também “espalmados” por um batente, sendo levados para os canais de alimentação. Os canais de alimentação também têm a finalidade de levar os traços até às brocas, fazendo com que estes traços avancem ao longo dos canais através dos tapetes giratórios. Uma particularidade destas linhas é que estas têm um sistema de rejeição de traços não OK, localizados sensivelmente a meio de cada um dos quatro canais de alimentação (Figura 38).



Figura 38 - Mesas, canais de alimentação e sistema de rejeição de traços

Este sistema de rejeição é composto por uma caixa que contém no seu interior duas câmaras laterais (uma de cada lado do canal de alimentação) que identificam se o traço está OK, ou seja, se está com a barriga para cima, sendo que a Figura 39 exibe uma imagem mais aproximada do sistema de rejeição de traços.



Figura 39 - Sistema de rejeição de traços

Caso não esteja com a barriga para cima, comunicam esta informação ao desviador, e este será responsável por rejeitar o traço para a zona de rejeição. Caso estejam OK, o desviador mantém-se inalterado, seguindo os traços o seu caminho até às brocas (Figura 40).

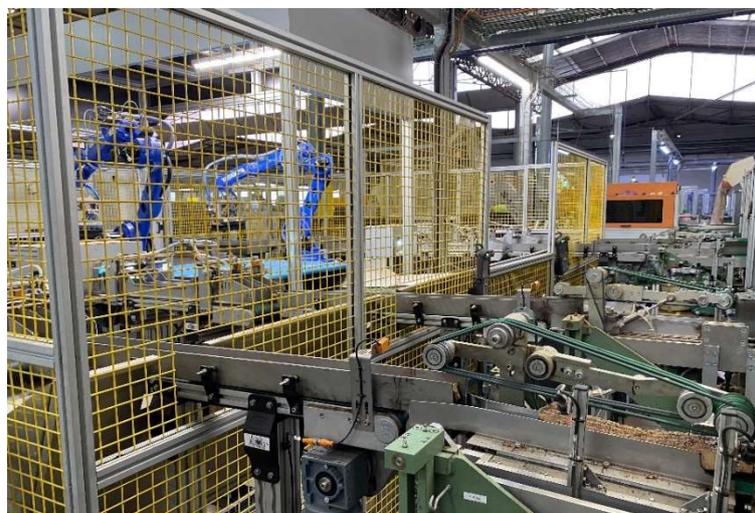


Figura 40 - Encaminhamento dos traços não rejeitados até às brocas

Por fim, os traços chegam até às brocas, onde as rolhas serão produzidas. A Figura 41 evidencia imagens de uma broca *Blowmek* com a câmara de topo, com a câmara lateral e com a própria broca.



Figura 41 - Câmara de topo (1), câmara lateral (2) e broca (3)

Por sua vez, a Figura 42 evidencia imagens de uma broca *Vimétrica* com a câmara lateral, a câmara de topo e com a broca.



Figura 42 - Câmaras laterais (1 e 2), câmara de topo (3) e broca (4)

4.4. Do deslenhar à expedição

Depois disto, as rolhas são encaminhadas para o Deslenhar, que são as máquinas responsáveis por fazer uma pré-escolha das rolhas, retirando os defeitos mais críticos. O repasse (rolhas com defeitos junto ao topo), a apara (rolhas com defeitos no corpo da rolha) e as rolhas compridas são separadas das rolhas que estão conformes nestas máquinas.

De seguida, as rolhas são encaminhadas para o Super ROSA, onde são sujeitas a um tratamento de temperatura e vapor durante ciclos de 40 horas de modo a eliminar o TCA. Se o lote for rejeitado, volta a fazer um novo ciclo nos Super ROSA. Caso esteja aprovado, segue para os Acabamentos Mecânicos I (AMI), onde as rolhas irão ser retificadas mecanicamente (polidas e topejadas), endireitando o corpo e colocando toda a rolha com o diâmetro e comprimento certos. Posteriormente, ainda nos AMI, será feita a primeira escolha das rolhas como classe industrial, dividindo as rolhas nas classes AA, A, B e C (sendo o AA a melhor classe e a C a pior), de acordo com a sua qualidade e aspeto visual.

Depois dos Acabamentos Mecânicos I, as rolhas da classe C seguem para as Importações, onde passam pela SVE, máquina responsável por verificar se as rolhas são capazes de vedar uma garrafa e, de seguida, são sujeitas a um processo semelhante ao anterior de modo a separá-las em classes.

As rolhas das classes AA a B vão para a 2ª Escolha, onde passam na SVE e são separadas naquilo que é a primeira escolha como classes comerciais: Flôr, Extra, Superior, 1º, 2º, 3º, 4º, 5º e 6º (sendo Flôr a melhor classe e 6º a pior). Esta primeira escolha é feita por computadores que as classificam e separam com base na sua qualidade visual. Após esta separação nas classes comerciais, as rolhas seguem para o supermercado, zona que faz a separação da produção empurrada da puxada. A partir daqui passa a ser produção puxada, utilizando-se um sistema de *Kanbans*. De acordo com as encomendas feitas pelos clientes, as rolhas são “puxadas” e continuam o processo produtivo. De seguida, as rolhas passam na Lavação, onde são misturadas com produtos químicos, continuando para os ROSA, que ajuda na secagem das rolhas, para além de também ajudar na desinfeção do TCA, sendo transportadas, depois deste ciclo, para a 3ª Escolha.

Na 3ª Escolha, as rolhas vão ser pela última vez escolhidas nas máquinas, separando-as de acordo com a classe (à semelhança da 2ª Escolha), Estas poderão ir para o contentor principal, contendo a classe do respetivo lote de rolhas, ou para o contentor do descaio, contendo rolhas de duas classes abaixo do contentor principal. Exemplificando, se no contentor principal estiverem a ser escolhidas rolhas Flôr, no contentor de descaio estarão a ser escolhidas rolhas de Superior (duas classes abaixo de Flôr). A caixa principal é sujeita a um controlo, que funciona através de um sistema de gestão visual, sendo que é colocada uma das seguintes placas:

- Placa amarela: informa a controladora que o lote tem de fazer controlo;
- Placa verde: colocada pela controladora quando o lote está aprovado;
- Placa vermelha: colocada pela controladora quando o lote está rejeitado. Coloca-se o motivo pelo qual o lote foi rejeitado num papel, afixando-o ao contentor.

Caso esteja aprovado, arrasta-se este contentor para o meio do corredor, onde está pronto para ser embalado e expedido para o cliente final.

5. Descrição do problema e análise da situação atual

De modo a fazer um melhor enquadramento do estado inicial destas três linhas de brocas inteligentes, serão apresentados neste capítulo quais os principais problemas de cada uma das linhas, explicando alguns conceitos importantes para perceber o que foi feito no projeto de melhoria através da metodologia DMAIC.

5.1. Projeto de melhoria de produtividade

Como já tinha sido anteriormente referido, as primeiras semanas do estágio foram dedicadas ao conhecimento de todo o processo produtivo, essencial para entender como funciona o fluxo de materiais dentro da empresa. Ao longo de duas semanas, foi feito o Programa de Acolhimento e Integração na Amorim, representado na Figura 43, com o objetivo último de conhecer todos os setores através de visitas realizadas todos os dias com os respetivos responsáveis.

Programa de Acolhimento e Integração			
Objetivo: promover o acolhimento do novo estagiário na Empresa, através do conhecimento da org o processo produtivo e colaboradores e a sua integração para o bom desempenho no programa de e			
Data	Hora	Programa	Responsável
09/02 - manhã		UN ROLHAS - UI LAMAS 1. Visita geral às instalações – dia 8 2. Apresentação do processo produtivo: - Escolha e separação da matéria-prima - Rabaneação - Brocagem - Acabamentos mecânicos: topear, punçar, chanfrar, bolear, rebalixar - Lavação - Secagem - Escolha: manual, passagem, eletrónica - Colmatagem - Embalagem - expedição	Sara Pereira e Mafalda Lopes
09/02 - tarde		Receção de Matéria Prima Cortiça (UI LAMAS) – manhã Receção de Rolhas NAfr e rotinas MES - tarde	Rui Rios João Rocha
10/02 - 12/02		Rabaneação / Brocas (UI Lamas)	José Miguel Valdemar Soares
15/02 - 16/02		Acabamentos Mecânicos / Escolha Eletrónica (UI LAMAS) e Importações	André Sousa Tiago Ferreira Humberto Costa Olinda Sá
17/02 - 19/02		Escolha Naturais	Filomena Soares Maria José Tiago Pacheco
22/02		VSR e SuperRosa (UI LAMAS)	Alexandre Mil Homens e equipa
23/02		Lavação (UI LAMAS)	Fernando Silva Jerónimo Pinto Fernando Tavares
24/02		Acabamentos Mecânicos II (UI LAMAS)	Sérgio Sousa Jorge Vilar César Silva
25/02		Acquamark (UI LAMAS)	Rosalina Sousa Henrique Gomes
26/02		Embalagem	Pedro Cerdeirinha Miguel Vieira Jonathan Ferreira
01/03 - manhã		Controlo Processo (UI LAMAS antes embalar e/ou VSR)	Alexandre Silva
01/03 - tarde		Funcionamento geral do MES e problemas associados (embalagem e/ou VSR)	Mafalda Lopes
08/02 manhã		HIGIENE, SEGURANÇA E SAÚDE <ul style="list-style-type: none"> Instruções de segurança gerais Sinalização de segurança Acidentes de trabalho Prevenção de incêndios Atuação em caso de emergência/ PEI Higiene no manuseamento do produto 	Carlos Assunção
08/02 manhã		SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO <ul style="list-style-type: none"> Missão, Desafio Estratégico e Valores Compromissos de Segurança Alimentar e Ambiente Boas práticas do SGI 	Ana Matos

Figura 43 - Plano de Acolhimento e Integração

Após concluídas estas semanas de integração, seguiu-se o estudo e o conhecimento mais aprofundado das linhas 12, 13 e 14, nomeadamente relativamente ao funcionamento do sistema de alimentação responsável por levar os traços já rabaneados desde a rabaneadeira até às brocas. Nestas semanas foram realizadas reuniões quer com o Diretor Industrial, quer com o Técnico de Engenharia, de modo a perceber o objetivo principal deste projeto e quais as áreas mais relevantes a destacar, com a finalidade de perceber quais as zonas críticas destas linhas inteligentes. Após esta interação inicial, percebeu-se que um dos grandes problemas das linhas se tratava de encravamentos, quer ao nível do sistema de alimentação, quer ao nível das brocas, o que levava a que os traços não conseguissem chegar às brocas por ficarem presos neste sistema. Isto causava grandes perdas de produção pelo facto de as brocas não estarem a produzir.

De modo a explicar mais facilmente quais são os principais motivos pelos quais as brocas deixam de produzir, irão ser expostas as zonas mais críticas de cada uma das linhas, com base nestas primeiras semanas de contacto. De seguida, irão ser apresentadas as principais causas de paragem que ocorrem nestas zonas onde existem mais encravamentos e paragens. Estas causas de paragem das linhas acabam por ser as possíveis causas-raiz do problema, sendo que a identificação destas será feita na fase *Analyse*.

5.2. Funcionamento das linhas

A linha 12 é composta por oito brocas da *Vimétrica*, um rabaneador e um broquista. O rabaneador é responsável por fazer a escolha e a rabaneação das pranchas de cortiça e o broquista é responsável por garantir o bom funcionamento das brocas. A linha 13 é composta por quatro brocas da *Vimétrica* e a linha 14 por quatro brocas da *Blowmek*, sendo que em cada uma delas, existe um rabaneador. No entanto, existe apenas um broquista responsável quer pelas brocas da linha 13, quer das brocas da linha 14 (oito brocas no total). Todas as linhas funcionam 24 horas por dia, estando o dia dividido em três turnos de 8 horas cada. Devido ao horário estipulado, a grande maioria do contacto com estas linhas foi realizado no turno 2, correspondendo ao horário das 08:00 às 16:00.

Uma das particularidades da linha 12 está no Robô das brocas “A”, que apenas é responsável por pegar nos traços dos canais 1 e 2 e colocá-los nos canais das brocas mais

próximos da sua área de ação. Este robô abastece as brocas 1, 2, 7 e 8 (sinalizado a amarelo na Figura 44), enquanto o Robô das brocas “B” apenas está responsável por pegar nos traços dos canais 3 e 4 e transportá-los para os canais das brocas mais próximos da sua área de ação, abastecendo as brocas 3, 4, 5 e 6 (sinalizado a vermelho na Figura 44).

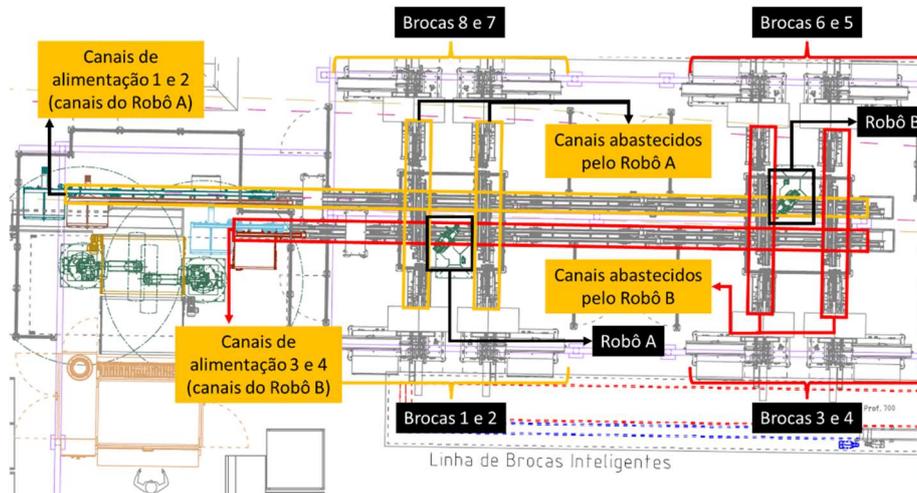


Figura 44 - Funcionamento do abastecimento de traços na linha 12

É ainda de referir que todas as linhas têm um sistema de segurança, de modo a proteger os operadores da linha. As três linhas são fechadas por uma grade, desde a rabaneadeira até depois dos desviadores, nas linhas 13 e 14 (Figura 45) e desde a rabaneadeira até ao início dos canais de alimentação na linha 12 (Figura 46).

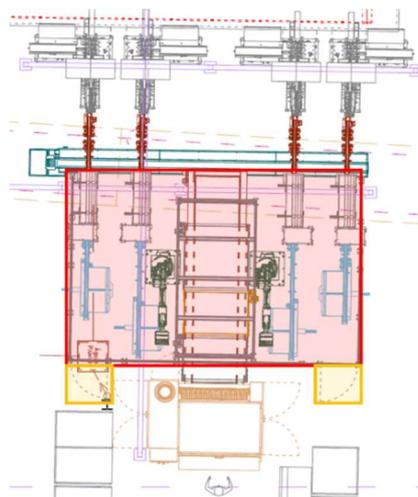


Figura 45 - Localização do perímetro de segurança (a vermelho) e das portas de segurança (a amarelo) das linhas 13 e 14

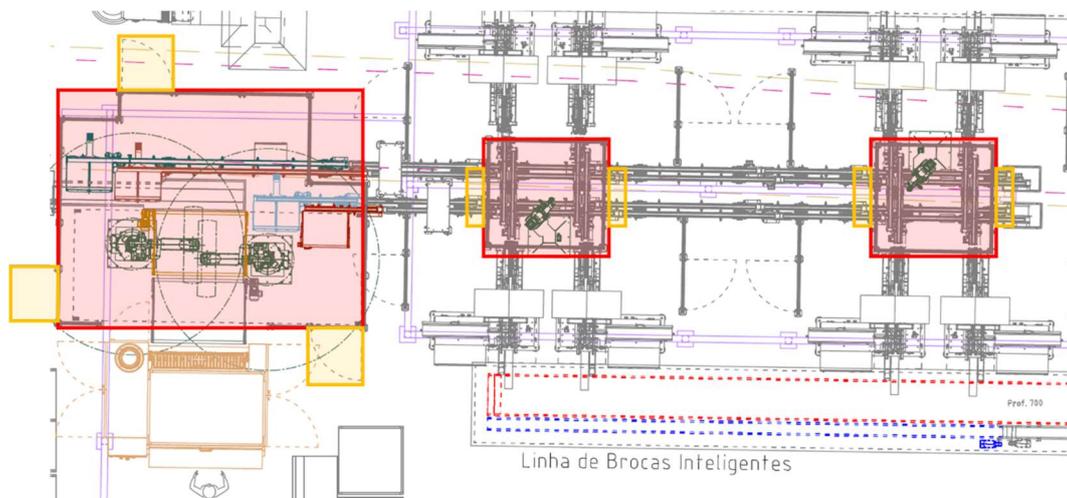


Figura 46 - Localização do perímetro de segurança (a vermelho) e das portas de segurança (a amarelo) da linha 12

Existem portas de segurança para que, quando ocorre algum encravamento dentro desta zona, os robôs parem, uma vez que seria muito perigoso os operadores entrarem nesta área com os robôs das mesas em funcionamento. Logo, quando existe algum encravamento nas mesas, canais de alimentação ou qualquer outra zona dentro deste perímetro, a abertura da porta faz com que o abastecimento de traços desde o Tapete Azul até às mesas pare, levando, obviamente, a que deixem de chegar traços às brocas. No caso dos robôs das brocas, a abertura da porta de segurança faz com que estes parem de transportar os traços dos canais de alimentação para os canais das brocas, sendo o resultado final o mesmo.

5.3. Zonas críticas das linhas 12, 13 e 14

5.3.1. Rabaneadeira e Tapetes

As pranchas são colocadas na rabaneadeira, tratando esta de cortá-las em traços que seguirão o seu caminho no sistema de alimentação para os tapetes giratórios: o Tapete 0, no caso das linhas 13 e 14 e o Tapete 1, no caso da linha 12. A sua função é fazer com que os traços cheguem à zona de ação dos robôs no Tapete Azul. Estes tapetes giratórios têm lasers no final de cada um, que fazem com que este pare de girar quando intercetam os traços que chegam, daí apenas ser possível ter duas pranchas por tapete, uma ao lado da outra. Quando os robôs das

mesas acabarem de colocar todos os traços identificados no Tapete Azul para as mesas, o laser não intercetará nenhum traço (uma vez que já foram todos transportados para as mesas) e emitirá um sinal para o tapete anterior, o Tapete 1, girar e passar os traços para o Tapete Azul. Por sua vez, o Tapete 1 ao estar vazio e não ter nada a intercetar o laser, emitirá um sinal para que o Tapete 0 gire e passe os seus traços para este tapete, permitindo ao rabaneador colocar novas pranchas na rabaneadeira. O rabaneador apenas deve colocar a prancha seguinte assim que a prancha que estiver no Tapete 0 (tapete imediatamente a seguir à rabaneadeira) passe para o Tapete 1. A Figura 47 contém os lasers de cada um dos tapetes.

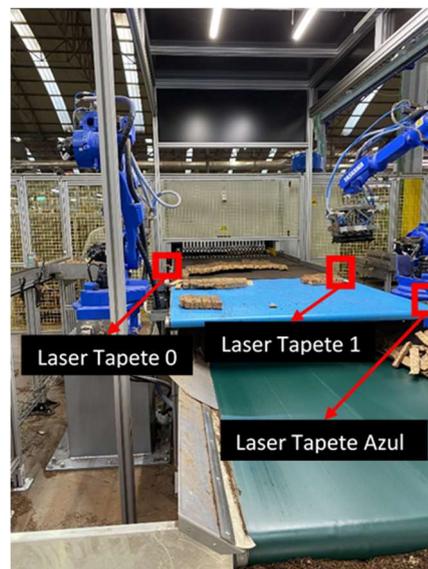


Figura 47 - Tapetes e respetivos lasers

A linha 12 funciona exatamente da mesma forma, no entanto, esta linha apenas tem um tapete antes do Tapete Azul, o Tapete 1. A desvantagem de apenas ter um tapete antes do Tapete Azul reside no facto de o rabaneador ter de ser mais rápido a colocar as pranchas na rabaneadeira, não existindo o Tapete 0 a funcionar como um amortecedor extra.

A rabaneadeira acaba por ser uma zona crítica, uma vez que, se o operador colocar duas pranchas imediatamente seguidas, não dando tempo aos tapetes para as “escoarem” para o Tapete Azul, estas vão encavalitar uma na outra no Tapete 0. Isto leva a que os robôs das mesas tenham dificuldades a pegar nos traços que chegam ao Tapete Azul. Se esta paragem for muito

prolongada, as brocas deixam de ter traços para produzir rolhas, daí ser um dos problemas identificados inicialmente. A Figura 48 apresenta os tapetes com muitos traços.



Figura 48 - Tapetes demasiado cheios

Como se pode verificar na figura acima, os tapetes encontram-se muito cheios devido ao facto do rabaneador ter sido demasiado rápido a colocar as pranchas na rabaneadeira. Como já se sabe, os traços têm de chegar ao Tapete Azul com a barriga para cima e com o mínimo de inclinação possível, de modo a facilitar transporte para as mesas por parte dos robôs. Nesta figura, verifica-se que alguns dos traços no Tapete Azul encontram-se desalinhados, não estando juntos, e alguns deles já foram rejeitados pelo sistema de visão pelo facto de não estarem com a barriga para cima (traços presentes no tapete verde, seguindo para a zona de rejeição de traços). As Figuras 49 e 50 apresentam todas as zonas abordadas neste subcapítulo.

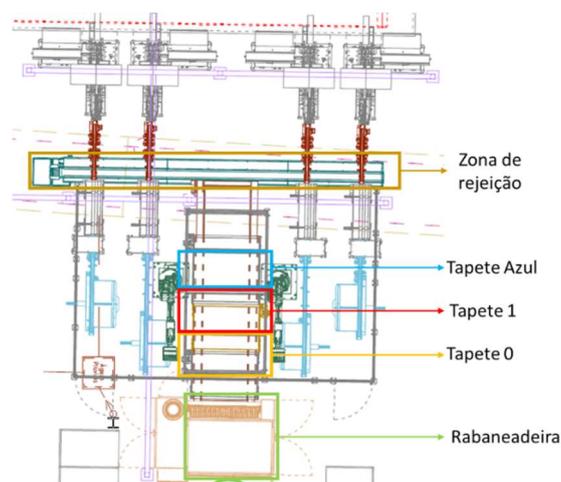


Figura 49 - Zonas abordadas nas linhas 13 e 14

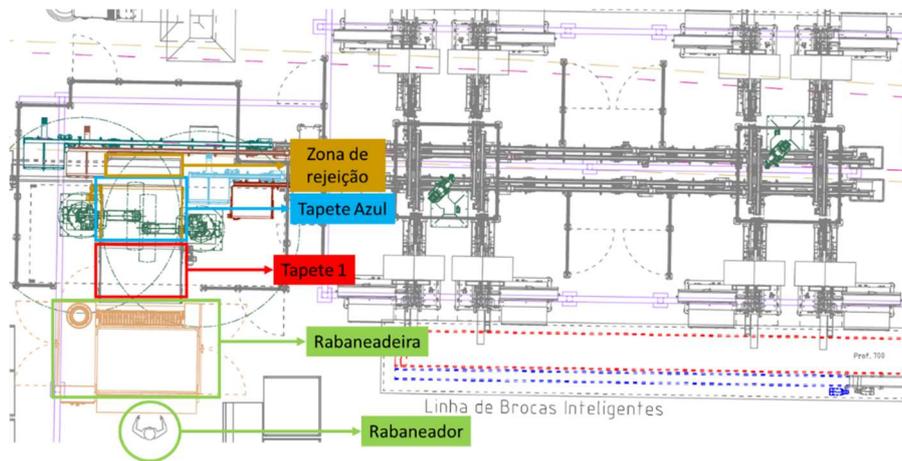


Figura 50 - Zonas abordadas na linha 12

5.3.2. Robôs e mesas

Os robôs têm como função o transporte dos traços desde o Tapete Azul até às mesas, através de um sistema de sucção de ar. Auxiliados pelo sistema de visão, identificam onde estão os traços neste tapete. De facto, existem determinados problemas que podem advir deste transporte, uma vez que alguns traços chegam ao Tapete Azul sem estarem com a barriga para cima ou com uma inclinação acentuada, o que dificulta o seu trabalho e leva a que poucos traços consigam ser transportados. Cada viagem do robô leva, no máximo, seis traços, sendo que este número depende da disposição dos mesmos no tapete e demora cerca de 5 segundos na linha 12 e de 6 segundos e meio nas linhas 13 e 14. Verificou-se nesta fase inicial que as mesas são uma das zonas mais críticas, devido ao elevado número de encravamentos registados nestas. As Figuras 51 e 52 contém a localização dos robôs das mesas em cada uma das linhas.

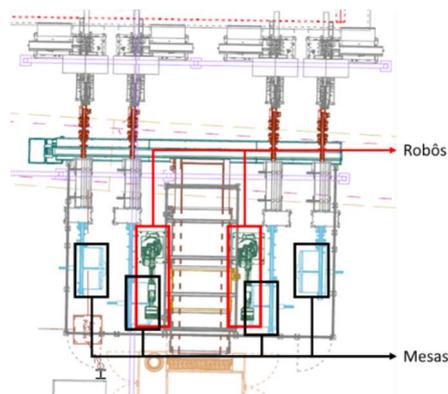


Figura 51 - Localização dos robôs e mesas nas linhas 13 e 14

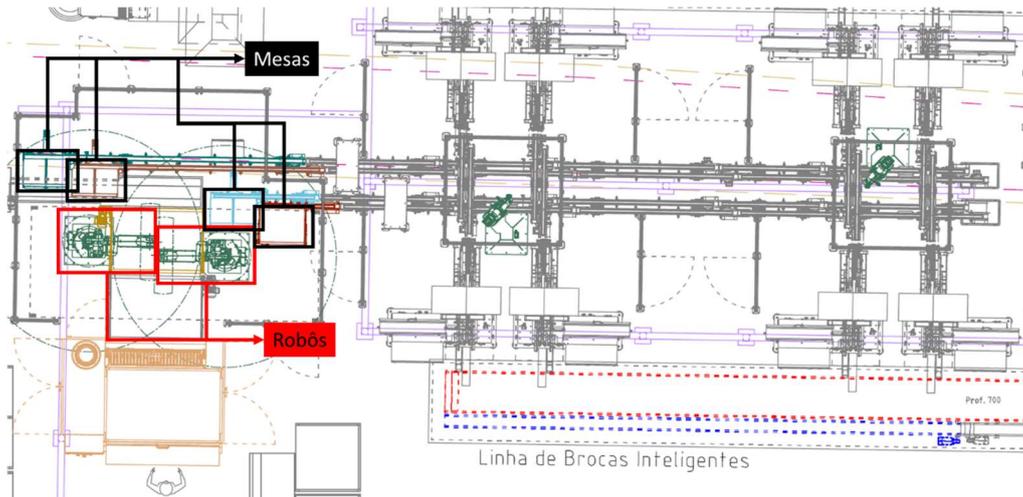


Figura 52 - Localização dos robôs e mesas na linha 12

5.3.3. Canais de alimentação

Das mesas, os traços são encaminhados para os canais de alimentação através do batente, sendo que os traços andam ao longo dos mesmos através de tapetes giratórios, presentes nos canais. Esta é outra zona crítica do sistema de alimentação, uma vez que os traços ficam muitas vezes encravados nestes tapetes sem que o broquista repare durante alguns minutos, fazendo com que não cheguem traços às brocas. As Figuras 53 e 54 têm nelas representada a localização destes canais de alimentação.

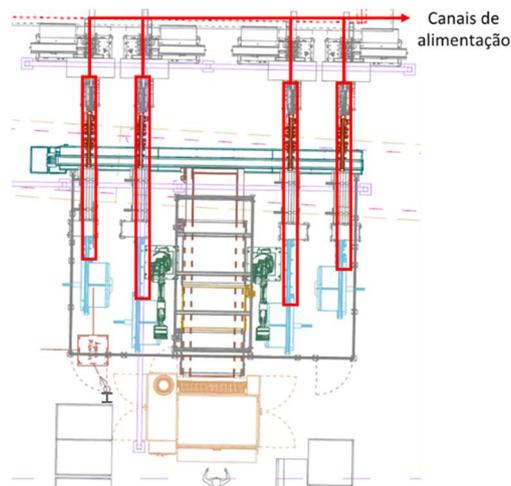


Figura 53 - Localização dos canais de alimentação nas linhas 13 e 14

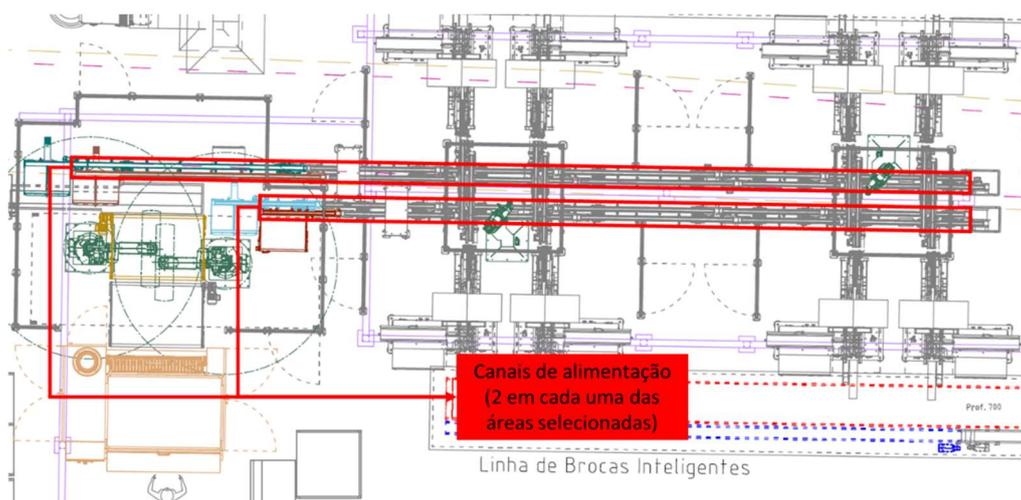


Figura 54 - Localização dos canais de alimentação na linha 12

5.3.4. Canais e robôs das brocas (apenas na linha 12)

Como já foi anteriormente referido na descrição do processo produtivo, uma particularidade da linha 12 é que os canais de alimentação não alimentam diretamente as brocas, uma vez que os traços presentes nestes canais são transportados para os canais das brocas através dos robôs das brocas. Estes canais também são uma das zonas críticas do sistema de alimentação devido aos mesmos motivos que levam a que haja encravamentos nos canais de alimentação. Para além disto, os robôs das brocas ficam, por vezes, descalibrados e não abastecem corretamente os traços nos canais das brocas. Estes robôs têm um sistema de segurança que faz com que, sempre que não pegam corretamente num traço, embatendo contra este ou contra algum objeto em seu redor, parem. Evidentemente, isto faz com que ocorram perdas de produção devido à falta de abastecimento de traços. Muitas vezes, passam alguns minutos até que o broquista repare neste problema e volte a rearmar o robô, podendo perder-se bastante tempo até retomar a produção. A Figura 55 apresenta o posicionamento destes canais e robôs das brocas.

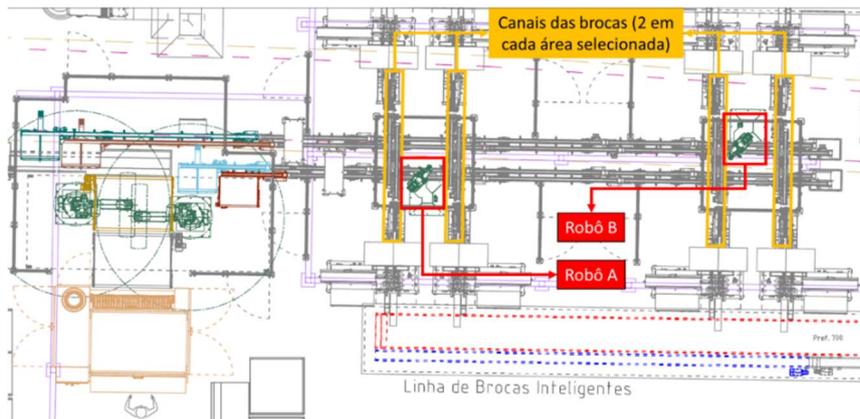


Figura 55 - Localização dos canais e robôs das brocas

5.3.5. Desviadores (linhas 13 e 14)

Os desviadores estão localizados sensivelmente a meio do caminho dos canais de alimentação das linhas 13 e 14, entre a mesa e as brocas. Estes são compostos por duas câmaras, uma de cada lado do canal de alimentação, localizadas dentro de uma caixa (Figura 56) e têm como objetivo identificar traços que não venham na posição correta, ou seja, com a barriga para cima. Estas câmaras irão comunicar aos desviadores se um traço estiver numa posição incorreta, sendo que, caso isto se verifique, enviam um sinal que os ativa, encaminhando o traço para a zona de rejeição.

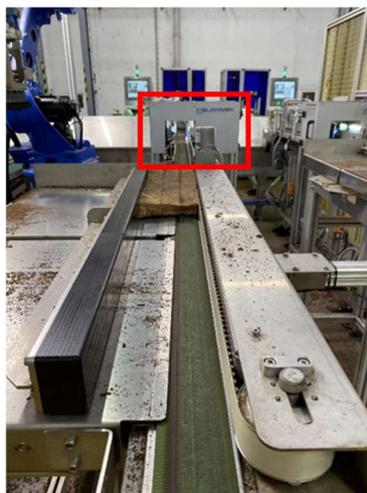


Figura 56 - Caixa com as câmaras que identificam a posição dos traços

Este sistema serve para que os traços cheguem sempre numa posição correta às brocas, de modo a que não encravem com estes traços e prossigam com a produção. Apesar da sua utilidade, existem alguns encravamentos que ocorrem com traços mais finos que prendem neste sistema de rejeição, impedindo que os traços continuem o seu caminho através dos canais de alimentação. A Figura 57 descreve o funcionamento correto dos desviadores ao detetarem um traço de lado e a Figura 58 contém a localização dos desviadores na linha.



Figura 57 - Funcionamento dos desviadores ao detetarem um traço de lado

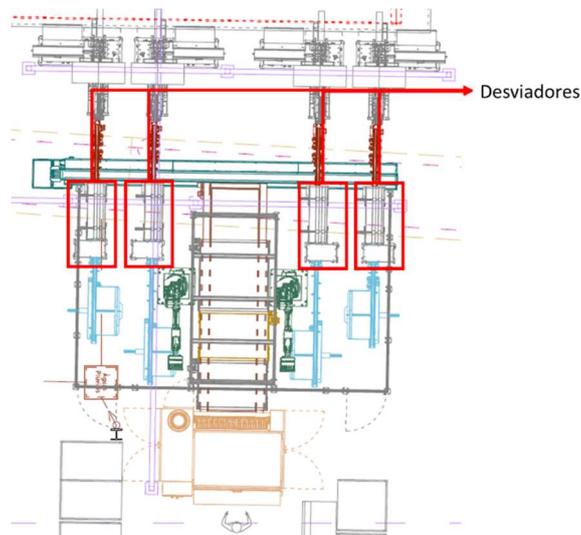


Figura 58 - Localização dos desviadores

5.3.6. Brocas

As brocas também acabam por ser uma zona crítica, pois existem ocasiões em que estas param de funcionar sem motivo aparente. Um grande problema associado a esta paragem das brocas é que, se o broquista estiver a colocar em funcionamento outra broca ou ocupado em arranjar outra parte da linha, esta ficará sem produzir durante bastante tempo até que o operador volte para a colocar novamente a trabalhar. Para além disto, as brocas têm um sistema que as desliga caso chegue algum traço que não esteja com a barriga para cima, tendo o operador de retirar o traço e colocar novamente a broca a funcionar caso isto aconteça, levando a mais perdas de tempo. Torna-se impreterível minimizar os traços que chegam numa posição incorreta às brocas.

5.4. Possíveis causas-raiz da baixa produtividade nas linhas

As zonas críticas agora expostas são as que mais têm encravamentos ou motivos que levam a que as brocas não produzam rolhas, sendo importante a sua abordagem de modo a entender o porquê de o sistema de alimentação necessitar de melhorias. De seguida, serão apresentadas as possíveis causas-raiz que ocorrem em cada uma destas zonas críticas, sinalizadas através da observação direta das linhas e caso se verificasse que fossem responsáveis por paragens de produção. A partir destas, poderá começar-se a atacar os problemas destas linhas com a finalidade de aumentar a sua produtividade.

5.4.1. Principais problemas na rabaneação e tapetes

Antes de serem apresentados estes problemas, serão abordados dois tipos de traços presentes no sistema de alimentação que decorrem da rabaneação: as fitas e os bocados. As fitas e bocados não devem estar presentes no sistema, porque levam a que ocorram muitos encravamentos em várias destas zonas críticas, sendo, por isso mesmo, responsáveis por muitas paragens de produção. As fitas são os cantos da prancha que, ao serem rabaneadas, não ficam com a largura necessária para dar uma rolha, sendo que as brocas não conseguem produzir nenhuma rolha a partir destas. Os bocados são pedaços de cortiça que, apesar de terem a largura necessária para fazer uma rolha, o seu comprimento é muito curto, o que não permite que as brocas consigam produzir mais do que três rolhas. Tanto as fitas como os bocados são algo

inevitável na rabaneação, no entanto, devem ser eliminados ou evitados ao máximo pelo seu grande potencial em causar encravamentos. A Figura 59 expõe uma fita numa mesa e bocados presentes na zona de rejeição de traços.



Figura 59 - Fita (à esquerda) e bocados (à direita)

Os principais problemas registados na rabaneadeira e nos tapetes são os seguintes:

- Tapetes demasiado cheios;
- Tapetes com traços que não estão com a barriga para cima ou que estão encavalitados;
- Alimentação demasiado lenta da rabaneadeira, o que leva a uma falta de traços nas brocas.

5.4.2. Principais problemas nos robôs

O principal problema do robô está na sua dificuldade em pegar nos traços que estão no Tapete Azul, deixando-os cair. Para além de abastecer a mesa com menos traços, pode deixá-los cair no Tapete Azul de uma maneira não OK (ou seja, sem estar com a barriga para cima) ou até mesmo em cima de outros traços, comprometendo futuras viagens para ir buscar mais traços.

5.4.3. Principais problemas nas brocas

Os principais problemas registados nas brocas são representados de seguida nas Figuras 60, 61 e 62:

- Broca para devido a traço que chega de lado



Figura 60 - Paragem da broca devido a um traço de lado

- Broca para devido a traços encavalitados (um em cima do outro)



Figura 61 - Paragem da broca devido a traços encavalitados

- Broca encrava devido a um bocado/fita

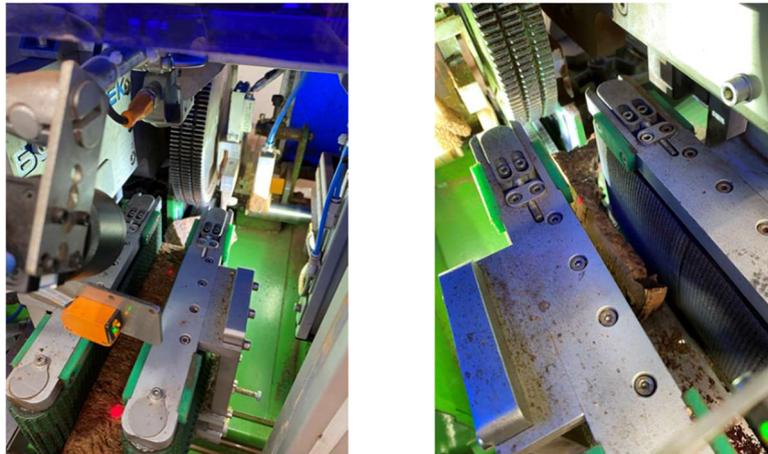


Figura 62 - Paragem da broca devido a um bocado (à esquerda) e devido a uma fita (à direita)

- Broca a produzir rolhas com defeitos
- Broca a produzir com uma velocidade baixa

Apesar dos três primeiros problemas não acontecerem devido ao mau funcionamento das brocas, estes estão aqui alocados, visto que ocorrem nesta zona crítica.

5.4.4. Principais problemas nos canais de alimentação

Os principais problemas dos canais de alimentação estão representados através das Figuras 63, 64, 65 e 66:

- Traço encravado no tapete anterior à broca



Figura 63 - Encravamento de um traço na parte final do canal de alimentação

- Bocado encravado

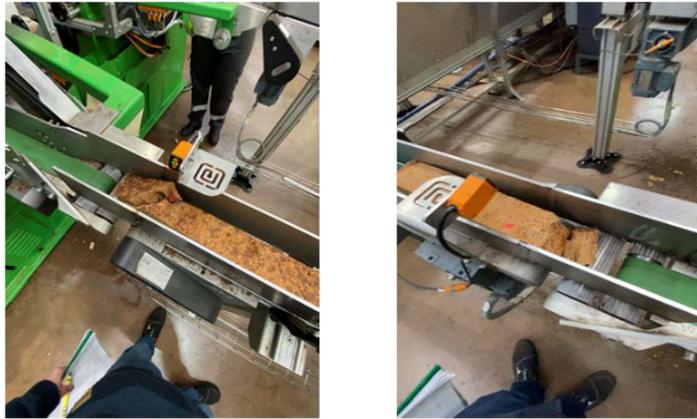


Figura 64 - Encravamento de um bocado nos canais

- Fita encravada



Figura 65 - Encravamento de uma fita nos canais

- Traços tortos encravados



Figura 66 - Encravamento de traços tortos nos canais

5.4.5. Principais problemas nas mesas

As Figuras 67 e 68 expõem os principais motivos que levam a que haja paragens de produção devido a problemas nas mesas:

- Traço a obstruir a calha



Figura 67 - Encravamento na mesa devido a um traço a obstruir a calha

- Bocado/fita a obstruir a calha



Figura 68 - Encravamento na mesa devido a um bocado a obstruir a calha

5.4.6. Principais problemas nos desviadores

Os principais problemas dos desviadores são exibidos nos pontos seguintes. As três primeiras causas estão acompanhadas das Figuras 69, 70 e 71 que ajudam a perceber como é que estas ocorrem.

- Traço de lado encrava ao ser rejeitado



Figura 69 - Encravamento nos desviadores devido a um traço de lado

- Bocado encrava ao ser rejeitado



Figura 70 - Encravamento nos desviadores devido a um bocado

- Fita encrava ao ser rejeitada



Figura 71 - Encravamento nos desviadores devido a uma fita

- Câmara não rejeita traços não OK (que não vêm com a barriga para cima)
- Câmara não rejeita traços encavalitados
- Câmara rejeita traços OK

6. Projeto de melhoria

Através do DMAIC, suportado na metodologia *Lean Six Sigma*, pretende-se melhorar a produtividade das três linhas de brocas inteligentes presentes na Amorim, sendo o objetivo principal deste projeto a implementação de ações de melhoria que garantam o aumento na produtividade e diminuam o tempo das tarefas ou processos que não acrescentem valor, calculando também quais os ganhos obtidos após estas melhorias.

6.1. Fase *Define*

Nesta primeira fase, será definido o problema a resolver e o objetivo do estágio de um modo concreto, bem como as limitações associadas a este projeto. Para tal, será necessário identificar quais os requisitos necessários para que o projeto tenha sucesso, sendo essencial a criação de um *project charter*, que contém informações importantes associadas a este projeto, tais como a equipa responsável pelo mesmo. Este *project charter* estará subdividido em duas partes, uma vez que acabam por existir dois projetos, relativos a cada uma das brocas – as da *Blowmek* e as da *Vimétrica* – havendo aqui uma distinção entre ambas.

6.1.1. Plano do projeto

O problema associado a este projeto é a baixa produtividade numa linha de brocas inteligentes, estando esta associada a um sistema de alimentação com bastantes falhas e encravamentos. Foram identificadas e registadas quais as principais zonas deste sistema de alimentação que apresentavam um maior número de encravamentos e, de seguida, também foram assinaladas possíveis causas-raiz. O objetivo deste projeto será identificar e quantificar as causas-raiz, de modo a definir e priorizar ações de melhoria que resolvam estas causas, resultando num aumento de produtividade das linhas. Para este projeto, foi então definida uma equipa constituída pelo Diretor Industrial, Técnico de Engenharia, Responsável Geral de Produção, Técnico, Chefe da Rabaneação, Chefe das Brocas e pelo líder da equipa (o autor desta dissertação de mestrado). Espera-se que haja um aumento da produção de rolhas para os níveis estabelecidos em cada uma das partes deste projeto, para além de um aumento de rentabilidade e uma redução de rolhas com defeito. Estes dados estão presentes em cada um dos *project charters* das Tabelas

5 e 6, sendo nestes apresentados os objetivos de uma forma clara, para além de informações úteis para o andamento deste projeto.

Tabela 5 - Project charter relativo à linha Blowmek

Problem Statement / Opportunity Area	Target
<p>O problema apresentado deriva do facto de, em 2021, haver cortiça de 1^ª/4^ª com bicho para produzir 100 milhões de rolhas.</p> <p>Neste momento, existe 1 linha com 4 brocas com visão artificial (brocas <i>Blowmek</i>) para produzir 50% da necessidade (50 milhões de rolhas).</p> <p>É necessário escalar o projeto para aumentar rentabilidade e qualidade das rolhas com a redução da quantidade de bicho.</p>	<p>O objetivo deste projeto será substituir 4 Brocas automáticas por 4 Brocas <i>Blowmek</i> para produzir a totalidade do 13/20 1^ª/4^ª com bicho. Esta nova linha produzirá os outros 50 milhões de rolhas/ano, atingindo o objetivo de 100 milhões de rolhas/ano.</p> <p>Para isto, é necessário que a produtividade da linha aumente, de modo a chegar ao objetivo de 50 milhões de rolhas por ano.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Objetivo do 1^º semestre <i>Blowmek</i>: 180 ML/dia. - Objetivo do 2^º semestre <i>Blowmek</i>: 250 ML/dia. - Aumento da rentabilidade da linha 14 em 5p.p. em relação às brocas automáticas. - Redução de rolhas com bicho em 70%.
Business Need / Justification	Defect definition
<p>Causa: Falta de capacidade para produzir 100 milhões de rolhas, que será atingida com esta nova linha de 4 Brocas <i>Blowmek</i>.</p> <p>Ao aumentar a rentabilidade em relação às Brocas automáticas em 5p.p., irá levar a um <i>payback</i> de 50 milhões de rolhas*5€/Milheiro = 250k€/ano, para um investimento de 160k€ (40k€/broca). A recuperação será feita em 0,64 anos, para além de garantir a qualidade (rentabilidade) do produto, através da redução em 70% das rolhas com bicho.</p>	<p>Sistema de alimentação da linha 14 com bastantes debilidades e encravamentos, o que faz com que a produção nestas linhas seja baixa, e rolhas com defeito (bicho).</p>
	Opportunity
	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da produtividade da linha 14 - Possibilidade de passar a produção desta linha para os 100 milhões de rolhas por ano - Reduzir substancialmente o número de defeitos nas rolhas
Benefits	Project scope
<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da produção de rolhas para os 50 milhões por ano (com objetivo de implementar uma nova linha para chegar aos 100 milhões por ano) - Aumento da rentabilidade - Redução das rolhas com defeito, garantindo a sua qualidade 	<p>Data de início: 08/02/2021</p> <p>Data de fim: 06/08/2021</p>

Project plan		
Phase	Start date	End date
<i>Define</i>	Fevereiro/2021	Fevereiro/2021
<i>Measure</i>	Março/2021	Abril/2021
<i>Analyze</i>	Abril/2021	Maio/2021
<i>Improve</i>	Junho/2021	Julho/2021
<i>Control</i>	Julho/2021	Agosto/2021
Team		
Name	Role	Commitment
Gonçalo Freitas	Líder do projeto	Alto
Tiago Pinho	Diretor Industrial	Alto
Ricardo Soares	Técnico de Engenharia	Alto
Tiago Pimentel	Responsável Geral de Produção	Médio
Davy Martins	Técnico	Médio
José Miguel	Chefe da Rabaneação	Baixo
Valdemar Soares	Chefe das Brocas	Baixo

Tabela 6 - Project charter relativo às linhas *Vimétrica*

Problem Statement / Opportunity Area	Target
<p>O problema apresentado deriva do facto das Brocas <i>Vimétrica</i> terem uma rentabilidade baixa relativamente ao broquista a pedal (rentabilidade inferior em 5,1%).</p> <p>Por isso mesmo, é necessário aproximar o desempenho das Brocas <i>Vimétrica</i> ao desempenho do broquista a pedal.</p> <p>Para isso, é necessário:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alterar a prensa que segura o traço de forma a coincidir a decisão do algoritmo com o local real de brocagem 2. Preparar broca para evitar o bicho cobrilha na generalidade 	<p>O objetivo deste projeto será investir em 2021 na resolução dos 2 problemas descritos, aumentando a rentabilidade de -5,1% para -2,1% em relação às brocas a pedal num ano. A previsão de investimento é de 108k€ para a linha 13 com 4 brocas.</p> <p>Para que este payback de 1 ano seja alcançado, é necessário que a produtividade das linhas aumente, de modo a chegar ao objetivo de 34 milhões de rolhas por ano na linha 13 e de 68 milhões de rolhas por ano na Linha 12.</p> <p>- Objetivo do 1^o semestre <i>Vimétrica</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linha 12: 230 ML/dia • Linha 13: 120 ML/dia <p>- Objetivo do 2^o semestre <i>Vimétrica</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Linha 12: 300 ML/dia • Linha 13: 150 ML/dia <p>- Aumento da rentabilidade em 3p.p.</p>

Business Need / Justification		Defect definition	
Causa: Desalinhamento entre a ordem do PC e o local exato de brocagem. Atingindo o objetivo de produzir 35 milhões de rolhas em 2021 nestas 4 brocas, ao aumentar em 3% a rentabilidade em relação às brocas a pedal, equivalendo a um <i>payback</i> de 1 ano para um investimento de 108k€, garantindo uma qualidade equivalente às rolhas produzidas pelas brocas a pedal.		Sistema de alimentação das linhas 12 e 13 com bastantes debilidades e encravamentos, o que faz com que a produção nestas linhas seja baixa.	
		Opportunity	
Benefits		Project scope	
- Aumento da produção de rolhas para os 100 milhões por ano - Aumento da rentabilidade, ficando esta equivalente à das brocas a pedal - Redução das rolhas com defeito, garantindo a sua qualidade		Data de início: 08/02/2021	
		Data de fim: 06/08/2021	
Project plan			
Phase	Start date	End date	
<i>Define</i>	Fevereiro/2021	Fevereiro/2021	
<i>Measure</i>	Março/2021	Abril/2021	
<i>Analyze</i>	Abril/2021	Maio/2021	
<i>Improve</i>	Junho/2021	Julho/2021	
<i>Control</i>	Julho/2021	Agosto/2021	
Team			
Name	Role	Commitment	
Gonçalo Freitas	Lider do projeto	Alto	
Tiago Pinho	Diretor Industrial	Alto	
Ricardo Soares	Técnico de Engenharia	Alto	
Tiago Pimentel	Responsável Geral de Produção	Médio	
Davy Martins	Técnico	Médio	
José Miguel	Chefe da Rabaneação	Baixo	
Valdemar Soares	Chefe das Brocas	Baixo	

6.1.2. Esclarecimento do investimento e impacto do projeto

O investimento feito nos dois projetos descritos anteriormente apenas será feito caso se atinjam, efetivamente, os aumentos de rentabilidade propostos: o aumento da rentabilidade das brocas *Blowmek* em 5p.p. em relação às brocas automáticas e o aumento da rentabilidade das brocas *Vimétrica* em 3p.p. em relação às brocas a pedal, sendo esta rentabilidade garantida em várias provas e de uma forma consistente (apenas se irá fazer o investimento após a validação de resultados). Este projeto já estava a ser desenvolvido antes do início deste estágio, sendo que o objetivo deste projeto é apenas o aumento da produtividade destas linhas de brocas inteligentes.

No entanto, como só se vão atingir os objetivos propostos com a interligação do aumento da rentabilidade das rolhas e do aumento da produtividade, estas duas vertentes estão apresentadas em conjunto nos *project charters*, uma vez que acabam por estar associadas.

É muito importante que se consiga aumentar a produtividade das linhas 12, 13 e 14 para os valores propostos acima, que é o objetivo principal deste projeto, uma vez que apenas se a produtividade aumentar é que faz sentido todo o investimento inicial feito e só assim se conseguirão alcançar os *paybacks* propostos. Caso contrário, estes serão tanto maiores quanto menor for o aumento da produtividade nas linhas. Deste modo, têm de se garantir os valores de rentabilidade propostos, ao mesmo tempo que se aumenta a produtividade em cada linha.

A rentabilidade das brocas é calculada através de provas feitas a partir de cem traços idênticos, sendo estes rabaneados e levados para cada uma das brocas (cinquenta traços para cada broca). Estas vão produzir as rolhas a partir destes traços e, depois disto, todas as rolhas são contadas e classificadas visualmente, registando-se as classes das rolhas extraídas, bem como a presença ou a ausência de defeitos. Através dos preços estabelecidos para cada rolha, é comparado o preço final das rolhas feitas a partir dos cinquenta traços em cada uma das brocas a comparar, sendo que esta diferença entre as brocas é apresentada em percentagem, como se pode verificar através da Figura 72. Ou seja, a rentabilidade acaba por ser a qualidade com que cada broca irá produzir as rolhas, percebendo-se aqui qual é a broca que consegue evitar mais defeitos e obter as rolhas com a maior classe e qualidade possíveis.

	€/Mil (45)	BI		Semi		Dif %AUTO
		A&I	A&I (€)	A&I	A&I (€)	
FLOR /EXTRA	280	43	12,04 €	52	14,56 €	-17,3%
SUPER/1º	200	128	25,60 €	137	27,40 €	-6,6%
2/3º	110	111	12,21 €	118	12,98 €	-5,9%
4º/5º	30	51	1,53 €	38	1,14 €	34,2%
Repasse	45	7	0,32 €	7	0,32 €	0,0%
Repasse Forte	6		0,00 €		0,00 €	#DIV/0!
Apara	6	122	0,73 €	56	0,34 €	117,9%
Bicho Topo	1	102	0,10 €	51	0,05 €	100,0%
Bicho Corpo	1	51	0,05 €	28	0,03 €	82,1%
Total	679	615	52,58 €	487	56,81 €	-7,4%

Figura 72 - Prova realizada entre uma broca da Vimétrica e uma broca a pedal

Como se pode verificar através desta prova (valor no canto inferior direito) a rentabilidade da broca da *Vimétrica* está 7,4% abaixo da rentabilidade de uma broca a pedal semiautomática, sendo que esta diferença é calculada comparando o valor total em euros de todas as rolhas feitas pela broca da *Vimétrica* com o valor total em euros de todas as rolhas feitas pela broca a pedal.

Valor Vimétrica – Valor a Pedal **Valor a Pedal**

6.1.3. Objetivos propostos e viabilidade

Os objetivos de produtividade definidos para cada uma das brocas são supostamente possíveis, uma vez que os fornecedores de cada uma das brocas garantiram que estas conseguem fazer os seguintes valores de rolhas:

- Brocas *Blowmek*: 3500 rolhas/hora
- Brocas *Vimétrica*: 2100 rolhas/hora

Estes valores são valores teóricos, dados por cada um dos fornecedores de brocas. Com base nestes valores, as brocas conseguem assegurar (e até ultrapassar) as metas estabelecidas para cada uma das linhas de brocas inteligentes. As Figuras 73, 74 e 75 exibem os valores assumidos como os iniciais para cada uma das linhas e os respetivos ganhos de produtividade necessários, de modo a atingir os objetivos estabelecidos para o primeiro e segundo semestres de 2021. Os valores iniciais foram feitos a partir da média de produção de cada uma das linhas no mês de novembro do ano passado (2020).



Figura 73 - Ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 12



Figura 74 - Ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 13

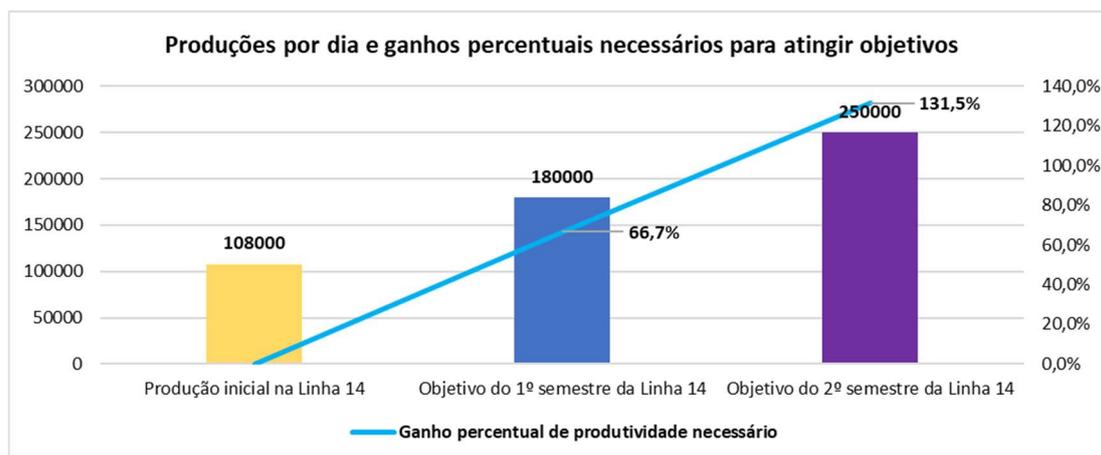


Figura 75 - Ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 14

Como se pode observar, os objetivos da linha 12 e 13 parecem ser possíveis de ser cumpridos. Para que isso seja possível, é necessário atingir ganhos percentuais de 70,5% e de 25% para alcançar o objetivo do segundo semestre de 2021 na linha 12 e na linha 13, respectivamente. No entanto, como se pode observar pelos ganhos percentuais necessários para atingir cada um dos objetivos do primeiro e segundo semestres de 2021 na linha 14, os valores estabelecidos aparentam ser demasiado ambiciosos, sendo que é necessário atingir ganhos percentuais de 131,5% de modo a conseguir cumprir com a meta do segundo semestre de 2021.

6.2.Fase Measure

Nesta fase do DMAIC, é pretendido quantificar o problema com dados, identificando-se os indicadores de desempenho do processo e criando-se um plano de recolha de dados. A finalidade deste plano de recolha de dados é estabelecer o desempenho base destas linhas para futuramente poderem ser comparadas com as métricas de desempenho na conclusão do projeto, de modo a se conseguir medir as melhorias alcançadas. Devido à ausência de dados das linhas, foi então definido que a recolha de dados iria ser feita através de medições a cada uma destas, cronometrando as potenciais causas-raiz identificadas e verificando quanto tempo é que cada uma destas faz parar a produção das brocas.

Estes dados serão muito importantes para este estágio, visto que todos eles serão o suporte para a definição de ações de melhoria, sendo essencial basear esta tomada de decisão em informação fiável e correta. Daí que esta recolha de dados tenha sido uma das fases mais dispendiosas deste projeto, na qual mais tempo foi necessário para obter esta informação e tratá-la, de modo a poder analisá-la na seguinte fase.

6.2.1. Identificação dos tipos de paragem

De modo a realizar esta recolha de dados, começou-se por criar uma lista com cada um dos tipos de paragem registados nas primeiras semanas de contacto com cada uma das linhas, que acabam por ser os motivos pelos quais existem paragens de produção. O objetivo será então quantificá-las com o tempo de paragem, de modo a poder analisar e comparar estes tempos na fase seguinte do DMAIC.

A cada um dos tipos de paragem foi atribuída uma letra, de modo a fazer mais facilmente as medições e ser mais rápido apontar a informação recolhida durante as mesmas. Nesta lista constam as seguintes paragens:

Causas de paragem principais:

- A – Tapete Azul sem traços
- B – Robô não consegue recolher traços no Tapete Azul (faz a viagem sem traços)
- D – Operador entra na linha para efetuar desencravamentos

- E – Traço encravado
- P – Paragem da broca

Causas pontuais (a registar, mas com menor importância visto que não fazem parar as brocas diretamente):

- F – Robô deixa cair traços durante a viagem

Todas estas causas são acompanhadas da zona em que ocorre o encravamento e o motivo pelo qual estes ocorrem. Por exemplo, na recolha de dados durante uma medição, se o operador entrasse na linha para desencravar um traço que estava a obstruir a calha na mesa 3, colocar-se-ia D Mesa 3 (traço a obstruir a calha). Deste modo consegue identificar-se qual é a falha (D – operador entra na linha para efetuar desencravamentos), onde ocorreu (mesa 3), o porquê de ter ocorrido (traço a obstruir a calha) e quanto tempo fez com que as brocas estivessem sem produzir, permitindo responder a estas quatro importantes perguntas.

6.2.2. Modo do registo das paragens e posterior análise

As medições começaram a ser realizadas em cada uma das linhas, com a duração de uma hora cada. Nesta hora, observava-se simultaneamente duas brocas e os respetivos motivos de paragem de cada uma, ao mesmo tempo que se registavam também outros encravamentos presentes na lista, no caso das linhas 13 e 14. Em cada medição de uma hora, alternava-se entre as brocas 1 e 2 e as brocas 3 e 4, de modo a recolher dados de todas as brocas. Nestas duas linhas, era possível observar-se a linha em toda a sua extensão, uma vez que era possível ver todo o sistema de alimentação desde a rabaneadeira até às brocas, enquanto que na linha 12 as medições tiveram de ser realizadas de maneira diferente. Nesta linha era possível observar quatro brocas de cada vez, mas como estas se encontram separadas da parte do sistema de alimentação desde a rabaneadeira até aos canais de alimentação, primeiramente registaram-se as paragens de cada uma das brocas, à semelhança do que se fazia nas outras linhas. No entanto, como muitas vezes não era possível observar o motivo pelo qual ocorria um encravamento ou existência de traços na zona de ação do robô das brocas, a seguir a esta medição de uma hora às quatro brocas (mais aos robôs das brocas que também se conseguiam observar ao mesmo tempo), era realizada mais uma medição de meia hora ao sistema de alimentação (parte dos tapetes, mesas de alimentação e canais de alimentação). Estas medições mais curtas foram

realizadas de modo a poder inferir o motivo pelo qual os encravamentos ocorriam mais à frente, na zona das brocas. As medições nesta linha eram realizadas alternadamente a cada um dos conjuntos de quatro brocas mais o respetivo robô, isto é, às brocas 1, 2, 7 e 8 e ao robô A ou às brocas 3, 4, 5 e 6 e ao robô B, como se pode observar na Figura 44. As Figuras 76 e 77 mostram as folhas que foram utilizadas para recolher as causas principais e as causas pontuais, respetivamente.

Volta	Causa da paragem	Observações	Volta	Causa da paragem	Observações

Figura 76 - Folha de registo das causas de paragem principais

F Chão								
Mesa								
Tempo								
F Tapete 1								
Tempo								
Como caiu								
F Tapete Azul								
Tempo								
Como caiu								
F MesaX								
Mesa								
Tempo								
Como caiu								

Figura 77 - Folha de registo de causas pontuais

As medições foram realizadas com o auxílio de um cronómetro, sendo estas apontadas em papel para depois serem convertidas num ficheiro *Excel*, como será mostrado de seguida.

Numa fase inicial, o registo das medições não estava a ser totalmente bem feito, uma vez que se registava a ocorrência de um encravamento mesmo que este fosse curto e facilmente resolvido, não sendo responsável por parar a produção das brocas. Posteriormente, também se verificou que “o porquê” de o encravamento ter ocorrido também não era totalmente explícito,

faltando alguns dados importantes que não estavam a ser registados. Rapidamente se notou a existência desta lacuna e corrigiu-se logo nas medições seguintes. Para além disto, também se começaram a registar os encravamentos que faziam com que as brocas parassem de produzir, fator importante para perceber quais destes encravamentos afetavam diretamente a produção, ou seja, os que eram responsáveis pela baixa produtividade nestas linhas.

A Tabela 7 apresenta um exemplo de uma das primeiras medições realizadas à linha 14. Esta medição não foi utilizada na base de dados final, uma vez que ainda apresentava alguns erros, alguns dos quais mencionados no parágrafo acima. Estes primeiros registos não tinham em conta quanto tempo é que um determinado encravamento fazia parar uma broca, que é o objetivo principal destas medições, de modo a poder relacionar o tempo perdido em cada tipo de paragem com as produções de cada uma das linhas. As colunas mais relevantes são a duração (em minutos) e a causa de paragem.

Tabela 7 - Exemplo de uma das primeiras medições registadas na linha 14

Volta	Hora início	Hora fim	Duração (minutos)	Duração total (horas)	Causa da paragem
Volta 1	10:58	11:02	04:40,0	04:40,0	
Volta 2	11:02	11:04	01:36,0	06:16,0	E Mesa 2 + D Mesa 1 e 2
Volta 3	11:04	11:05	01:04,0	07:20,0	
Volta 4	11:05	11:05	00:33,0	07:53,0	D Mesa 1 (E Mesa 1)
Volta 5	11:05	11:06	00:13,8	08:06,8	
Volta 6	11:06	11:06	00:14,9	08:21,7	E Mesa 1 e E Mesa 2
Volta 7	11:06	11:07	01:14,3	09:36,0	
Volta 8	11:07	11:08	00:56,9	10:32,9	E Mesa 1 (continua) e E Mesa 2 + D Mesa 2
Volta 9	11:08	11:09	00:30,4	11:03,3	
Volta 10	11:09	11:09	00:13,6	11:16,9	D Tapete 1 e D Mesa 2
Volta 11	11:09	11:10	01:00,2	12:17,1	
Volta 12	11:10	11:10	00:13,8	12:31,0	?
Volta 13	11:10	11:11	00:49,9	13:20,9	
Volta 14	11:11	11:11	00:06,5	13:27,4	B Mesa 2
Volta 15	11:11	11:12	00:59,7	14:27,0	
Volta 16	11:12	11:12	00:06,5	14:33,5	B Mesa 2
Volta 17	11:12	11:12	00:18,5	14:52,0	
Volta 18	11:12	11:12	00:06,5	14:58,5	B Mesa 2
Volta 19	11:12	11:13	00:14,7	15:13,2	
Volta 20	11:13	11:13	00:24,4	15:37,6	D Mesa 3
Volta 21	11:13	11:16	02:47,2	18:24,8	
Volta 22	11:16	11:16	00:13,7	18:38,4	E Tapete 2 Mesa 2
Volta 23	11:16	11:24	08:00,2	26:38,7	
Volta 24	11:24	11:24	00:11,5	26:50,1	D Mesa 2
Volta 25	11:24	11:26	01:45,4	28:35,5	
Volta 26	11:26	11:28	01:50,0	30:25,5	CD Mesa 3 e 4 + CD Mesa 2

As voltas correspondem ao tempo em que as brocas estão a produzir (voltas ímpares) e ao tempo de cada paragem (voltas pares), sendo que as cores na duração de cada paragem servem para visualizar se o tempo de produção foi considerado como bom ou mau (mais tempo a produzir, ou seja, sem paragens, corresponde à cor verde e menos tempo a produzir corresponde à cor vermelha) ou se o tempo de paragem foi considerado como bom ou mau (menor tempo de paragem corresponde à cor verde e maior tempo de paragem corresponde à cor vermelha).

Nas medições seguintes já se começou a contabilizar quais os encravamentos que faziam parar a produção, sendo que o tempo em que a broca ficava parada era registado numa nova tabela, representada pela Tabela 8.

Tabela 8 - Novo Excel com as causas de paragem

Brocas	Nº de Brocas encravadas	Motivo de encravamento	Motivo detalhe agrupado	Tempo início	Tempo fim	Duração por broca	Duração total
4	1	Tapetes	Tapetes	00:00:30	00:01:50	00:01:20	00:01:20
4	1	Paragem	Fita de lado	00:07:35	00:10:15	00:02:40	00:02:40
3	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:09:30	00:14:20	00:04:50	00:04:50
4	1	Paragem	Traço de lado	00:11:00	00:13:30	00:02:30	00:02:30
3	1	Paragem	Desconhecido	00:19:30	00:20:10	00:00:40	00:00:40
3	1	Camãra	Camãra	00:22:15	00:23:10	00:00:55	00:00:55
4	1	Desviador	Desviador	00:23:15	00:23:45	00:00:30	00:00:30
3	1	Mesa	Bocado a obstruir calha	00:26:15	00:27:00	00:00:45	00:00:45
3	4	2 Falta de traços na alimentação	D	00:27:30	00:28:15	00:00:45	00:01:30
3	4	2 Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:30:35	00:31:10	00:00:35	00:01:10
4	1	Mesa	Bocado a obstruir calha	00:33:15	00:34:25	00:01:10	00:01:10
3	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:34:30	00:35:00	00:00:30	00:00:30
4	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:37:00	00:37:15	00:00:15	00:00:15
4	1	Paragem	Bocado a obstruir calha	00:38:00	00:38:45	00:00:45	00:00:45
3	1	Mesa	Traços não andam no tapete	00:39:25	00:44:25	00:05:00	00:05:00
4	1	Falta de traços na alimentação	D	00:45:30	00:46:15	00:00:45	00:00:45
3	1	Mesa	Bocado a obstruir calha	00:46:15	00:52:10	00:05:55	00:05:55

6.2.3. Dados referentes à linha 14

Relativamente à linha 14, foram realizadas cinco medições com cerca de uma hora cada, sendo que três delas foram focadas nas brocas 3 e 4 e duas focadas nas brocas 1 e 2. Depois de se ter registado os dados em papel, estes eram passados para uma folha de *Excel*, com o tempo em que as brocas estiveram a produzir e o tempo em que havia interrupções na produção devido aos encravamentos ocorridos. Registou-se onde ocorreram, porque é que ocorreram e o tempo que fizeram parar a produção (Tabela 9).

Tabela 9 - Registo dos encravamentos responsáveis pelas paragens de produção na linha 14

Brocas	Nº de Brocas encravadas	Motivo de encravamento	Motivo detalhe agrupado	Tempo início	Tempo fim	Duração por broca	Duração total
3	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:38:55	00:39:10	00:00:15	00:00:15
4	1	Paragem	Bocado a obstruir calha	00:40:00	00:40:45	00:00:45	00:00:45
4	1	Paragem	Cunha	00:42:00	00:43:40	00:01:40	00:01:40
3	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:42:30	00:44:00	00:01:30	00:01:30
4	1	Mesa	Traço perpendicular, espalmador	00:45:00	00:46:00	00:01:00	00:01:00
4	1	Falta de traços na alimentação	D	00:46:00	00:46:25	00:00:25	00:00:25
4	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:48:00	00:51:15	00:03:15	00:03:15
3	1	Tapetes	Traço de lado	00:48:50	00:49:45	00:00:55	00:00:55
3	1	Tapetes	Tapetes	00:49:45	00:50:00	00:00:15	00:00:15
3	1	Tapetes	Traço de lado	00:50:30	00:51:40	00:01:10	00:01:10
4	1	Mesa	Traços não andam no tapete	00:53:15	00:54:15	00:01:00	00:01:00
3	1	Tapetes	Tapetes	00:56:00	00:56:40	00:00:40	00:00:40
4	1	Mesa	Fita a obstruir calha	00:56:40	00:57:10	00:00:30	00:00:30
3	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:57:55	00:59:50	00:01:55	00:01:55
4	1	Paragem	Fita de lado	00:58:30	00:59:30	00:01:00	00:01:00

Na segunda coluna da Tabela 9 consta o número de brocas que pararam devido ao motivo de encravamento, descrito na coluna 3. Isto vai ser importante mais à frente para poder contabilizar o tempo de produção perdido nestas medições. De facto, foi relevante ter em conta se estavam uma ou as duas brocas simultaneamente paradas, visto que, como se estão a observar duas brocas a produzir ao mesmo tempo, acaba por se contabilizar o dobro das horas de produção observadas (neste caso, 2 horas, ou seja, uma hora de produção observada em cada broca). Daí a existência das colunas “Duração por broca” e “Duração total”.

Depois de registados todos os dados, verificou-se quanto tempo as brocas estiveram a produzir, contabilizando-se também o tempo de produção com as duas brocas em simultâneo e o tempo de produção com apenas uma das brocas (a outra broca observada estaria parada nesse momento).

O tempo a produzir acaba por ser a soma do tempo a produzir das duas brocas ao longo de uma hora, podendo chegar-se a este valor ao multiplicar o tempo a produzir a 100% (2 brocas) por dois e somando-se o tempo a produzir a 50% (1 broca). Neste exemplo (Figura 78), o tempo a produzir foi de 1 hora, 16 minutos e 39 segundos (63,9% do tempo). O tempo parado é obtido através da soma do tempo parado das duas brocas ao longo desta hora, multiplicando-se o tempo sem produzir por dois e somando-se o tempo a produzir a 50% (1 broca). Neste exemplo, o tempo parado foi de 43 minutos e 20 segundos (36,1% do tempo).

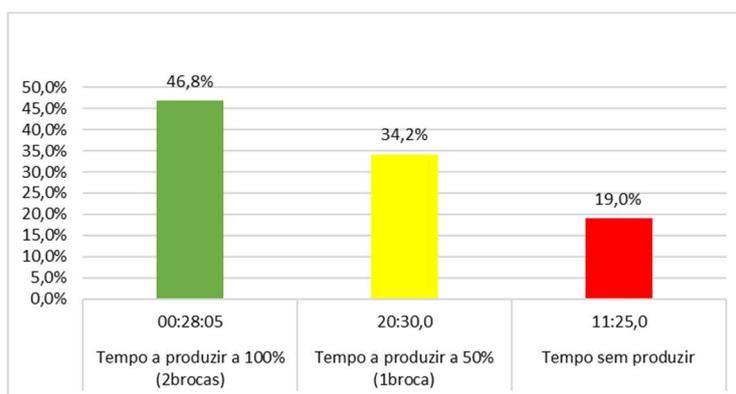


Figura 78 - Tempo de produção registado numa das medições à linha 14

Após terem sido feitas as cinco medições, criou-se uma base de dados com todos os encravamentos responsáveis pela paragem de produção das brocas (Tabela 10), registando-se o dia em que ocorreram, bem como as produções totais de cada dia, obtidas através do MES.

Tabela 10 - Base de dados das paragens ocorridas ao longo das cinco medições da linha 14

Dia	Brocas	Nº de Brocas encravadas	Motivo de encravamento	Motivo detalhe agrupado	Tempo início	Tempo fim	Duração por broca	Duração total
8:53 - 9:53								
18/mar	3	1	Camãra	Camãra	00:01:20	00:02:15	00:00:55	00:00:55
18/mar	3	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:03:00	00:03:45	00:00:45	00:00:45
18/mar	4	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:03:10	00:03:15	00:00:05	00:00:05
18/mar	3	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:03:20	00:03:45	00:00:25	00:00:25
18/mar	3	1	Tapetes	Tapetes	00:03:50	00:04:20	00:00:30	00:00:30
18/mar	3	1	Paragem	Traço de lado	00:07:35	00:08:35	00:01:00	00:01:00
18/mar	3	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:13:00	00:13:20	00:00:20	00:00:20
18/mar	4	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:13:00	00:13:20	00:00:20	00:00:20
18/mar	3	1	Tapetes	Traços sobrepostos	00:14:30	00:18:30	00:04:00	00:04:00
18/mar	3	1	Paragem	Fita de lado	00:20:25	00:22:35	00:02:10	00:02:10
18/mar	3	1	Tapetes	Traço de lado	00:23:45	00:24:45	00:01:00	00:01:00
18/mar	3	1	Paragem	Fita de lado	00:24:45	00:25:55	00:01:10	00:01:10
18/mar	4	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:24:45	00:25:25	00:00:40	00:00:40
18/mar	3	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:26:45	00:27:05	00:00:20	00:00:20
18/mar	4	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:29:10	00:29:20	00:00:10	00:00:10
18/mar	3	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:31:40	00:31:55	00:00:15	00:00:15
18/mar	3	1	Falta de traços na alimentação	B prolongado	00:33:15	00:34:35	00:01:20	00:01:20
18/mar	4	1	Falta de traços na alimentação	B prolongado	00:34:00	00:34:30	00:00:30	00:00:30
18/mar	3	1	Falta de traços na alimentação	Fita passa pela broca	00:35:05	00:35:25	00:00:20	00:00:20

Como se pode observar, é apresentado o dia da medição, as brocas que pararam, o número de brocas encravadas, o motivo de encravamento e o motivo mais detalhado, o tempo de início e fim da cronometragem, a duração por broca e a duração total. A coluna “Duração total” é o tempo total sem produzir contabilizando as duas brocas. Ou seja, se duas brocas pararem simultaneamente ao longo de 30 segundos, esta coluna terá, logicamente, 1 minuto, que é o dobro do tempo da coluna “Duração por broca”, visto que as duas brocas estiveram paradas ao mesmo tempo. Se apenas uma broca tiver parado durante 30 segundos, esta coluna terá na mesma 30 segundos de paragem contabilizados, à semelhança da coluna “Duração por broca”.

Depois de se terem registado todas as medições nesta base de dados, tratou-se de explicitar o tempo efetivo de produção (Figura 79) e o tempo em que as brocas estiveram a produzir e o tempo em que estiveram paradas (Figura 80), assim como também se tratou de obter as produções da linha nos dias em que foram realizadas as medições, de modo a poder calcular-se a média de rolhas feitas por dia.



Figura 79 - Tempo efetivo de produção durante as cinco medições à linha 14

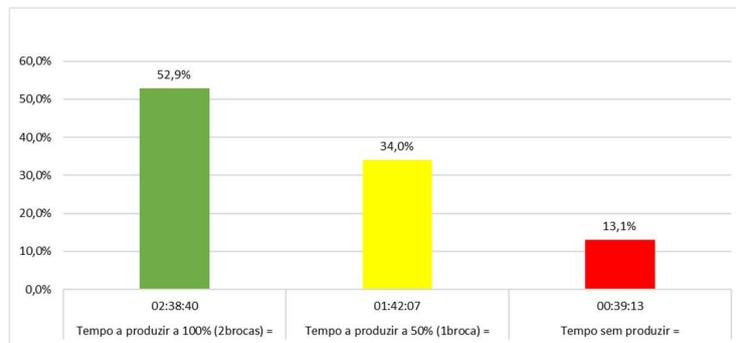


Figura 80 - Tempo de produção das brocas durante as cinco medições à linha 14

Chega-se à conclusão que, durante as medições, as brocas apenas estiveram a produzir 69,91% do tempo, correspondendo a um total de 6 horas, 59 minutos e 27 segundos, estando paradas 30,09% do tempo, correspondendo a um total de 3 horas e 33 segundos. Também foi contabilizado o tempo em que as duas brocas estiveram a produzir em simultâneo, totalizando em 2 horas, 38 minutos e 40 segundos (52,9%), o tempo em que apenas uma das brocas esteve a produzir, estando a outra parada, em 1 hora, 42 minutos e 7 segundos (34%) e o tempo em que as duas brocas estiveram paradas ao mesmo tempo, em 39 minutos e 13 segundos (13,1%).

Nestes cinco dias em que foram realizadas as medições, a linha 14 produziu em média, 150178 rolhas por dia e 51950 rolhas no turno 2. A figura seguinte (Figura 81) demonstra uma comparação feita entre a produção atual (feita com a média das medições) e os objetivos de

produtividade definidos para o projeto, de modo a perceber quais são os ganhos necessários para conseguir alcançar os objetivos propostos. A produção hipotética após a resolução de paragens é um valor que foi calculado assumindo que a linha não regista nenhuma paragem ou encravamento, ou seja, se estivesse a produzir 100% do tempo em vez do valor atual de 69,91%. Este valor de produção é tecnicamente impossível de conseguir, mas está aqui apresentado para se poder deduzir se os objetivos definidos são, efetivamente, possíveis de alcançar. Também foi calculado o número de rolhas que seriam produzidas se a linha estivesse a produzir efetivamente a 80% do tempo, ou seja, se o tempo de paragem correspondesse apenas a 20% do tempo total.

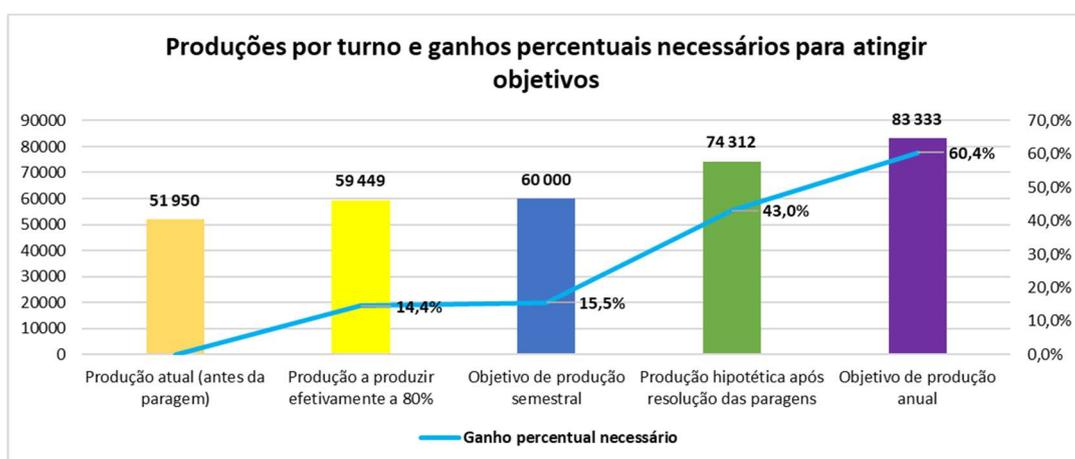


Figura 81 - Produções por turno e ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 14

Como se pode observar, se a linha estiver a produzir efetivamente 80% do tempo, será bastante provável que se consiga alcançar o objetivo do primeiro semestre, que é de 60000 rolhas por turno (equivalente a 180000 rolhas por dia). No entanto, mesmo se a linha não tiver paragens, infere-se que apenas se conseguirão produzir à volta de 74000 rolhas por turno, que está acima do objetivo estabelecido para o primeiro semestre, mas abaixo do objetivo do segundo semestre desta linha, que corresponde a 83333 rolhas por turno, o que significa que provavelmente será complicado atingir o objetivo do segundo semestre. Contudo, depois de reunir com o fornecedor das brocas *Blowmek*, chegou-se à conclusão de que as brocas estavam a produzir a uma cadência inferior àquela que foi garantida quando se efetuou a compra das brocas. Isto significa que haverá possibilidade de se conseguir alcançar o objetivo do segundo semestre caso o fornecedor consiga resolver o problema da velocidade das brocas, aumentando-o para o valor de 3000 rolhas por hora (em produção contínua).

Utilizando a base de dados de todos os tipos de paragem registados nas medições realizadas à linha 14, prosseguiu-se ao tratamento destes dados para se conseguir perceber quais eram os tipos de paragens mais críticos, ou seja, os que ocorriam mais vezes e os que mais tempo faziam parar a produção das brocas. O diagrama de Pareto e o número de ocorrências e o tempo perdido e número de ocorrências de cada tipo de paragem da linha 14 (Figura 123 e 124) estão presentes no Anexo II – Diagrama de Pareto, tempo perdido e número de ocorrências (linha 14).

Ao analisar os dados relativos às Figuras 123 e 124, obtêm-se informações acerca da importância de cada um dos tipos de paragem, sendo que o tempo de produção perdido com cada tipo de paragem está organizado no diagrama de Pareto por ordem decrescente. Assim, é possível perceber quais são os tipos de paragem responsáveis pelas maiores perdas de produção na linha 14, ou seja, os que maior impacto têm ao nível de tempo de produção perdido.

A partir do diagrama de Pareto (Figura 123) averigua-se que os tipos de paragem responsáveis pelas maiores perdas de produção (cerca de 84% das perdas registadas) são os encravamentos nas mesas com traços a obstruir a calha, encravamentos nos canais de alimentação, falta de traços na alimentação (devido à má gestão por parte do operador), paragem das brocas devido a traços que chegam de lado, encravamentos nos canais de alimentação na câmara de rejeição (na zona dos desviadores), encravamentos nas brocas devido a fitas, encravamentos nos tapetes giratórios das mesas e a paragens dos robôs das mesas, estando o tempo de produção perdido é apresentado no diagrama de Pareto. Como se pode verificar através da análise do gráfico com os tempos perdidos e o número de ocorrências de cada tipo de paragem (Figura 124), os tipos de paragem que se destacam por ocorrerem mais vezes são a falta de traços na alimentação (devido à má gestão por parte do operador) com 34 ocorrências (24%), os encravamentos nas mesas com traços a obstruir a calha com 27 ocorrências (19%) e encravamentos nos canais de alimentação com 23 ocorrências (17%). Estes três tipos de paragem também são os que mais tempo fazem parar a produção.

6.2.4. Dados referentes à linha 13

Relativamente à linha 13, foram realizadas quatro medições com cerca de uma hora cada, sendo que duas delas foram focadas nas brocas 1 e 2 e duas nas brocas 3 e 4. O registo dos

dados foi feito da mesma forma que a linha 14, sendo estes recolhidos em papel e passados posteriormente para *Excel*. Este continha o tempo em que as brocas estiveram a produzir e o tempo em que estiveram paradas devido a encravamentos ou problemas na linha, registando-se onde ocorreram, porque é que ocorreram e o tempo que fizeram parar a produção das brocas (Tabela 11).

Tabela 11 - Registo dos encravamentos responsáveis pelas paragens de produção na linha 13

Brocas	Nº de Brocas encravadas	Motivo de encravamento	Motivo detalhe agrupado	Tempo início	Tempo fim	Duração por broca	Duração total
2	1	Afiar	Afiar	00:07:40	00:09:00	00:01:20	00:01:20
1	1	Afiar	Afiar	00:10:50	00:12:45	00:01:55	00:01:55
1	1	Afiar	Afiar	00:25:45	00:26:30	00:00:45	00:00:45
1	1	Camâra	Camâra	00:27:20	00:29:20	00:02:00	00:02:00
2	1	Camâra	Camâra	00:39:40	00:43:07	00:03:27	00:03:27
1	1	Afiar	Afiar	00:56:55	00:58:22	00:01:27	00:01:27
3	1	Paragem	Desconhecido	00:05:05	00:05:20	00:00:15	00:00:15
3	1	Afiar	Afiar	00:10:55	00:11:15	00:00:20	00:00:20
3	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:21:43	00:24:40	00:02:57	00:02:57
4	1	Paragem	Desconhecido	00:21:43	00:22:30	00:00:47	00:00:47
4	1	Afiar	Afiar	00:23:00	00:23:25	00:00:25	00:00:25

Depois de se terem registado todos os dados da medição, verificou-se o tempo em que as brocas estiveram efetivamente a produzir. Neste exemplo (Figura 82), o tempo a produzir foi de 1 hora, 35 minutos e 46 segundos (80,1% do tempo). O tempo parado é obtido através da soma do tempo parado das duas brocas ao longo desta hora, multiplicando-se o tempo sem produzir por dois e somando-se o tempo a produzir a 50% (1 broca). Neste exemplo, o tempo parado foi de 23 minutos e 50 segundos (19,9% do tempo).

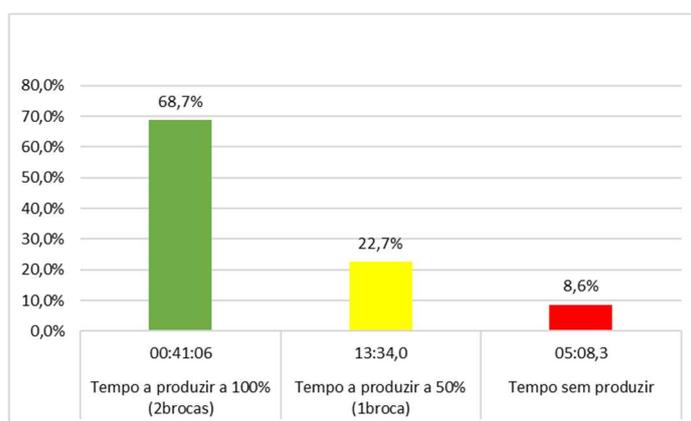


Figura 82 - Tempo de produção registado numa das medições à linha 13

Após terem sido feitas as quatro medições, criou-se uma base de dados com todos os encravamentos responsáveis pela paragem de produção das brocas (Tabela 12), registando-se o dia em que ocorreram, bem como as produções totais de cada dia, obtidas através do MES.

Tabela 12 - Base de dados das paragens ocorridas ao longo das quatro medições da linha 13

Dia	Brocas	Nº de Brocas encravadas	Motivo de encravamento	Motivo detalhe agrupado	Tempo início	Tempo fim	Duração por broca	Duração total
22/mar	2	1	Afiar	Afiar	00:07:40	00:09:00	00:01:20	00:01:20
22/mar	1	1	Afiar	Afiar	00:10:50	00:12:45	00:01:55	00:01:55
22/mar	1	1	Afiar	Afiar	00:25:45	00:26:30	00:00:45	00:00:45
22/mar	1	1	Camãra	Camãra	00:27:20	00:29:20	00:02:00	00:02:00
22/mar	2	1	Camãra	Camãra	00:39:40	00:43:07	00:03:27	00:03:27
22/mar	1	1	Afiar	Afiar	00:56:55	00:58:22	00:01:27	00:01:27
23/mar	3	1	Paragem	Desconhecido	00:05:05	00:05:20	00:00:15	00:00:15
23/mar	3	1	Afiar	Afiar	00:10:55	00:11:15	00:00:20	00:00:20
23/mar	3	1	Mesa	Traço a obstruir calha	00:21:43	00:24:40	00:02:57	00:02:57
23/mar	4	1	Paragem	Desconhecido	00:21:43	00:22:30	00:00:47	00:00:47
23/mar	4	1	Afiar	Afiar	00:23:00	00:23:25	00:00:25	00:00:25
23/mar	4	1	Paragem	Desconhecido	00:24:45	00:25:15	00:00:30	00:00:30
23/mar	3	1	Paragem	Desconhecido	00:26:05	00:26:40	00:00:35	00:00:35
23/mar	3	1	Afiar	Afiar	00:28:00	00:29:00	00:01:00	00:01:00
23/mar	4	1	Afiar	Afiar	00:37:00	00:37:30	00:00:30	00:00:30
23/mar	4	1	Tapetes	Tapetes	00:37:45	00:38:20	00:00:35	00:00:35
23/mar	3	1	Afiar	Afiar	00:44:05	00:44:35	00:00:30	00:00:30
23/mar	3	1	Afiar	Afiar	00:49:40	00:51:20	00:01:40	00:01:40
23/mar	4	1	Paragem	Desconhecido	00:51:40	00:52:17	00:00:37	00:00:37
23/mar	4	1	Afiar	Afiar	00:54:28	00:55:00	00:00:32	00:00:32
23/mar	4	1	Paragem	Desconhecido	00:55:00	00:57:10	00:02:10	00:02:10
23/mar	4	1	Paragem	Desconhecido	00:58:40	00:59:14	00:00:34	00:00:34
24/mar	1	1	Paragem	Desconhecido	00:01:40	00:02:10	00:00:30	00:00:30
24/mar	2	1	Afiar	Afiar	00:04:10	00:04:45	00:00:35	00:00:35
24/mar	2	1	Afiar	Afiar	00:08:15	00:09:15	00:01:00	00:01:00
24/mar	2	1	Afiar	Afiar	00:10:30	00:11:50	00:01:20	00:01:20
24/mar	1	1	Afiar	Afiar	00:12:15	00:12:45	00:00:30	00:00:30
24/mar	2	1	Tapetes	Tapetes	00:20:00	00:25:30	00:05:30	00:05:30

Da mesma forma que na linha 14, a Tabela 12 apresenta a base de dados da linha 13, compilando todas as paragens de produção nestas medições realizadas a esta linha.

A figura seguinte apresenta um *pie chart* que explicita o tempo efetivo de produção (Figura 83) e a Figura 84 apresenta o tempo em que as brocas estiveram a produzir e em que as brocas estiveram paradas.



Figura 84 - Tempo efetivo de produção durante as quatro medições à linha 13

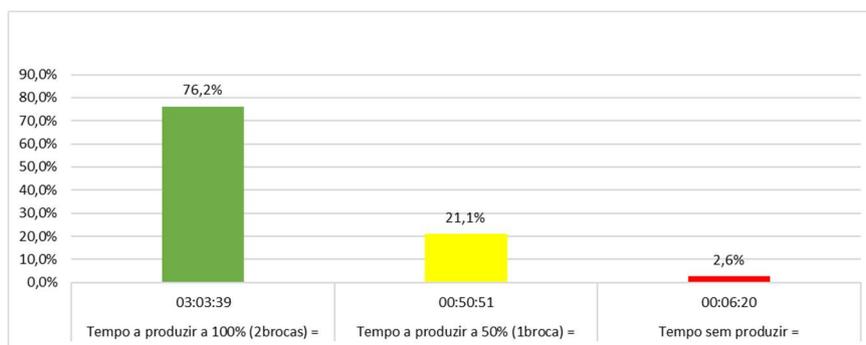


Figura 83 - Tempo de produção das brocas durante as quatro medições à linha 13

Como se pode verificar na figura acima, as brocas apenas estiveram a produzir 86,81% do tempo, correspondendo a um total de 6 horas, 58 minutos e 9 segundos, estando paradas 13,19% do tempo, correspondendo a um total de 1 hora, 3 minutos e 33 segundos. As duas brocas estiveram a produzir simultaneamente durante 3 horas, 3 minutos e 39 segundos (76,2%), enquanto que apenas esteve uma das brocas a produzir durante 50 minutos e 51 segundos (21,1%). Ambas as brocas estiveram paradas ao longo de 6 minutos e 20 segundos (2,6%).

Nestes quatro dias em que foram realizadas as medições, a linha 13 produziu em média, 129219 rolhas por dia e 42843 rolhas no turno 2. O gráfico seguinte (Figura 85) demonstra uma comparação feita entre a produção atual (feita com a média das medições) e os objetivos de produtividade definidos para o projeto, de modo a perceber quais são os ganhos necessários para conseguir alcançar os objetivos propostos. Da mesma forma, é apresentada a produção hipotética

desta linha, para conseguir perceber se os objetivos definidos serão possíveis de alcançar. Adicionalmente, foi calculado o número de rolhas feitas se a linha estivesse a produzir efetivamente a 90% do tempo, ou seja, se o tempo de paragem fosse de apenas 10% do total observado.

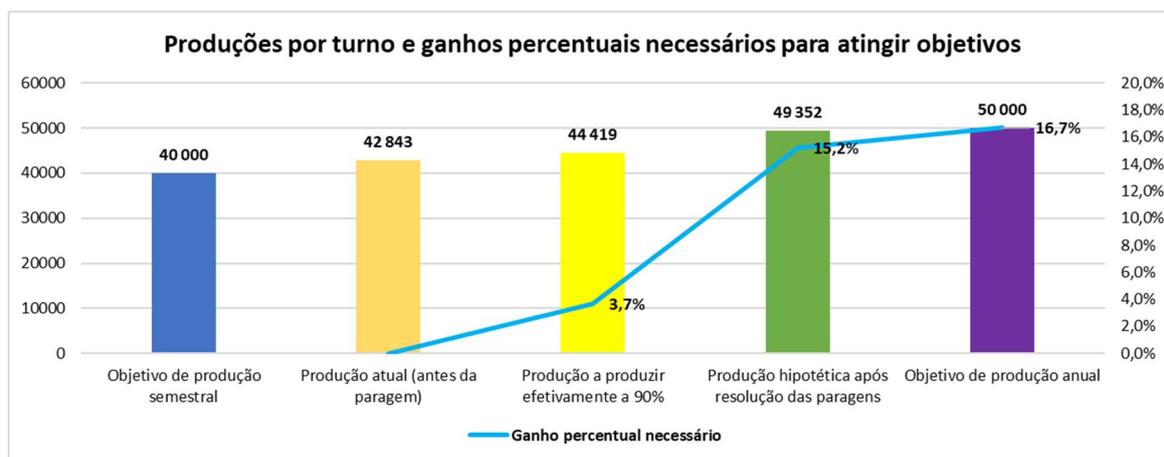


Figura 85 - Produções por turno e ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 13

Através desta figura, verifica-se que atualmente a linha já consegue atingir o objetivo proposto para o final do primeiro semestre, estando atualmente com 42843 rolhas produzidas por turno. Assumindo que a linha não tem nenhuma paragem, também se verifica que as brocas conseguirão praticamente atingir o objetivo estabelecido para o segundo semestre, produzindo 49352 rolhas por turno face ao objetivo de 50000 rolhas por turno. O facto deste objetivo do segundo semestre poder ser atingido mesmo no limite, não permitindo que a linha tenha qualquer falha, pode ser explicado uma vez que a velocidade de cadência da broca 2 da linha 13 estava bastante inferior às outras três brocas, uma vez que esta estava a ser utilizada para testes da *Vimétrica*, com a finalidade de aumentar a sua rentabilidade. Como esta broca esteve a ser utilizada para a realização destes testes durante todas as medições realizadas a esta linha, funcionando de maneira diferente das outras três brocas e estando bastantes vezes parada por causa da constante intervenção por parte dos técnicos, a sua produção foi substancialmente mais baixa do que as outras três brocas da linha 13. Isto pode explicar o porquê de a produção hipotética estar ligeiramente abaixo do objetivo estabelecido para o segundo semestre. Acredita-se que, caso todas as brocas estivessem operacionais e a funcionar da mesma forma, a produção hipotética da linha já superaria o objetivo estabelecido de 50000 rolhas por turno.

As Figura 125 e 126 do Anexo III – Diagrama de Pareto, tempo perdido e número de ocorrências (linha 13) – apresentam os tipos de paragens organizados numa análise ABC (Figura 125), utilizando para isto a base de dados construída a partir das medições com todos os tempos recolhidos na linha 13. Isto serviu para identificar quais os tipos de paragens mais críticos, que fazem parar durante mais tempo a produção das brocas, bem como os que ocorrem mais vezes.

As figuras 125 e 126 contêm informações importantes, nomeadamente acerca do tempo de produção que foi perdido com cada tipo de paragem, com a finalidade de evidenciar os tipos de paragem que levam a maiores perdas na linha 13. Estes tipos de paragem acabam por ser aqueles que têm um maior peso relativamente ao tempo de produção perdido.

Como se pode verificar através do diagrama de Pareto (Figura 125), os tipos de paragem que levam a perdas mais significativas de produção (80,8% das perdas de produção registadas) são os encravamentos nas brocas por motivos desconhecidos (estes motivos não conseguiram ser identificados uma vez que as brocas paravam sem motivo aparente, não existindo nenhum encravamento ou causa válida para estas terem deixado de produzir), a broca ter de afiar, encravamentos nas mesas devido ao batente e encravamentos nos canais. Relativamente ao gráfico com o tempo perdido e o número de ocorrências por cada tipo de paragem (Figura 126), destacam-se dois tipos de paragem mais frequentes que são o afiamento das brocas, com 22 ocorrências registadas (43%) e a paragem da broca por motivos desconhecidos, com 18 ocorrências no total (35%). Estes dois tipos de paragem também são aqueles que mais tempo fazem parar a produção.

6.2.5. Dados referentes à linha 12

Quanto à linha 12, foram realizadas seis medições com cerca de uma hora cada, sendo que nesta linha as medições tiveram de ser feitas num contexto um pouco diferente das linhas 13 e 14. Ao contrário do sistema de alimentação destas linhas, que é idêntico, a linha 12 funciona de uma forma distinta (que já foi anteriormente explicado na descrição do processo produtivo e na descrição do problema). Nestas linhas, três das medições foram realizadas às brocas 1, 2, 7 e 8 e as outras três às brocas 3, 4, 5 e 6.

Uma vez que o posicionamento para fazer as medições às brocas não permitia que se observassem os canais de alimentação da linha 12, não se conseguia identificar o porquê de não chegarem traços aos canais. Esta falta de traços nos canais foi recorrente nas medições efetuadas, fazendo com que as brocas deixassem de ter traços para produzir rolhas, parando a produção. Para se conseguir identificar o motivo desta falta de traços nos canais, para além das medições feitas às brocas, realizaram-se, nos mesmos dias destas medições, outras medições na parte do sistema de alimentação com as mesas, robôs e parte dos canais de alimentação. O objetivo foi de poder inferir porque é que deixavam de chegar traços às brocas nesta linha. A Figura 86 apresenta a localização adotada para a recolha de dados na linha 12.

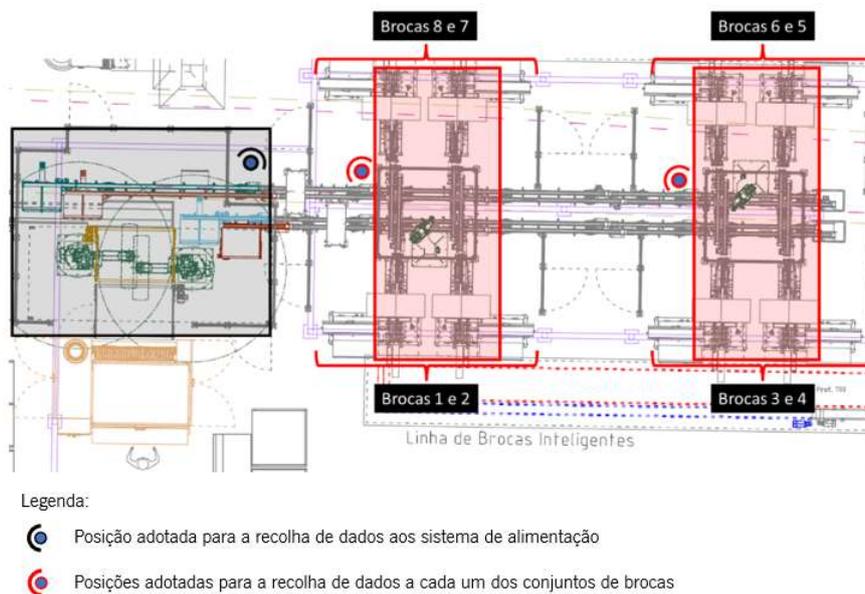


Figura 86 - Localizações das posições de recolha de dados nas medições na linha 12

Depois dos dados terem sido registados em papel, foram criados ficheiros *Excel* nos quais se registaram todos estes tempos em que as brocas estiveram a produzir e em que deixaram de produzir, assinalando-se onde ocorreram estas paragens, porque é que ocorreram e o tempo que fizeram parar a produção (Tabela 13).

Tabela 13 - Registro dos encravamentos responsáveis pelas paragens de produção na linha 12 e respetiva legenda de cores

Brocas	Nº de Brocas encravadas	Motivo de encravamento	Motivo - detalhe	Tempo início	Tempo fim	Duração por broca	Duração total
3	1	Paragem	Desconhecido	00:00:00	00:00:55	00:00:55	00:00:55
3	1	Afiar	Afiar	00:03:40	00:04:10	00:00:30	00:00:30
6	1	Afiar	Afiar	00:03:40	00:04:10	00:00:30	00:00:30
4	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:06:15	00:06:35	00:00:20	00:00:20
4	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:08:50	00:09:15	00:00:25	00:00:25
6	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:12:35	00:12:50	00:00:15	00:00:15
3 4 5 6	4	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:13:40	00:14:25	00:00:45	00:03:00
6	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:14:45	00:15:15	00:00:30	00:00:30
3	1	Afiar	Afiar	00:15:25	00:15:45	00:00:20	00:00:20
6	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:15:25	00:16:30	00:01:05	00:01:05
4	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:16:10	00:16:45	00:00:35	00:00:35
5 6	2	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:17:40	00:18:05	00:00:25	00:00:50
3 4 5 6	4	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:19:10	00:19:25	00:00:15	00:01:00
4 5	2	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:19:50	00:20:15	00:00:25	00:00:50
6	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:20:15	00:20:25	00:00:10	00:00:10
3	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:20:30	00:20:50	00:00:20	00:00:20
4 5	2	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:21:20	00:21:40	00:00:20	00:00:40

LEGENDA	
	Grupo de brocas encravadas ao mesmo tempo pelo mesmo motivo
	Todas as brocas (4) encravadas ao mesmo tempo
	Grupo de brocas com encravamentos sobrepostos

O tempo total de produção observado é de quatro horas, uma vez que se analisaram quatro brocas ao longo de uma hora. Após terem sido registados todos os dados necessários no *Excel*, verificou-se quanto tempo é que as brocas estiveram efetivamente a produzir em cada uma das medições. O tempo a produzir calcula-se através da soma da multiplicação do tempo a produzir a 100% (4 brocas) por quatro, da multiplicação do tempo a produzir a 75% (3 brocas) por três, da multiplicação do tempo a produzir a 50% (2 brocas) por dois e do tempo a produzir a 25% (1 broca). O tempo parado é obtido através da soma da multiplicação do tempo sem produzir por quatro, da multiplicação do tempo a produzir a 25% (1 broca) por três, da multiplicação do tempo a produzir a 50% (2 brocas) por dois e do tempo a produzir a 75% (3 brocas). Neste exemplo (Figura 87), o tempo a produzir foi de 2 horas e 44 minutos (68,3% do tempo) e o tempo parado foi de 1 hora e 16 minutos (31,7% do tempo).

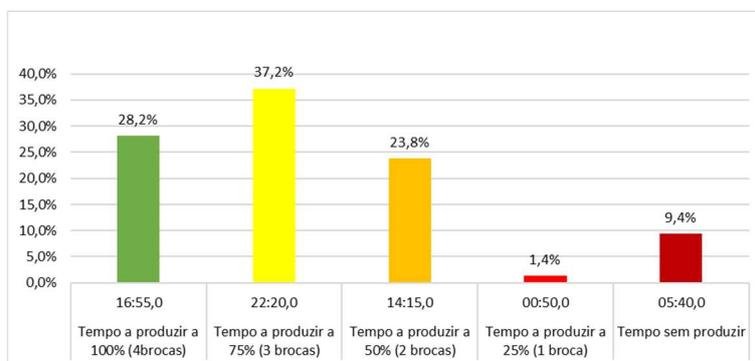


Figura 87 - Tempo de produção registado numa das medições à linha 12

Depois de recolhidos todos os dados ao longo destas seis medições, foi criada uma base de dados à semelhança das linhas 13 e 14, onde todos os encravamentos responsáveis por paragens de produção nas brocas foram registados (Tabela 14). Esta base de dados também continha informações acerca do dia em que ocorreu a paragem, assim como todas as produções totais de cada dia, que foram obtidas através do MES.

Tabela 14 - Base de dados das paragens ocorridas ao longo das quatro medições da linha 12

Dia	Brocas	Nº de Brocas encravadas	Motivo de encravamento	Motivo - detalhe	Tempo início	Tempo fim	Duração por broca	Duração total
09:39 - 10:39								
01/abr	6	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:01:15	00:01:40	00:00:25	00:00:25
01/abr	5	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:02:10	00:02:25	00:00:15	00:00:15
01/abr	5	1	Afiar	Afiar	00:05:30	00:06:00	00:00:30	00:00:30
01/abr	6	1	Afiar	Afiar	00:09:00	00:09:30	00:00:30	00:00:30
01/abr	4	1	Paragem	Desconhecido	00:11:00	00:14:15	00:03:15	00:03:15
01/abr	5	1	Afiar	Afiar	00:11:00	00:11:30	00:00:30	00:00:30
01/abr	3 4 5 6	4	Para ao abastecer (Robô)	Para ao abastecer (Robô)	00:16:15	00:18:25	00:02:10	00:08:40
01/abr	6	1	Paragem	Bocado a obstruir calha	00:18:25	00:20:00	00:01:35	00:01:35
01/abr	5	1	Afiar	Afiar	00:23:10	00:23:45	00:00:35	00:00:35
01/abr	3	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:23:10	00:23:45	00:00:35	00:00:35
01/abr	4	1	Paragem	Desconhecido	00:23:10	00:24:55	00:01:45	00:01:45
01/abr	5 6	2	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:24:00	00:24:45	00:00:45	00:01:30
01/abr	3 4 5 6	4	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:26:00	00:26:45	00:00:45	00:03:00
01/abr	3 4 5 6	4	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:27:50	00:28:10	00:00:20	00:01:20
01/abr	3	1	Afiar	Afiar	00:28:10	00:28:30	00:00:20	00:00:20
01/abr	5 6	2	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:28:55	00:29:10	00:00:15	00:00:30
01/abr	4 5 6	3	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:29:30	00:29:50	00:00:20	00:01:00
01/abr	6	1	Afiar	Afiar	00:30:40	00:31:10	00:00:30	00:00:30
01/abr	3 6	2	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:31:30	00:31:50	00:00:20	00:00:40
01/abr	5 6	2	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:32:10	00:32:25	00:00:15	00:00:30
01/abr	3	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:38:30	00:39:20	00:00:50	00:00:50
01/abr	6	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:38:40	00:39:10	00:00:30	00:00:30
01/abr	4	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:39:40	00:39:55	00:00:15	00:00:15
01/abr	3 4 5 6	4	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:40:00	00:40:45	00:00:45	00:03:00
01/abr	3	1	Falta de traços na alimentação	Falta de traços na alimentação	00:42:30	00:42:40	00:00:10	00:00:10
01/abr	5	1	Paragem	Traço de lado	00:42:30	00:44:00	00:01:30	00:01:30

Como já foi anteriormente referido nas linhas 13 e 14, a coluna “Duração total” é o tempo total sem produzir contabilizando as quatro brocas. Isto significa que se for realizado um registo em que as quatro brocas estiveram paradas ao mesmo tempo, por exemplo, do minuto 4 ao minuto 5 da medição, esta coluna terá 4 minutos de paragem, quatro vezes mais do que a coluna “Duração por broca” pelo facto das quatro brocas terem parado e simultâneo. Se apenas uma broca tiver parado durante 1 minuto, a coluna “Duração total” terá a mesma duração do que a coluna “Duração por broca”, registando ambas 1 minuto de paragem.

De seguida, após finalizar o registo de todas estas paragens na base de dados, calculou-se o tempo em que as brocas estiveram efetivamente a produzir e o tempo em que estiveram efetivamente paradas. Através da Figura 88, verifica-se que as brocas apenas estiveram a produzir 64,58% do tempo durante as medições, o que corresponde a um total de 15 horas, 31 minutos e 13 segundos. Logicamente, as brocas estiveram paradas 35,42% do tempo, o que corresponde a

8 horas, 30 minutos e 43 segundos. Para além disto, também se consegue visualizar através da Figura 89 o tempo em que as quatro brocas estiveram a produzir em simultâneo, com 1 hora, 57 minutos e 43 segundos (32,7%), o tempo em que três brocas estiveram a produzir em simultâneo, com 1 hora, 47 minutos e 22 segundos (29,8%), o tempo em que duas brocas estiveram a produzir em simultâneo, com 1 hora, 3 minutos e 35 segundos (17,6%), o tempo em que apenas uma broca esteve a produzir, com 11 minutos e 5 segundos (3,1%) e o tempo em que as quatro brocas estiveram paradas em simultâneo, com 1 hora e 44 segundos (16,8%).

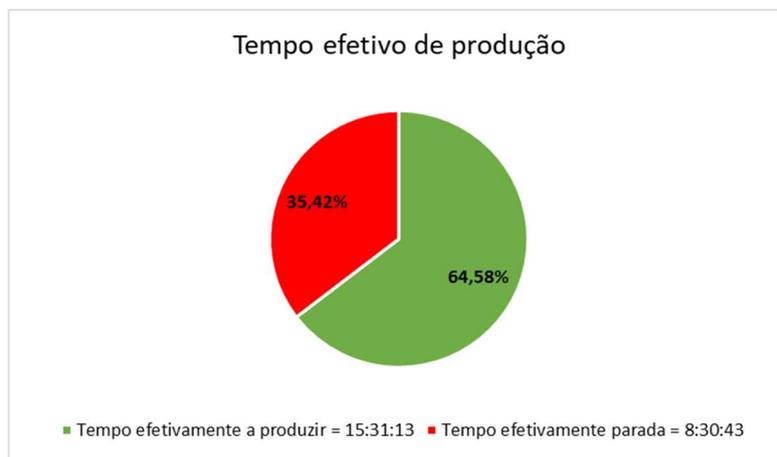


Figura 88 - Tempo efetivo de produção durante as seis medições à linha 12

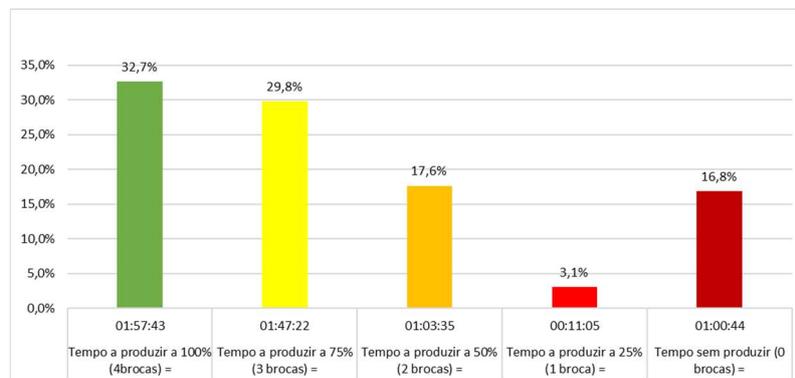


Figura 89 - Tempo de produção das brocas durante as seis medições à linha 12

Através dos dados recolhidos em MES, a linha 12 produziu em média, 205501 rolhas por dia e 71502 rolhas no turno 2. A Figura 90 contém dados que permitem fazer uma comparação entre a produção atual (feita com a média das medições) com os objetivos de produtividade definidos neste projeto, com a finalidade de visualizar quais os ganhos necessários para os atingir.

A coluna com a produção hipotética após a resolução das paragens também foi calculada para esta linha, assumindo que estaria a produzir 100% do tempo em vez do valor atual de 64,58% do tempo. Este valor é praticamente impossível de atingir, mas está aqui apresentado para se conseguir perceber se os objetivos definidos são possíveis de ser atingidos. Também é apresentada uma coluna com a produção da linha se estivesse a produzir efetivamente a 80% do tempo, ou seja, se as paragens de produção apenas correspondessem a 20% do total.

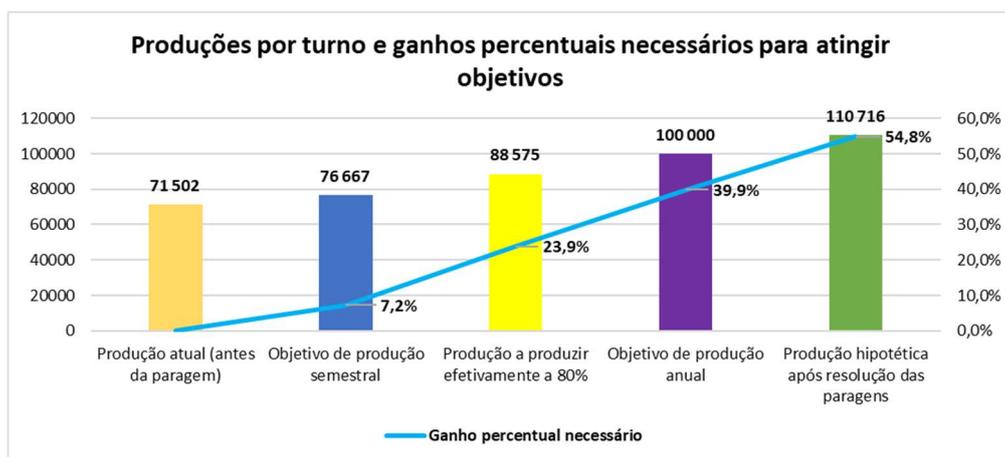


Figura 90 - Produções por turno e ganhos percentuais necessários para atingir os objetivos da linha 12

Como se pode constatar pelo gráfico (Figura 90), o objetivo do primeiro semestre da linha 12 de 76667 rolhas por turno poderá ser facilmente alcançável caso a linha produza efetivamente 80% do tempo, com uma produção de 88575 rolhas por turno, batendo claramente esta meta definida. Verifica-se também ao olhar para a coluna da produção hipotética, com um total de 110716 rolhas por turno, que o objetivo do segundo semestre também poderá ser alcançado, sendo este número superior ao objetivo de 100000 rolhas por turno. De facto, através desta análise realizada, verifica-se que os objetivos de produtividade definidos para esta linha são aqueles que parecem ter sido mais bem definidos, sendo os mais plausíveis de ser alcançados de acordo com os dados recolhidos através das medições realizadas às linhas.

No Anexo IV – Diagrama de Pareto, tempo perdido e número de ocorrências (linha 12) – são apresentados dois gráficos fundamentados na base de dados com todos os tipos de paragem nas medições à linha 12, que permitem deduzir quais os tipos de paragem mais críticos, os que foram responsáveis por parar durante mais tempo a produção das brocas e os que ocorreram

mais vezes: o diagrama de Pareto (Figura 127) e o gráfico com o tempo perdido e o número de ocorrências (Figura 128).

Averiguando os dados das Figuras 127 e 128, consegue-se perceber a importância de cada um dos tipos de paragem, sendo que o diagrama de Pareto apresenta o tempo de produção perdido com cada tipo de paragem por ordem decrescente.

O diagrama de Pareto (Figura 127) evidencia os tipos de paragem responsáveis pelas maiores perdas de produção (mais precisamente, 86,5% das perdas), sendo estes a falta de traços na alimentação, a paragem da broca devido a traços que chegam de lado, a paragem da broca por motivos desconhecidos e a paragem do robô ao abastecer os canais das brocas. Por outro lado, o gráfico com o tempo perdido e o número de ocorrências de cada tipo de paragem (Figura 128) evidencia os tipos e paragem que acontecem mais vezes, sendo estes a falta de traços na alimentação com 116 ocorrências (53%), a broca a afiar, com 36 ocorrências (17%), a paragem da broca devido a motivos desconhecidos com 20 ocorrências (9%) e a paragem da broca devido a traços que chegam de lado com 19 ocorrências (9%). De facto, destes quatro tipos de paragem apenas o afiamento da broca é que não se encontra nas paragens que mais tempo fazem parar a produção, sendo que os outros três tipos de paragem se encontram no topo desta lista.

A paragem das brocas por motivos desconhecidos corresponde a paragens nas brocas nas quais o autor não conseguiu identificar claramente o porquê de estas terem parado. No entanto, foi realizado uma observação às brocas 1, 2, 7 e 8 da linha 12 de modo a desmistificar esta questão. Verificou-se que em 86% das vezes estas paragens correspondiam a traços que não vinham com a barriga para cima, levando a que, ao chegarem à broca, fossem responsáveis pela sua paragem.

6.2.6. OEE

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é utilizado para mostrar a eficiência de um determinado equipamento, sendo o objetivo da sua utilização identificar qual é a percentagem de tempo verdadeiramente produtivo. Recorreu-se à utilização desta ferramenta como um indicador de desempenho. O objetivo é identificar perdas de produção e, assim, melhorar a produtividade

das brocas, realizando-se a medição gradual do OEE para se poder acompanhar o seu progresso ao longo do tempo, sendo mais um indicador da evolução do estado das linhas de brocas inteligentes.

Os tempos apresentados de seguida são utilizados para calcular o OEE:

- Tempo de abertura – contabiliza as paragens planeadas:
 - Pausas;
 - Manutenções planeadas;
 - Períodos sem nada para produzir.
- Tempo de funcionamento – contabiliza as paragens não planeadas:
 - Avarias;
 - Falta de material;
 - *Setups*.
- Tempo líquido de funcionamento – contabiliza perdas de velocidade:
 - Desgaste do equipamento;
 - Materiais inapropriados (cortiça torta ou com calibre muito grande ou pequeno);
 - Falhas do operador (alimentar a máquina demasiado rápido – encrava);
 - Ineficiência do operador (está a varrer enquanto a máquina está à espera de produzir).
- Tempo produtivo – contabiliza perdas de qualidade:
 - Defeitos.

O OEE é calculado através de três fatores: a disponibilidade, a velocidade e a qualidade. O primeiro, a disponibilidade, tem em conta todos os eventos que interrompem a produção planeada, sendo calculada através da divisão do tempo de funcionamento pelo tempo de abertura.

$$Disponibilidade = \frac{\textit{Tempo de funcionamento}}{\textit{Tempo de abertura}}$$

O segundo, a velocidade, tem em conta tudo o que faz com que o processo de fabrico funcione a uma velocidade inferior à máxima possível quando está em funcionamento, sendo

calculado através da divisão entre o produto do tempo de ciclo ideal pelo número de peças produzidas e o tempo de funcionamento.

$$Velocidade = \frac{Tempo\ de\ ciclo\ ideal \times Peças\ produzidas}{Tempo\ de\ funcionamento}$$

A qualidade tem em conta as peças fabricadas que não cumprem as normas de qualidade, sendo calculada através da divisão do número de peças boas pelo número de peças produzidas no total.

$$Qualidade = \frac{Peças\ boas}{Peças\ produzidas}$$

É ainda de referir que foi definido através da equipa responsável por este projeto que o fator de qualidade seria feito através das provas realizadas para calcular a rentabilidade de uma broca em relação a outra. No caso das brocas *Blowmek*, como o objetivo de rentabilidade estabelecido foi que estas deveriam estar a produzir 5p.p. acima das brocas automáticas, estabeleceu-se este valor como o máximo, sendo que o fator de qualidade quando se atingissem estes 5p.p. seria de 100%. No caso das brocas *Vimétrica*, como o objetivo de rentabilidade estabelecido foi que estas deveriam estar a produzir apenas 2,1p.p. abaixo das brocas a pedal, estabeleceu-se este valor como o máximo, sendo que o fator de qualidade quando se atingisse este valor de -2,1p.p. seria de 100%. Estabeleceu-se que cada 1p.p. de diferença de rentabilidade entre estes objetivos estabelecidos corresponderia a 5% de qualidade, sendo esta a única maneira encontrada para definir o fator qualidade com os dados disponíveis. Ou seja, se a broca *Blowmek* estivesse a produzir com uma rentabilidade de 4p.p. acima das brocas automáticas, o fator qualidade seria de 95% (estava apenas 1p.p. abaixo do objetivo de 5p.p.). Por outro lado, se a broca *Vimétrica* estivesse a produzir com uma rentabilidade de -3,1p.p. em relação às brocas a pedal, o fator de qualidade seria de 95% (estava apenas 1p.p. abaixo do objetivo de -2,1p.p.). A prova a utilizar para calcular o fator qualidade será aquela que foi feita na data mais próxima da data da recolha de dados para o cálculo do OEE.

O primeiro cálculo do OEE foi efetuado utilizando-se os dados das medições realizadas inicialmente à linha 14. O tempo de abertura foi calculado retirando-se ao tempo disponível para a produção os tempos de paragem planeados, que são o tempo de arranque, limpeza, pausas para lanches e pausa para o almoço. Os tempos de paragem não planeados acabam por ser as micro paragens registadas nas medições feitas às brocas, fazendo-se uma regra de três simples para obter o valor de uma broca num turno. O tempo de ciclo ideal foi definido assumindo o valor teórico com que as brocas *Blowmek* deveriam produzir, que é de 25000 rolhas por 8 horas. Assim, fazendo-se uma regra de três simples, chegou-se ao valor de 1,152 segundos. As produções das linhas foram retiradas do MES, fazendo-se uma média das produções nos dias em que se fizeram as medições (150178 rolhas/dia) e calculando-se a produção de uma broca num turno (12515 rolhas/turno). O resultado da prova mais próxima da data das medições realizadas à linha foi no dia 24 de março de 2021, na qual as brocas *Blowmek* estavam a produzir com uma rentabilidade de 8,5% inferior às brocas automáticas face ao objetivo de estar a produzir com uma rentabilidade de 5% acima das brocas automáticas, que se traduz num fator de qualidade de apenas 32,5%.

Como se pode verificar, o OEE é muito baixo, com um valor de 18,59%. Este foi particularmente baixo devido aos resultados fracos da prova realizada para saber a rentabilidade das brocas *Blowmek* em relação às brocas automáticas, estando com uma rentabilidade inferior em 8,5p.p.. Como cada 1p.p. deste valor corresponde a 5% de qualidade, o fator qualidade foi de apenas 32,50%, valor muito baixo que comprometeu o OEE. Todos estes dados estão presentes na Figura 91.

Disp =	69,91%		Velocidade =	81,84%	
OEE	18,59%			81,84%	

Tempos (em minutos)	Turno	Dia
Arranque	5	15
Limpeza	5	15
Lanches	20	60
Almoço	30	90
Total	60	180

	Turno	Dia
Tempo total	480	1440
Tempo abertura	420	1260
Microparagens	126,4	379,2
Tempo funcionamento	293,6	880,8

	Turno	Dia
TC ideal (seg/1Rolha)	1,152	1,152
Microparagens (min)	126,39	379,155
Microparagens (seg)	7583,1	22749,3
Produção (Rolhas)	12514,83	37544,5

1 broca produz, em teoria: 25000 Rolhas/8h

	Rolhas	seg
	25000	8*60*60
	1	TC ideal

TC ideal = 1,152 seg
Ideal Run Rate = 1/Tcideal 0,868056

Medições feitas:	Horas	Min
Microparagens medidas em 5 horas, a 2 brocas (equivalente a 10 horas com 1 broca)	03:00:33	180,55
Microparagens medidas em 5 horas, a 1 broca (equivalente a 5 horas, dividir por 2)	01:30:16	06:36:00
Microparagens medidas em 7 horas (1 turno), a 1 broca	02:06:23	126,39

Produções	Dia (4 brocas)	Turno (4 brocas)	Turno (1 broca)
	150178	50059	12515

Qualidade = 32,50%

Feito por amostragem → Prova: 24/03

Resultado	Objetivo	Diferença
-8,50%	5,00%	13,50%
		67,50%

Cada 1% = 5% qualidade

	BLW			Auto		
	€/Mil (45)	A&I	A&I (€)	A&I	A&I (€)	Dif %AUTO
FLOR /EXTRA	280	20	5,60 €	20	5,60 €	0,0%
SUPER/1º	200	88	17,60 €	99	19,80 €	-11,1%
2/3º	110	69	7,59 €	83	9,13 €	-16,9%
4º/5º	30	43	1,29 €	44	1,32 €	-2,3%
Repasse	45	14	0,63 €	13	0,59 €	7,7%
Repasse Forte	6	0	0,00 €	0	- €	0,0%
Apara	6	89	0,53 €	94	0,56 €	-5,3%
Bicho Topo	-20	36	-0,72 €	73	- 1,46 €	-50,7%
Bicho Corpo	0	20	0,00 €	21	- €	0,0%
Total	657	379	32,52 €	447	35,54 €	-8,5%

Figura 91 - Excel com os dados necessários ao cálculo do OEE inicial da linha 14

Também se procedeu da mesma forma para o cálculo do OEE na linha 13, utilizando-se as medições realizadas a esta linha. Os dados referentes às paragens planeadas são idênticos aos da linha 14 e as micro paragens foram obtidas através da base de dados com todos os tipos de paragem registados nas medições da linha 13, fazendo-se uma regra de três simples para obter as micro paragens de uma broca ao longo de um turno. O tempo de ciclo ideal foi calculado com o valor teórico que as brocas *Vimétrica* deveriam produzir, que é de 16800 rolhas por 8 horas, equivalente a um tempo de ciclo ideal de 1,714 segundos. As produções da linha foram retiradas do MES nos dias em que se fizeram as medições, com uma média de rolhas feitas por uma broca num turno de 10768. A prova realizada no dia 26 de fevereiro de 2021 teve como resultado que as brocas *Vimétrica* estavam com uma rentabilidade 2,1% inferior em relação às brocas a pedal, valor definido como o objetivo de rentabilidade, logo, o fator de qualidade é de 100%.

O OEE da linha 13 tem um valor considerado como aceitável, estabelecendo-se nos 73,24%. De facto, como a velocidade de cadência das brocas da *Vimétrica* é mais baixa do que as brocas *Blowmek*, verifica-se que as micro paragens nesta linha são muito inferiores, estando as brocas a produzir mais tempo sem interrupções. Todos estes dados estão presentes na Figura 92.

Disp =	91,18%		Velocidade =	80,33%		
OEE	73,24%			80,34%		
				80,33%		
Tempos (em minutos)	Turno	Dia		Turno	Dia	
Arranque	5	15	TC ideal (seg/1Rolha)	1,714	1,714	
Limpeza	5	15	Microparagens (min)	37,06	111,183333	
Lanches	20	60	Microparagens (seg)	2223,667	6671	
Almoço	30	90	Produção (Rolhas)	10768,25	32304,8	
Total	60	180		25,63869		
Tempo total	480	1440	1 broca produz, em teoria:	16800 Rolhas/8h		
Tempo abertura	420	1260		Rolhas	seg	
Microparagens	37,06	111,1833		16800	8*60*60	
Tempo funcionamento	382,94	1148,817		1	TC ideal	
			TC ideal =	1,714286 seg		
			Ideal Run Rate = 1/Tcideal	0,583333		
			Medições feitas:	Horas	Min	
			Microparagens medidas em 4 horas, a 2 brocas (equivalente a 8 horas com 1 broca)	01:03:32	63,53	
			Microparagens medidas em 4 horas, a 1 broca (equivalente a 4 horas, dividir por 2)	00:31:46	31,77	
			Microparagens medidas em 7 horas (1 turno), a 1 broca	00:37:04	37,06	
			Produções	Dia (4 brocas)	Turno (4 brocas)	Turno (1 broca)
				129219	43073	10768
Qualidade =	100,00%					
Feito por amostragem →	Prova: 26/02					
Resultado	Objetivo	Diferença				
-2,10%	-2,10%	0,00%	Cada 1% = 5% qualidade			
		0,00%				
			BI	Semi		
	€/Mil (45)	A&I	A&I (€)	A&I	A&I (€)	Dif %AUTO
FLOR /EXTRA	280	21	5,88 €	34	9,52 €	-38,2%
SUPER/1º	200	87	17,40 €	74	14,80 €	17,6%
2/3º	110	78	8,58 €	78	8,58 €	0,0%
4º/5º	30	26	0,78 €	25	0,75 €	4,0%
Repasse	45	9	0,41 €	9	0,41 €	0,0%
Repasse Forte	6		0,00 €	0	0,00 €	0,0%
Apara	6	180	1,08 €	135	0,81 €	33,3%
Bicho Topo	1	73	0,07 €	54	0,05 €	35,2%
Bicho Corpo	1	33	0,03 €	32	0,03 €	3,1%
Total	679	507	34,23 €	441	34,95 €	-2,1%

Figura 92 - Excel com os dados necessários ao cálculo do OEE inicial da linha 13

Por fim, para o primeiro cálculo do OEE na linha 12, utilizaram-se as medições realizadas a esta linha através da base de dados. Retiraram-se as micro paragens de todos os registos do tempo de produção perdido, fazendo-se também uma regra de três simples para obter as micro paragens de uma broca num turno. O tempo de ciclo ideal é idêntico ao da linha 13, uma vez que a linha 12 também é composta por brocas da *Vimétrica*, sendo este de 1,714 segundos. As produções também foram retiradas do MES, com uma média de 8563 rolhas feitas por uma broca ao longo de um turno. A prova utilizada para o cálculo do fator de qualidade é a mesma que foi utilizada para o cálculo deste fator na linha 13, estando com uma rentabilidade 2,1p.p. inferior às brocas a pedal, o que corresponde a um valor de 100% no fator qualidade.

O OEE da linha 12 tem um valor mais baixo que a linha 13, com 58,24%, devido principalmente ao facto das micro paragens registadas nesta linha serem superiores às da linha 13. Todos estes dados estão presentes na Figura 93.

6.3.Fase *Analyze*

Esta fase tem como finalidade a análise de todos os dados recolhidos na fase anterior, com o objetivo de identificar as causas-raiz responsáveis pelos problemas identificados. Deste modo, torna-se importante a identificação clara dos fatores que levam a que haja maiores perdas em cada uma das linhas, analisando detalhadamente todos os dados do *Measure* e elaborando um plano de ações de melhoria com base nesta informação. Depois de identificadas as causas-raiz, verificaram-se quais foram aquelas que mais tempo fizeram parar a produção, que acabam por ser as mais importantes para o projeto.

6.3.1. Causas-raiz

Após terem sido realizadas as medições às três linhas, foram feitas reuniões com alguns membros da equipa do projeto com a finalidade de discutir as causas identificadas na fase anterior e perceber quais são as que carecem de maior atenção. Posteriormente, foi elaborado um diagrama causa-efeito que conseguisse abordá-las de uma maneira geral, classificando-as de acordo com as categorias Método, Matéria-prima, Mão de obra, Máquinas, Medição e Meio-Ambiente. O diagrama causa-efeito (diagrama de *Ishikawa*) encontra-se representado na figura seguinte (Figura 94), sendo as causas mais importantes abordadas de seguida.

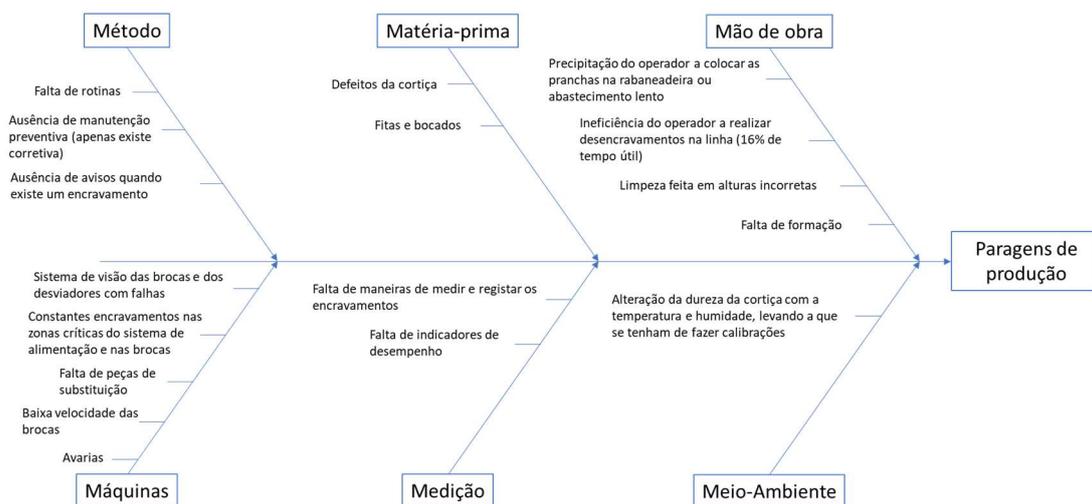


Figura 94 - Diagrama de Ishikawa do projeto

Após a análise deste diagrama de causa-efeito, verifica-se que as causas que mais contribuem para as paragens de produção estão englobadas nas categorias das máquinas, mão de obra e método. Com base neste diagrama, confirmaram-se as causas que já tinham sido identificadas anteriormente, estando estas presentes nas várias categorias.

6.3.2. Priorização das causas-raiz

Após a identificação destas causas-raiz, foi necessário descobrir quais são as mais importantes, ou seja, as que mais tempo fazem parar a produção das linhas. Para tal, a equipa determinou que o indicador mais adequado para fazer esta organização das causas-raiz seria o tempo perdido com cada um dos tipos de paragem identificados, uma vez que permite claramente decifrar quais são os tipos de paragem responsáveis por maiores perdas de produção.

De modo a poder combater mais facilmente os tipos de paragem, estes foram agrupados com a finalidade de identificar mais facilmente a zona crítica onde ocorreram, simplificando, deste modo, uma futura sugestão de ações de melhoria para resolver estas lacunas. Estes grupos foram criados uma vez que se podem colmatar vários tipos de paragem que ocorreram em cada uma das zonas críticas, previamente identificadas, com apenas uma ação de melhoria. Esta foi uma sugestão feita por um membro da equipa que acabou por ser aceite por todos os restantes membros, reconhecendo os benefícios que este agrupamento dos tipos de paragem pode trazer para o futuro. Efetivamente, deve-se sempre sugerir ações de melhoria que consigam resolver ou atenuar mais do que um tipo de paragem, sendo este o objetivo da criação dos grupos.

6.3.2.1. Agrupamento dos tipos de paragem da linha 12

De seguida, serão então apresentados os grupos aos quais os diferentes tipos de paragem foram alocados, representados nas Tabelas 15 e 16, juntamente com todo o tempo perdido de produção, presente na coluna “Duração a contar com todas param”.

Tabela 15 - Elaboração dos grupos de tipos de paragem da linha 12

Tipo de paragem	Grupos	Duração a contar com todas param
Falta de traços na alimentação	Falha de alimentação	04:36:11
Broca para (traço de lado)	Falha do sistema de visão	01:00:45
Broca para (?)	Falha do sistema de visão	01:00:00
Robô para ao abastecer	Falha do robô	00:45:05
Traço encravado na Calha da Broca	Falha do robô	00:22:57
Broca a afiar	Manutenção	00:20:00
Manutenção da Broca	Manutenção	00:11:00
Broca para (fita)	Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:09:55
Broca para (bocados)	Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:04:50

Tabela 16 - Grupos de tipos de paragem da linha 12

Grupos	Duração a contar com todas param
Falha de alimentação	04:36:11
Sistema de visão	02:00:45
Falha do robô	01:08:02
Manutenção	00:31:00
Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:14:45

Posteriormente, será importante identificar o porquê de haver falta de traços nos canais, correspondente ao grupo “Falha de alimentação”, responsável por grandes perdas de produção, como se pode observar na Tabela 16.

Será aqui que entram as medições de 30 minutos feitas à parte do sistema de alimentação com as mesas, robôs e parte dos canais de alimentação. Estas medições são muito importantes, visto que vão servir para fazer uma separação do grupo “Falha de alimentação”, inferindo, através do que se passou nestas medições, o porquê de não haver fluxo de traços nos canais de alimentação.

As causas responsáveis por esta interrupção do fluxo de traços nos quatro canais de alimentação da linha 12 vão ser apresentadas de seguida (Tabela 17), já divididas nas zonas do sistema de alimentação em que ocorreram e com o respetivo tempo que fizeram parar este fluxo de traços (em minutos).

Tabela 17 - Análise das causas responsáveis pela quebra no fluxo de traços nos canais

Dia	Mesas	Robô das mesas	Canais	Operador	Manutenção	Robô das brocas	Tempo total de paragem
26/mar	00:10:31	00:04:12	00:07:02	00:12:10	00:00:00	00:00:00	00:33:55
29/mar	00:05:28	00:00:00	00:09:58	00:10:34	00:00:00	00:00:00	00:26:00
30/mar	00:13:33	00:09:24	00:00:00	00:05:21	00:20:54	00:00:00	00:49:12
31/mar	00:09:39	00:00:00	00:00:00	00:19:15	00:00:00	00:16:55	00:45:49
01/abr	00:54:26	00:00:00	00:00:00	00:15:55	00:00:00	00:00:00	01:10:21
06/abr	00:03:40	00:05:54	00:18:59	00:10:20	00:00:00	00:04:48	00:43:41
Total	01:37:17	00:19:30	00:35:59	01:13:35	00:20:54	00:21:43	04:28:58
Perc.	36,17%	7,25%	13,38%	27,36%	7,77%	8,07%	100%

Para além disto, fez-se um pequeno estudo aos motivos que levavam o operador a entrar na linha para desencravar alguma parte do sistema de alimentação. Este estudo consistiu em observar o operador a realizar desencravamentos na linha 12 num total de 30 observações, de modo a perceber qual a percentagem deste tempo que era útil ou inútil (Figura 95). O tempo útil é o tempo em que o operador está efetivamente a realizar o desencravamento e o tempo inútil é o tempo perdido com outras tarefas que não o desencravamento, que nenhum valor acrescentam ao seu trabalho. É de realçar que, durante o tempo em que a porta de segurança da linha está aberta com o operador a efetuar estes desencravamentos, os robôs não abastecem as mesas. Isto pode levar a que, se este tempo em que o operador está dentro da linha for muito prolongado, deixe de haver traços disponíveis para abastecer os canais de alimentação, levando a que as brocas fiquem paradas devido à sua ausência. Estas observações foram realizadas cronometrando o trabalho do operador quando este entrava na linha.

Torna-se relevante separar a falta de traços devido a este tempo inútil do operador ou devido aos encravamentos do sistema de alimentação.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Tempo útil	00:10,0	00:00,0	00:09,7	00:07,0	00:08,0	00:09,7	00:00,0	00:07,3	00:00,0	00:12,5	00:00,0	00:00,0	00:04,5	00:10,3	00:00,0		
Tempo inútil	00:50,0	00:15,0	00:09,2	00:07,9	00:40,2	00:32,2	00:08,0	00:16,3	00:19,9	00:59,1	00:50,2	00:24,0	00:20,7	00:40,6	00:21,4	Total	%
Tempo total	01:00,0	00:15,0	00:18,9	00:14,9	00:48,2	00:42,0	00:08,0	00:23,6	00:19,9	01:11,6	00:50,2	00:24,0	00:25,2	00:50,9	00:21,4	02:57,5	16,18%
																15:19,8	83,82%
																18:17,4	
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
Tempo útil	00:08,7	00:06,9	00:09,2	00:10,3	00:00,0	00:08,9	00:05,2	00:12,3	00:08,2	00:05,3	00:11,3	00:00,0	00:07,1	00:00,0	00:05,2		
Tempo inútil	00:55,2	01:02,8	00:26,4	00:22,1	00:12,4	00:29,8	00:30,8	00:49,6	00:29,1	00:38,1	00:34,2	00:22,3	00:27,9	00:30,3	00:34,0		
Tempo total	01:03,9	01:09,7	00:35,6	00:32,4	00:12,4	00:38,7	00:36,0	01:01,9	00:37,3	00:43,4	00:45,5	00:22,3	00:35,0	00:30,3	00:39,2		

Figura 95 - Dados relativos à entrada do operador na linha 12

Depois de terem sido efetuadas estas trinta observações, realizadas ao longo de uma semana (seis medições em cada um dos dias), concluiu-se que o operador apenas estava efetivamente a tratar de desencravar o sistema de alimentação em 16,18% do tempo em que entrava na linha. No resto do tempo (83,82%), o operador estaria a realizar tarefas que não deveria ou que não contribuíam para os desencravamentos, que é o único motivo pelo qual se deve entrar na linha durante o tempo planeado de produção.

Assim, com base neste pequeno estudo realizado, decidiu fazer-se a divisão do tempo total de falhas atribuídas ao operador, apresentado na Tabela 18. Isto é, do tempo total que o motivo foi alocado às falhas do operador, 16,18% foi atribuído às falhas das mesas. Este é o tempo em que o operador está a ser útil e efetivamente a tratar dos encravamentos das mesas, sendo esta percentagem retirada do tempo que tinha sido considerado como falha do operador. Os restantes 83,82% – tempo considerado inútil – correspondem ao tempo em que os canais não estão a ser abastecidos devido exclusivamente ao facto do operador ainda estar dentro da linha desnecessariamente, sendo esta percentagem atribuída às falhas do operador.

Deste modo, realizou-se a separação do tempo em que os canais não tinham traços devido a falhas do operador ou devido a encravamentos nas mesas.

Tabela 18 - Atualização dos tempos das mesas e do operador

Dia	Mesas		Operador	
	Tempo anterior	Tempo NOVO	Tempo anterior	Tempo NOVO
26/mar	00:10:31	00:12:29	00:12:10	00:10:12
29/mar	00:05:28	00:07:10	00:10:34	00:08:51
30/mar	00:13:33	00:14:25	00:05:21	00:04:29
31/mar	00:09:39	00:12:46	00:19:15	00:16:08
01/abr	00:54:26	00:57:01	00:15:55	00:13:20
06/abr	00:03:40	00:05:20	00:10:20	00:08:40
Total	01:37:17	01:49:11	01:13:35	01:01:41
Perc.	36,17%	40,60%	27,36%	22,93%

O tempo novo do operador é calculado multiplicando o tempo parado do operador por 83,82% e o tempo novo das mesas é calculado somando o tempo parado das mesas com o produto do tempo parado do operador por 16,18% (Tabela 19).

Tabela 19 - Atualização das causas responsáveis pela quebra no fluxo de traços nos canais

Dia	Mesas	Robô das mesas	Canais	Operador	Manutenção	Robô das brocas	Tempo total de paragem
26/mar	00:12:29	00:04:12	00:07:02	00:10:12	00:00:00	00:00:00	00:33:55
29/mar	00:07:10	00:00:00	00:09:58	00:08:51	00:00:00	00:00:00	00:26:00
30/mar	00:14:25	00:09:24	00:00:00	00:04:29	00:20:54	00:00:00	00:49:12
31/mar	00:12:46	00:00:00	00:00:00	00:16:08	00:00:00	00:16:55	00:45:49
01/abr	00:57:01	00:00:00	00:00:00	00:13:20	00:00:00	00:00:00	01:10:21
06/abr	00:05:20	00:05:54	00:18:59	00:08:40	00:00:00	00:04:48	00:43:41
Total	01:49:11	00:19:30	00:35:59	01:01:41	00:20:54	00:21:43	04:28:58
Perc.	40,60%	7,25%	13,38%	22,93%	7,77%	8,07%	100%

Por fim, houve alguns dias em que o registo não foi totalmente bem feito. Isto aconteceu no caso das falhas das mesas e nas falhas dos canais. Verificou-se que alguns dos registos realizados nas medições deviam-se a outros tipos de falhas, nomeadamente devido aos robôs das mesas e devido às fitas/bocados. Tratou-se, então, de fazer as devidas alterações, demonstradas na Tabela 20, onde a cor laranja apresenta as causas anteriores e a cor verde as causas que foram atualizadas.

Tabela 20 - Alteração dos motivos das falhas registadas

Causas anteriores	MESAS		CANAIS
	Falha de seleção	Falha do Robô	Falha de seleção
Dia	-	-	-
26/mar	00:02:33	00:00:00	00:00:00
29/mar	00:01:00	00:00:50	00:05:20
30/mar	00:02:32	00:00:12	00:00:00
31/mar	00:01:31	00:00:00	00:00:00
01/abr	00:02:29	00:00:00	00:00:00
06/abr	00:00:13	00:01:05	00:03:40
Total	00:10:18	00:02:07	00:09:00

Relativamente às mesas, verificou-se que 10 minutos e 18 segundos correspondiam a falhas de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente) e 2 minutos e 7 segundos correspondiam a falhas do robô das mesas. Quanto às falhas nos canais de alimentação, verificou-se que 9 minutos registados neste motivo afinal ocorreram devido a falhas de seleção.

Por fim, tratou de se fazer a separação do grupo “Falha de alimentação” ao multiplicar-se o tempo de produção perdido neste grupo por cada uma das percentagens de tempo dos novos grupos, criados através das medições ao sistema de alimentação da linha 12. Multiplicou-se a percentagem das falhas registadas nas mesas (40,60%), do robô das mesas (7,25%), nos canais (13,38%), do operador (22,92%), do robô das brocas (8,07%) e da manutenção (7,77%) pelo tempo de produção perdido com o grupo “Falha de alimentação” e adicionaram-se estes valores aos restantes grupos, sendo estas alterações feitas na Tabela 19 para chegar aos valores presentes na seguinte tabela (Tabela 21).

Tabela 21 - Grupos de tipos de paragem da linha 12 atualizados

Grupos	Duração a contar com todas param
Falha no sistema de visão	02:00:45
Falha nas mesas	01:39:43
Falha do robô das brocas	01:30:19
Falha do operador	01:03:20
Manutenção	00:52:28
Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:34:03
Falha nos canais	00:27:57
Falha do robô das mesas	00:22:08

6.3.2.2. Análise do tempo de produção perdido da linha 12

Como se pode observar através da Figura 96, os grupos que mais tempo fazem parar a produção (cerca de 83,5% das perdas) são as falhas do sistema de visão, com 2 horas e 45 segundos (23,64%), falhas nas mesas, com 1 hora, 39 minutos e 43 segundos (19,52%), falhas no robô das brocas, com 1 hora, 30 minutos e 19 segundos (17,69%), falhas do operador, com 1 hora, 3 minutos e 20 segundos (12,40%) e manutenção, com 52 minutos e 28 segundos (10,27%). Estes grupos englobam os tipos de paragem que necessitam de ser resolvidos mais rapidamente, sendo estes considerados como críticos.



Figura 96 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada grupo de tipo de paragem da linha 12

6.3.2.3. Agrupamento dos tipos de paragem da linha 14

À semelhança do que foi feito na linha 12, também se agruparam os tipos de paragem de modo a identificar onde é que estes ocorrem mais facilmente, com o objetivo de ajudar na futura definição de ações de melhoria. As Tabelas 22 e 23 apresentam os grupos de tipos de paragem e o tempo de produção perdido em cada um.

Tabela 22 - Elaboração dos grupos de tipos de paragem da linha 14

Tipo de paragem	Grupos	Duração a contar com todas param
E Mesa (traço a obstruir a Calha)	Falha nas mesas	00:45:23
Encravamentos nos canais	Falha nos canais	00:40:35
Falta de traços na alimentação (operador)	Falha de alimentação	00:15:55
Broca para (traço de lado)	Sistema de visão	00:14:00
Broca sem traços (E Câmara)	Falha nos canais	00:11:25
Broca para (fita)	Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:10:35
E Mesa (traços presos no Tapete)	Falha nas mesas	00:07:40
Robô para	Falha do robô	00:07:25
D - operador entra para desencravar	Falha de alimentação	00:06:30
Broca para (?)	Outros	00:05:40
Broca para (bocado)	Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:03:45
Desviador rejeita muitos traços	Sistema de visão	00:02:40
Broca para (traço de costas)	Sistema de visão	00:01:55
B - robô não abastece a mesa	Falha do robô	00:01:50
Broca para (cunha)	Outros	00:01:40
A - operador não abastece pranchas	Falha de alimentação	00:01:15
E Mesa (traço perpendicular)	Falha do robô	00:01:00
Manutenção da Broca	Manutenção	00:00:50
E Desviador	Falha nos canais	00:00:30

Tabela 23 - Grupos de tipos de paragem da linha 14

Grupos	Duração a contar com todas param
Falha nas mesas	00:53:03
Falha nos canais	00:52:30
Falha de alimentação	00:23:40
Sistema de visão	00:18:35
Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:14:20
Falha do robô	00:10:15
Outros	00:07:20
Manutenção	00:00:50

Houve também uma verificação das medições realizadas na base de dados, sendo que se apurou que, em alguns dias, as medições continham alguns erros no que consta aos tipos de paragem. Estas gralhas ocorreram no caso das falhas das mesas e na falha dos canais, sendo que deveriam ter sido registadas como sendo falhas do robô, falhas de seleção (fitas e bocados) e falhas do sistema de visão (traços de lado e sobrepostos). Estas alterações encontram-se na Tabela 24.

Tabela 24 - Atualização dos tipos de paragens registados na linha 14

Causas anteriores	MESAS			CALHAS	
Causas novas	Falha de seleção	Falha do robô	Falha do sistema de visão	Fitas/bocados	Falha do sistema de visão
Dia	-	-	-	-	-
08/abr	00:09:25	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00
23/abr	00:04:20	00:01:00	00:00:00	00:00:00	00:02:05
26/abr	00:00:00	00:00:00	00:01:00	00:05:20	00:02:40
27/abr	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:01:10	00:00:00
29/abr	00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:30	00:15:00
Total	00:13:45	00:01:00	00:01:00	00:07:00	00:19:45

Relativamente às falhas nas mesas, verificou-se que 13 minutos e 45 segundos correspondiam a falhas de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente), 1 minuto correspondia a falhas do robô e 1 minuto correspondia a falhas no sistema de visão (traços de lado/sobrepostos). Quanto às falhas nos canais, verificou-se que 7 minutos correspondiam a falhas de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente) e 19 minutos e 45 segundos correspondiam a falhas no sistema de visão (traços de lado/sobrepostos).

6.3.2.4. Análise do tempo de produção perdido da linha 14

Como se pode observar através desta figura, os grupos que mais tempo fazem parar a produção (cerca de 76% das perdas) são as falhas do sistema de visão, com 39 minutos e 20 segundos (21,79%), falhas nas mesas, com 37 minutos e 18 segundos (20,66%), falhas de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente), com 35 minutos e 5 segundos (19,43%) e falhas nos canais, com 25 minutos e 45 segundos (14,26%). Estes grupos englobam os tipos de paragem que necessitam de ser resolvidos mais rapidamente, sendo estes considerados como críticos (Figura 97).

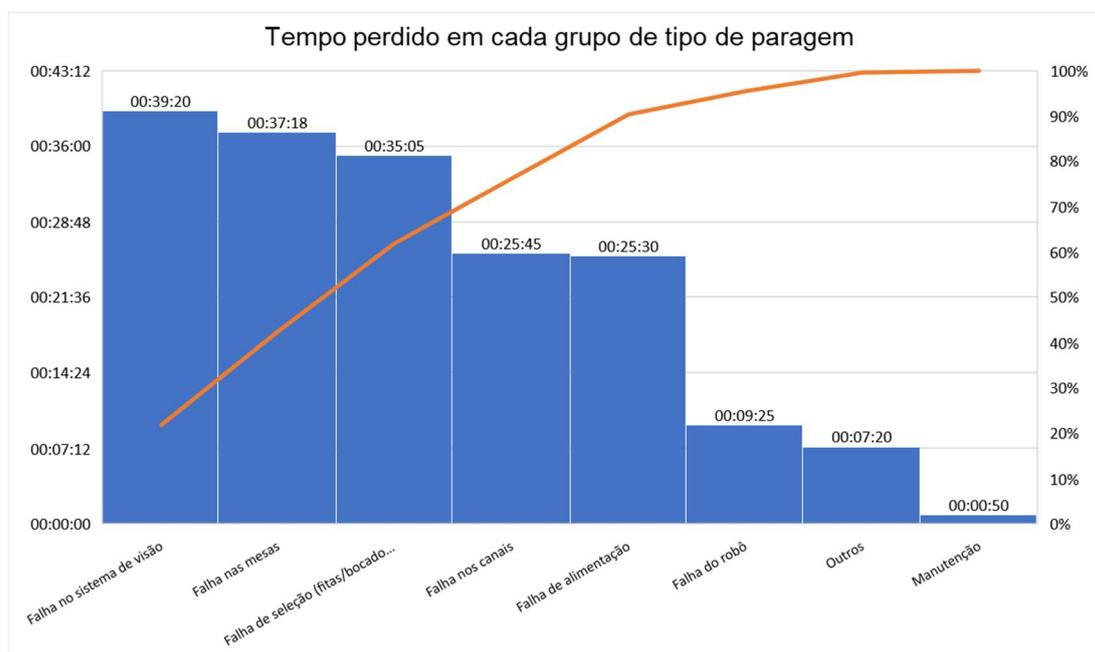


Figura 97 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada grupo de tipo de paragem da linha 14

6.3.2.5. Agrupamento dos tipos de paragem da linha 13

Também se tratou de agrupar os tipos de paragem da linha 13, sendo que as Tabelas 25 e 26 seguintes apresentam o modo como se tratou de organizar os tipos de paragem em cada um dos grupos.

Tabela 26 - Elaboração dos grupos de tipos de paragem da linha 13

Tipo de paragem	Grupos	Duração a contar com todas param
Broca para (?)	Outros	00:19:26
Broca a afiar	Manutenção	00:17:52
E Mesa (batente)	Falha nas mesas	00:07:57
Encravamentos nos canais	Falha nos canais	00:06:05
E Câmara	Falha nos canais	00:05:27
E Mesa (traço a obstruir a Calha)	Falha nas mesas	00:02:57
Broca para (traço de lado)	Sistema de visão	00:01:35
Broca para (fita)	Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:01:07
B - robô não abastece mesa (operador)	Falha do operador	00:01:05

Tabela 25 - Grupos de tipos de paragem da linha 13

Grupos	Duração a contar com todas param
Outros	00:19:26
Manutenção	00:17:52
Falha nos canais	00:11:32
Falha nas mesas	00:10:54
Sistema de visão	00:01:35
Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	00:01:07
Falha do operador	00:01:05

Nas medições realizadas à linha 13 não foram verificados quaisquer erros de medição, não sendo necessário efetuar nenhuma alteração.

6.3.2.6. Análise do tempo de produção perdido da linha 13

Como se pode observar através da Figura 98, os grupos que mais tempo fazem parar a produção (cerca de 77% das perdas) são as paragens das brocas sem motivo aparente, com 19 minutos e 26 segundos (30,6%), manutenção, com 17 minutos e 52 segundos (28,13%) e falhas nos canais, com 11 minutos e 32 segundos (18,16%). Estes grupos englobam os tipos de paragem que necessitam de ser resolvidos mais rapidamente, sendo estes considerados como críticos.



Figura 98 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada grupo de tipo de paragem da linha 13

6.4.Fase *Improve*

Nesta fase do projeto são definidas ações de melhoria que sejam capazes de resolver completamente ou pelo menos reduzir o tempo de produção perdido com cada um dos diferentes tipos de paragem identificados na fase *Analyze*. O objetivo será implementar estas ações de melhoria com base nos dados recolhidos nas fases anteriores deste projeto, nomeadamente nos principais grupos de tipos de paragem identificados, com a finalidade de reduzir estas paragens de produção e, conseqüentemente, aumentar a produtividade das três linhas. As ações de melhoria apresentadas neste capítulo serão priorizadas com base em três indicadores, abordados mais à frente, de modo a perceber quais são aquelas que devem ser implementadas primeiro. Devido à falta de disponibilidade por parte dos fornecedores, as ações de melhoria foram somente implementadas na linha 12, sendo que apenas foi definido um plano de ações de melhoria para as linhas 13 e 14. Estas propostas de melhoria não implementadas estarão presentes no final deste subcapítulo.

6.4.1. Alterações nas mesas

Estas alterações visam a redução de encravamentos nesta zona crítica do sistema de alimentação, uma vez que se registavam muitas ocorrências. Para colmatar o elevado número de traços encravados procedeu-se ao aumento do tamanho das mesas, permitindo que traços com maior comprimento conseguissem ser abastecidos sem causar encravamentos. Para além disto, tratou de se fixar os lasers que são responsáveis pela verificação da presença ou ausência de traços nas mesas, pois se verificava constantemente que, pelo facto de não estarem fixos, descaíam e causavam com que a mesa não fosse abastecida. Acrescentou-se também em cada uma das mesas um motor responsável por girar uma roldana, ajudando a encaminhar os traços das mesas para os canais de alimentação e colocou-se um novo tapete lateral nas mesas com mais atrito, fazendo com que os traços não ficassem presos no tapete giratório da mesa. Por fim, foram testados dois programas de desencravamento das mesas, que são responsáveis por tentar desencravá-las automaticamente sem a intervenção dos operadores. Estes foram testados ao longo de uma semana, verificando qual deles conseguia desencravar melhor pequenos encravamentos nas mesas. Concluiu-se que o programa que melhor conseguia fazer isto era o que, quando não se detetava nenhum encravamento nas mesas, fazia girar a roldana no sentido contrário dos ponteiros do relógio. Por outro lado, quando os lasers da mesa detetassem que o traço não conseguia avançar para os canais de alimentação, faziam rodar a roldana no sentido dos ponteiros do relógio, ao mesmo tempo que o tapete lateral (e apenas o lateral) girava no sentido inverso, fazendo o traço andar para trás na mesa. Logo de seguida, o batente “espalmava” novamente os traços, voltando tudo ao normal após este movimento do batente. Este programa foi essencial, visto que as mesas se tornaram muito mais capazes de efetuar os desencravamentos sem o auxílio do operador, permitindo que este continuasse focado no seu trabalho normal.

6.4.2. Ajustar o software do robô das mesas

Este ajuste visa que se resolvam alguns problemas detetados no software do robô das mesas, nomeadamente no transporte dos traços desde o Tapete Azul até às mesas. Verificava-se que, em algumas situações, o robô rejeitava uma fila inteira de traços no Tapete Azul, sendo este um problema necessário de resolver, uma vez que, se acontecesse mais do que uma ou duas vezes seguidas, as brocas deixavam de receber traços e, conseqüentemente, a produção parava.

Para além disto, o robô está programado para que não vá buscar traços que se encontrem isolados, sendo mais benéfico que o Tapete Azul os envie para a zona de rejeição para que o robô vá buscar mais traços de uma vez a este tapete. Desta forma, o robô abastece as mesas com mais traços e o seu trabalho torna-se mais eficiente. No entanto, verifica-se que os traços que não se encontram completamente paralelos às laterais do Tapete Azul são detetados pela câmara associada ao robô, fazendo com que este vá buscar este traço isolado. Apurou-se que, mesmo que os traços tenham apenas uma ligeira inclinação em relação às laterais do Tapete Azul, o robô ia buscá-los. Isto poderia fazer parar o abastecimento de traços, pois, muitas vezes, o robô não conseguia “apanhar” este traço, fazendo pelo menos duas viagens para as mesas sem qualquer traço até que o Tapete Azul o enviasse para a zona de rejeição.

6.4.3. Trocar os rolamentos e telas desgastadas

Esta melhoria acaba por ser apenas uma espécie de manutenção preventiva, sendo esta necessária uma vez que os rolamentos e as telas das linhas são as mesmas desde há alguns anos, estando já deterioradas e sendo por isso mesmo necessária a sua substituição.

6.4.4. Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos “gaps” entre os tapetes

Esta ação de melhoria consiste em fazer algumas alterações nos canais de alimentação de modo a reduzir os encravamentos existentes nestes. Verificou-se que estes encravamentos ocorriam devido a algumas zonas dos canais serem um pouco mais estreitas, fazendo com que um traço que apresentasse a mínima irregularidade ficasse preso, e devido ao facto de haver espaço entre as separações dos canais. Para isto, é necessário juntar as várias partes que constituem os canais, eliminando estes “gaps” e fazer com que a largura dos canais seja uniforme ao longo de toda a sua extensão.

6.4.5. Definir rotinas para os operadores

A existência de rotinas é muito importante para que os operadores consigam fazer o seu trabalho corretamente e sempre da mesma forma, garantindo que sabem todos os procedimentos a executar em cada uma das possíveis situações que possam acontecer na linha. Para tal, esta definição de rotinas consiste em dar formação aos operadores de modo a que estes saibam quais

as tarefas que têm de desempenhar e o que devem ou não devem fazer. Estas formações apenas foram realizadas depois das ações de melhorias, que visam a resolução de problemas do sistema de alimentação e brocas, terem sido implementadas, visto que não fazia sentido estar a instruir os operadores a fazer certas funções que poderiam eventualmente mudar depois de uma alteração na linha ser feita. Deste modo, certifica-se que, primeiramente, se resolvem os problemas presentes no sistema de alimentação e nas brocas, otimizando a linha o máximo possível. Assim, não se sobrecarrega o operador com demasiadas tarefas.

Nestas formações, foi transmitido aos rabaneadores:

- Em primeiro lugar, quando é que devem entrar na linha. Só devem entrar se:
 - Os semáforos (ação de melhoria que será implementada e que indica, através de um sistema de cores, se existem encravamentos nas mesas) estiverem com a luz vermelha há mais de 2 minutos, dando assim tempo às mesas para tentar resolver o encravamento sozinhas. Apenas depois deste tempo é que deve entrar para rapidamente resolver o encravamento;
 - For necessário retirar a caixa com os traços que caem na zona de rejeição. Foi feito um pequeno estudo para verificar de quanto em quanto tempo, em média, a caixa ficava cheia, chegando-se à conclusão que enchia de 6 em 6 minutos. O operador deve levar estes traços para a zona da apara e voltar para as suas funções normais na linha;
 - For necessário fazer a limpeza da linha. A limpeza está estipulada que deve ser feita apenas nos últimos 5 minutos do turno, reforçando-se que não deve ser feita em qualquer outra altura.
- Em segundo lugar, como é que devem abastecer as pranchas na rabaneadeira: este abastecimento deve ser feito em cada uma das extremidades da rabaneadeira, de modo a permitir a entrada de duas pranchas em simultâneo (caso não sejam demasiado largas, caso contrário, apenas caberá uma). Para além disto, deve sempre verificar-se se o Tapete 0 (imediatamente a seguir à rabaneadeira) está livre para poder abastecer as pranchas, caso contrário deve esperar-se que estas pranchas avancem para o tapete seguinte.
- Por último, como é que desencravam uma prancha que tenha ficado presa no interior da rabaneadeira: foi explicado todo o procedimento e o que é que cada botão faz de modo a conseguir retirar esta prancha.

Quanto aos broquistas, foi-lhes instruído:

- Qual o percurso de verificação que devem fazer de modo a verificar o correto funcionamento das brocas e dos vários componentes da linha.
- O que é que cada cor da luz dos semáforos significa e o que fazer em cada uma das situações. Estes semáforos estão presentes nas brocas de todas as linhas e também nos robôs das brocas da linha 12.
- Como rearmar as brocas e o robô das brocas em caso de encravamento e como proceder caso o problema não fique resolvido.
- O que devem fazer para parar a produção de uma broca caso verifiquem que as rolhas estão a sair com defeito, tratando de chamar o técnico de modo a perceber qual o problema.

6.4.6. Ações corretivas

As ações corretivas acabam por ser as manutenções realizadas às linhas quando ocorre alguma avaria ou sempre que necessárias para garantir o correto funcionamento da linha. Esta ação de melhoria não recupera tempo de produção, no entanto, tem de ser realizada de modo a corrigir estas avarias inesperadas.

6.4.7. Ajustar o software do robô das brocas

O robô das brocas também apresenta algumas falhas que comprometem a produção, sendo necessário realizar alterações no seu software de modo a resolver as suas paragens. O robô das brocas tem um sistema de segurança que, quando colide contra alguma coisa, para. No entanto, existem situações em que isto acontece devido à má calibração do robô, uma vez que este, ao ir buscar o traço aos canais de alimentação, bate com a pinça no traço. Outra situação que ocorre é a colisão contra o traço no canal de alimentação, levando à sua paragem. Esta paragem leva a que os traços não sejam abastecidos e que as brocas os deixem de receber, visto que o operador responsável por rearmar o robô estava, muitas das vezes, a verificar o correto funcionamento das brocas ou a realizar outra tarefa na linha, demorando ainda alguns minutos até notar a paragem deste robô. Este ajuste tem como objetivo calibrar este robô, de modo a que este consiga ir buscar os traços aos canais sem embater contra eles e abastecer os traços no sítio

correto, que é exatamente no meio do canal das brocas. Este ajuste no software visa, principalmente, a resolução destes dois problemas, para além de realizar outros pequenos arranjos.

6.4.8. Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente + semáforos altos nas brocas e rabaneadeira

O sistema de visão consiste no sistema disponível para efetuar a rejeição de eventuais traços que não estejam com a barriga para cima, sendo esta a única posição em que os traços devem viajar ao longo de todo o sistema de alimentação. De facto, torna-se muito importante a eliminação destes traços do sistema de alimentação, visto que, se estes chegarem até às brocas, levarão imediatamente à sua paragem, motivo pelo qual se deve evitar que isto aconteça.

Na linha 12, ao contrário das linhas 13 e 14, não existem os desviadores com as câmaras que detetam eventuais traços que vão numa posição incorreta, sendo necessário efetuar a sua instalação na linha. Estas caixas contendo as câmaras serão instaladas na parte dos canais de alimentação que se situa mesmo antes do robô das brocas A, sendo aqui feita a deteção de traços não OK. As câmaras irão detetar os traços que não devem ser pegados por estes robôs das brocas e transmitem esta informação para os robôs. Os robôs irão deixar passar estes traços, continuando estes o seu caminho pelos canais de alimentação até ao fim da sua extensão, caindo nas caixas que contém os traços rejeitados desta linha, representadas na Figura 99.



Figura 99 - Caixas de rejeição

Quanto às linhas 13 e 14, será necessário resolver alguns problemas que existem nesta parte do sistema de alimentação, uma vez que os desviadores, por vezes, deixam passar traços que vão numa posição incorreta. Isto demonstra que existe alguma falta de calibração nas câmaras que as impossibilita de detetar corretamente quais os traços que devem ou não ser rejeitados, sendo necessário efetuar esta calibração. Para além disto, verificou-se que os desviadores começam a rejeitar vários traços seguidos sem motivo, o que leva a que deixem de chegar traços às brocas e, conseqüentemente, que a produção pare. Estes dois problemas ficarão resolvidos com a intervenção por parte dos fornecedores da *Blowmek* com a finalidade de fazer esta calibração das câmaras, garantindo que estas detetam corretamente os traços.

Também se irá proceder à instalação de semáforos altos nas brocas e rabaneadeira. O motivo pelo qual se definiu que seria importante realizar esta ação de melhoria foi porque era difícil para os operadores das linhas verem onde é que existiam encravamentos nas mesas e saber quando é que as brocas paravam. Deste modo, os semáforos altos permitem que os operadores consigam facilmente verificar onde é que estes encravamentos existem, sendo estes facilmente visíveis. O sistema de cores dos semáforos permite que os operadores consigam identificar onde é que necessitam de atuar, fazendo com que estes encravamentos sejam mais facilmente detetáveis e resolvidos rapidamente, levando a que haja menos perdas de produção. Os semáforos altos serão instalados em todas as brocas e, no caso da linha 12, também nos robôs das brocas. Os semáforos nas rabaneadeiras serão instalados mesmo em frente ao local de trabalho do rabaneador, com informação acerca de quais mesas estão encravadas. Deste modo, o rabaneador saberá quais as mesas encravadas há mais tempo, intervindo no caso de as mesas não conseguirem fazer o desencravamento sozinhas. Anteriormente o rabaneador tinha de se deslocar até à linha de modo a verificar o correto funcionamento das mesas, perdendo tempo a realizar esta verificação e deixando de abastecer a rabaneadeira com as pranchas.

6.4.9. Acrescentar um tapete à saída da rabaneadeira

Ao ser acrescentado um tapete à saída na rabaneadeira, acaba por se dar mais tempo ao rabaneador para fazer a escolha das pranchas corretamente e ter tempo de abastecê-las sem que os tapetes fiquem vazios. Também permite que este tenha mais tempo para fazer outras tarefas necessárias na linha sem que os robôs fiquem sem traços para pegar do Tapete Azul. Este tapete

permite que estejam em espera até um máximo de quatro pranchas antes da zona de ação dos robôs no Tapete Azul, em vez de apenas estarem em espera até um máximo de duas pranchas (ou seja, até duas pranchas por tapete). As linhas 13 e 14 já tinham este tapete (denominado de Tapete 0), contudo, a linha 12 era a única das linhas de brocas inteligentes que não tinha este tapete.

6.4.10. Software de visão: não agarrar os traços de lado e fitas

Esta intervenção no software de visão localizado em cima do Tapete Azul serve para que este consiga detetar eventuais traços de lado e fitas presentes neste tapete. Deste modo, o robô irá ignorá-los, evitando viagens desnecessárias e eliminando estes traços do sistema. Efetivamente, ao evitar que o robô pegue nestes traços de lado e nas fitas, reduz-se substancialmente a possibilidade de haver paragens de produção devido a encravamentos, sendo que estes traços são responsáveis pela sua ocorrência ao longo de todo o sistema de alimentação e brocas. Ademais, o trabalho do robô acaba por ficar mais eficaz, uma vez que, ao ignorar estas fitas, consegue alimentar as mesas com mais traços ao deixar de fazer estas viagens inúteis.

6.4.11. Garantir que os traços não ficam presos nos desviadores

Como já se sabe, principalmente na linha 14, registaram-se encravamentos nos desviadores aquando da rejeição de traços que foram identificados como não estando na posição correta. Esta ação de melhoria consistirá em mudar a posição do laser que faz parar o tapete giratório dos canais ao detetar que chega um traço à zona imediatamente antes dos desviadores. Este laser terá de ser colocado mais atrás dos canais de alimentação, fazendo com que os traços mais compridos já não fiquem demasiado à frente. Logo, quando os desviadores ativarem e redirecionarem este traço para a zona de rejeição, este já não ficará encravado, sendo corretamente rejeitado e permitindo que os traços continuem a fluir nos canais de alimentação.

6.4.12. Ações de melhoria sugeridas, mas não implementadas

Estas ações encontram-se neste subcapítulo, uma vez que ou são apenas protótipos, ou estão ainda a ser desenvolvidas, não estando ainda preparadas para serem implementadas. No entanto, acredita-se que possam ser realizadas no futuro.

Retirar as fitas (separar mecanicamente de prosseguir para o tapete - chapa, elimina 50% das fitas)

A instalação desta chapa nas laterais da rabaneadeira permitirá eliminar 50% das fitas, uma vez que retira as fitas que são cortadas nos cantos da rabaneadeira, em cada uma das extremidades, mas não consegue retirar as fitas que são cortadas do outro lado da prancha, mais a meio da rabaneadeira. No entanto, ainda não se sabe se esta chapa poderá ser instalada, porque existe a possibilidade de partir as facas da rabaneadeira, o que poderá incorrer em custos elevados para o conserto, para além de parar toda a produção de rolhas nesta linha, o que é algo impensável.

Criar sistema à saída da rabaneadeira para eliminação de fitas e bocados (a ser desenvolvido)

Este sistema ainda está em fase de desenvolvimento, pelo que ainda estão a ser elaborados protótipos de possíveis soluções para eliminar a 100% a presença destas fitas e bocados em todo o sistema de alimentação. De facto, a eliminação destes tipos de traços traria bastantes benefícios para todas as linhas, pelo que o foco na conceção de uma ação de melhoria que consiga resolver este problema é elevado.

Protótipo de nova mesa (a ser desenvolvido)

Outro protótipo que está a ser desenvolvido para as linhas 13 e 14 é o das mesas. Este protótipo contém alterações a realizar a estas mesas, nomeadamente a implementação de um tapete giratório no local onde o robô deposita os traços transportados desde o Tapete Azul. Este tapete, com o auxílio de uma câmara, irá girar de modo a colocar os traços paralelos às laterais da mesa, fazendo com que estes não encravem ao entrar nos canais de alimentação. Para além disso, pretende-se reforçar o batente para evitar torção e contacto com o tapete, de modo a não o danificar. Com este protótipo (Figura 100), espera-se reduzir a grande maioria dos encravamentos que ocorrem nas mesas, permitindo que os traços vão numa posição correta para os canais e não fiquem encravados à saída das mesas devido à sua posição torta.

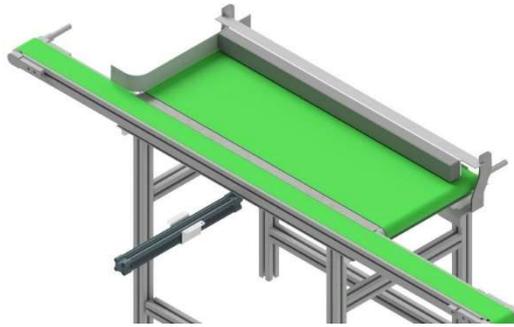


Figura 100 - Protótipo das mesas das linhas 13 e 14

Aumentar a velocidade das brocas

O aumento da velocidade das brocas é essencial para que haja a possibilidade de serem atingidos os objetivos do segundo semestre definidos no início do projeto. De facto, quer as brocas da *Blowmek*, quer as brocas da *Vimétrica* estão a produzir com uma velocidade teórica inferior àquela que foi estabelecida. Por isso mesmo, torna-se importante trabalhar com estes fornecedores de modo a conseguir concretizar esta ação de melhoria, garantindo, ao mesmo tempo, que a rentabilidade das brocas não desce devido a este aumento de velocidade. Esta ação de melhoria está a ser desenvolvida para que se consiga implementar o mais rapidamente possível.

Resolver as paragens da broca sem motivo aparente

Apesar de ainda não se ter decifrado o motivo pelo qual algumas das brocas param sem motivo aparente, está a tratar-se de perceber o porquê destas paragens de modo a resolver-se este problema nas linhas em que isto acontece.

6.4.13. Indicadores utilizados para a priorização das ações de melhoria

As ações de melhoria apresentadas surgiram através das várias reuniões com a equipa responsável pelo projeto e com os respetivos fornecedores, nas quais foram sugeridas maneiras de colmatar os tipos de paragem identificados. Estas ideias surgiram recorrendo à técnica de

brainstorming, sendo que algumas das ações de melhoria já tinham sido previamente pensadas por parte do Técnico de Engenharia, em conjunto com os fornecedores da *Blowmek* e *Vimétrica*.

A priorização destas ações de melhoria foi feita com base em três indicadores: a facilidade de implementação, o potencial impacto e o custo da ação de melhoria. Cada um destes indicadores tem um peso que varia entre 1 e 5 valores, que acaba por ser a pontuação atribuída a cada um de acordo com o benefício que trazem para a resolução dos problemas identificados, sendo este peso explicado nos seguintes parágrafos.

Facilidade de implementação

A facilidade de implementação tem em conta os recursos necessários para a concretização da ação de melhoria, bem como o tempo necessário para a realizar, sendo que depende destes dois fatores. Relativamente a este indicador, quanto mais rapidamente for executada uma ação de melhoria, sendo necessário pouco tempo de intervenção na linha e se os recursos necessários para a concretizar estiverem disponíveis, mais alta será a pontuação atribuída a este indicador, ou seja, o seu peso estará mais próximo do valor 5 pelo facto da ação de melhoria ser facilmente implementada. Por outro lado, se for necessário realizar intervenções na linha que durem muito tempo e se os recursos necessários para a concretizar não estiverem disponíveis de imediato, mais baixa será a pontuação atribuída a este indicador, ou seja, o seu peso estará mais próximo do valor 1 pelo facto da ação de melhoria ter uma dificuldade elevada de implementação.

Potencial impacto

O potencial impacto tem em conta o tempo que a ação de melhoria é capaz de recuperar do tempo de produção perdido no total, sendo este valor calculado por parte da equipa responsável por este projeto. Relativamente a este indicador, quanto maior for o tempo de produção perdido com um determinado tipo de paragem (traduzindo-se num maior tempo que a ação de melhoria poderá recuperar), mais alta será a pontuação atribuída a este indicador, ou seja, o seu peso estará mais próximo do valor 5 pelo facto da ação de melhoria conseguir que a linha produza durante muito mais tempo, aumentando mais a sua produtividade. Por outro lado, quanto menor

for o tempo de produção perdido com um determinado tipo de paragem que a ação de melhoria consiga recuperar, mais baixa será a pontuação atribuída a este indicador. Isto significa que o seu peso estará mais próximo do valor 1 pelo facto da ação de melhoria não conseguir que a linha esteja a produzir por muito mais tempo, não contribuindo muito para o aumento da sua produtividade.

Em suma, este indicador estará dependente do tempo perdido com cada um dos grupos de tipos de paragem, sendo que quanto maior o tempo de produção perdido com cada um destes grupos, maior será o tempo que uma ação de melhoria conseguirá recuperar e, conseqüentemente, maior a pontuação deste indicador.

Custo

O custo apenas tem em conta a despesa associada para implementar cada uma das ações de melhoria. Relativamente a este indicador, quanto maior for o custo da ação de melhoria, mais baixa será a pontuação atribuída a este indicador, ou seja, o seu peso estará mais próximo de 1, pelo facto de a ação de melhoria ser cara. Por outro lado, quanto menor for o custo da ação de melhoria, mais alta será a pontuação atribuída a este indicador, ou seja, o seu peso estará mais próximo de 5, pelo facto de a ação de melhoria ter um baixo custo.

Foi também decidido nas várias reuniões realizadas que cada um destes indicadores teria uma ponderação associada, de acordo com a importância de cada um. Definiu-se que o indicador mais importante para avaliar as ações de melhoria seria o potencial impacto, uma vez que este é o indicador que dita o tempo de produção recuperado com cada uma das ações, estando diretamente ligado ao aumento da produtividade das linhas. O indicador que surge em segundo lugar no que consta à sua importância é a facilidade de implementação, visto que este acaba por ser mais importante do que o custo por influenciar o tempo que a linha ficará sem produzir durante a implementação das ações de melhoria, atrasando bastante as ordens de produção e levando a reclamações por parte dos clientes. O custo, apesar de também ser importante por estar relacionado com o orçamento disponível para implementar as ações de melhoria, foi definido como sendo o último na classificação dos indicadores.

A ponderação associada ao indicador potencial impacto foi de 15, à facilidade de implementação de 5 e ao custo de 2. O potencial impacto acaba por ter uma ponderação que é três vezes superior à ponderação da facilidade de implementação (ponderação de 5), decretando-se que o potencial impacto teria uma importância avaliada como sendo três vezes superior à facilidade de implementação. O custo tem uma ponderação de apenas 2 valores por se acreditar que o orçamento disponível seria suficiente para a implementação de todas as ações de melhoria discutidas. Obviamente que se o custo da implementação da ação de melhoria for mais baixo melhor.

6.4.14. Priorização das ações de melhoria e plano de ações de cada linha

Depois de terem sido sugeridas estas ações de melhoria, tratou-se de realizar uma priorização destas, com base nos indicadores e nas respectivas ponderações de cada uma, já referidos anteriormente. Foi elaborada uma tabela para cada uma das linhas, com o objetivo de calcular a pontuação de cada ação de melhoria, que servirá para fazer a priorização das mesmas. Esta pontuação é calculada através da multiplicação do peso de cada um dos três indicadores pela sua ponderação, somando-se estes valores no final. Ou seja, multiplica-se o peso da facilidade de implementação por 5, o peso do potencial impacto por 15 e o peso do custo por 2, somando-se estes valores para chegar à pontuação de cada ação de melhoria.

Já foi explicado como é que o peso de cada um dos indicadores das ações de melhoria é determinado, no entanto, no caso do potencial impacto, definiu-se que o valor máximo deste indicador (5 valores) corresponderia à ação de melhoria que mais tempo de produção conseguisse recuperar. A esta ação denominou-se de *ação T*. A partir do momento em que temos essa informação, o potencial impacto de cada uma das outras ações de melhoria foi calculado com uma regra de três simples. Ou seja, a partir do tempo recuperado da *ação T*, determinou-se qual seria o peso do potencial impacto das outras ações de melhoria com base no seu tempo de produção recuperado. O potencial impacto baseia-se no tempo de produção que cada ação de melhoria consegue recuperar, logo, a equipa tratou de calcular quantos minutos é que cada uma resolve do tempo perdido com cada um dos grupos de tipos de paragens, sendo feita uma estimativa. Estes valores apresentam-se na coluna “Tempo recuperado com cada ação”, apresentado na Tabela 27.

Esta tabela apresenta todos os grupos de tipos de paragem da linha 12, com o respetivo indicador, que é o tempo de produção perdido em cada um destes grupos. São também apresentadas as ações de melhoria definidas que serão utilizadas para resolver os tipos de paragem de cada um dos grupos, bem como o tempo de produção que cada uma destas ações consegue recuperar. Finalmente, é definida ou calculada a pontuação de cada um dos indicadores das ações de melhoria e é finalmente calculada a pontuação final de cada ação, que servirá para fazer a priorização destas ações.

Tabela 27 - Tabela utilizada para o cálculo da pontuação de cada ação de melhoria na linha 12

Grupos dos tipos de paragem	Indicador (min)	Ações de melhoria	Tempo recuperado com cada ação	Indicadores das ações de melhoria			Pontuação
				a) Facilidade de implementação	b) Potencial impacto	c) Custo	
-	-	-	-				-
Falha nas mesas	99,7	Alteração das mesas	93	1	4,1	3	72,9
Falha do robô das mesas	22,1	Ajustar o software do robô das mesas	21	5	0,9	5	48,8
		Trocar os rolamentos e telas desgastadas	1	1	0,0	2	9,7
Falha nos canais	27,9	Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos "gaps" entre tapetes	25	4	1,1	5	46,7
Operador	63,3	Definir rotinas para o operador	59	3	2,6	5	64,3
Manutenção	52,5	Ações corretivas	0	0	0,0	0	0,0
Falha do robô das brocas	86,9	Ajustar o software do robô das brocas	81	5	3,6	5	89,0
Sistema de visão	120,8	Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente + semáforos altos nas brocas e rabaneadeira	113	3	5,0	5	100,0
Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	37,5	Retirar as fitas (separar mecanicamente de prosseguir para o tapete com chapa; elimina 50% das fitas)	11	1	0,5	3	18,3
		Software de visão: não agarrar os traços de lado e fitas	9	3	0,4	5	31,0
		Criar sistema à saída da rabaneadeira para eliminação de fitas e bocados (a ser desenvolvido)	11	1	0,5	3	18,3
		Acrescentar um tapete à saída da Rabaneadeira	4	4	0,2	4	30,7
TOTAL	510,7	-	428	31	19,0	45	529,6

Como se pode verificar nesta tabela, o tempo recuperado com a ação de melhoria “Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente + semáforos altos nas brocas e rabaneadeira” é o maior de todos, com um tempo recuperado de 113 minutos. Deste modo, assumiu-se que estes 113 minutos correspondem ao valor máximo do potencial impacto das ações nesta linha, tendo esta ação de melhoria um potencial impacto de 5 (ou seja, a *ação 7*). O potencial impacto das outras ações de melhoria foi calculado comparando o tempo recuperado de cada uma destas ações com os 113 minutos, através de uma regra de três simples.

Esta tabela também foi feita, do mesmo modo, para os grupos de tipos de paragem das linhas 13 e 14, sendo também definidas ações de melhoria para colmatar o tempo de produção perdido em cada um destes grupos. A Tabela 28 corresponde à da linha 13 e a Tabela 29 à da linha 14.

Tabela 28 - Tabela utilizada para o cálculo da pontuação de cada ação de melhoria na linha 13

Grupos dos tipos de paragem	Indicador (min)	Ações de melhoria	Tempo recuperado com cada ação	Indicadores das ações de melhoria			Pontuação
				a) Facilidade de implementação	b) Potencial impacto	c) Custo	
-	-	-	-	-	-	-	-
Falha nas mesas	10,9	Protótipo de nova mesa (a ser desenvolvido)	10,0	1	2,6	3	49,6
		Acrescentar motor nas mesas	0,9	4	0,2	4	31,5
Falha nos canais	11,5	Garantir que os traços não ficam presos nos desviadores	3,0	3	0,8	5	36,6
		Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos "gaps" entre tapetes	8,5	4	2,2	5	62,9
Manutenção	17,9	Ações corretivas	0,0	0	0,0	0	0,0
Falha do operador	1,1	Definir rotinas para o operador	1,1	3	0,3	5	29,2
Sistema de visão	1,6	Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente	1,6	3	0,4	5	31,1
Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	1,1	Criar sistema à saída da rabaneadeira para eliminação de fitas e bocados (a ser desenvolvido)	1,1	1	0,3	3	15,3
Outros	19,4	Resolver paragens da broca sem motivo aparente	19,4	3	5,0	5	100,0
TOTAL	63,5	-	45,7	22	11,7	35	356,2

Neste caso, a ação *T* é “Resolver paragens da broca sem motivo aparente”, com um tempo recuperado de 19,4 minutos, logo, esta ação de melhoria tem um potencial impacto de 5. Este indicador foi calculado para cada uma das outras ações definidas para esta linha comparando o tempo recuperado de cada uma destas ações com o tempo recuperado com a ação *T*, através de uma regra de três simples.

Tabela 29 - Tabela utilizada para o cálculo da pontuação de cada ação de melhoria na linha 14

Grupos dos tipos de paragem	Indicador (min)	Ações de melhoria	Tempo recuperado com cada ação	Indicadores das ações de melhoria			Pontuação
				a) Facilidade de implementação	b) Potencial impacto	c) Custo	
-	-	-	-	-	-	-	-
Falha nas mesas	37,3	Protótipo de nova mesa (a ser desenvolvido)	33,3	1	4,2	3	74,5
		Acrescentar motor nas mesas	4,0	4	0,5	4	35,6
Falha do robô das mesas	9,4	Ajustar o software do robô das mesas	9,4	5	1,2	5	53,0
Falha nos canais	25,8	Garantir que os traços não ficam presos nos desviadores	7,0	3	0,9	5	38,3
		Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos "gaps" entre tapetes	18,8	4	2,4	5	65,8
Manutenção	0,8	Ações corretivas	0,0	0	0,0	0	0,0
Falha de alimentação	25,5	Definir rotinas para o operador	25,5	3	3,2	5	73,6
Sistema de visão	39,3	Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente	39,3	3	5,0	5	100,0
Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	35,1	Criar sistema à saída da rabaneadeira para eliminação de fitas e bocados (a ser desenvolvido)	35,1	1	4,5	3	77,9
Outros	7,3	Resolver paragens da broca sem motivo aparente	7,3	3	0,9	5	39,0
TOTAL		-	179,7	27	22,8	40	557,7

Neste caso, a ação *T* é “Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente”, com um tempo recuperado de 39 minutos, logo, esta ação de melhoria tem um potencial impacto de 5. Este indicador foi calculado para cada uma das outras ações definidas para esta linha do mesmo modo que foi feito para as linhas 12 e 13.

Posto isto, foi feita a priorização das ações de melhoria definidas para cada uma das linhas através da pontuação atribuída a cada uma, sendo que a ação de melhoria com a pontuação mais elevada será a que deverá ser implementada primeiro. Para além disto, também foi elaborado um plano de ações de melhoria para cada uma das linhas, contendo estas ações a implementar por ordem decrescente de prioridade, bem como o responsável por cada uma delas, a data de implementação definida e a data da avaliação da eficácia (Tabelas 30, 31 e 32).

Tabela 30 - Plano de ações elaborado para a linha 12

Ações de melhoria	Pontuação	Prioridade	Responsável	Data de implementação	Data de avaliação da eficácia
Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente + semáforos altos nas brocas e rabaneadeira	100,0	1	Blowmek + Equipa	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Ajustar o software do robô das brocas	89,0	2	Blowmek	12/07 a 16/07	19/07 a 23/07
Alteração das mesas	72,9	3	Blowmek	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Definir rotinas para o operador	64,3	4	Gonçalo Freitas	01/06 a 09/06	14/06 a 18/06
Ajustar o software do robô das mesas	48,8	5	Blowmek	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos "gaps" entre tapetes	46,7	6	Blowmek	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Software de visão: não agarrar os traços de lado e fitas	31,0	7	Blowmek	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Acrescentar um tapete à saída da Rabaneadeira	30,7	8	Blowmek + Equipa	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Retirar as fitas (separar mecanicamente de prosseguir para o tapete - chapa, elimina 50% das fitas)	18,3	9	-	A definir	-
Criar sistema à saída da rabaneadeira para eliminação de fitas e bocados (a ser desenvolvido)	18,3	10	Diogo Brites	A definir	-
Trocar os rolamentos e telas desgastadas	9,7	11	Blowmek + Equipa	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Ações corretivas	0,0	12	Operadores + Técnicos	-	-

Tabela 31 - Plano de ações elaborado para a linha 13

Ações de melhoria	Pontuação	Prioridade	Responsável	Data de implementação	Data de avaliação da eficácia
Resolver paragens da broca sem motivo aparente	100,0	1	Diogo Brites	A definir	-
Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos "gaps" e	62,9	2	Blowmek	A definir	-
Protótipo de nova mesa (a ser desenvolvido)	49,6	3	Blowmek + Equipa	12/07 a 16/07	19/07 a 23/07
Garantir que os traços não ficam presos nos desviadores	36,6	4	Blowmek	12/07 a 16/07	19/07 a 23/07
Acrescentar motor nas mesas	31,5	5	Blowmek	A definir	-
Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente	31,1	6	Blowmek	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Definir rotinas para o operador	29,2	7	Gonçalo Freitas	19/07 a 23/07	26/07 a 30/07
Criar sistema à saída da rabaneadeira para eliminação de fitas e bocados (a ser desenvolvido)	15,3	8	Diogo Brites	A definir	-
Ações corretivas	0,0	9	Operadores + Técnicos	-	-

Tabela 32 - Plano de ações elaborado para a linha 14

Ações de melhoria	Pontuação	Prioridade	Responsável	Data de implementação	Data de avaliação da eficácia
Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente	100,0	1	Blowmek	20/04 a 30/04	03/05 a 11/05
Criar sistema à saída da rabaneadeira para eliminação de fitas e bocados (a ser desenvolvido)	77,9	2	Diogo Brites	A definir	-
Protótipo de nova mesa (a ser desenvolvido)	74,5	3	Diogo Brites	A definir	-
Definir rotinas para o operador	73,6	4	Gonçalo Freitas	19/07 a 23/07	26/07 a 30/07
Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos "gaps" entre tapetes	65,8	5	Blowmek	12/07 a 16/07	19/07 a 23/07
Ajustar o software do robô das mesas	53,0	6	Blowmek	12/07 a 16/07	19/07 a 23/07
Resolver paragens da broca sem motivo aparente	39,0	7	Blowmek	12/07 a 16/07	19/07 a 23/07
Garantir que os traços não ficam presos nos desviadores	38,3	8	Blowmek + Equipa	12/07 a 16/07	19/07 a 23/07
Acrescentar motor nas mesas	35,6	9	Blowmek	A definir	-
Ações corretivas	0	10	Operadores + Técnicos	-	-

No entanto, apenas na linha 12 é que foram realizadas ações de melhoria, devido à indisponibilidade por parte do fornecedor *Blowmek* em realizar as implementações nas outras linhas, pelo facto de existirem outros projetos para realizar. Apesar de não respeitarem a ordem definida pelas pontuações no plano de ações da linha 12, foram implementadas as ações de melhoria apresentadas de seguida, uma vez que já tinha sido acordado entre a empresa e os fornecedores que estas ações seriam realizadas todas de uma vez quando se fizesse a intervenção nesta linha.

Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente e semáforos altos nas brocas e rabaneadeira: a instalação deste sistema de visão permite a deteção dos traços que não vão com a barriga para cima. A câmara encontra-se no interior da caixa, com uma fonte de luz que ajuda na iluminação dos traços para facilitar o trabalho da câmara (Figura 101).

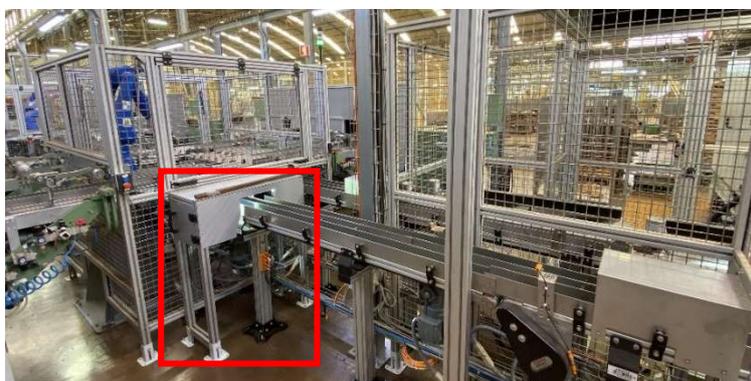


Figura 101 - Instalação do sistema de visão

Os semáforos altos instalados nas brocas, rabaneadeira e robô das brocas encontram-se na Figura 102 (situação antes da implementação delineada a azul).

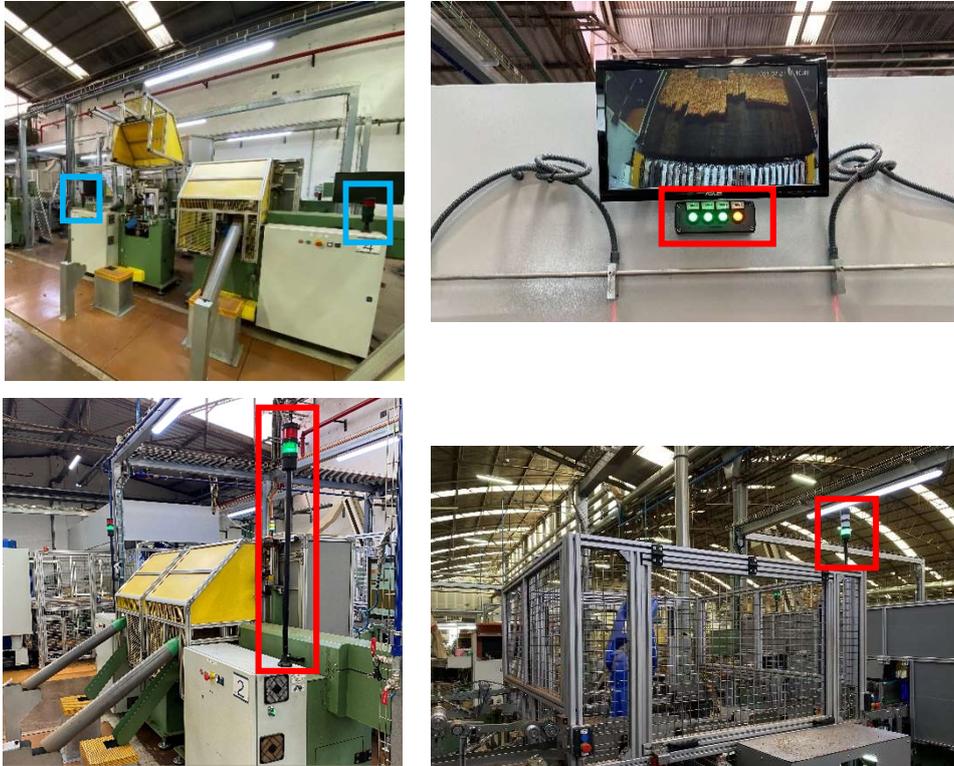


Figura 102 - Semáforos altos nas brocas e na rabaneadeira

Alteração das mesas: podem observar-se as melhorias feitas nas mesas nas Figuras 103, 104, 105 e 106.



Figura 103 - Aumento do tamanho das mesas

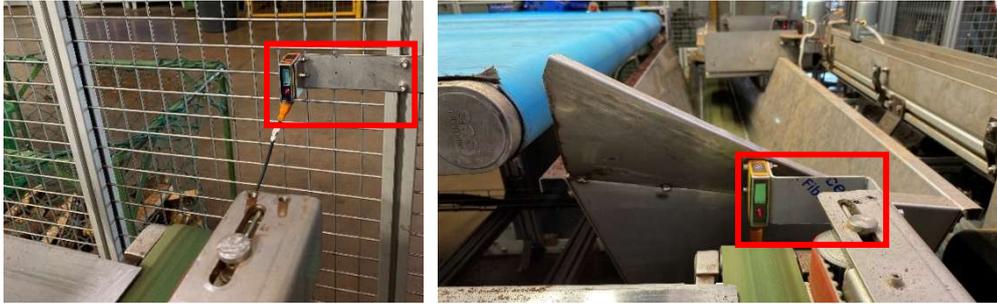


Figura 104 - Fixação dos lasers que verificam a presença ou ausência de traços nas mesas



Figura 105 - Instalação do motor responsável por girar a roldana



Figura 106 - Instalação do novo tapete lateral, com mais atrito

Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos "gaps" entre tapetes: foi feita uma reestruturação dos canais de alimentação de modo a eliminar os "gaps" como se pode averiguar através da Figura 107.



Figura 107 - Ajuste das guias e eliminação dos "gaps" entre tapetes

Acrescentar um tapete à saída da Rabaneadeira: a Figuras 108 mostra a instalação do Tapete 0 na linha 12, sendo o resultado final exibido na Figura 109.



Figura 108 - Instalação do tapete na linha 12

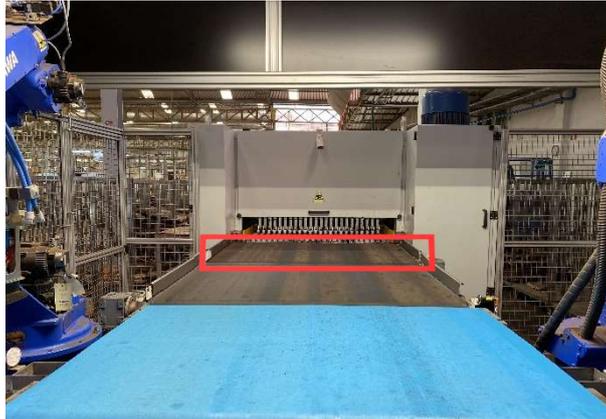


Figura 109 - Tapete já instalado na linha 12

Trocar os rolamentos e telas desgastadas: expostos na Figura 110.

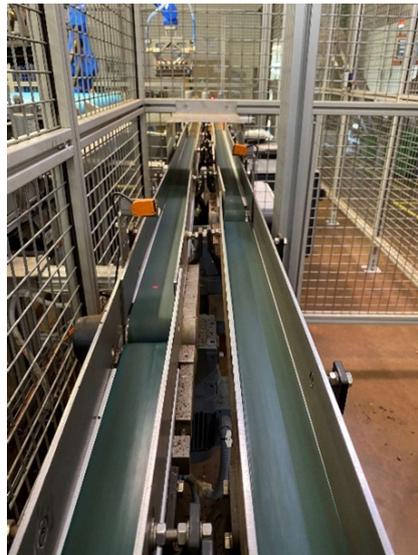


Figura 110 - Rolamentos e telas novas

As últimas três ações de melhoria implementadas foram o ajuste do software do robô das brocas, a implementação de um software de visão que não agarre os traços de lado e fitas e a definição de rotinas para os operadores. Também se continuaram a realizar as ações corretivas ao longo das três linhas. A formação aos operadores também não foi feita nesta primeira fase, uma vez que se definiu que, para não sobrecarregar as tarefas a realizar pelos operadores, se iria primeiro otimizar a linha e o sistema de alimentação e só depois se tratava de dar esta formação, daí se ter definido a data de implementação para mais tarde.

6.5.Fase *Control*

O objetivo desta última fase é verificar se os planos das ações de melhoria tiveram, efetivamente, resultado, detetando também eventuais erros que possam ter ocorrido na implementação através desta monitorização. Deste modo, garante-se que os ganhos alcançados com estas melhorias são mantidos, contrariando-se a tendência para voltarem ao estado inicial.

6.5.1. Avaliação do impacto das ações de melhoria

Foi feita uma avaliação de todas as ações de melhoria implementadas na data estipulada, do dia 3 de maio ao dia 11 de maio. Através de uma análise da linha 12, verificou-se que as ações de melhoria que ficaram, de facto, bem implementadas foram o ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos “gaps” entre tapetes, acrescentar um tapete à saída da rabaneadeira, trocar os rolamentos e telas desgastadas e as ações corretivas, pelo facto de não ter sido detetado qualquer erro no seu funcionamento nesta semana após a sua implementação, desempenhando corretamente a sua função e trazendo as melhorias esperadas. Com o ajuste dos canais, confirmou-se que praticamente não se verificavam quaisquer encravamentos de traços ao longo destes, para além deste ajuste ter permitido que os operadores conseguissem detetar muito melhor eventuais encravamentos, visto que estes canais estão muito mais visíveis ao longo de toda a sua extensão, algo que não se verificava antes desta implementação. Para além disto, o tapete à saída da rabaneadeira permitiu que o operador fizesse uma escolha das pranchas mais minuciosa, tendo mais tempo para abastecê-las na rabaneadeira sem que os tapetes ficassem vazios. Isto devido ao facto de o tapete extra permitir que pelo menos mais duas pranchas ficassem em espera antes do Tapete Azul. A substituição dos rolamentos e telas desgastadas também foi feita com sucesso, uma vez que já se verificava algum desgaste no seu funcionamento por nunca terem sido trocados desde a instalação desta linha, não tendo sido detetados quaisquer erros no seu funcionamento.

As outras ações foram consideradas como parcialmente implementadas, uma vez que, apesar de já permitirem que a linha funcione melhor, ainda contém alguns erros que são necessários corrigir. O sistema de visão ainda não está a funcionar completamente bem, porque não deteta alguns traços incorretos que deveria detetar, levando a que o robô das brocas pegue nestes traços que estejam, por exemplo, de lado, e os abasteça nos canais das brocas, levando à

paragem das mesmas. O software do robô das brocas, apesar de já estar bastante melhor, também apresenta algumas falhas, uma vez que ainda se verifica que passado pouco tempo, volta a precisar de calibração por estar a pegar no traço dos canais de alimentação no sítio errado, levando à sua paragem e, conseqüentemente, a perdas de produção. O mesmo acontece com o software de visão localizado em cima do Tapete Azul, já sendo capaz de detetar algumas fitas presentes neste tapete, evitando viagens desnecessárias por parte do robô das mesas. No entanto, ainda não consegue identificar claramente os traços de lado e algumas fitas que vão mais a meio do Tapete Azul, levando a que o robô tente ir buscar estes traços que não deveriam ser identificados pelo sistema de visão. Também se verificou uma grande melhoria nas mesas, com uma redução bastante elevada no número de encravamentos comprovada pelo fluxo de traços através dos canais, sendo este muito mais contínuo ao longo de todos os quatro canais e alimentação. Contudo, ainda existem encravamentos que deveriam ter ficado resolvidos com esta ação de melhoria, nomeadamente ao nível do motor e da roldana instalados nas mesas.

É ainda de referir que todas as ações de melhoria implementadas foram avaliadas nesta fase inicial, excluindo a definição de rotinas para o operador. Esta ação de melhoria foi apenas implementada de dia 1 de junho ao dia 9 de junho.

Devido ao tempo reduzido disponível até ao final do estágio, decidiu-se que se realizaria uma comparação fundamentada na base de dados recolhida através das medições à linha 12 e com os dados do tempo recuperado com cada ação de melhoria, presentes na Figura 112. Esta comparação foi feita calculando a produção teórica da linha 12 após as implementações das ações de melhoria, de modo a comparar este valor com a produção desta linha durante a data definida para a avaliação da eficácia das ações de melhoria.

Nas ações que foram implementadas com sucesso, assumiu-se que o tempo recuperado com a ação de melhoria foi atingido na totalidade. Nos casos em que as ações de melhoria ainda necessitam de ser aperfeiçoadas, sendo consideradas como parcialmente implementadas, assumiu-se que apenas se recuperou metade do tempo previsto com a ação de melhoria, sendo uma estimativa do tempo que esta foi capaz de recuperar, mesmo com as debilidades encontradas após a sua implementação.

Como se pode verificar na Figura 111, a linha 12 esteve efetivamente a produzir 64,58% do tempo total e a média de produção nos dias em que se efetuaram as medições foi de 205501 rolhas/dia.



Figura 111 - Tempo efetivo de produção durante as seis medições à linha 12

Assumindo que se recuperou todo o tempo previsto com as ações de melhoria implementadas totalmente e metade do tempo previsto com as ações de melhoria parcialmente implementadas, teoricamente as ações de melhoria teriam recuperado um total de 178 minutos. Na Figura 112, as ações de melhoria destacadas a verde são consideradas como ações implementadas, a amarelo são consideradas como ações parcialmente implementadas e a vermelho como ações ainda não implementadas.

Grupos dos tipos de paragem	Indicador (min)	Ações de melhoria	Tempo recuperado com cada ação	Tempo teoricamente recuperado com cada ação
-	-	-	-	-
Falha nas mesas	99,7	Alteração das mesas	93	47
Falha do robô das mesas	22,1	Ajustar o software do robô das mesas	21	0
Falha nos canais	27,9	Trocar os rolamentos e telas desgastadas	1	1
		Ajuste de todas as guias (canais) e eliminação dos "gaps" entre tapetes	25	25
Operador	63,3	Definir rotinas para o operador	59	0
Manutenção	52,5	Ações corretivas	0	0
Falha do robô das brocas	86,9	Ajustar o software do robô das brocas	81	41
Sistema de visão	120,8	Colocar o sistema de visão a funcionar corretamente + semáforos altos nas brocas e rabaneadeira	113	56
Falha de seleção (fitas/bocados não deveriam chegar à frente)	37,5	Retirar as fitas (separar mecanicamente de prosseguir para o tapete com chapa; elimina 50% das fitas)	11	0
		Software de visão: não agarrar os traços de lado e fitas	9	5
		Criar sistema à saída da rabaneadeira para eliminação de fitas e bocados (a ser desenvolvido)	11	0
		Acrescentar 1 Tapete à saída da Rabaneadeira	4	4
TOTAL	510,7	-	428	178

Figura 112 - Visualização do tempo teoricamente recuperado com cada ação de melhoria

O tempo em que a linha 12 esteve a produzir ao longo das medições foi de 15 horas, 31 minutos e 13 segundos, correspondendo a 931,2 minutos, de um total de 24 horas, 1 minuto e 56 segundos de produção, correspondendo a 1441,9 minutos de produção. Considerando que se resolveram teoricamente estes 178 minutos de paragens, a linha estaria a produzir, em teoria, 1109,2 minutos, correspondendo à soma dos 931,2 minutos com os 178 minutos. Através de uma regra de três simples utilizando como base que os 931,2 minutos correspondem a uma percentagem de produção de 64,58% (Figura 111), infere-se que, após estas alterações, a linha está a produzir efetivamente 76,92% do tempo total com os 1109,2 minutos de produção. Através de outra regra de três simples, utilizando a produção, em média, dos seis dias das medições (205501 rolhas por dia) e a percentagem de produção de 64,58%, infere-se que após estas alterações, a linha está a produzir 244768 rolhas por dia com a percentagem teórica de 76,92%.

Por fim, verificaram-se quais as produções da linha 12 na data definida para a avaliação da eficácia destas ações de melhoria, do dia 3 de maio ao dia 11 de maio. A média da produção ao longo destes dias foi de 243845 rolhas por dia, ficando muito próximo do valor teórico de 244768 rolhas por dia, o que sustenta a credibilidade dos dados recolhidos ao longo das várias medições, presentes na base de dados.

A figura apresentada de seguida (Figura 113) contém a comparação do tempo efetivo de produção, retirado das medições, com o tempo efetivo de produção, calculado com base nas produções registadas do dia 3 ao dia 11 de maio (período da avaliação da eficácia das ações de melhoria). O tempo a produzir encontra-se a verde e o tempo parado a vermelho. Adicionalmente, na Figura 114, observam-se as produções atingidas no período de avaliação, bem como os objetivos definidos no início deste projeto.

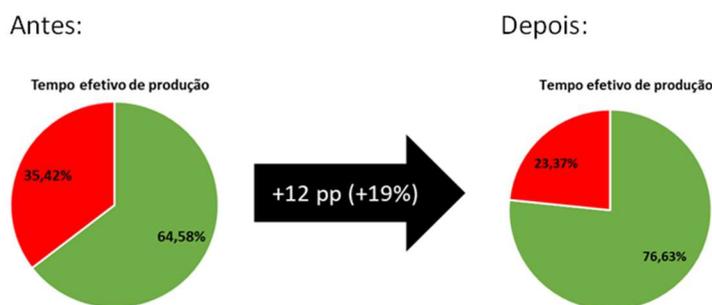


Figura 113 - Comparação da situação inicial com a situação após a implementação das ações de melhoria

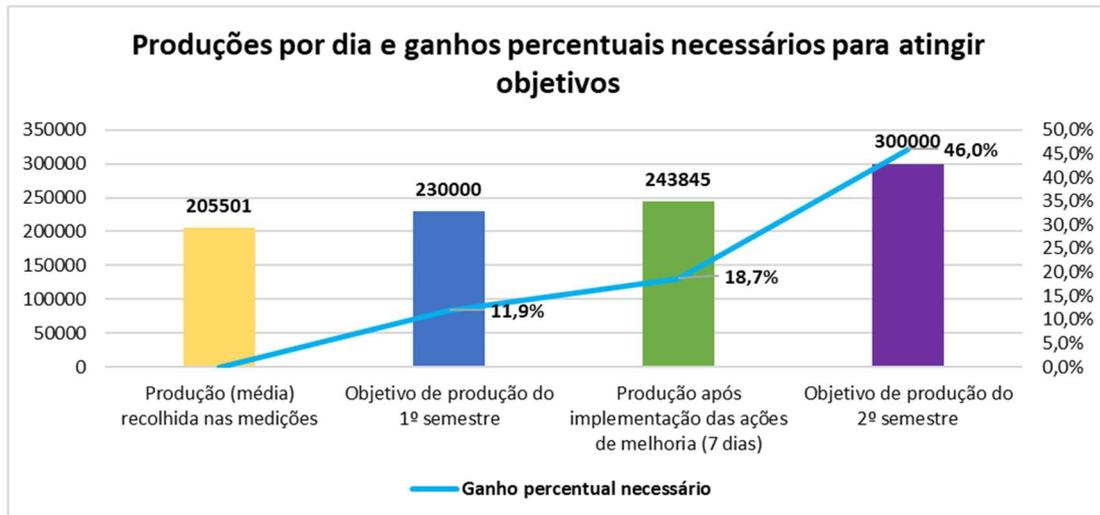


Figura 114 - Visualização das produções por dia da linha 12 e dos ganhos percentuais

6.5.2. Monitorização e controlo do processo

As ações de melhoria que foram realizadas a máquinas, em princípio, não degeneram ao longo do tempo, uma vez que, ao garantir-se que estas desempenham corretamente a sua função, continuarão a fazê-lo eternamente (a não ser no caso das melhorias a realizar aos softwares do sistema de visão ou robôs, que podem necessitar de alguma recalibração). No entanto, no caso da ação de melhoria que envolve a formação aos operadores, é necessário garantir que estes continuam a fazer o que foi proposto nesta melhoria, de modo a manter a performance ao longo do tempo. Neste caso, ao contrário do que se passa com as ações de melhoria feitas a máquinas, a possibilidade de os operadores voltarem a executar as tarefas que faziam numa fase inicial é elevada, sendo necessário realizar uma monitorização de modo a confirmar se as novas rotinas implementadas são, de facto, feitas corretamente.

Por isso mesmo, o controlo foca-se na ação de melhoria “Definir rotinas dos operadores”. Depois de implementada esta ação de melhoria, verificou-se que as produções se mantiveram praticamente inalteradas. Presumiu-se que isto aconteceu porque, como já se tinha discutido, nem sempre é fácil de mudar a mentalidade e os comportamentos dos operadores, principalmente daqueles que já estão presentes na empresa há mais de uma década. Apesar de terem sido feitas formações aos operadores e de se ter explicado quais os melhores procedimentos para desempenharem as suas tarefas, verificava-se que, nos dias seguintes a estas formações, os

operadores continuavam a executar as tarefas tal e qual como faziam anteriormente, havendo pouca ou nenhuma mudança. De facto, verificava-se que, na maioria dos casos, os operadores não alteraram as suas rotinas nem o modo como trabalhavam, não tendo em conta todos os conceitos que lhes foram passados através destas formações.

Através da Tabela 33, consegue perceber-se que, de facto, não houve praticamente nenhuma mudança no comportamento dos operadores destas linhas.

Tabela 33 - Produções da linha 12 no final do mês de maio e no início do mês de junho

	MAI						JUN											
Dia	24	25	26	27	28	31	1	2	7	8	9	11	14	15	16	17	18	
Produção	233 560	228 393	224 402	241 739	252 774	250 586	259 487	222 407	234 984	244 628	252 667	214 573	235 999	251 253	253 259	234 347	218 639	
Média	238 576						238 124						238 699					

Como já tinha sido referido, esta ação de melhoria foi implementada do dia 1 ao dia 9 de junho, sendo que se avaliou a eficácia desta ação de melhoria ao comparar-se o valor médio das produções do dia 24 ao dia 31 de maio (dias anteriores à implementação) com o valor médio das produções do dia 14 ao dia 18 de junho (dias a seguir à implementação). Como se pode observar através dos dados presentes na Tabela 33, a média da produção da linha antes desta implementação (238576 rolhas por dia) é igual à média da produção da linha depois desta implementação (238699 rolhas por dia), comprovando que esta ação de melhoria não trouxe benefícios ao nível da produtividade desta linha.

Deste modo, sentiu-se a necessidade de, nesta fase de controlo, garantir-se que os procedimentos que foram transmitidas através das formações são, efetivamente, seguidos por parte dos operadores. O objetivo será assegurar que estas novas práticas são feitas e que continuam a ser feitas mesmo muito tempo depois da implementação desta ação de melhoria. Para isto, recorreu-se ao *standard work*, de modo a documentar exatamente o que deve ser feito por parte dos operadores. Definiu-se que a melhor maneira de conseguir fazê-lo foi através da criação de uma norma, que servisse de guia. Estas normas conterão todos os pontos importantes a fazer por parte dos operadores da linha 12, descrevendo detalhadamente e passo a passo as rotinas que estes deverão fazer, de modo a que o processo seja realizado corretamente, culminando com o aumento de produtividade na linha.

De forma a perceber-se quais as rotinas feitas por parte dos operadores, decidiu realizar-se um diagrama de *spaghetti* (Figura 115), de modo a detalhar todos os movimentos realizados por estes, o tempo despendido em cada um destes e a distância percorrida no total. Estas medições foram feitas ao longo de uma hora e o objetivo seria analisar este diagrama com a finalidade de perceber onde é que os operadores podem ser mais eficientes nas suas movimentações, identificando quais são as que devem ser evitadas e quais devem ser feitas para que o seu trabalho seja ótimo. As normas definidas foram feitas com base nesta análise, de modo a esclarecer a melhor rotina possível para os operadores desta linha.

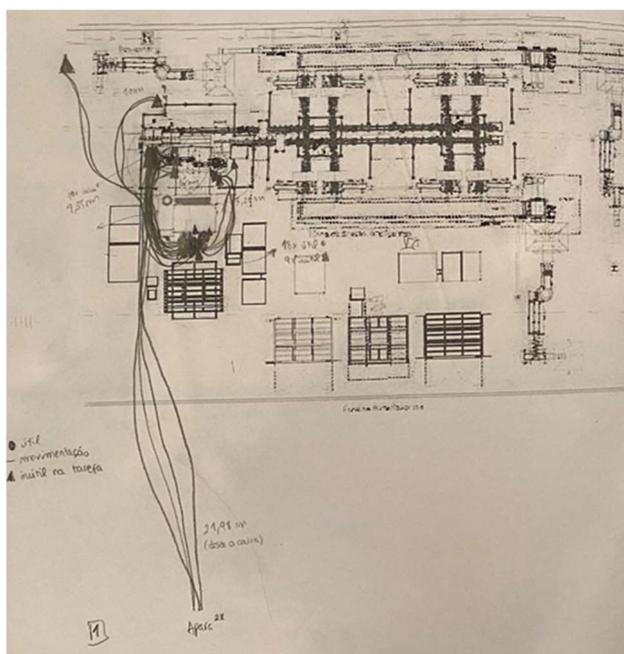


Figura 115 - Diagrama de spaghetti feito ao rabaneador da linha 12

Através desta observação feita ao rabaneador, identificaram-se que existiam alguns problemas que necessitavam de ser corrigidos, servindo estes de base para a criação das normas. Os principais problemas observados nas rotinas do operador foram o facto de este ficar a olhar muito tempo para o ecrã que mostra os traços presentes no Tapete 0 enquanto este está cheio. Isto foi considerado como sendo um desperdício de tempo, uma vez que o rabaneador poderia estar a preparar outras pranchas para colocar na rabaneadeira mal os traços deste Tapete 0 fossem libertados para o tapete seguinte. Para além disto, verificou-se que a limpeza estava a ser feita num horário que não era o estipulado, o que levava a perdas de produção na linha

desnecessárias. Por fim, constatou-se que o abastecimento das pranchas na rabaneadeira estava a ser mal feita, devido a vários motivos. Primeiramente, o operador abastecia bastantes vezes as pranchas do mesmo lado da rabaneadeira, em vez de alternar entre o lado esquerdo e o direito da rabaneadeira. Isto foi considerado como um problema uma vez que não se aproveitava todo o comprimento dos tapetes, que poderiam ter mais pranchas disponíveis para os robôs. Em segundo lugar, só quando o Tapete 0 fica livre é que o rabaneador começa a preparar e “arranjar” as pranchas seguintes para colocar na rabaneadeira, algo que deveria ser feito enquanto este tapete ainda se encontrasse cheio. Por fim, verificou-se que o operador abastecia outra prancha quando o Tapete 0 já estava cheio, o que levava a que os traços encavalitassem nos da frente, dificultando o trabalho dos robôs de transportá-los para as mesas.

Com base na Figura 116, chegou-se à conclusão de que o operador estava a realizar tarefas consideradas como úteis ao longo de 42 minutos e 4 segundos (70,1% do total) e tarefas consideradas como inúteis ao longo de 17 minutos e 56 segundos (29,9% do total). Ao longo desta hora, o rabaneador realizou 19 tarefas consideradas como úteis e 37 consideradas como inúteis, tendo percorrido 214,2 metros.

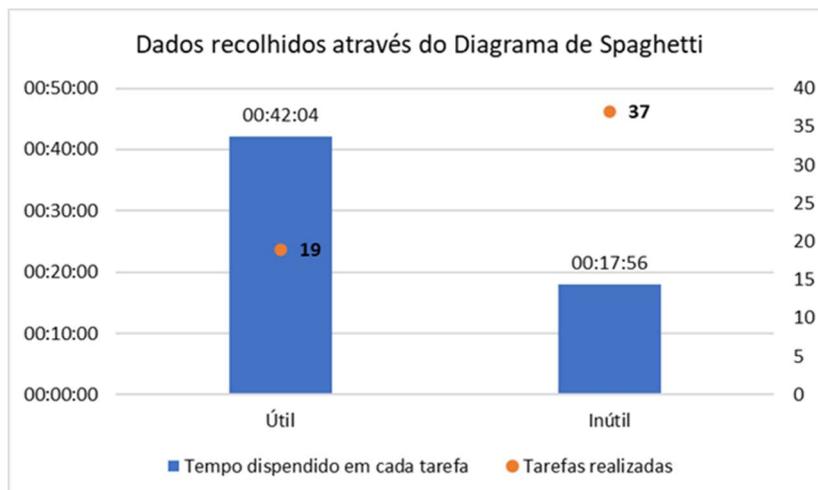


Figura 116 - Dados recolhidos no diagrama de spaghetti ao rabaneador

Quanto ao broquista, verificou-se que as suas rotinas estavam a ser bastante bem desempenhadas. Este operador realizava um circuito que começava na broca 1 e acabava na broca 8, verificando sempre o correto funcionamento das brocas mesmo que o semáforo apresentasse a cor verde (que significa que a broca está a funcionar corretamente). Esta verificação é considerada como sendo importante, uma vez que existem algumas ocasiões em que, apesar do semáforo apresentar a cor verde, a broca não está a produzir. Além do mais, durante esta verificação do correto funcionamento das brocas, este operador verificava se as rolhas que estavam a ser produzidas pelas brocas estavam conformes ou se apresentavam algum defeito, parando as brocas e chamando os técnicos caso verificasse alguma anomalia. É ainda de referir que também tratava de verificar se existiam encravamentos nos robôs das brocas, colocando-os a funcionar no caso de terem parado, para além de também verificar a existência de encravamentos tanto nos canais de alimentação como nas mesas, parando por breves segundos em determinadas zonas para efetuar esta confirmação, como se pode verificar através do diagrama de *spaghetti* (Figura 117). O broquista desta linha também compensava as pausas do broquista responsável pelas brocas das linhas 13 e 14, observando-se isto através de algumas movimentações feitas por parte deste até às brocas da linha 13. Finalmente, este operador também ia verificando se as máquinas responsáveis pelo Desenhar desta linha estavam a operar corretamente. Todas estas verificações foram feitas de uma maneira muito eficiente, sendo que o broquista fazia sempre o mesmo percurso e conseguia aproveitar os movimentos que fazia no seu itinerário normal pelas brocas para efetuar estas correções e desencravamentos na linha, não fazendo grandes desvios que poderiam ser menos eficazes.

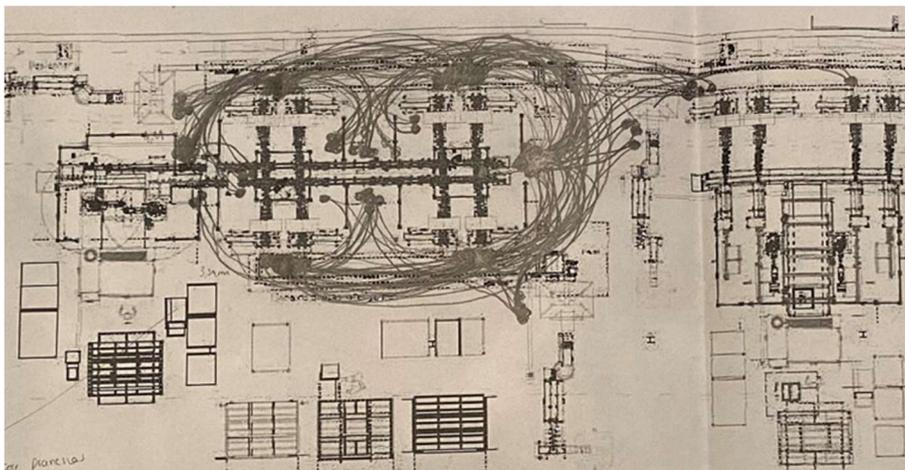


Figura 117 - Diagrama de spaghetti feito ao broquista da linha 12

Neste gráfico (Figura 118), realizado com base nos dados recolhidos no diagrama de *spaghetti*, apurou-se que o operador realizou tarefas consideradas como úteis durante 31 minutos e 39 segundos (52,8% do total) e tarefas consideradas como inúteis ao longo de 28 minutos e 21 segundos (47,2% do total). Durante estas medições, registaram-se 150 tarefas úteis e 151 tarefas inúteis realizadas pelo broquista, tendo este percorrido um total de 1445,6 metros.

Apesar da grande distância percorrida pelo operador e da percentagem não muito elevada de tempo despendido em tarefas úteis (52,8%), considerou-se que o broquista fazia a sua rotina sem grandes problemas a apontar. A elevada distância percorrida é justificada pela constante necessidade do operador se movimentar ao longo de toda a linha 12 de modo a garantir o correto funcionamento das várias máquinas. Estas sucessivas movimentações também explicam a percentagem de tempo despendido com tarefas inúteis, sendo que quase todo este tempo inútil corresponde aos movimentos do operador.

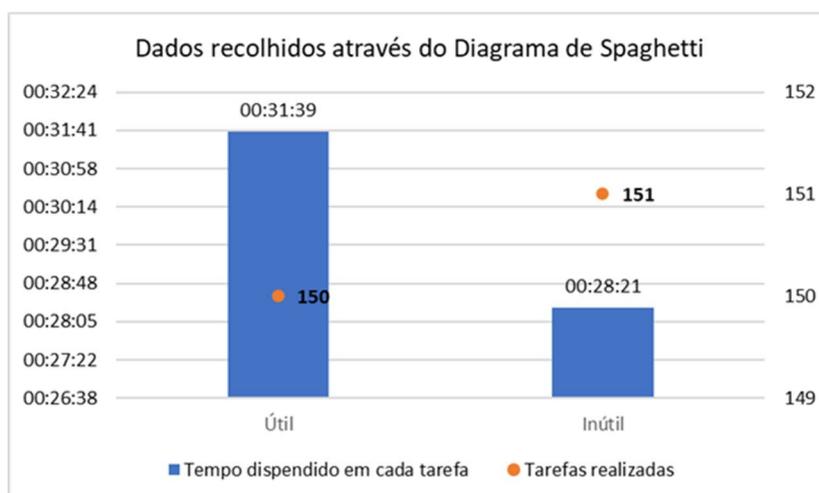


Figura 118 - Dados recolhidos no diagrama de spaghetti ao broquista

6.5.3.1. Normas

As normas foram criadas de modo a conseguirem abordar os principais problemas identificados durante a elaboração do diagrama de *spaghetti* a cada um dos operadores da linha 12. As Figuras 129 e 130 do Anexo V – Norma da Rabaneação – apresentam as normas elaboradas para o rabaneador. Esta norma contém um fluxograma que ajuda a perceber quais as tarefas a realizar por parte do operador de uma forma sequencial, assim como quais são as

prioridades, o modo de rabanear, a interação com as luzes da rabaneadeira (que indicam se as mesas estão a ser abastecidas ou se têm algum encravamento), como ligar e desligar a rabaneadeira, como proceder no caso de haver uma prancha encravada e, finalmente, quando e como se deve realizar a limpeza.

As Figuras 131 e 132 do Anexo VI – Norma das Brocas – apresentam a norma elaborada para o broquista. Esta norma apresenta o melhor percurso a realizar à volta de toda a linha por parte do operador, bem como todas as tarefas que este tem de executar de acordo com a sua prioridade, sendo esta representada através de um sistema de cores no ponto 2 da Figura 131. Posteriormente, refere o que o operador tem de fazer de acordo com as luzes dos semáforos dos robôs das brocas e das próprias brocas. Finalmente, esta norma também expõe o que deve ser feito no caso da paragem do robô das brocas e também das brocas, explicando o procedimento que deve ser feito para as rearmar e colocar novamente em funcionamento.

Após terem sido novamente realizadas pequenas formações que realçavam a importância do cumprimento destas normas, procedeu-se à avaliação do impacto que estas tiveram na linha através da comparação da produção na linha antes da implementação destas normas com a produção após a sua implementação. Adicionalmente, também se realizou uma nova medição ao rabaneador da linha 12 (Figura 119), de modo a perceber qual a evolução do tempo despendido na realização de tarefas úteis e inúteis. Não foi realizada uma nova avaliação ao broquista devido à falta de tempo disponível nesta última fase do projeto.

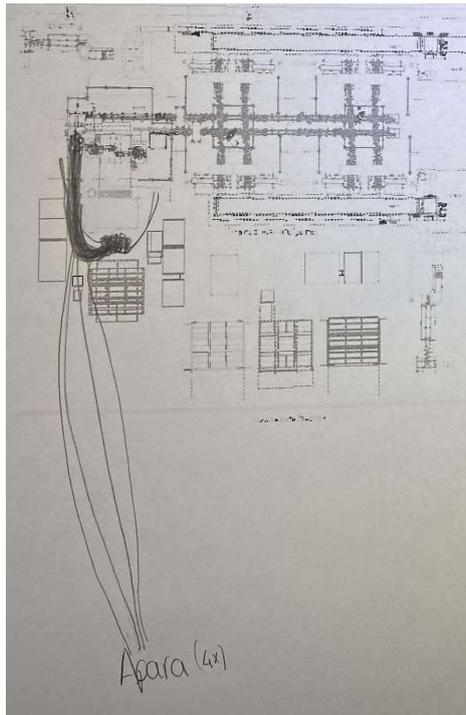


Figura 119 - Novo diagrama de spaghetti feito ao broquista da linha 12

Verificaram-se bastantes melhorias neste diagrama de *spaghetti* comparativamente ao último realizado, visto que, como se pode observar, o rabaneador efetua bastantes menos movimentações, principalmente se se olhar para o lado direito da linha. Quanto ao lado esquerdo, verifica-se que ainda existem algumas movimentações, no entanto, muitas delas eram feitas quando os tapetes estavam cheios, servindo apenas para verificar se havia algum encravamento, voltando de imediato para a rabaneadeira. Também se notou uma melhoria considerável na maneira como o rabaneador abastece as pranchas na rabaneadeira, alternando o lado em que colocava as pranchas e preparando-as atempadamente para quando o tapete estivesse livre.

Verifica-se através deste gráfico da Figura 120 que o operador realizou tarefas consideradas como úteis durante 50 minutos e 21 segundos (83,9% do total) e tarefas consideradas como inúteis durante 9 minutos e 29 segundos (16,1% do total). Durante estas medições, registaram-se 40 tarefas úteis e 59 tarefas inúteis realizadas por este operador. Na última observação feita, o tempo despendido a realizar tarefas úteis foi de 42 minutos e 4 segundos, tendo aumentado 8 minutos e 17 segundos. Comparativamente à última observação feita ao rabaneador, este aumento traduz-se num aumento de 13,8 p.p., ou seja, um aumento de

cerca de 20% no tempo despendido na realização de tarefas úteis. No entanto, este operador percorreu um total de 345,3 metros, sendo este valor superior ao último registado de 224,2 metros, uma vez que o rabaneador ao qual se fez a primeira observação trocou de posto de trabalho, tendo-se observado nesta última vez outro rabaneador mais experiente e que tinha o hábito de ir verificar várias vezes se existia algum encravamento na linha, voltando para o seu posto a tempo de colocar a prancha sem que o tapete ficasse vazio.

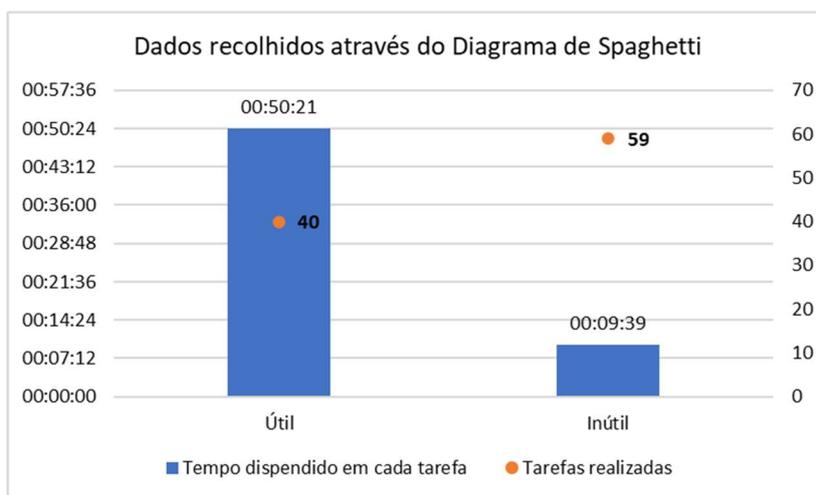


Figura 120 - Dados recolhidos no novo diagrama de spaghetti ao broquista

Olhando agora para as produções da linha, percebe-se a evolução da produção das linhas antes e após terem sido realizadas estas formações e após terem sido implementadas as normas. Estas formações foram realizadas do dia 19 ao dia 23 de julho (Tabela 34).

Tabela 34 - Produções da linha 12 desde o dia 12 de julho ao dia 3 de agosto

	JUL														AGO		
Dia	12	13	14	15	16	19	20	21	22	23	26	27	28	29	30	2	3
Produção	261 174	161 197	152 730	270 116	256 522	231 166	260 883	249 713	259 174	170 962	252 755	276 045	272 891	277 754	259 320	268 855	294 819
Média	220 348					234 380					271 777						

Através dos dados presentes na figura acima, verifica-se que a média das produções após a semana na qual se fizeram as formações aumentou, passando de cerca de 235 milheiros por dia para cerca de 271 milheiros por dia, correspondendo a um aumento de 36 milheiros por dia (ganho percentual de 15,3%).

6.5.3. Situação inicial e situação final

Para se conseguir visualizar a evolução do projeto, realizou-se um A3 que acaba por apresentar todos os resultados obtidos através do mesmo, presente na Figura 133 do Anexo VII – A3 do projeto.

Foram utilizados quatro indicadores para avaliar o desempenho das linhas ao longo dos meses: a produção, em milheiros por dia, a rentabilidade com que as brocas estão a produzir, obtida através das provas realizadas, em percentagem, os ganhos de produção, em euros por ano e o OEE, em percentagem, presentes na Figura 134 do Anexo VII.

Devido à falta de tempo para efetuar nova recolha de dados, o OEE dos meses de maio, junho, julho e agosto foi calculado sem os dados das micro paragens, que apenas foram utilizados para o cálculo do OEE no mês de abril. Como se pode verificar através da Figura 134 do Anexo VII, o OEE inicial da linha 12 foi de 58,24% e no mês de agosto foi de 79,64%, correspondente a ganhos de 36,7% (21,4 p.p.).

A rentabilidade inicial das brocas da *Vimétrica* em relação às brocas a pedal era de -2,1p.p. em fevereiro e no mês de agosto chegou a valores 2,8p.p. superiores em relação a estas brocas a pedal, ultrapassando o objetivo estabelecido de -2,1p.p..

Os ganhos de produção foram calculados recorrendo-se à Figura 135 do Anexo VIII – Cálculo dos ganhos das linhas 12, 13 e 14 –, sendo que este valor é obtido através da soma dos custos com pessoal (CCP) por milheiro de rolhas produzidas com as amortizações por milheiro da situação inicial (assumida como os valores de produção de novembro de 2020). Na linha 12, esta soma foi de 1,83 euros por milheiro, na linha 13 de 1,86 euros por milheiro e na linha 14 de 2,14 euros por milheiro. Para obter os ganhos, comparou-se esta soma do CCP por milheiro com as amortizações por milheiro com a posição final em agosto de 2021. Nestes cálculos, assumiu-se que um ano contém 227 dias úteis de produção.

Verificou-se que na linha 12, a única na qual foram efetuadas ações de melhoria, a soma dos CCP por milheiro com as amortizações por milheiro foi de 1,14 euros por milheiro, sendo a

diferença em relação à situação inicial de 0,68 euros por milheiro. Estes ganhos traduziram-se em 43558 euros por ano face ao objetivo de 51360 euros por ano (atingido com o objetivo de produção estabelecido para o segundo semestre), atingindo 85% dos objetivos estabelecidos. Englobando todas as linhas, chegou-se a 40% dos objetivos estabelecidos, com ganhos de 52675 euros por ano, face ao objetivo de 133108 euros por ano.

A Figura 121 apresenta os ganhos de produção alcançados com este projeto. Como se pode observar, a produção da linha 12 passou de 176 milheiros por dia para 281 milheiros por dia, correspondendo a um ganho de produção de 60%. Os objetivos definidos para o primeiro semestre foram alcançados, no entanto, a produção alcançada no final do projeto ficou aquém do objetivo definido para o segundo semestre, sendo ainda necessário um ganho de cerca de 20 milheiros por dia.

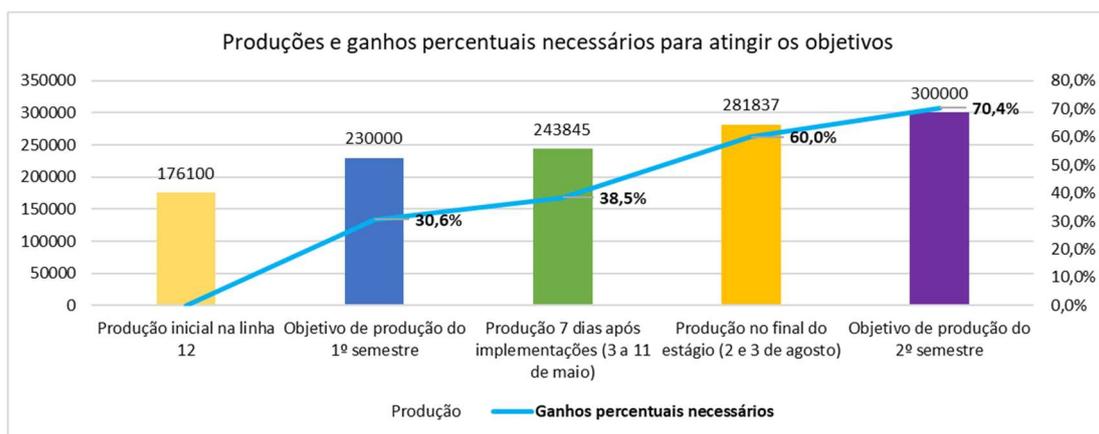


Figura 121 - Ganhos de produção alcançados com o projeto

7. Considerações finais

Neste último capítulo, pretende-se realizar uma avaliação geral deste projeto, focalizada na metodologia do *Lean Six Sigma* e do DMAIC, utilizadas para resolver os problemas e causas identificados. São também apresentadas sugestões para dar continuidade ao trabalho realizado ao longo deste projeto, assim como algumas limitações encontradas no decurso deste estágio.

7.1. Conclusões

Com a realização deste estágio, o autor sentiu um crescimento tanto ao nível pessoal como profissional, que não conseguiria ser atingido sem o envolvimento de todas as pessoas desta empresa. Adicionalmente, o contacto próximo com o chão de fábrica promovido por este projeto permitiu um relacionamento com a equipa e com os operadores constante, possibilitando que se conseguisse adquirir conhecimentos e competências importantes.

Como já foi anteriormente referido, o principal objetivo deste projeto foi aumentar a produtividade das linhas de brocas inteligentes, as linhas 12, 13 e 14. Esta baixa produtividade devia-se principalmente a problemas no sistema de alimentação de cada uma destas linhas, tendo sido identificadas as causas que causavam encravamentos e paragens de produção. De modo a conseguir atingir estes objetivos, recorreu-se ao DMAIC, começando-se por formar a equipa responsável pelo desenvolvimento deste projeto. De seguida, procedeu-se à recolha de dados em cada uma das linhas, que permitiam perceber o motivo pelo qual existiam as paragens de produção. Após se terem recolhidos todos os dados necessários, procedeu-se à sua análise, de modo a identificar quais os tipos de paragens responsáveis pelas maiores perdas de produção. Estes tipos de paragem foram considerados como sendo as causas-raiz do problema, tendo sido posteriormente definidas ações de melhoria que conseguissem resolver cada uma delas.

Estas ações de melhoria foram priorizadas com base em três indicadores (facilidade de implementação, potencial impacto e custo), sendo elaborado um plano de ações de melhoria para cada uma das linhas. Apenas na linha 12 é que foram implementadas ações de melhoria, sendo que se verificaram ganhos de produtividade de 60% face à situação inicial, passando de 178,1 milheiros por dia para 281 milheiros por dia, ultrapassando o objetivo do primeiro semestre de

230 milheiros por dia, mas ficando aquém dos 300 milheiros por dia definidos para o final do segundo semestre de 2021. Também se atingiram os objetivos de rentabilidade na prova realizada no último mês do projeto, com as brocas da Vimétrica a produzirem com uma rentabilidade 2,8% superior em comparação com as brocas a pedal, face ao objetivo de -2,1%. Para além disto, recorrendo ao *standard work*, foram implementadas normas que ajudaram a normalizar o trabalho realizado pelos operadores, definindo claramente o melhor método de trabalho após a realização de um estudo e da elaboração de um diagrama de spaghetti. Estas melhorias verificadas na linha 12 traduziram-se em ganhos de 43558 euros por ano, face ao objetivo final desta linha de 51360 euros por ano, correspondendo a um ganho de 85%. Englobando também as linhas 13 e 14, foram alcançados lucros de 52675 euros por ano, face ao objetivo final de 133108 euros por ano, correspondendo a 40% do objetivo final. Através desta metodologia *Lean Six Sigma*, conseguiu resolver-se o problema proposto, utilizando-se ferramentas apropriadas para cada uma das fases do projeto, sendo esta abordagem utilizada em várias ocasiões e em diferentes setores empresariais como uma maneira de melhorar o sistema.

7.2.Limitações

Ao longo do projeto encontraram-se algumas limitações, nomeadamente ao nível da disponibilidade por parte da *Blowmek* para a implementação das ações de melhoria em algumas das linhas. Para além disto, devido a alguns atrasos nas fases do projeto, apenas foi possível implementar ações de melhoria na linha 12, pelo que os planos de ação definidos para as linhas 13 e 14 foram feitos, mas nenhuma ação de melhoria foi implementada. Devido à falta de tempo, o cálculo do OEE desde o mês de maio até ao mês de agosto foi feito sem recorrer às micro paragens das brocas, ao contrário do que aconteceu no mês de abril. Uma desvantagem do cálculo do OEE sem recorrer às micro paragens é que não se consegue observar as variações dos indicadores da disponibilidade e da velocidade ao longo do tempo, uma vez que a disponibilidade acaba por ser sempre de 100% devido ao facto destas paragens não planeadas não terem sido contabilizadas nestes meses.

7.3.Trabalho futuro

De modo a que todas as ações as ações de melhoria sugeridas sejam implementadas, espera-se que o trabalho desenvolvido ao longo do projeto seja continuado depois do final do

estágio. Efetivamente, os planos de ação apresentam uma lista de ações de melhoria já organizadas por ordem decrescente, com base nos indicadores facilidade de implementação, potencial impacto e custo, pelo que já foi feita uma estimativa do tempo recuperado com cada uma das ações sugeridas. Com a implementação destas ações, acredita-se que a produtividade das linhas 13 e 14 também irá aumentar, à semelhança do que já se verificou na linha 12. Para além disto, o desenvolvimento das ações de melhoria que não foram implementadas devido ao facto de estarem numa fase de desenvolvimento será importante para a melhoria da produtividade das linhas, uma vez que se acredita que estas possam resolver algumas das causas identificadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Antony, J. (2009), “Six Sigma vs TQM: some perspectives from leading practitioners and academics”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 58No. 3, pp. 274-279.
- Antony, J. (2011). Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 60(2), 185–190. <https://doi.org/10.1108/17410401111101494>
- Antony, J., Gijo, E. v., & Childe, S. J. (2012). Case study in Six Sigma methodology: Manufacturing quality improvement and guidance for managers. *Production Planning and Control*, 23(8), 624–640. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.576404>
- Antony, J., Snee, R., & Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 34(7), 1073–1093. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2016-0035>
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. In *Journal of Management* (Vol. 17).
- Bhat, S., Gijo, E. v., & Jnanesh, N. A. (2014). Application of Lean Six Sigma methodology in the registration process of a hospital. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(5), 613–643. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-11-2013-0191>
- Boon Sin, A., Zailani, S., Iranmanesh, M., & Ramayah, T. (2015). Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance. *International Journal of Production Economics*, 168, 105–117. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.06.007>
- Breyfogle, F.W., Cupello, J.M., Meadows, B., 2001. *Managing SixSigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success.*Wiley, NY.
- Brue, G. (2006). *Six Sigma for Managers: 24 Lessons to Understand and Apply Six Sigma Principles in Any Organization.* New York: McGraw-Hill.
- Dahlgaard, J. J., & Dahlgaard-Park, S. M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *TQM Magazine*, 18(3), 263–281. <https://doi.org/10.1108/09544780610659998>
- de Mast, J., & Lokkerbol, J. (2012). An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 604–614. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.035>

- Fullerton, R. R., Kennedy, F. A., & Widener, S. K. (2014). Lean manufacturing and firm performance: The incremental contribution of lean management accounting practices. *Journal of Operations Management*, 32(7–8), 414–428. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2014.09.002>
- Gautam, N., & Singh, N. (2008). Lean product development: Maximizing the customer perceived value through design change (redesign). *International Journal of Production Economics*, 114(1), 313–332. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.12.070>
- George, M.L. (2002), *Lean Six Sigma*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Ghosh, S., & Maiti, J. (2014). Data mining driven DMAIC framework for improving foundry quality-a case study. *Production Planning and Control*, 25(6), 478–493. <https://doi.org/10.1080/09537287.2012.709642>
- Gündüz, M., Nielsen, Y., & Özdemir, M. (2013). Quantification of Delay Factors Using the Relative Importance Index Method for Construction Projects in Turkey. *Journal of Management in Engineering*, 29(2), 133–139. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000129](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000129)
- Harry, M.J., Schroeder, R., 2000. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*, Doubleday, NY.
- Hines, P., Holwe, M., & Rich, N. (2004). Learning to evolve: A review of contemporary lean thinking. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 24, Issue 10, pp. 994–1011). <https://doi.org/10.1108/01443570410558049>
- 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>
- Hopp, W. J., & Spearman, M. S. (2020). The lenses of lean: Visioning the science and practice of efficiency. *Journal of Operations Management*, July, 1–17. <https://doi.org/10.1002/joom.1115>
- Huxham, C. (2018). Action research as a methodology for theory development (Vol. 40).
- Karthi, S., Devadasan, S. R., Muruges, R., Sreenivasa, C. G., & Sivaram, N. M. (2012). Global views on integrating Six Sigma and ISO 9001 certification. In *Total Quality Management and Business Excellence* (Vol. 23, Issues 3–4, pp. 237–262). <https://doi.org/10.1080/14783363.2011.637803>
- Kumar, M., Antony, J., Singh, R. K., Tiwari, M. K., & Perry, D. (2006). Implementing the lean sigma framework in an Indian SME: A case study. *Production Planning and Control*, 17(4), 407–423. <https://doi.org/10.1080/09537280500483350>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.
- Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., & Choo, A. S. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. In *Journal of Operations Management* (Vol. 21).
- Luo, T., Wu, C., & Duan, L. (2018). Fishbone diagram and risk matrix analysis method and its application in safety assessment of natural gas spherical tank. *Journal of Cleaner Production*, 174, 296–304. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.334>

- Miltenburg, J. (2008). Setting manufacturing strategy for a factory-within-a-factory. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 307–323.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.09.001>
- Monden, Y. (1993). *Toyota Production System*. In *Toyota Production System*. Springer US.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9714-8>
- Montgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (6th ed.). John Wiley & Sons.
- Ohno, Taiichi., *The Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Portland, OR: Productivity Press, 1988.
- Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanaugh, R. R. (2000). *The Six Sigma way: How GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. NY: McGraw-Hill.
- Pepper, M. P. J., & Spedding, T. A. (2010). The evolution of lean Six Sigma. In *International Journal of Quality and Reliability Management* (Vol. 27, Issue 2, pp. 138–155).
<https://doi.org/10.1108/02656711011014276>
- Prashar, A. (2014). Adoption of Six Sigma DMAIC to reduce cost of poor quality. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 63(1), 103–126.
<https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2013-0018>
- Pyzdek, Thomas., & Keller, P. A. (Paul A. (2010). *The Six Sigma handbook : a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. McGraw-Hill Companies.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See value stream mapping to add value and eliminate muda*. Brookline, MA: The Lean Enterprise Institute.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5th ed.). Pearson Education Limited.
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shah, R., Chandrasekaran, A., & Linderman, K. (2008). In pursuit of implementation patterns: The context of Lean and Six Sigma. *International Journal of Production Research*, 46(23), 6679–6699. <https://doi.org/10.1080/00207540802230504>
- Snee, R. D. (2010). Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(1), 9–29. <https://doi.org/10.1108/20401461011033130>
- Somekh, B. (1995). The Contribution of Action Research to Development in Social Endeavours: a position paper on action research methodology. *British Educational Research Journal*, 21(3), 339–355. <https://doi.org/10.1080/0141192950210307>
- Tam, J. L. M. (2004). Customer Satisfaction, Service Quality and Perceived Value: An Integrative Model. *Journal of Marketing Management*, 20(7–8), 897–917.
<https://doi.org/10.1362/0267257041838719>
- Tyagi, S., Choudhary, A., Cai, X., & Yang, K. (2015). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, 160, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>

- Wilkinson, L. (2006). Statistical computing and graphics: Revising the Pareto chart. *American Statistician*, 60(4), 332–334. <https://doi.org/10.1198/000313006X152243>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. MacMillan Publishing Company.
- Yu, H., Al-Hussein, M., Asce, M., Al-Jibouri, S., & Telyas, A. (2013). Lean Transformation in a Modular Building Company: A Case for Implementation. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943)
- Zu, X., Fredendall, L. D., & Douglas, T. J. (2008). The evolving theory of quality management: The role of Six Sigma. *Journal of Operations Management*, 26(5), 630–650. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2008.02.001>

ANEXO I – EMPRESAS DO GRUPO AMORIM AGRUPADAS NAS RESPECTIVAS UN

Empresa (País)	
UN Matérias-Primas	
	Amorim Florestal (Portugal)
	Amorim Florestal España (Espanha)
	Amorim Tunisie (Tunisia)
	Comatral (Marrocos)
UN Rolhas	
	All Closures In (Portugal)
	Amorim Cork (Portugal)
	Amorim Australasia (Austrália)
	Amorim Champcork (Portugal)
	Amorim Cork América (EUA)
	Amorim Cork Deutschland (Alemanha)
	Amorim Cork Italia (Itália)
	Amorim Cork South Africa (África do Sul)
	Amorim France (França)
	Amorim Top Series (Portugal)
	Amorim Top Series France (França)
	Corchos de Argentina (Argentina)
	Francisco Oñer (Espanha)
	Hungarokork Amorim (Hungria)
	Industria Corchera (Chile)
	Korken Schiesser (Austria)
	Portocork América (EUA)
	Portocork France (França)
	Portocork Internacional (Portugal)
	Portocork Itália (Itália)
	S.A.S. Ets Christian Bourassé
	Socori (Portugal)
	Trefinos (Espanha)
	Victor & Amorim (Espanha)
UN Revestimentos	
	Amorim Cork Flooring (Portugal)
	Amorim Benelux (Holanda)
	Amorim Deutschland (Alemanha)
UN Aglomerados Compósitos	
	Amorim Cork Composites (Portugal)
	Amorim Cork Composites (EUA)
	Corticeira Amorim France (França)
UN Isolamentos	
	Amorim Cork Insulation (Portugal)

Figura 122 - UNs e respetivas empresas do Grupo Amorim

ANEXO II – DIAGRAMA DE PARETO, TEMPO PERDIDO E NÚMERO DE OCORRÊNCIAS
(LINHA 14)

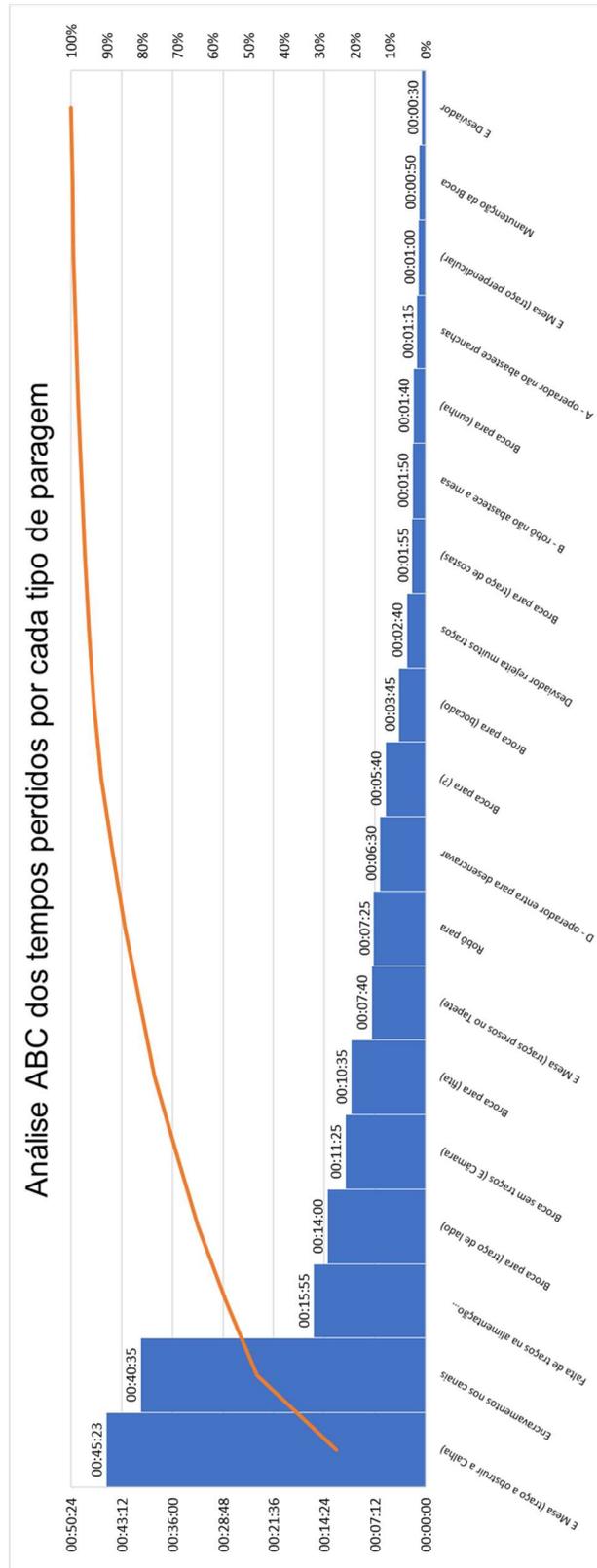


Figura 123 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada tipo de paragem na linha 14

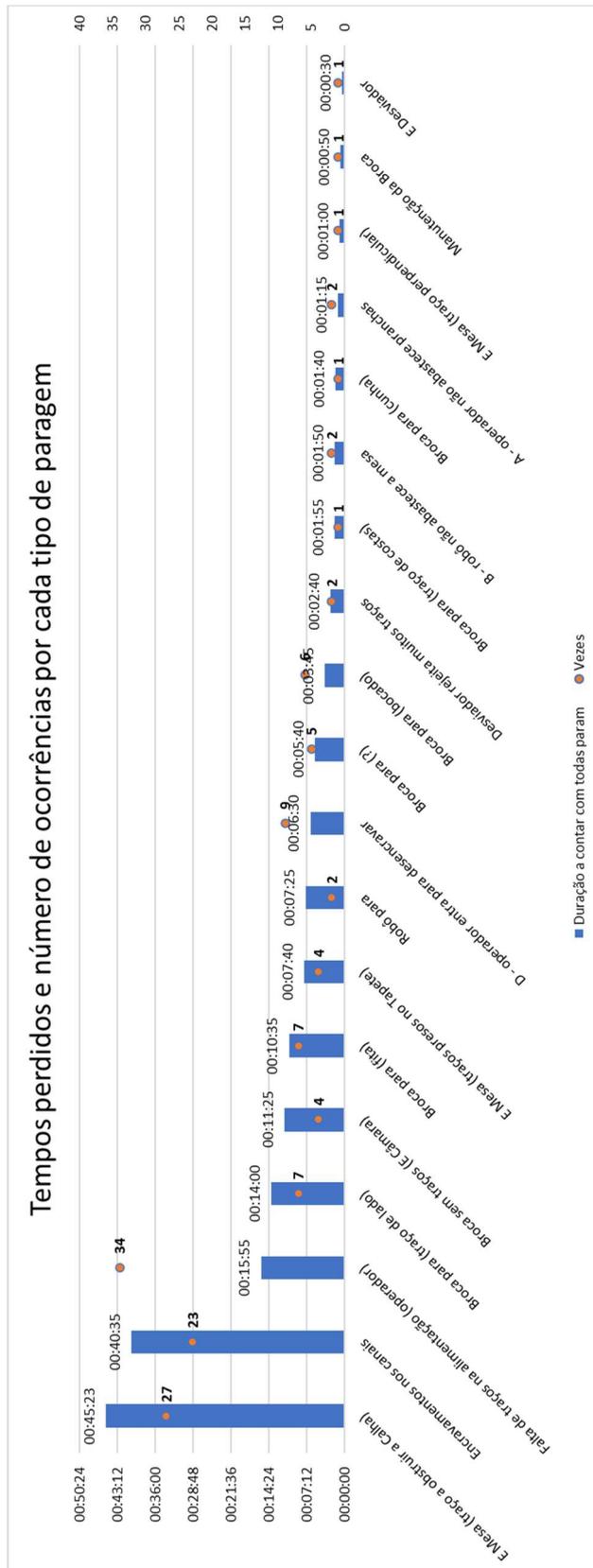


Figura 124 - Tempo perdido e número de ocorrências de cada tipo de paragem na linha 14

**ANEXO III – DIAGRAMA DE PARETO, TEMPO PERDIDO E NÚMERO DE OCORRÊNCIAS
(LINHA 13)**

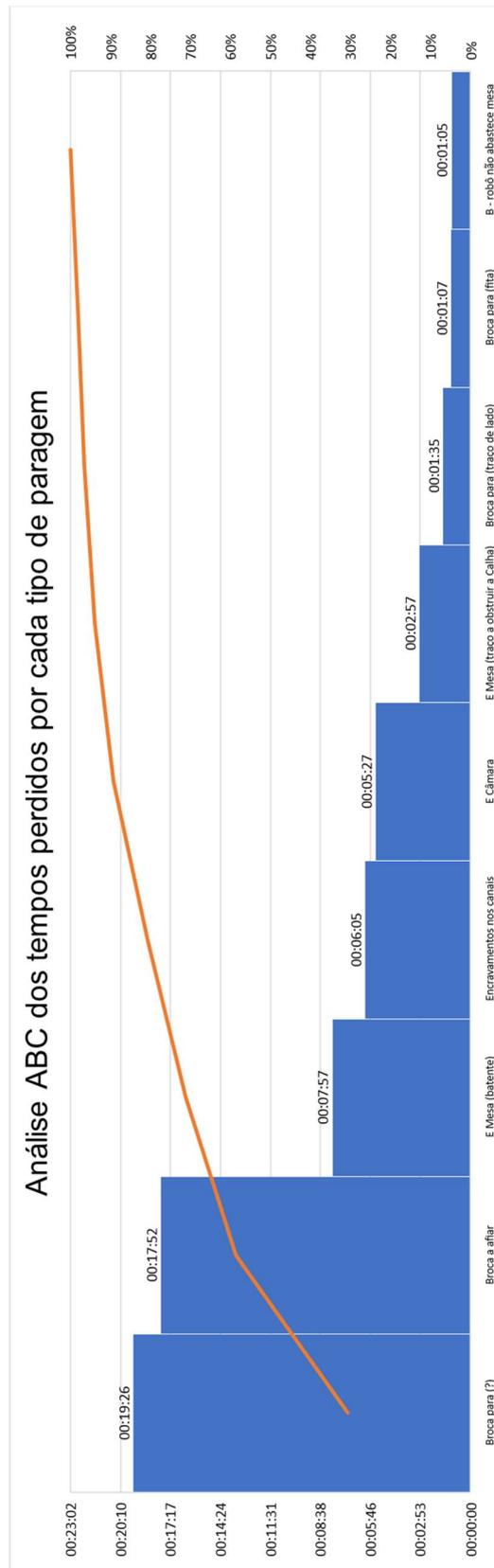


Figura 125 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada tipo de paragem na linha 13

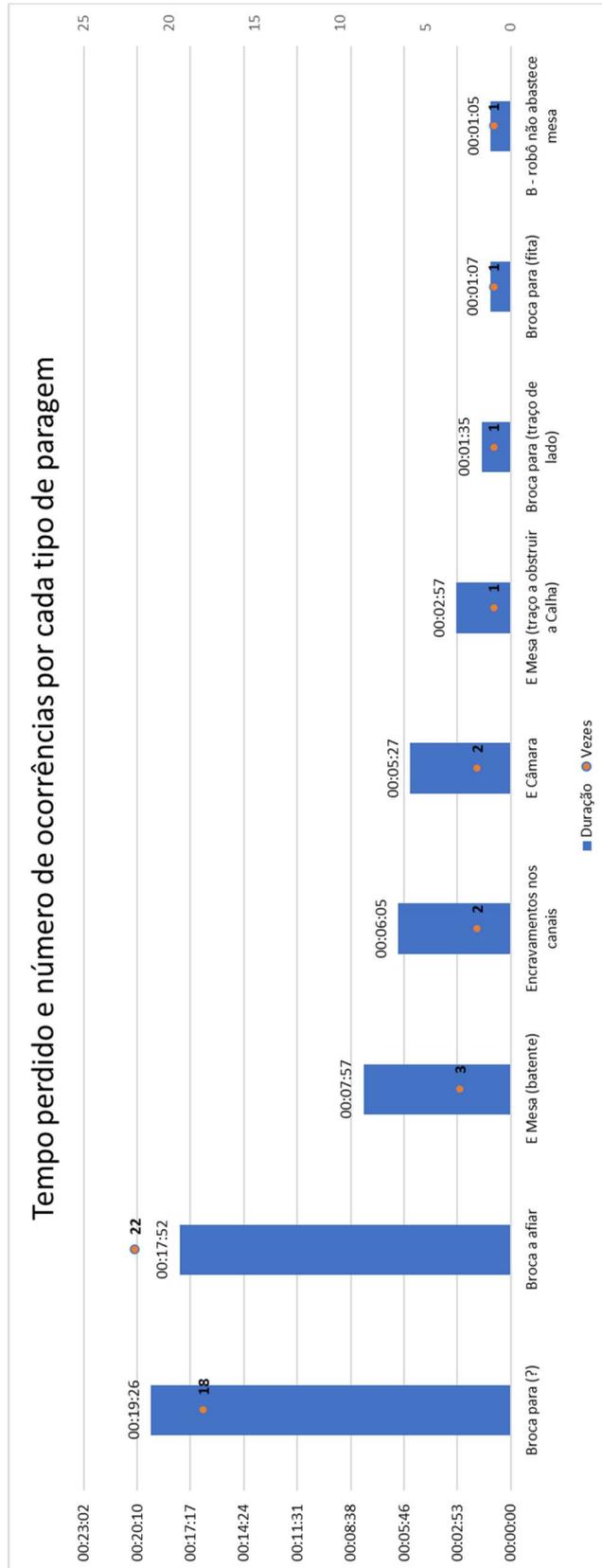


Figura 126 - Tempo perdido e número de ocorrências de cada tipo de paragem na linha 13

**ANEXO IV – DIAGRAMA DE PARETO, TEMPO PERDIDO E NÚMERO DE OCORRÊNCIAS
(LINHA 12)**

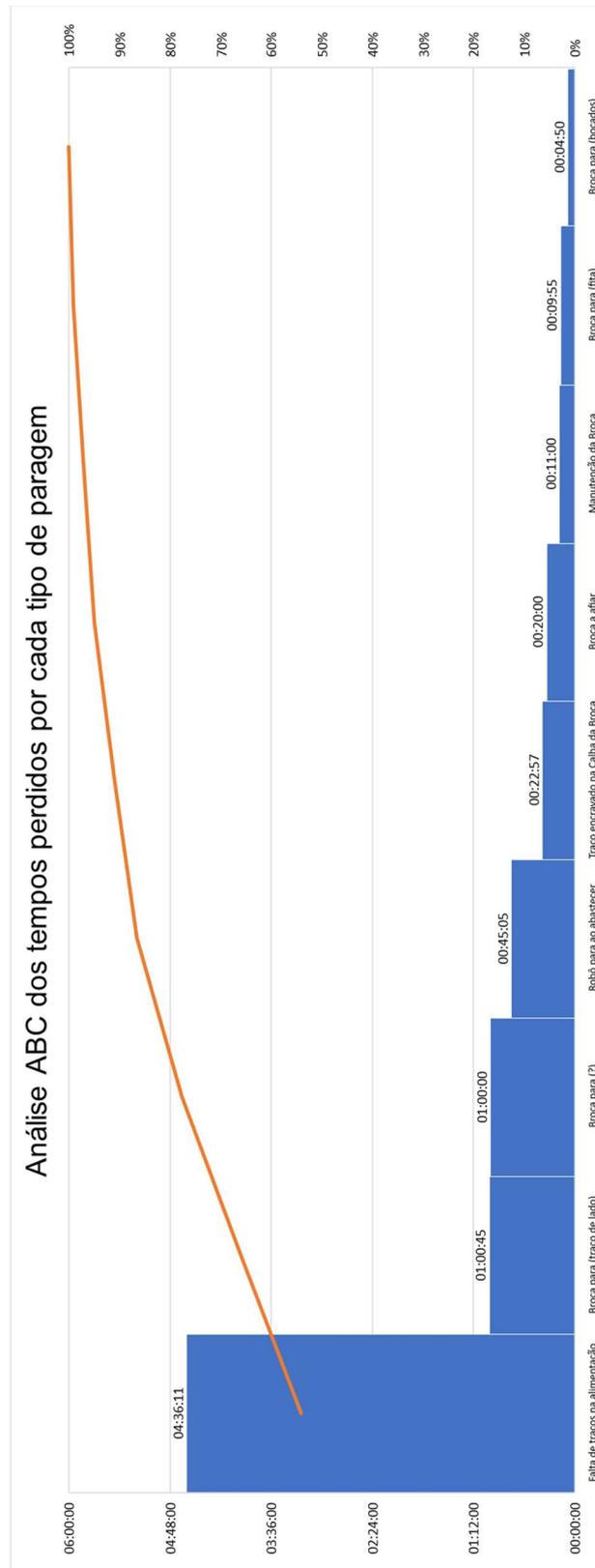


Figura 127 - Diagrama de Pareto com o tempo perdido em cada tipo de paragem na linha 12

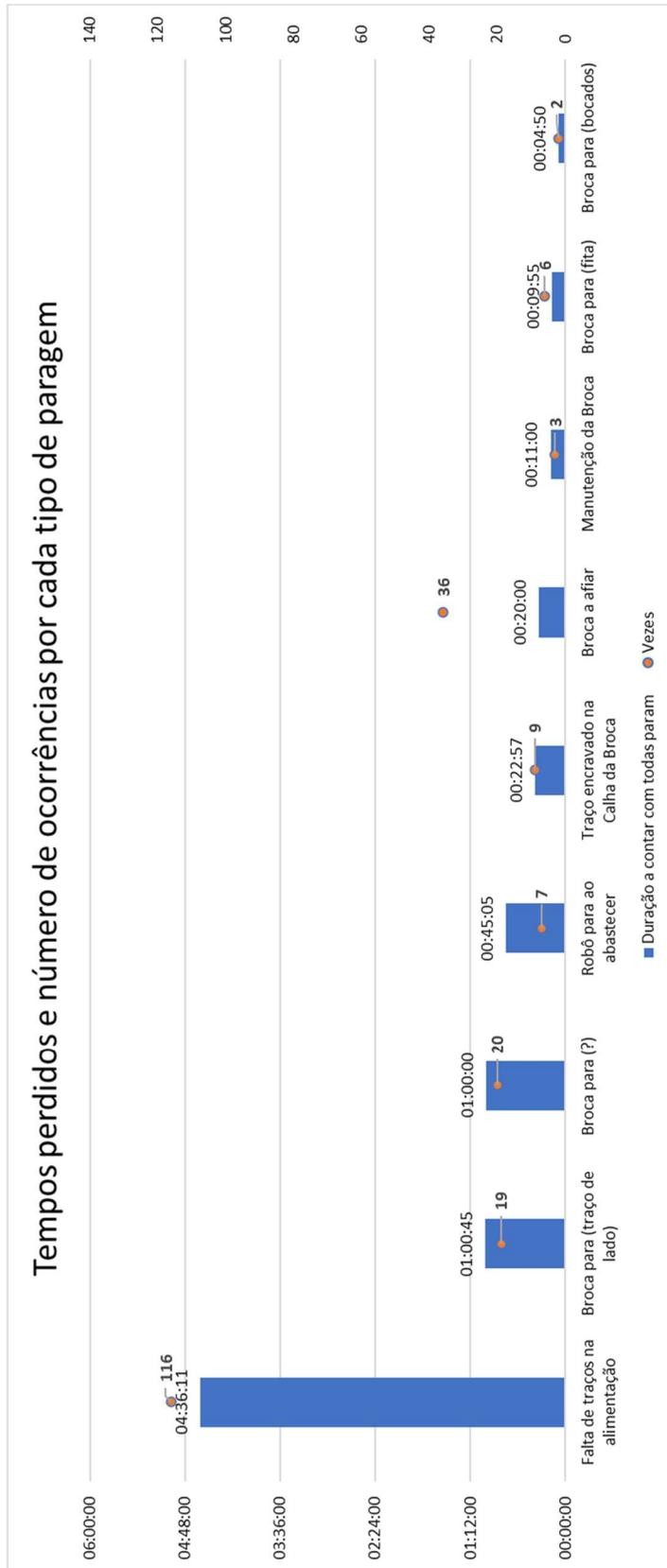


Figura 128 - Tempo perdido e número de ocorrências de cada tipo de paragem na linha 12

ANEXO V – NORMA DA RABANEACÃO

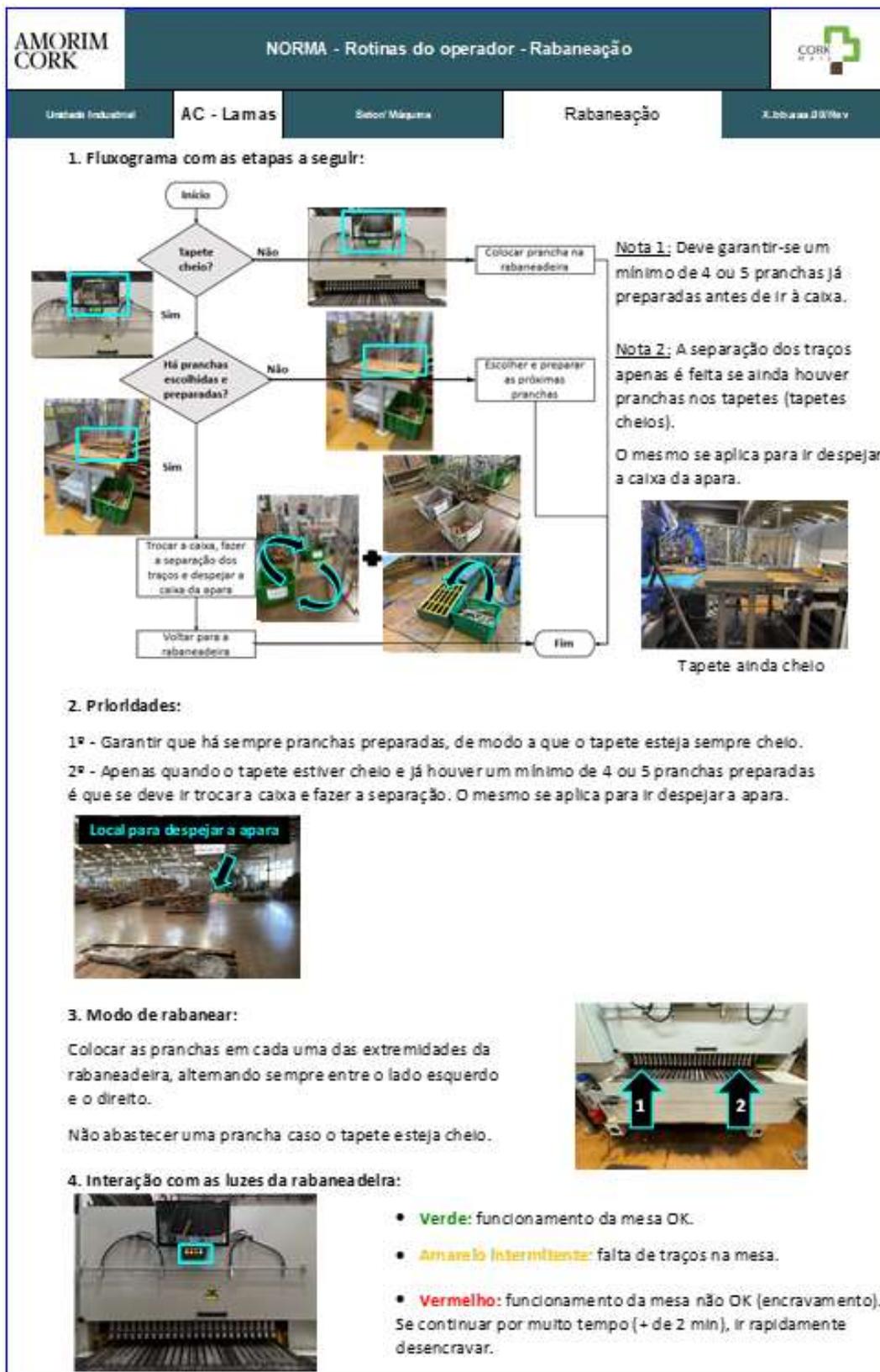
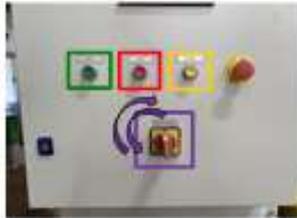


Figura 129 - Norma da Rabaneação (parte 1)

5. Como ligar/desligar a rabaneadeira:



- 5.1. Para parar a rabaneadeira, premir o botão vermelho "Stop".
- 5.2. No caso de ocorrer alguma paragem da rabaneadeira, premir o botão amarelo "Rearme", seguido do verde "Start" para voltar a ligá-la.
- 5.3. Caso isto não resolva o problema, rodar o botão do "Corte geral" para o "0" e voltar para o "1".
- 5.4. Voltar a premir o botão amarelo "Rearme", seguido do verde "Start".

6. Procedimento no caso de prancha encravada:

6.1. No caso de alguma das pranchas encravar, clicar no ecrã para o ativar e premir o botão "Seleção Funcionam."



6.2. Premir o botão "Manual".

6.3. Premir o botão "Recuo Tapete" (1) e retirar a prancha. De seguida, premir o botão "Seleção Funcionam." (2).



6.4. Depois de retirar a prancha, voltar a premir o botão "Automático".

6.5. Premir o botão verde "Start".



7. Tarefas secundárias:

Limpeza da linha no final de cada turno - utilizar o kit de limpeza (vassoura + pá), voltando a colocá-lo nos respetivos locais.

Tempo estimado = 5 minutos (15:30 - 15:35).



Figura 130 - Norma da Rabaneação (parte 2)

ANEXO VI – NORMA DAS BROCAS



NORMA - Rotinas do operador - Brocas



Unidade Industrial

AC - Lamas

Secor Máquinas

Brocas

F. Obras 00/00 v

1. Percurso do operador:



Figura 1

Legenda:

- Verificar o correto funcionamento ou se existe alguma paragem da produção (brocas e mesas).
- Pegar nos traços de caixa e afetar-lhos à mão.
- Ver e estar atento a eventuais paragens e alertas, caso seja necessário. Locais a verificar:
 - Robôs;
 - Canais;
 - Deslinhar;
 - Compensação do colega.
- Movimentações.

2. Prioridades:

- Máxima → **Vermelho** (Robô da mesa)
- Média → **Laranja** (Banco; Canal; Caixa de linha)
- Baixa → **Verde** (Caixa do canal)
- Muito baixa → **Verde claro** (Deslinhar)
- Compensação do outro operador → **Azul claro**

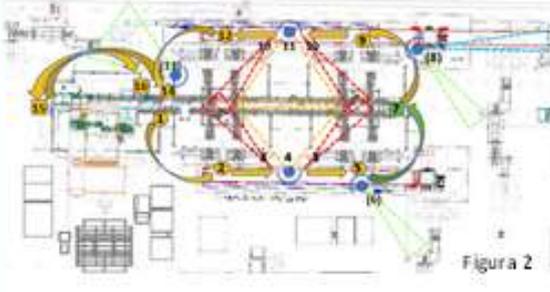


Figura 2

Nota 1: As tarefas assinaladas entre parêntesis não são necessárias em todos os ciclos de verificação.

Nota 2: A figura 2 corresponde ao sentido inverso da figura 1.

Numeração da figura 2:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar se há encravamentos nas mesas; 2. Verificar o correto funcionamento das brocas 1 e 2; 3. Ver se os robôs das brocas estão OK; 4. Ver se há encravamentos nos canais; 5. Verificar o correto funcionamento das brocas 3 e 4; 6. Ver se o deslinhar está OK; 7. Pegar nos traços repetidos da caixa e afetar-lhos à mão; 8. Verificar o correto funcionamento das brocas da linha 13 (compensação do colega) + Ver se o deslinhar está OK; 	<ol style="list-style-type: none"> 9. Verificar o correto funcionamento das brocas 5 e 6; 10. Ver se os robôs das brocas estão OK; 11. Ver se há encravamentos nos canais; 12. Verificar o correto funcionamento das brocas 7 e 8; 13. Ver se o deslinhar está OK; 14. Verificar se há encravamentos nas mesas; 15. Se a caixa dos "Traços OK" estiver cheia, pegar mais; 16. Abandonar estes traços à mão e voltar a colocá-la no local correto;
--	---

Nota 3: Deve verificar-se se as caixas já estão cheias de 5 em 5 minutos (sensivelmente).

3. Interação com as luzes das máquinas:

3.1. Robô das brocas:

- **Verde:** funcionamento OK. 🚦
- **Amarelo intermitente:** falta de traços nos canais (possível encravamento). 🚦
- **Vermelho:** funcionamento não OK. Necessário intervir. 🚦



Figura 131 - Norma das Brocas (parte 1)

189

3.2. Brocas:

- **Verde:** funcionamento OK.
- **Vermelho / Sem luz:** funcionamento não OK. É necessário intervir.



- **Verde e Vermelho Intermitente:** encravamento no canal da broca. É necessário intervir.



Nota: no caso das brocas terem luz verde, verificar, na mesma, o seu correto funcionamento ao longo do percurso.

4. Como rearmar o robô das brocas:

- 4.1. Garantir que a porta está fechada e que o botão de **emergência** não está premido após resolver o encravamento.
- 4.2. Premir o botão **azul**.



5. Como parar/rearmar as brocas:

- 5.1. Para parar as brocas, premir o botão vermelho **"Stop"**.
- 5.2. Garantir que a cúpula está bem fechada e que o botão de **emergência** não está premido.
- 5.3. Premir o botão **"Rearme"** algumas vezes para a luz da broca desligar.
- 5.4. Depois de ter a **luz** desligada, premir o botão verde **"Start"**.
- 5.5. Caso isto não resolva o problema, rodar o botão do **"Corte geral"** para o "0" e voltar para o "1". Rodar o botão de **"Chamada"** e voltar a repetir o processo.

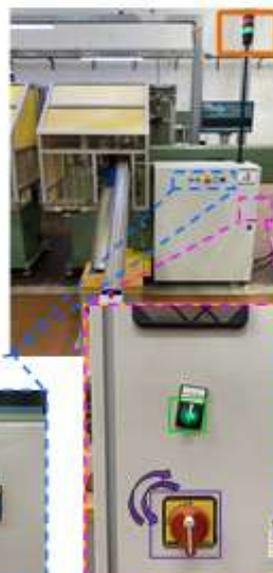


Figura 132 - Norma das Brocas (parte 2)

ANEXO VII – A3 DO PROJETO

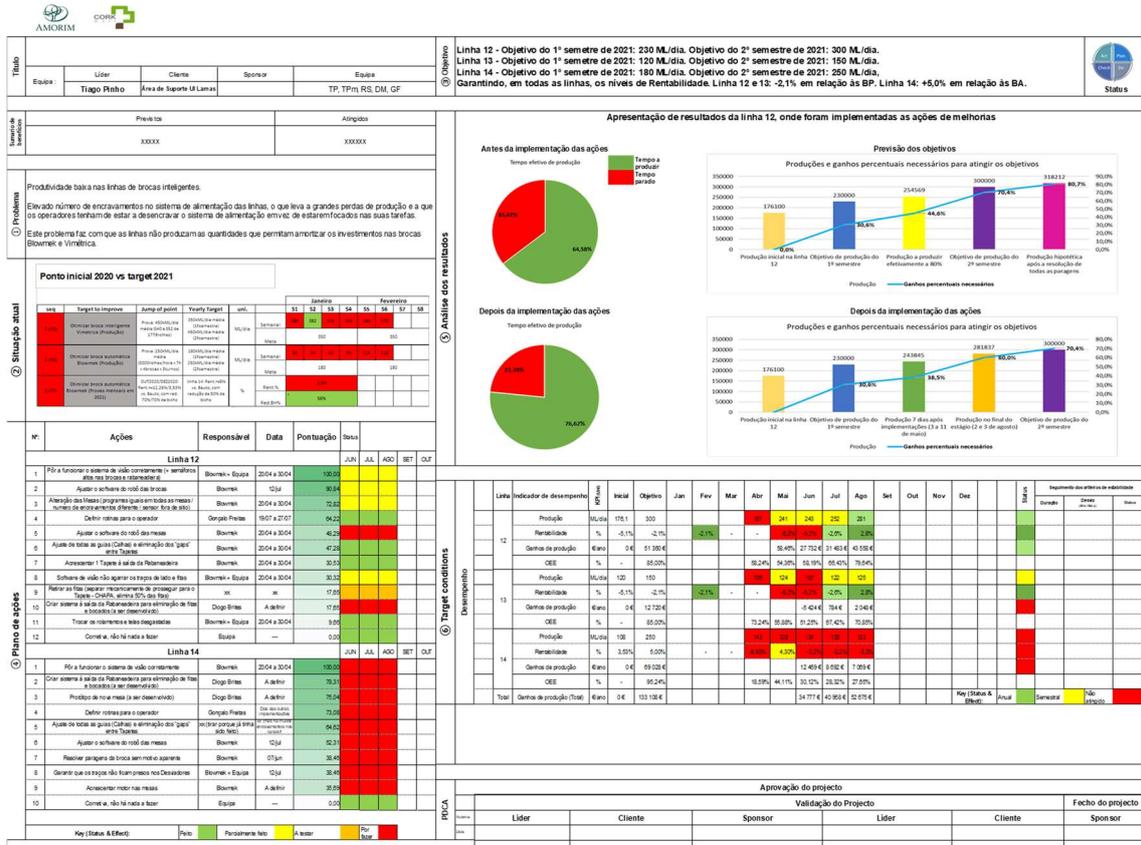


Figura 133 - A3 do projeto visto como um todo

Linha		Indicador de desempenho	KPI (un)	Inicial	Objetivo	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Status	Seguimento dos critérios de estabilidade						
																			Duração	Demora (min/m)	Status				
12	Produção	ML/dia	176,1	300					167	241	243	252	281												
	Reutilização	%	-5,1%	-2,1%		-2,1%			-	-6,2%	-5,2%	-2,6%	2,8%												
	Ganhos de produção	€/ano	0 €	51 360 €							56,46%	27 732 €	31 483 €	43 558 €											
13	OEE	%	-	85,00%					58,24%	54,36%	56,19%	66,43%	79,64%												
	Produção	ML/dia	120	150					106	124	107	122	125												
	Reutilização	%	-5,1%	-2,1%		-2,1%			-	-6,2%	-5,2%	-2,6%	2,8%												
14	Ganhos de produção	€/ano	0 €	12 720 €							-5 424 €	784 €	2 048 €												
	OEE	%	-	85,00%					73,24%	55,88%	51,25%	67,42%	70,85%												
	Produção	ML/dia	108	250					143	120	134	126	123												
Total	Reutilização	%	3,53%	5,00%					-8,50%	4,30%	-3,2%	-3,2%	-3,2%												
	Ganhos de produção	€/ano	0 €	69 028 €							12 469 €	8 692 €	7 069 €												
	OEE	%	-	95,24%					18,59%	44,11%	30,12%	28,32%	27,65%												
Total		Ganhos de produção (Total)	€/ano	133 108 €							34 777 €	40 958 €	52 675 €												
																			Key (Status & Effect):	Annual	Semestral	Não atingido			
⑥ Target conditions																									
Desempenho																									

Figura 134 - Foco no ponto 6 do A3, contendo os indicadores de desempenho

