



Otimização de uma linha de produção - LAMEK

EDUARDO FERNANDO MACHADO RODRIGUES

Julho de 2019

Otimização de uma linha de produção - LAMEK

Eduardo Fernando Machado Rodrigues



Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Rua Dr. António Bernardino de Almeida 431, 4200-072 Porto

Ano Letivo: 2018-2019

Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores -
Área de Especialização de Automação e Sistemas elaborado por:

Eduardo Fernando Machado Rodrigues
1131446@isep.ipp.pt

Orientação científica: Ramiro Barbosa, rsb@isep.ipp.pt

Empresa: IKEA *Industry* Portugal

Supervisão do Departamento de Equipamentos: João Quelha,
joao.quelha@inter.ikea.com

Co-orientação do Departamento de Equipamentos: José Cunha,
jose.cunha@inter.ikea.com

Supervisão do Departamento de Manutenção: Sahara Guimera,
sahara.guimera@inter.ikea.com



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Automação e Sistemas

Ano Letivo: 2018-2019

*“Without change there is no innovation, creativity, or incentive for improvement.
Those who initiate change will have a better opportunity to manage the change
that is inevitable.”*

- William Pollard

Agradecimentos

É admirável o valor que deposito no culminar desta etapa com o término deste projeto. Sem sombra de dúvida que não podia deixar passar a oportunidade de agradecer a todas as pessoas que contribuíram, diretamente ou indiretamente, para a elaboração desta Dissertação. É com enorme agrado que se seguem os meus mais sinceros agradecimentos.

Ao Departamento de Manutenção, especialmente às pessoas com quem tenho mais contacto e a quem tenho de reconhecer todo o apoio e a forma como me integraram na equipa durante toda esta etapa. Revelando o nome das pessoas e passo a citar, o meu muito obrigado à minha chefe de equipa Sahara Guimerá, pelo seu apoio diário, pela paciência, pela persistência. Enfim, por ser quem é e pelo respeito e admiração que tenho. Ao atual chefe do Departamento António Moreira e ao responsável me recebeu Márcio Machado. Obrigado a ambos pela oportunidade de trabalhar neste magnífico departamento. Tem sido uma experiência incrível e agradeço, com a toda a sinceridade, toda a confiança que têm depositado em mim. E a todos os meus colegas de departamento que, de certa forma, motivaram-me inevitavelmente pelo simples apoio diário que me deram.

Ao Departamento de Engenharia Industrial. O meu mais sincero obrigado por todo o apoio por parte do responsável do Departamento, Eng.º José Cunha, e do meu orientador na empresa, Eng.º João Quelha. Foram incansáveis em todo o meu percurso na empresa e no meu desenvolvimento pessoal. O mesmo se aplica ao meu grande colega Paulo Pereira, por me ter incutido esta experiência e pela forma como conseguiu a oportunidade de trabalhar nesta grande empresa. Tem sido extraordinário pela forma como se preocupa comigo e como tem garantido o meu desenvolvimento pessoal com o seu suporte diário.

Ao Departamento de Processos, em especial, ao Luís Nunes. Como responsável e líder deste projeto e pela forma como contribuiu para o meu desenvolvimento nesta empresa. Tem sido uma luta diária para conseguir responder a todas as frentes e, com a conseqüente inovação da empresa, o Luís tem apostado seriamente em mim

para liderar outros projetos de automação e otimização. O meu muito obrigado pela oportunidade e pela confiança.

A todos os colaboradores da linha LAMEK, pela participação, colaboração, carinho e respeito, sem eles não era possível realizar o projeto. Obrigado pela paciência e pela iniciativa quando demos de caras com momentos menos bons e pela forma como conseguimos dar a volta a todas as adversidades.

Ao meu orientador Eng.º Ramiro Barbosa pela paciência e por acreditado em mim. Obrigado também pela persistência e motivação que me transmitiu ao longo de toda esta etapa.

Aos meus amigos e grandes colegas pela constante motivação, pelo seu tempo, pela paciência, por todo o seu apoio e por não me terem deixado sem rumo quando realmente precisei deles. Fernando, Adriana, Cristiano e Barros, este obrigado é para vocês.

Aos meus pais e ao meu irmão pelo esforço que sempre fizeram ao proporcionar todas as condições necessárias para o meu desenvolvimento pessoal e profissional. Aquilo que sou hoje é sem dúvida graças a vocês.

Vera, achavas que me ia esquecer de ti? Sem dúvida alguma que tens sido um apoio incondicional. Se há alguém que merece toda a minha gratidão és tu. Obrigado por tudo.

Resumo

Hoje em dia, devido à conseqüente recessão do mercado e com o aumento da exigência dos clientes, as empresas precisam de se adaptar e de apostar na melhoria dos seus processos, de forma a conseguirem obter produtos de qualidade utilizando o menor custo de produção possível. Motivada em aumentar a sua produtividade e com o intuito de adaptar determinadas linhas de produção em que os processos ainda são manuais, a IKEA (Ingvar Kamprad Elmtaryd Agunnaryd) *Industry* Portugal, mais especificamente o departamento de Manutenção em conjunto com o departamento de Engenharia Industrial e o departamento de Processos, achou relevante fazer um estudo de tempos e métodos numa área piloto. O grande objetivo deste estudo resume-se à determinação dos possíveis ganhos com o aumento de *output* perante a automação de determinadas operações numa linha de produção específica, a LA-MEK. Atendendo a esta necessidade, fez-se uma análise dos principais problemas que prejudicavam a disponibilidade da máquina e a sua produtividade. Com ênfase nestes fatores, fez-se uma reestruturação de certos aspetos que afetavam a eficiência, convergindo-se para a automação de alguma(s) operação(ões) com o propósito de se conseguir uma melhoria significativa do *output* da linha com o menor custo possível.

Em suma, esta dissertação traduz todo o trabalho desenvolvido junto da IKEA *Industry* Portugal com a finalidade de aumentar a eficiência da LAMEK.

Palavras-Chave

Automação, estudo de tempos e métodos, eficiência, *output*.

Abstract

Nowadays, due to the consequent market recession and the increase in demand of customers, organizations need to adapt themselves and seek for processes improvement, in order to obtain the best quality products using the lowest possible production cost. Motivated to increase their productivity and with the purpose of adapting certain production lines which the processes still manual, IKEA (Ingvar Kamprad Elmtaryd Agunnaryd) Industry Portugal, specifically the Maintenance department with Industrial Engineering department and Processes department, considered relevant to make a motion and time study in an experimental area. The main goal of this study is to determine the possible gains with the output increase due to the automation of certain operations on a specific production line - LAMEK. Regarding to this need, was objective to analyze which were the main problems that affected the disponibility and productivity of the machine. With emphasis on this factor, was made a line restructuring of some aspects that affected the efficiency, converging to the automation of some operation(s) in order to achieve an output improvement of the line with the smallest possible cost.

In conclusion, this dissertation reflects all the work developed with IKEA Industry Portugal in order to increase the LAMEK efficiency.

Keywords

Automation, motion and time study, efficiency, output.

Conteúdo

Agradecimentos	v
Conteúdo	xi
Lista de Figuras	xv
Lista de Tabelas	xxi
Glossário	xxiii
1 Introdução	1
1.1 Contextualização	2
1.2 Objetivos	2
1.3 Plano de Trabalho	3
1.4 Estrutura da dissertação	3
2 Descrição da empresa	7
2.1 Nota Histórica	7
2.2 IKEA <i>Industry</i> Portugal	9
2.3 <i>Board on Frame</i> - BOF	10
2.3.1 Indicadores de desempenho	11
2.3.2 Produtos <i>Foil</i>	11
2.3.3 Gama de produtos <i>Foil</i>	12
2.3.4 <i>Layout</i> geral da <i>Foil</i>	13
2.3.4.1 <i>Cutting</i>	15
2.3.4.2 <i>BOS</i>	15
2.3.4.3 <i>Complete Line</i>	15
2.3.4.4 <i>Edgeband&Drill</i>	15
2.3.4.5 <i>Packing</i>	15
2.3.4.6 <i>Warehouse</i>	16
2.3.5 Fluxo de materiais na secção <i>Foil</i>	16

3	Estudo de tempos e métodos	19
3.1	Estudo dos métodos	19
3.1.1	Etapas necessárias para efetuar o estudo dos métodos de trabalho	20
3.1.2	Gráficos de atividade	21
3.2	Estudo dos tempos	23
3.2.1	Métodos de medida de trabalho	23
3.2.2	Estudo de tempos por cronometragem	25
4	Levantamento do problema	27
4.1	Princípio de funcionamento da linha de produção	27
4.2	Estudo de tempos da linha de produção	36
4.2.1	Análise por conometragem	36
4.2.2	Considerações sobre a disponibilidade da máquina que afetam a eficiência	41
5	Otimização e automação da linha	51
5.1	Correção do problema e automação do sistema	51
5.1.1	Clarificação do <i>hardware</i> da linha	52
5.1.2	Indexador de material na Posição 7	55
5.1.3	Curso de translação do robô da Posição 36	58
5.1.4	Separador de HDF na Posição 32	61
5.1.5	Problemas de qualidade na Posição 21	64
5.1.6	Problemas para ajustes das ripas na Posição 43	65
5.2	Alterações no controlo do sistema	67
5.2.1	Integração do indexador com pré-referenciação na Posição 7	67
5.2.2	Ajuste no ponto de admissão de HDF Posição 36	70
5.2.3	Integração da condição de redução de velocidade na Posição 20	72
5.2.4	Integração da deteção de ripas tortas na Posição 43	74
6	Discussão das melhorias impostas ao sistema e Desenvolvimentos Futuros	81
6.1	Reflexão sobre os tempos de ciclo da linha e o resultado da produtividade	81
6.2	Reflexão sobre a disponibilidade da máquina	84
6.3	Conclusão	88
6.4	Desenvolvimentos Futuros	89
6.4.1	Análise dos equipamentos descontinuados	89
6.4.2	Reformulação dos novos NPC para cada produto	91
6.4.3	Desgaste da máquina	91

Bibliografia	93
A Fluxo de materiais <i>Foil</i>	99
B Exemplos de gráficos de atividade	101
C Gráfico de Duas-Mãos com o uso de <i>Therbligs</i>	109
D Tabela de distribuição normal	115
E Análise dos motivos de paragem entre a semana 40 e 49 de 2018	117
F <i>Check list</i> realizada para o estudo da linha de produção	121
G Clarificação de equipamentos	127
G.1 Unidade de controlo	128
G.2 Repetidores	128
G.3 Módulos de entradas e saídas	132
H Alterações no esquema elétrico	135
I Excertos do programa referente às alterações impostas ao sistema na Posição 7	143
J Configurações de <i>hardware</i> e do variador de frequência	147
K Análise dos motivos de paragem entre a semana 6 e 17 de 2019	153
L Informação referente às melhorias futuras	157
M Registo dos NPC atuais da linha	165

Lista de Figuras

1.1	Plano de trabalho definido para a elaboração do relatório.	4
1.2	Plano de trabalho definido para a a componente de estudo, intervenção e reflexão de resultados.	5
2.1	Alguns dos produtos retalhados por Ingvar disponíveis no museu da IKEA em Älmhult.	8
2.2	Evolução do logótipo com o decorrer dos anos [2].	8
2.3	IKEA <i>Industry</i> Portugal [5]	9
2.4	Organização da unidade fabril.	10
2.5	Interior de um produto <i>Foil</i> classificado como “sucata”.	12
2.6	Alguns dos produtos disponíveis nas lojas IKEA produzidos na <i>Foil</i>	13
2.7	<i>Layout</i> da linha de produção <i>Foil</i>	14
2.8	Simbologia utilizado na descrição de um processo [6].	16
2.9	Símbolo criado como meio de representação da operação <i>Rework</i>	17
4.1	<i>Layout</i> da linha de produção LAMEK.	28
4.2	Sistema de separação de HDF na Posição 3.	29
4.3	Régua analógica para o controlo de separação de HDF na Posição 3.	30
4.4	Mesa elevatória da Posição 41 e o respetivo empurrador de ripas Posição 42.	30
4.5	Sistema de transporte de ripas da Posição 43.	31
4.6	Ripas na zona de espera na Posição 43 enquanto aguarda o ciclo da Posição 8.	32
4.7	Produto na saída da Posição 7, depois de serem aplicadas as ripas.	33
4.8	Aplicação de cartão “favo de mel” no produto.	34
4.9	Produto depois de cortado o cartão “favo de mel” na Posição 27.	34
4.10	Produto na transição entre a Posição 13 e a Posição 20.	35
4.11	Produtos no processo de compressão na prensa da Posição 24b.	35
4.12	<i>Layout</i> da linha dividido em sub-tarefas.	37

4.13	Gráfico que relaciona o volume de produção para cada produto entre a semana 35 e 49 de 2018.	39
4.14	Análise dos KPI da linha de produção entre a semana 35 e 49 do ano de 2018.	42
4.15	Análise de dados através da ferramenta QlikView para a linha LAMEK no ano de 2018.	43
4.16	Análise gráfica dos minutos de paragem na semana 35 de 2018 com o correspondente motivo.	44
4.17	Análise gráfica dos minutos de paragem no mês de setembro de 2018 com o correspondente motivo.	45
4.18	Análise gráfica dos minutos de paragem para os motivos selecionados.	46
4.19	Análise gráfica dos minutos de paragem para problemas com maior peso.	48
5.1	Esquema da rede Profinet.	52
5.2	Esquema da rede Profibus no quadro 51 - quadro principal.	53
5.3	Esquema da rede Profibus no quadro 50.	54
5.4	Esquema da rede Profibus no quadro 52.	55
5.5	Sistema inicial de indexação de HDF na Posição 7.	56
5.6	Sistema atual de indexação de HDF na Posição 7.	56
5.7	Sistema atual de indexação de HDF na Posição 7.	57
5.8	Componente mecânica que sustenta o perfil do indexador na Posição 7.	58
5.9	Fluxo de HDF entre a Posição 32 e 36 até ser aplicado na Posição 13.	59
5.10	Deslocação do tapete da Posição 31 para encurtar o curso da Posição 36.	60
5.11	Comparação do fluxo de HDF entre a Posição 33 e a Posição 35 entre o atual e o pretendido.	60
5.12	Sistema atual de separação de HDF na Posição 32.	62
5.13	Separador de HDF da Posição 32 remodelado.	63
5.14	Sensor de abrandamento e de paragem na Posição 20 (sensor de abrandamento - à esquerda da figura; sensor de paragem - à direita da figura).	64
5.16	Comparação da separação de ripas com a situação atual face ao pretendido.	65
5.17	Sensores de deteção de ripas da Posição 43.	66
5.18	Fluxograma sobre o funcionamento de referenciação do indexador da Posição 7.	68
5.19	Fluxograma de uma porção do programa que retrata o funcionamento dos cilindros do indexador.	69
5.20	Porção do programa relacionada com a atuação dos cilindros do indexador.	70
5.21	Dimensionamento da cota de pega de material pela Posição 36.	71

5.22	Menu de criação/edição de receitas.	72
5.23	Porção do programa relacionada com a redução da velocidade quando é detetado material.	73
5.24	Aplicação do fator de redução à velocidade do tapete da Posição 20.	73
5.25	Fluxograma de uma porção do programa que retrata a redução de velocidade do tapete da Posição 20.	74
5.26	Porção do fluxograma de uma parte do programa que retrata a permissão de o robô da Posição 8 para pegar nas ripas.	76
5.27	Porção do fluxograma correspondente à deteção das ripas na posição 1 e na posição 2.	77
5.28	Porção do fluxograma correspondente à deteção das ripas na posição 3.	78
5.29	Porção do fluxograma correspondente às condições de indexação e dos batentes.	79
5.30	Parte do programa que retrata a permissão de o robô da Posição 8 para pegar nas ripas.	80
6.1	Análise dos KPI da linha de produção entre a semana 2 e 17 do ano de 2019.	84
6.2	Análise gráfica dos minutos de paragem entre a semana 2 e 5 de 2019 com o correspondente motivo.	86
6.3	Análise do tempo perdido em ajustes/afinações e micro-paragens antes da otimização da linha.	87
6.4	Análise do tempo perdido em ajustes/afinações e micro-paragens após a otimização da linha.	87
A.1	Diagrama de processo do fluxo <i>Foil</i>	100
B.1	Exemplo de um gráfico de Homem-Máquina [8].	102
B.2	Exemplo de um gráfico de atividades múltiplas [9].	103
B.3	Acessórios utilizados na operação resumida pelo gráfico de Duas-Mãos [8].	104
B.4	Exemplo de um gráfico de Duas-Mãos [8].	105
C.1	Exemplos de movimentos/operações e a sua designação como elemento básico de movimento [8].	110
C.2	Correspondência dos símbolos e código de cores utilizado para distinguir as diferentes <i>Therbligs</i> [8].	111
C.3	Exemplo de uma folha de análise para a operação de inserção de três anilhas num parafuso [8].	112
C.4	Gráfico desenvolvido para o exemplo de uma operação de inserção de três anilhas num parafuso [8].	113

D.1	Análise à tabela da distribuição normal para determinar o valor de “Z” para o grau de confiança pretendido.	115
E.1	Análise gráfica dos minutos de paragem no mês de outubro de 2018 com o correspondente motivo.	117
E.2	Análise gráfica dos minutos de paragem no mês de novembro de 2018 com o correspondente motivo.	119
E.3	Análise gráfica dos minutos de paragem na semana 49 de 2018 com o correspondente motivo.	120
G.1	SIMATIC S7-300 CPU317F-2 PN/DP [19].	128
G.2	Repetidores instalados na linha em estudo [20][21].	129
G.3	Ativação da resitência de fim de linha nos repetidores RS-485 [20].	129
G.4	Ativação da resitência de fim de linha nos repetidores RS-485 [20].	130
G.5	Rede PROFIBUS com a utilização de repetidores PROFIBUS CU/CU [21].	131
G.6	Exemplos de utilização do equipamento ET200S [22].	133
G.7	Exemplos de utilização do equipamento ET200 Eco [23].	134
H.1	Formato do conector em Y para adicionar a entrada e a saída no mesmo <i>input</i> da ET200 Eco [24].	135
H.2	<i>Multiplex</i> do sinal para usufruir das funcionalidades da ET200 Eco [24].	136
H.3	Descrição dos componentes do esquema elétrico.	137
H.4	Representação no esquema as ligações do encoder do indexador na Posição 7.	138
H.5	Representação no esquema as ligações do motor e do variador do indexador na Posição 7.	139
H.6	Representação no esquema as ligações do sensor de abrandamento da Posição 20.	140
H.7	Representação no esquema as ligações dos sensores de deteção de ripas da Posição 43.	141
I.1	Porção do programa referente ao <i>setup</i> da máquina.	144
I.2	<i>Set</i> da memória quando todos os atuadores estão no ponto máximo.	145
I.3	Verificação da posição do <i>encoder</i> para que não permita a sua deslocação quando atinge o ponto máximo - 1000 mm (se a cota do <i>encoder</i> for superior a 1000 mm, a memória de deslocação para a frente é colocada a nível lógico baixo).	145
I.4	Ponto de referência e o valor de compensação do indexador da Posição 7.	146
J.1	Configuração do HW Config do projeto com a adição do <i>encoder</i> do indexador.	148

J.2	Função principal do controlo do indexador.	149
J.3	Conversão do valor de leitura do <i>encoder</i> para mm.	150
J.4	Modo de configuração do variador de frequência G110 no programa STARTER.	150
J.5	Configuração da frequência do variador para movimentos manuais. .	151
J.6	Configuração da frequência do variador para movimentos de referen- ciação.	151
J.7	Configuração das entradas do variador para permitir a variação do sentido de rotação e de velocidade de trabalho.	152
K.1	Análise gráfica dos minutos de paragem entre a semana 6 e 9 de 2019 com o correspondente motivo.	153
K.2	Análise gráfica dos minutos de paragem entre a semana 10 e 13 de 2019 com o correspondente motivo.	155
K.3	Análise gráfica dos minutos de paragem entre a semana 14 e 17 de 2019 com o correspondente motivo.	155
L.1	Resposta aos artigos que se encontram descontinuados ou em vias de descontinuação.	158
L.2	<i>Stock</i> atual dos dois modelos descontinuados instalados na linha. . . .	159
L.3	Orçamento para a troca de uma carta de controlo ICU24F.	160
L.4	Variadores de frequência embebidos com o módulo de interface e con- trolo ET200S [17].	161
L.5	Resposta ao modelo destinado para a troca dos variadores de frequên- cia IPM25.	162
L.6	Orçamento para o variador de frequência G120C de 0,75 kW.	163
L.7	Orçamento para o variador de frequência G120C de 2,2 kW.	164
L.8	Interligação dos diferentes equipamentos com o variador de frequência G120 [18].	164
M.1	NPC atualmente definidos para cada produto.	165

Lista de Tabelas

4.1	Volume de produção para cada produto entre a semana 35 e 49 de 2018.	38
4.2	Cronometragem dos tempos de execução de cada tarefa.	40
4.3	Valores médios de cronometragem, desvio padrão e o número mínimo de amostras para cada tarefa.	41
4.4	Motivos de paragem na semana 35 de 2018 com o correspondente peso em minutos.	44
4.5	Motivos de paragem no mês de setembro de 2018 com o correspondente peso em minutos.	45
4.6	Seleção dos motivos de paragem com o correspondente peso em minutos.	46
4.7	Notas de paragem dos operadores com maior peso com o correspondente peso em minutos.	48
6.1	Cronometragem dos tempos de execução de cada tarefa após as alterações na linha.	82
6.2	Valor médio das amostras realizadas para os tempos de execução de cada tarefa após as alterações na linha.	82
6.3	Motivos de paragem entre a semana 2 e 5 de 2019 com o correspondente peso em minutos.	85
6.4	Notas de paragem dos operadores para ajustes e afinações entre a semana 35 e 49 de 2018.	86
6.5	Notas de paragem dos operadores para ajustes e afinações entre a semana 2 e 17 de 2019.	88
E.1	Motivos de paragem no mês de outubro de 2018 com o correspondente peso em minutos.	118
E.2	Motivos de paragem no mês de novembro de 2018 com o correspondente peso em minutos.	118

E.3	Motivos de paragem na semana 49 de 2018 com o correspondente peso em minutos.	119
K.1	Motivos de paragem entre a semana 6 e 9 de 2019 com o correspondente peso em minutos.	154
K.2	Motivos de paragem entre a semana 10 e 13 de 2019 com o correspondente peso em minutos.	156
K.3	Motivos de paragem entre a semana 14 e 17 de 2019 com o correspondente peso em minutos.	156

Glossário

Abreviatura	Descrição	Definição
A	<i>Assemble</i>	página 22
AD	<i>Avoidable Delay</i>	página 22
AF	<i>Fator de Concessão</i>	página 26
BOF	<i>Board On Frame</i>	página 2
BOS	<i>Board On Stripes</i>	página 13
CPU	<i>Central Processing Unit</i>	página 127
CT	Tempo de Ciclo	página 26
CU	<i>Han Brid socket connection</i>	página 128
DA	<i>Disassemble</i>	página 22
DP	<i>Decentralized Peripherals</i>	página 127
G	<i>Grasp</i>	página 22
H	<i>Hold</i>	página 22
HDF	<i>High Desity Fiber</i>	página 12
I	<i>Inspect</i>	página 22
IKEA	<i>Ingvar Kamprad Elmtaryd Agunnaryd</i>	página vii
KPI	<i>Key Performance Indicators</i>	página 11
L&P	<i>Laquer&Print</i>	página 10
MDF	<i>Medium Desity Fiber</i>	página 12
MPI	<i>Multi-Point Interface</i>	página 127
NPC	<i>Number of Pieces per Cycle</i>	página 40
NT	Tempo Normal	página 26
P	<i>Position</i>	página 22
PFF	<i>Pigment Furniture Factory</i>	página 10
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i>	página 127
Pn	<i>Plan</i>	página 22
PN	<i>Profinet</i>	página 127
PP	<i>Pre-Position</i>	página 22
PR	Fator de Ritmo	página 26
R	<i>Rest for overcoming fatigue</i>	página 22
RL	<i>Release</i>	página 22
Sh	<i>Search</i>	página 22

Abreviatura	Descrição	Definição
SI	<i>Select</i>	página 22
TE	<i>Transport Empty</i>	página 22
TL	<i>Transport Loaded</i>	página 22
U	<i>Use</i>	página 22
UD	<i>Unavoidable Delay</i>	página 22

Capítulo 1

Introdução

Nas últimas décadas tem-se observado várias mudanças significativas em relação ao modo como as empresas manufaturam os seus produtos. Os mercados, hoje em dia, exigem inovação a nível de produtos, serviços, processos de produção, redução de prazos de entrega dos produtos e custos. Tendo isto em conta, as empresas procuram o aumento da produtividade, melhoria da qualidade do produto e uma elevada capacidade de resposta face às novas tendências.

As necessidades de mercado mudam frequentemente e a evolução tecnológica origina a rápida obsolescência dos produtos face à tendência. Por outro lado, a capacidade de uma empresa disponibilizar uma grande variedade de produtos possibilita ao cliente fundamentar a sua escolha em função das suas necessidades. Deste modo as empresas, para evitar o risco de perda de competitividade, procuram responder às solicitações dos clientes, melhorando a sua flexibilidade e qualidade de produção. Para tal, é fundamental o estudo contínuo e o desenvolvimento de sistemas de produção com capacidades de autonomia e flexibilidade, que possibilitem atingir as necessidades enunciadas anteriormente.

Atendendo a esta filosofia, a empresa multinacional sueca, *IKEA Industry Portugal*, procura continuamente novas soluções e admite um estudo contínuo de métodos para otimizar os processos das suas linhas de produção. Tem-se tornado mais competitiva devido à melhoria da sua capacidade de resposta e à relação de preço/qualidade dos seus produtos. Considerando estes fatores, a presente Dissertação retrata um estudo sobre a linha de produção LAMEK, por forma a melhorar a sua eficiência, flexibilidade e ergonomia face ao seu modelo anterior e a outros sistemas idênticos presentes na empresa. Neste capítulo segue-se a contextualização do problema como estudo para a Dissertação, descrevem-se os principais objetivos a atingir, a calendarização do projeto e, por fim, é descrita a estrutura deste relatório.

1.1 Contextualização

A presente Dissertação surgiu de uma proposta do Departamento de Equipamentos em conjunto com o Departamento de Manutenção e de Processos no fluxo de produção *Board On Frame* (BOF), onde se encontra associada a Linha LAMEK. Trata-se de uma linha com influência no processo produtivo de uma determinada gama de produtos e, face ao elevado número de pedidos pelas lojas IKEA, a empresa sentiu a necessidade de aumentar a sua eficiência. A linha apresentava um *layout* que desfavorecia a cadência dos produtos, executando movimentos que, de certa forma, eram desnecessários e que resultavam num elevado tempo de espera.

Contudo, antes de serem feitas alterações ao sistema, requere-se um estudo prévio da cadência de trabalho, *i.e.*, um estudo dos tempos de cada ação que era executada na linha de forma a perceber quais eram os desperdícios de tempo e onde se encontrava o *bottleneck*. Consequentemente, terminado o processo descrito anteriormente e determinados todos os problemas que influenciavam a eficiência, procurou-se definir um termo de comparação com um sistema com o mesmo princípio de funcionamento e que contava com uma cadência muito superior à linha a ser examinada. Este fator serviu como uma mais valia para o estudo e resolução do problema apresentado.

1.2 Objetivos

O principal objetivo deste projeto coincide com a realização de um estudo de tempos e métodos da linha de produção LAMEK, de modo a perceber-se de forma clara os possíveis ganhos que se poderiam alcançar relativamente à produtividade. Com todo este estudo, tem-se como principal foco a possível reformulação do *layout* da linha e/ou a automação de determinados processos que se manifestam na diminuição do *output*. Com este seguimento, também se pretende diminuir o número de paragens decorrentes com a necessidade de se fazer ajustes constantes em determinadas posições da máquina perante o seu estado atual e que, consequentemente, afetam a sua disponibilidade. Um outro fator que se encontra ao cuidado do departamento de processos da empresa e que está implícito no estudo de métodos é a laboração dos operadores em segurança. Devido à constante necessidade de se realizar ajustes na máquina, os operadores colocam-se numa posição que contradiz os padrões de segurança definidos pelo IKEA. Desta forma, pretende-se perceber os motivos que originam a impossibilidade de os operadores operarem em segurança e como se pode colmatar esses problemas.

Por fim, as necessidades de mercado resultam na evolução tecnológica e que origina a obsolescência dos equipamentos. A linha em estudo encontra-se instalada na empresa há 10 anos e, naturalmente, o *hardware* acaba por entrar em fase de rutura. Desta forma, o departamento de Manutenção em conjunto com o departamento de Engenharia Industrial pretende determinar quais são os equipamentos que

se encontram em fase de rutura e procurar novas soluções no mercado, com vista a rentabilizar o *stock* de equipamentos em armazém.

1.3 Plano de Trabalho

Com o objetivo de se obter uma melhor organização na elaboração desta dissertação definiu-se um plano de trabalho. Este plano encontra-se organizado por fases para permitir elaborar todos os processos com maior fiabilidade. Para além do mais, dentro de cada fase tem-se os vários processos datados como meio de segurança para concluir tudo antes do término das datas limites de entrega. Desta forma, em continuação ao que foi referido, segue-se um plano para a elaboração da componente escrita da dissertação na Figura 1.1 e um plano para a componente de estudo e desenvolvimento do trabalho pretendido na Figura 1.2.

1.4 Estrutura da dissertação

Nesta secção apresenta-se a forma como esta dissertação está estruturada.

O capítulo 1 é destinado à introdução da dissertação, pretendendo enquadrar a temática de todo o trabalho desenvolvido e fazendo referência aos objetivos e ações que foram desenvolvidas ao longo de todo o estágio na IKEA, bem como à sua respetiva calendarização.

No seguinte capítulo, o 2º, é apresentada a IKEA *Industry* Portugal, bem como a sua estrutura, fluxo de produtos e modos de funcionamento.

No terceiro capítulo é feita uma introdução à temática do estudo de métodos e tempos na indústria. Este estudo foi extremamente importante para se identificar qual o *bottleneck* na linha e, assim, se poder definir quais as melhores tarefas a automatizar e, se necessário, quais são as reformulações a serem feitas a nível de disposição das máquinas.

O quarto capítulo é referente ao levantamento do problema. É neste capítulo que se esclarece o funcionamento atual da linha em observação, se realizam os estudos de tempos e se identificam os problemas que afetam a sua disponibilidade.

No capítulo 5 é exposto, de forma clara, todo o processo que envolve as ações de melhoria do sistema, com o intuito de o otimizar.

O sexto e último capítulo é reservado à análise do estado da linha tanto a nível de padrões de produtividade como disponibilidade após as alterações que foram realizadas. De seguida, são expostas algumas considerações e conclusões finais do trabalho, bem como a apresentação de propostas de possíveis melhorias futuras.

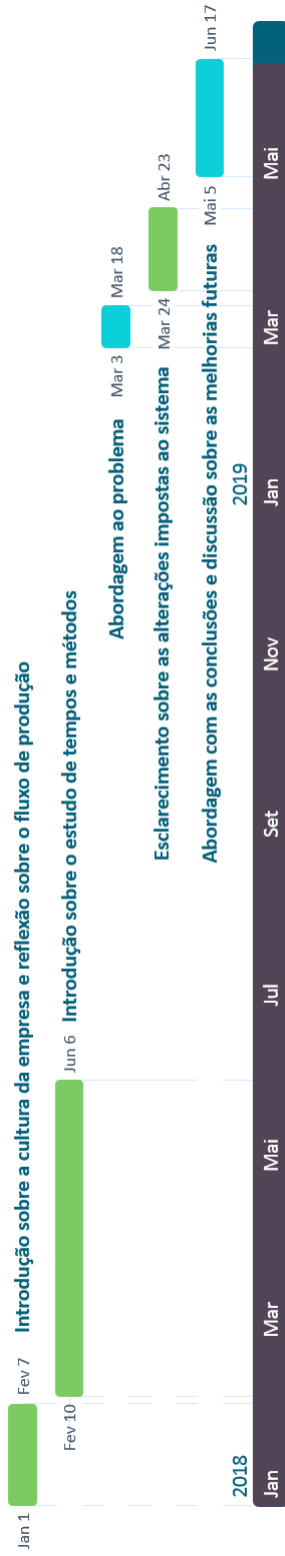


Figura 1.1: Plano de trabalho definido para a elaboração do relatório.

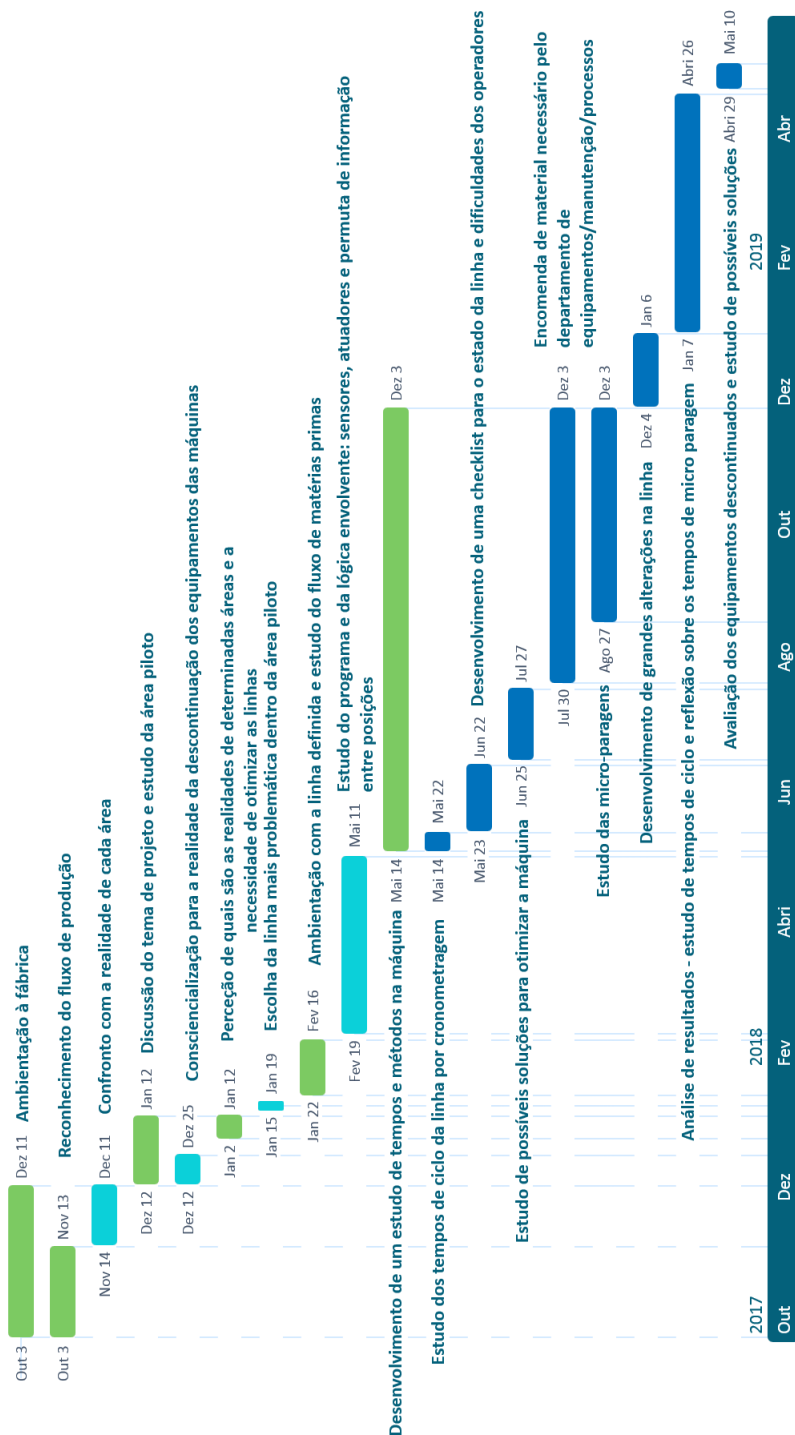


Figura 1.2: Plano de trabalho definido para a a componente de estudo, intervenção e reflexão de resultados.

Capítulo 2

Descrição da empresa

Neste capítulo segue-se uma apresentação e descrição histórica do grupo IKEA. No entanto, o principal foco insere-se na logística da IKEA Industry Portugal: a sua origem, o grupo onde está inserida, a sua filosofia e o valor que esta empresa cria. Consequentemente, é neste capítulo que se evidencia as diferentes linhas de produção existentes na empresa com o objetivo de localizar a máquina onde será feita a otimização e o seu princípio de funcionamento.

2.1 Nota Histórica

Com o intuito de dar a conhecer a história que está por de trás do aparecimento da multinacional IKEA, nesta secção encontra-se uma pequena nota histórica que detalha a vida do seu fundador e alguns aspetos que impulsionaram a criação da empresa.

Ingvar Kamprad nasceu a 1926, numa quinta chamada Elmtaryd e que se insere na pequena localidade de Agunnaryd, na Suécia. Proveniente de uma família com poucos recursos, Ingvar teve a necessidade de encontrar algum meio para ajudar a sua família. Aos cinco anos, Kamprad começou por vender caixas de fósforos na sua vizinhança. Ele comprava grandes volumes de caixas de fósforos e vendia às pessoas à unidade a um baixo custo, conseguindo ainda assim ter uma pequena margem de lucro. Com isto, percebeu desde muito cedo que o preço era um importante fator para o sucesso comercial. Mais tarde, com o dinheiro que juntou até então, acabou por comprar uma bicicleta e alargar a sua área de venda [1]. Com o feito que teve com a venda de caixas de fósforos, passou a ser retalhista de outros produtos como sementes, postais e decorações para árvores de natal. Posteriormente, adicionou ao seu leque de retalhos outros produtos tais como canetas, estojos, relógios e outros artigos para uso diário. Na Figura 2.1 encontram-se representados alguns dos produtos disponíveis no

museu IKEA, que foram retalhados por Ingvar antes de ter avançado para o conceito de decoração.



Figura 2.1: Alguns dos produtos retalhados por Ingvar disponíveis no museu da IKEA em Älmhult.

Depois de expandir o seu volume de vendas, com o dinheiro que o pai lhe deu por terminar o secundário, Ingvar criou a sua marca para patentear os produtos que vendia. O nome surge da combinação das suas iniciais e com referência ao local onde nasceu, IKEA: o IK - estão relacionados com o seu primeiro e último nome, E - com a quinta Elmtaryd e A - com a localidade Agunnaryd. Na Figura 2.2 encontra-se um cronograma da respetiva evolução do logótipo da marca IKEA.



Figura 2.2: Evolução do logótipo com o decorrer dos anos [2].

Com o crescimento do negócio, Ingvar acabou por estender a sua marca para uma gama de produtos de decoração, que fossem acessíveis à maioria das pessoas [2]. Tinha como objetivo promover a qualidade, *design* e valor de todos os seus produtos com o menor custo possível. Tratava-se de um conceito que se aplicava a todos os grupos associados à empresa: *design*, produção, fornecedores e distribuição. Atualmente a empresa mantém esta filosofia de negócio, afirmando que o seu objetivo é "Criar um melhor dia-a-dia para a maioria das pessoas." [3]. Também é importante referir que a empresa tem sempre em mente a sustentabilidade de todos os recursos que utiliza. Existem penalizações para qualquer um dos envolventes caso a cultura de sustentabilidade, relação entre pessoas, comunidade, segurança e ambiente não

esteja a ser devidamente cumprida.

Por forma a garantir que a sua filosofia de negócio se mantivesse, Ingvar criou uma fundação com o propósito de gerir todo o grupo aquando o seu retiro. Consequentemente, este exigiu que todos os lucros obtidos pelo grupo só pudessem ter três finalidades: serem reinvestidos, aplicados a projetos solidários da *IKEA Foundation* ou ficarem na reserva financeira do grupo para serem aplicados em investimentos futuros.

Em 1991, para a *IKEA* garantir capacidade de resposta aos pedidos dos clientes, devido à possível quebra de produção de mobiliário pela instabilidade económica existente à data na Europa de Leste, que nessa altura era a localização dos seus principais fornecedores, criou o Grupo *Swedwood*. Devido à qualidade de produção e à fiabilidade de resposta, com o decorrer dos anos, a fundação optou por incorporar estes produtores subcontratados no grupo e que, atualmente, denominam-se por *IKEA Industry*. Este grupo tem como propósito produzir mobiliário de madeira exclusivamente para o grupo, sendo, neste momento, constituído por 40 unidades fabris, as quais contam com cerca de 19 000 colaboradores em 10 países: Suécia, França, Rússia, China, Estados Unidos da América, Polónia, Portugal, Hungria, Lituânia e Eslováquia [4].

2.2 *IKEA Industry Portugal*

A *IKEA Industry Portugal*, ilustrada na Figura 2.3, encontra-se localizada em Paços de Ferreira, apresenta instalações com cerca de 200 000 m^2 e, atualmente, conta com cerca de 1500 colaboradores. A localização desta fábrica é um ponto estratégico para a exportação de mobiliário para três grandes mercados: Europa (inclusive Portugal), Ásia-Pacífico e América do Norte. É um fornecedor exclusivo da *IKEA* e produz móveis essencialmente mobiliário de quarto, cozinha, escritório e sala.



Figura 2.3: *IKEA Industry Portugal* [5]

Neste momento, quanto ao sector de negócio, a IKEA *Industry* Portugal só possui o *Flat Line* (método de produção de móveis com uma estrutura leve e muito resistente), no entanto, a empresa encontra-se subdividida fisicamente em duas fábricas: *Pigment Furniture Factory* (PFF) e BOF. A fábrica PFF está dedicada à produção de mobiliário para cozinha enquanto a fábrica BOF está dedicada à produção de mobiliário para quarto, escritório e sala. Consequentemente, esta última engloba dois fluxos de produção, que diferem pelo tipo de materiais utilizados nos componentes de mobiliário e também nos processos de pintura. Estes setores denominam-se por *Foil* e *Laquer&Print* (L&P). Na Figura 2.4 pode-se observar a forma como a unidade fabril está organizada.



Figura 2.4: Organização da unidade fabril.

2.3 *Board on Frame* - BOF

Tal como foi referido na secção anterior, a fábrica BOF encontra-se seccionada em dois fluxos de produção. A grande diferença entre estes dois fluxos insere-se no acabamento que é dado à peça. No caso da *Foil* é aplicada uma película de papel no produto semi-acabado e no fluxo L&P a peça é pintada com a cor pretendida para o móvel: branco, preto, castanho, entre outros.

Como o presente trabalho foi desenvolvido no fluxo *Foil*, nesta secção é abordada uma breve descrição desse setor. Por outro lado, são considerados alguns aspetos importantes no conceito de produção da fábrica, são apresentados os tipos de produtos fabricados e o respetivo *layout* do fluxo. Por fim, é descrita cada área que constitui o setor.

2.3.1 Indicadores de desempenho

De forma a analisar e a seguir o desempenho das linhas de produção, a IKEA *Industry* Portugal definiu um conjunto de pontos críticos (*Key Performance Indicators* - KPI) que, para manter atingir os objetivos que são propostos à empresa, devem ser seguidos diariamente. Estes indicadores permitem que se faça um controlo rigoroso do nível de produção das linhas e se perceba até que ponto é necessário fazer-se uma retificação do sistema para atingir melhores resultados. Alguns exemplos de KPI são as peças de sucata que são geradas com o decorrer da produção, tempos de paragem, segregação de peças (peças que precisam de ser retrabalhadas) e eficiência. Atendendo ao conjunto de indicadores, a empresa considera como principal KPI a eficiência definida pela seguinte expressão:

$$E\text{ficiência} = D\text{esempenho} \times D\text{isponibilidade} \quad (2.1)$$

Em que,

$$D\text{esempenho} = \frac{N\acute{u}mero\ de\ pe\c{c}as\ produzidas}{N\acute{u}mero\ m\acute{a}ximo\ de\ pe\c{c}as\ planeadas} \quad (2.2)$$

A equação (2.1) que define a eficiência de uma linha de produção é sempre dependente de dois fatores: desempenho e disponibilidade. Apesar de uma linha estar concebida para produzir um determinado número de peças num intervalo de tempo definido, se esta não estiver nas condições desejadas vai influenciar a disponibilidade da mesma.

Como fator que afete diretamente a disponibilidade de uma linha tem-se as paragens por avaria ou défice de manutenção da máquina e que, geralmente, envolvem um grande volume de tempo de paragem. Contudo, as micro-paragens (contabilizadas como paragens inferiores ao período de tempo de um minuto), podem resultar num grande volume de tempo se a máquina manifestar um comportamento instável. Este comportamento pode ser resultante de produção de sucata por má parametrização da máquina por parte dos operadores, falta de manutenção da máquina, que não é totalmente evidente a olho nu e que não resulte em paragens imediatas para manutenção/resolução de avaria.

2.3.2 Produtos *Foil*

Apesar da diferenciação entre as linhas de produção, o formato dos produtos em ambos os setores da fábrica BOF são quase idênticos. Tratam-se de produtos do tipo “sandwich” e correspondem a peças de mobiliário de sala, escritório ou quarto (estantes, mesas de escritório, entre outros). Relativamente ao mobiliário da L&P, a sua construção tem como base a formação de uma estrutura retangular fechada, denominada por *frame*. No caso da *Foil*, tem como base duas camadas de *High Density*

Fiber - HDF separadas por ripas de madeira (em que o material utilizado é *Medium Density Fiber* - MDF ou aglomerado de madeira). De seguida, ambas as estruturas são preenchidas com cartão “favo de mel” (*Honeycomb*), para reforçar a sua consistência. Após este processo, o material é sujeito à aplicação de orla, de papel ou tinta (outro aspeto que diferencia os setores referidos), furação e envernizamento, caso faça parte do procedimento de acabamento da peça. Este tipo de produtos proporciona ao consumidor uma relação preço/qualidade bastante competitiva e, ao mesmo tempo, apresentam um *design* moderno. Na Figura 2.5 encontra-se representado um exemplo de um dos produtos da BOF.



Figura 2.5: Interior de um produto *Foil* classificado como “sucata”.

2.3.3 Gama de produtos *Foil*

A *Foil* produz quatro famílias de produtos: *Bestå*, *Platsa*, *Stuva*, *Kallax*. Na Figura 2.6 encontram-se ilustrados alguns exemplos destas famílias de produtos.



Figura 2.6: Alguns dos produtos disponíveis nas lojas IKEA produzidos na Foil.

É de referir que as características dos produtos são variáveis. Para a mesma gama, o cliente pode optar por produtos com diferentes cores e dimensões. Como exemplo das diversas cores existentes para um tipo de produto tem-se a Figura 2.6.

Por outro lado, nem todos os componentes que constituem o móvel são fabricados na IKEA *Industry* Portugal. Quando os produtos se encontram na fase de embalagem, os componentes produzidos são reunidos com os restantes fornecidos externamente (pernas das mesas, partes metálicas necessárias para a construção do móvel, entre outros) e embalados para serem expedidos diretamente para as lojas.

2.3.4 Layout geral da Foil

O setor de produção *Foil* é constituído por cinco áreas de produção distintas: *Cutting*, *Board On Stripes - BOS*, *Complete Line*, *EdgeBand&Drill* e *Packing*. A Figura 2.7 ilustra o *layout* do fluxo *Foil*. Por vezes as áreas de produção *BOS* e *Edgeband&Drill* não apresentam uma capacidade de resposta suficiente para o plano de produção definido e portanto é necessário recorrer a outras áreas do fluxo de produção L&P.

Todas as áreas são lideradas por um *Foreman*, responsável de área, que lidera várias equipas, proporcionais ao número de linhas de produção. Cada equipa é liderada por um *Team leader* (responsável de equipa) e é composta por um conjunto de operadores. A atividade e interação entre as diferentes áreas de produção são apresentadas nas subsecções seguintes.

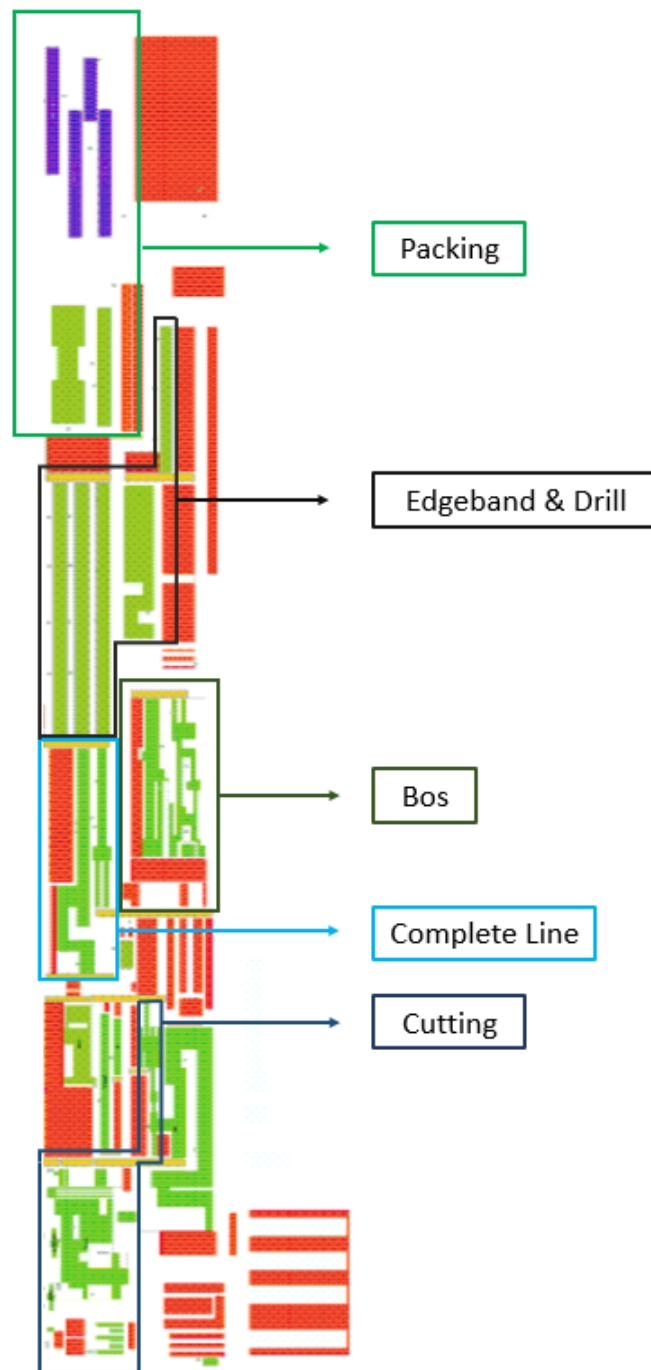


Figura 2.7: *Layout* da linha de produção *Foil*

2.3.4.1 *Cutting*

A área do corte representa a primeira etapa do sistema de produção. É comum a ambos os fluxos e, naturalmente, que todo o setor de produção está dependente da sua cadência. Esta área é responsável pelo corte da matéria prima fornecida, de forma a obter-se placas de HDF, MDF e aglomerado que também é designado por *chipboard*.

2.3.4.2 *BOS*

A montagem da estrutura dos produtos BOF é realizada nas áreas dos *Frames & Coldpress* e na BOS. Relativamente ao processo de montagem, este é iniciado pelo corte de MDF ou *chipboard*, fornecidos pelo *Cutting*, em ripas de dimensões específicas e em cubos.

No caso da área BOS, o passo seguinte consiste na montagem da estrutura através da colagem das ripas de madeira na estrutura de HDF. A estrutura montada é posteriormente preenchida com papel *honeycomb* e é-lhe aplicada um outra placa de HDF, sendo a peça por fim prensada para garantir a colagem.

2.3.4.3 *Complete Line*

A *Complete Line* é a linha responsável pelo seccionamento do material em peças mais pequenas e pela aplicação de cor ao mesmo. Devido à porosidade do HDF, os produtos provenientes da BOS começam por ser polidos para que não tenham uma superfície irregular. Depois de aplicado o papel com a cor pretendida ao produto, no final desta linha encontra-se uma máquina responsável pelo corte em várias peças de acordo com as dimensões pretendidas.

2.3.4.4 *Edgeband&Drill*

A área da *EdgeBand&Drill* é constituída por cinco linhas de produção e uma de *Rework*. Quatro das cinco linhas de produção são responsáveis pela aplicação de orla com a cor pretendida, corte e furação das peças. A outra linha desta área destina-se à inserção de elementos necessários para a montagem da peça de mobiliário designados por *fittings*.

Mediante o planeamento e o fluxo de produção desta área, por vezes encontram-se linhas a aplicar exclusivamente orla nas peças, sendo que as máquinas de furação das linhas servem apenas de meio de transporte de peças.

2.3.4.5 *Packing*

No *Packing* trata-se do processo de embalagem de todos os componentes necessários para a construção de um móvel. Os produtos são filmados em plástico e,

posteriormente, inseridos em caixas de cartão. Neste momento, a área é constituída por seis linhas de produção: duas destinam-se ao processo de embalagem de produtos *Foil*, outras duas a produtos L&P e as restantes são comuns a ambos os setores da fábrica.

Os diferentes componentes do móvel (tampos, fundos, laterais, entre outros) são colocados nas caixas de cartão ou filmado em plástico (prateleiras), juntamente com os *fittings* (ferramentas e outras componentes do móvel: gavetas, pernas, entre outros e partes metálicas para realizar a montagem do móvel) e as instruções de montagem.

2.3.4.6 Warehouse

Apesar de não estar diretamente ligado ao processo produtivo, o *Warehouse* é o local de armazenamento de todos os produtos embalados de ambas as fábricas (BOF e PFF) e de onde são, posteriormente, expedidos para o cliente final – as lojas IKEA.

2.3.5 Fluxo de materiais na secção *Foil*

O processo produtivo envolve a entrada de matérias primas (*inputs*) na linha de produção e transforma-as em saídas (*outputs*) que acrescem valor à empresa. Ao longo deste processo são utilizadas ferramentas para contribuir na transformação dos produtos tais como maquinaria (ou operação), controlo dos produtos, transporte (ou fluxos) e armazenamento. Um método simples para descrever o processo de fluxo de materiais ao longo da *Foil* é o diagrama de processo. Estas atividades são representadas através da simbologia que se pode observar na Figura 2.8.

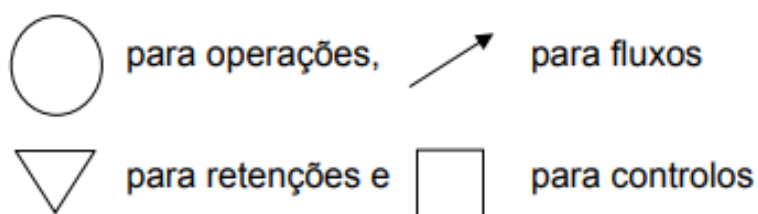


Figura 2.8: Simbologia utilizado na descrição de um processo [6].

Tendo em conta que no sistema de produção da IKEA *Industry* Portugal existe uma operação de retrabalho (*Rework*) de produtos, para efeito de simplificação do diagrama foi acrescentado um outro símbolo para distinguir esta operação. Este pode ser visto na Figura 2.9.

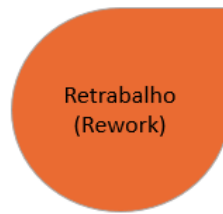


Figura 2.9: Símbolo criado como meio de representação da operação *Rework*.

Para uma melhor compreensão do fluxo de materiais *Foil*, a Figura A.1, que se encontra no Anexo A, ilustra um diagrama de processo que apresenta os recursos (entradas) necessários a cada área, para que seja executada a atividade em causa, todas as etapas que têm influência no processo e as saídas.

Capítulo 3

Estudo de tempos e métodos

Neste capítulo serão abordados os conteúdos que se consideram necessários para fundamentar o estudo de tempos e métodos de forma a compreender o funcionamento de uma linha de produção. Assim, com a aplicação de técnicas e ferramentas que permitem o aumento dos níveis de produtividade do sistema, pretende-se reduzir desperdícios.

Com estes objetivos, as organizações procuram definir reduções significativas de custos, bem como ações de melhoria das condições de trabalho. Nesse sentido, após realizado este estudo, pretende-se que sejam criadas condições que permitam saber quais as ferramentas que melhor se adequam à análise a ser efetuada à linha em questão.

3.1 Estudo dos métodos

Com o crescimento da cadência de automatização de processos a nível industrial, é cada vez mais importante procurar o aumento de produtividade e eficiência para que a empresa seja sustentável. O estudo dos métodos proporciona tanto estes aspetos referidos anteriormente como a melhoria das condições de trabalho dos operadores. Numa primeira fase, é necessário fazer-se um estudo detalhado da execução do trabalho atual por forma a reter tudo aquilo que é necessário melhorar: desde os procedimentos e processos que estão a ser executados, como a melhoria dos postos de trabalho. Com esta melhoria, procura-se reduzir ao máximo o tempo de utilização das máquinas e aumentar a ergonomia de trabalho dos operadores.

Determinado o problema, a próxima fase passa pelo registo crítico e análise dos métodos atuais para a execução do trabalho em questão com o propósito de os aperfeiçoar ou até mesmo alterar por alternativas mais eficazes [7][8]. Assim, minimiza-se o tempo de execução das tarefas e aumenta-se a sua qualidade. O propósito desta

análise tem em vista aumentar a produção com a utilização dos mesmos recursos: mão de obra, matérias primas e máquinas, minimizando o desperdício de recursos e/ou melhorar a qualidade dos produtos ou serviços.

No ponto de vista dos métodos de trabalho, o estudo desenvolvido atende à diminuição do esforço humano com a eliminação de trabalhos que sejam excessivos, resultando numa diminuição da fadiga por parte dos operadores.

3.1.1 Etapas necessárias para efetuar o estudo dos métodos de trabalho

Para que o processo de melhoria seja simplificado e objetivo, são estipulados alguns pontos fulcrais para desenvolver o estudo dos métodos de trabalho. Na sua opinião, a ordem de trabalhos é a seguinte [7][8]:

1. **Definição do problema (Escolher/Selecionar)** - Tal como a própria definição indica, neste ponto deve-se procurar definir o problema em questão, ou seja, qual é o principal assunto deste estudo. Desta forma, é necessário estipular de um modo geral a listagem de trabalhos a executar e, de seguida, de forma objetiva, deve-se determinar uma ordem de importância de tarefas atendendo ao grau de valor que esta melhoria pode acrescentar à empresa. Feito isto, procura-se estabelecer o grau de urgência de execução deste processo e define-se uma cronologia de execução das tarefas para não retardar o processo de melhoria.
2. **Análise do problema (Analisar/Registar)** - Nesta fase tende-se a estudar o funcionamento atual do problema. Quando este se encontra definido, deve-se observar a execução dos trabalhos associados e registar tudo por escrito. De seguida, deve-se partir para uma formulação de um gráfico que descreva todas as operações.
3. **Procura de possíveis soluções (Método interrogativo: examinar)** - Aquando este ponto, deve-se procurar possíveis soluções para eliminar o problema em questão. Através do método interrogativo, pretende-se responder a questões tais como “De que se trata?”, “Qual o fim em vista?”, “Porquê”, “Quem faz?”, “Quando?”, “Onde?”, entre outras. Depois de se ter respondido a estas questões e registado todos os aspetos sobre o trabalho atual deve-se formular uma lista com tópicos para analisar as operações, designada por *Check list*.
Para exemplificar uma *Check list* adicionou-se um modelo no Anexo B.
4. **Avaliar alternativas (Elaborar/Estabelecer)** - Quando formulada a *Check list*, procede-se à sua análise e avaliam-se os resultados obtidos. Assim, pretende-se estipular uma ou mais soluções que simplificam e automatizam o método atual.

5. **Recomendações para a ação (Adotar/Controlar)** - Esta última fase resume-se à aceitação dos superiores antes de iniciar o processo de implementação do projeto. Os responsáveis pela linha/área são as pessoas que possuem mais conhecimento sobre as operações que se realizam na linha a automatizar e a sua opinião é uma mais valia para validarem e apresentarem outras ideias para o sistema a implementar. De seguida, na fase de testes, quando o projeto já se encontra implementado, é importante procurar junto dos operadores o *feedback* sobre as respetivas alterações e quantificar o seu nível de satisfação, de forma a qualificar as mudanças que consideram positivas e negativas.

3.1.2 Gráficos de atividade

Com vista a descrever todas as atividades para executar um determinado trabalho, é usual recorrer-se à utilização de gráficos [7][8]. Trata-se de um método que permite representar de forma visual e esquemática, com base numa escala temporal, todas as operações e atividades necessárias para realizar um determinado trabalho. Exemplos disto são os gráficos Homem-Máquina, gráficos de atividades múltiplas e gráficos de Duas-Mãos (gráficos de Mão direita-Mão esquerda). Para esclarecer os exemplos de gráficos que foram descritos anteriormente, segue-se uma breve descrição dos mesmos:

- **Gráfico Homem-Máquina** - São diagramas de estudo e análise do trabalho de um operador que é realizado numa ou mais máquinas. Permitem, posteriormente, identificar o tempo de ciclo de trabalho e o tempo improdutivo ou tempo morto tanto do operador como da(s) máquina(s). Por outro lado, também é possível tirar partido destes gráficos para determinar o custo que um operador e a(s) respetiva(s) máquina(s) têm para a empresa. A ideia chave na construção destes gráficos resume-se à construção de vários planos de trabalho por forma a ser exequível e que se consiga minimizar os tempos improdutivos tanto do operador como da(s) máquina(s). Desta forma, são construídos vários planos, por exemplo um operador e uma máquina, um operador e duas máquinas e assim sucessivamente, até se conseguir minimizar os tempos improdutivos.

A Figura B.1, que se encontra no Anexo B, ilustra um exemplo de um gráfico Homem-Máquina.

- **Gráfico de atividades múltiplas** - Este tipo de gráfico é ideal para estudar o comportamento de uma equipa de operadores na sua atividade laboral com ou sem máquina. São muito semelhantes aos gráficos Homem-Máquina, com a diferença de que os elementos a estudar são representados como máquina ou operadores.

Como exemplo de um gráfico de atividades múltiplas têm-se a Figura B.2, que se encontra no Anexo B.

- **Gráfico das Duas-Mãos** - São gráficos que permitem fazer uma análise detalhada de todas as tarefas manuais que são realizadas tanto pela mão esquerda como pela mão direita de forma sequencial. O gráfico é composto por duas colunas, uma correspondente à mão esquerda e a outra à mão direita e, em cada coluna, são preenchidas as atividades sequenciais realizadas por cada mão.

No Anexo B encontra-se um exemplo de um gráfico de Duas-Mãos referente à Figura B.4. Em resposta a este estudo, no mesmo anexo também se encontra um exemplo de uma *Check list* referente ao gráfico.

Para examinar trabalhos que envolvam um elevado número de movimentos manuais, existe o estudo de micro-movimentos. Este estudo envolve a utilização de uma análise que recorre à descrição de um trabalho com o uso de dezassete elementos básicos de movimento, designados por *Therbligs* [10]. São pequenos movimentos que podem ser sequenciais para formar uma determinada tarefa. Estes elementos básicos podem ser codificados para serem utilizados na representação do gráfico mão direita/mão esquerda. Os dezassete *Therbligs* são os seguintes, com os respetivos acrónimos [7][8]:

- | | |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 1. Procurar (<i>Search</i> - Sh) | 9. Pré-posicionar (<i>Pre-position</i> - PP) |
| 2. Selecionar (<i>Select</i> - Sl) | 10. Inspeccionar (<i>Inspect</i> - I) |
| 3. Agarrar (<i>Grasp</i> - G) | 11. Montar (<i>Assemble</i> - A) |
| 4. Transporte vazio (<i>Transport Empty</i> - TE) | 12. Desmontar (<i>Disassemble</i> - DA) |
| 5. Transporte carregado (<i>Transport Loaded</i> - TL) | 13. Utilizar (<i>Use</i> - U) |
| 6. Segurar - (<i>Hold</i> - H) | 14. Atraso inevitável (<i>Unavoidable Delay</i> - UD) |
| 7. Largar - (<i>Release load</i> - RL) | 15. Atraso evitável (<i>Avoidable Delay</i> - AD) |
| 8. Posicionar (<i>Position</i> - P) | 16. Planear (<i>Plan</i> - Pn) |
| | 17. Descansar (<i>Rest for overcoming fatigue</i> - R) |

Como os primeiros quinze movimentos enumerados anteriormente são curtos ao ponto de se passarem despercebidos numa análise visual, recorre-se a cronociclografias (filmagens de elevada velocidade) para se conseguir analisar os movimentos executados por um operador. Contudo, o estudo dos micro-movimentos não é muito utilizado nas indústrias devido a motivos como os elevados custos associados, o fator dos trabalhadores não se comportarem de uma forma “natural” quando estão a ser

filmados e a condicionante de distração dos outros trabalhadores. Contudo, este tipo de estudo proporciona a vantagem de detetar o uso ineficiente das mãos, os transportes longos ou desnecessários, os tempos perdidos e a utilização das mãos para tarefas que podem ser efetuadas por máquinas [7][8].

No Anexo C, encontra-se um exemplo de como associar os *Therbligs* relativamente ao movimento em estudo ilustrado pela Figura C.1. Consequentemente, a Figura C.3 e a Figura C.4 são representativas de um estudo de micro-movimentos com a utilização desta ferramenta.

3.2 Estudo dos tempos

O estudo de tempos é uma técnica de medida de trabalho onde é estabelecido um tempo padrão necessário para realizar as operações com base no método de trabalho que se considera mais adequado. O registo de tempos deve ser feito em simultâneo com a análise e registo de informação sobre as operações para conciliar toda a informação obtida e tirar partido disso. Desta forma, os tempos que são retirados desta análise permitem definir qual é o peso que cada etapa tem na execução de uma determinada operação e sob a intenção de a tornar mais eficiente.

3.2.1 Métodos de medida de trabalho

O conceito de tempo padrão pode ser definido como o tempo necessário à realização de um determinado trabalho, por um trabalhador qualificado a trabalhar ao seu ritmo normal, segundo um método previamente estabelecido e sob condições normais de trabalho. É importante realçar que os tempos padrão apenas são considerados como válidos até que se verifique uma alteração do método ou das condições de trabalho. Pelo que, caso se verifique uma destas condições, devem ser recalculados.

O estudo de tempos pode ser calculado recorrendo a diferentes métodos. Segundo Silva [12], destacam-se os seguintes métodos:

- **Auto-estimativa** - Neste método o trabalhador regista o tempo consumido com a realização de um determinado trabalho. É um método simples mas pouco preciso, atendendo ao decorrer do trabalho do trabalhador.
- **Registo de dados históricos** - Consiste na contagem do número de produtos de saída de um dado departamento, pessoa ou centro de trabalho num determinado período de tempo durante o qual se manteve uma atividade consistente. A sua aplicação resume-se na divisão do número de produtos concebidos pelo tempo necessário para se produzir esse número de unidades. É um método simples e fácil de se estimar o tempo padrão, mas pouco preciso porque não entra em consideração com o ritmo dos trabalhadores.

- **Estudo de tempos por cronometragem** - (Método inicialmente desenvolvido por Taylor) Esta técnica tem como princípio determinar os tempos padrão, pela subdivisão de uma determinada operação em sub-tarefas e a consequente cronometragem de tempos das mesmas. A sua metodologia incide na aplicação dos seguintes passos:
 - i Obter toda a informação relevante;
 - ii Dividir o trabalho em sub-tarefas/passos;
 - iii Cronometrar e registar os tempos de cada tarefa;
 - iv Ter em consideração o ritmo do operador;
 - v Considerar as concessões permitidas;
 - vi Calcular o tempo padrão.

- **Amostragem do trabalho** - Relativamente a este método, consiste em efetuar, em instantes de tempo aleatórios, observações das atividades que um operador está a exercer. Após um determinado número de observações, procede-se ao cálculo da percentagem do número de observações que o trabalhador/equipamento esteja a exercer para concluir uma determinada atividade e avalia-se então a proporção de tempo que ele ocupa a exercer as diferentes tarefas.

- **Tempo padrão** - Tal como foi descrito no início deste capítulo, se forem conhecidos os tempos padrão para todas as tarefas que constituem uma determinada atividade, pode-se obter o tempo padrão dessa atividade através do somatório dos tempos associados às diversas tarefas que a constituem.

De acordo com Barnes, os principais impulsos para o desenvolvimento da metodologia do tempo padrão para realização de uma dada operação partiram de Frederick Taylor. Assim, Taylor afirmou que para se estipular um tempo padrão era necessário subdividir uma determinada operação em sub-operações que a compõem e, de seguida, descrever cada uma delas e cronometra-las com o auxílio de um cronómetro. Por outro lado, também se deve considerar as esperas inevitáveis e fadiga por parte dos operadores [8][11].

- **Tempo de movimentos pré-determinados** - Segundo este método, o trabalho exercido em ambiente industrial pode ser caracterizado por sete movimentos básicos:

1. alcançar;
2. segurar;
3. mover;
4. rodar;
5. aplicar pressão;
6. posicionar;
7. desligar.

Ao determinar-se os tempos parciais de cada movimento, recorrendo a valores tabelados, pode-se, através da soma dos mesmos, calcular o tempo normal de uma determinada atividade. Tendo em consideração o fator das concessões, pode-se obter o tempo padrão.

3.2.2 Estudo de tempos por cronometragem

Como referido, existem inúmeros métodos para determinar o tempo padrão de uma atividade de produção. No entanto, o estudo de tempos por cronometragem trata-se do método mais conhecido e de simples aplicação, portanto é o que será usado no estudo da linha de produção em questão. Desta forma, ao longo desta sub-seção será detalhada a metodologia de forma a entender-se o procedimento a seguir para determinar o tempo padrão.

Para a realização do estudo através deste método será necessário um cronómetro, por forma a obter os tempos das várias operações de produção que se pretendem analisar. Dito isto, para se efetuar corretamente um estudo por cronometragem é necessário cumprir um conjunto de etapas. Inicialmente é fundamental analisar os operadores e a linha de produção em estudo. O responsável pelo estudo deverá certificar-se que os operadores são qualificados e apresentam um desempenho satisfatório na realização das tarefas, bem como observar o funcionamento da linha: análise dos equipamentos/soluções envolvidos(as), abastecimento de material e condições de trabalho, para que possibilite um estudo viável.

Analisado o processo a ser medido, a segunda fase passa por decompor as operações em tarefas elementares e descrever o que é realizado em cada uma delas. A subdivisão em tarefas que são efetuadas na linha de produção, para além de ajudar a definir um padrão do tempo que é necessário para cada tarefa, ajuda a obter a descrição detalhada do processo cronometrado. Por outro lado, permite verificar a regularidade dos tempos de cada elemento de ciclo para ciclo, determinar as causas de tempos excessivos quando ocorrem, bem como avaliar o ritmo dos operadores da linha [13].

Na última fase registam-se os tempos que os operadores necessitaram para realizar as operações exigidas pela linha de produção. Começa-se por uma recolha de uma amostra inicial com uma quantidade razoável de medições e, de seguida, tendo por base esta amostra é determinado o número mínimo de cronometragens a serem efetuadas para garantir a precisão para o grau de confiança pretendido para o estudo. O valor de cronometragens necessárias é resultado da equação (3.1).

$$n = \left(\frac{Zs}{A\bar{x}} \right)^2 \quad (3.1)$$

Na equação (3.1), n representa o número de ciclos a serem medidos, Z o valor da curva normal para o grau de confiança pretendido, A a precisão pretendida para

o resultado final, s e \bar{x} representam o desvio padrão e a média, respetivamente, das medições já realizadas. O cálculo do valor da curva normal é determinado a partir do grau de confiança pretendido para o estudo, sendo vulgar utilizar-se um valor de 95% [12].

Recolhido o número de amostras, procede-se ao cálculo do tempo padrão do processo em questão. Para isto, inicialmente, é necessário determinar o tempo de ciclo (CT) que corresponde ao cálculo da média do tempo cronometrado, durante os diversos ciclos, que o operador necessitou para executar as tarefas. A equação (3.2) ilustra a forma como se determina o tempo de ciclo, onde $\sum tempo$ representa o somatório do tempo medido para todos os ciclos e $nciclos$ o número de ciclos que foram cronometrados.

$$CT = \frac{\sum tempo}{nciclos} \quad (3.2)$$

Para determinar o tempo que o operador demora a realizar um ciclo de trabalho ao ritmo normal, segue-se o tempo normal (NT). Para obter este tempo, cuja correspondência é a equação (3.3), é necessário saber-se qual é o tempo ciclo, através da equação (3.2), sob a influência do fator de ritmo (PR) do operador.

$$NT = CT \times PR \quad (3.3)$$

Durante o processo de operação, verificam-se sempre aspetos que influenciam o desempenho tanto do operador e/ou da máquina, que contribuem para o fator de concessão (AF). Tais imprevistos definem-se como tempo perdido devido a fatores pessoais dos operadores, fadiga, mau uso da máquina, relação/conflitos entre colegas de equipa, estado da máquina, troca de turnos, entre outros. Para determinar este fator tem-se duas formas: a primeira, onde este fator está relacionado com a percentagem do tempo total ($\%Atotal$), encontra-se na equação (3.4). A segunda, onde as concessões são medidas com base no tempo de trabalho ($\%Atrabalho$), que se encontra na equação (3.5).

$$AF_{total} = \frac{1}{1 - \%Atotal} \quad (3.4)$$

$$AF_{trabalho} = 1 + \%Atrabalho \quad (3.5)$$

Capítulo 4

Levantamento do problema

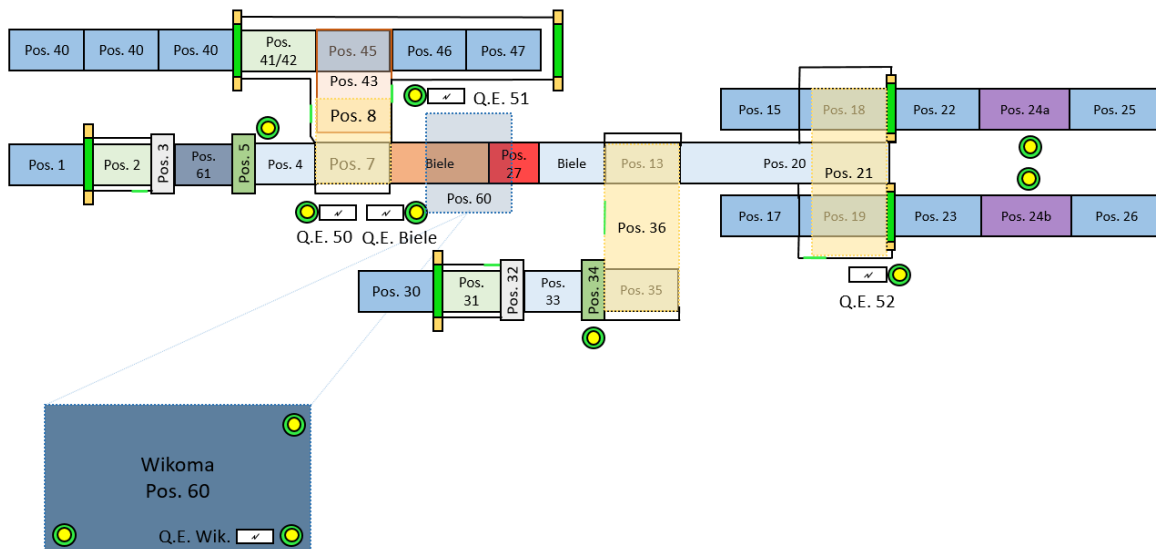
Neste capítulo será explicado ao pormenor o funcionamento da linha e serão apresentados os tempos de ciclo das operações, de forma a determinar o bottleneck da mesma. Terminado este estudo, será realizada uma filtragem dos principais problemas que poderão ser melhorados com recurso a automação.

4.1 Princípio de funcionamento da linha de produção

Como foi ilustrado no sub-capítulo 2.3.2, a linha encontra-se no setor de fluxo *Foil*, tendo como padrão de produção a composição de duas placas de HDF, que no seu interior é reforçado por ripas de madeira e cartão “favo de mel”. Naturalmente que nesta linha produzem-se diferentes produtos, tendo como variação o seu comprimento, largura e altura, o que irá influenciar a referência de semi-produto utilizado. Para se ter uma melhor percepção da composição do produto final, será ilustrado posteriormente a influência de cada processo realizado na linha de forma a resultar no produto que fará parte do móvel.

Com base no que foi referido em cima, a linha é alimentada por blocos de três semi-produtos base: painéis de HDF, ripas de madeira e cartão “favo de mel”. Por bloco de semi-produto entende-se como um conjunto considerável de cada item referido, em que apenas uma pequena quantidade é necessária para produzir o produto final. Isto é condição para que a linha esteja nutrida de semi-produto a ponto de permitir uma produção de uma quantidade elevada de produto final. Atendendo à Figura 4.1, os pontos de alimentação destes semi-produtos são as posições 2 e 31, 41 e 60 respetivamente. Ou seja, nas posições 2 e 31 encontram-se blocos de HDF, na posição 41 blocos de ripas e na posição 60 blocos de “favo de mel”.

Dito isto, a expedição dos semi-produtos para as posições que foram referidas a partir das posições que lhes antecedem têm sempre como fator de influência a



Legenda da figura:

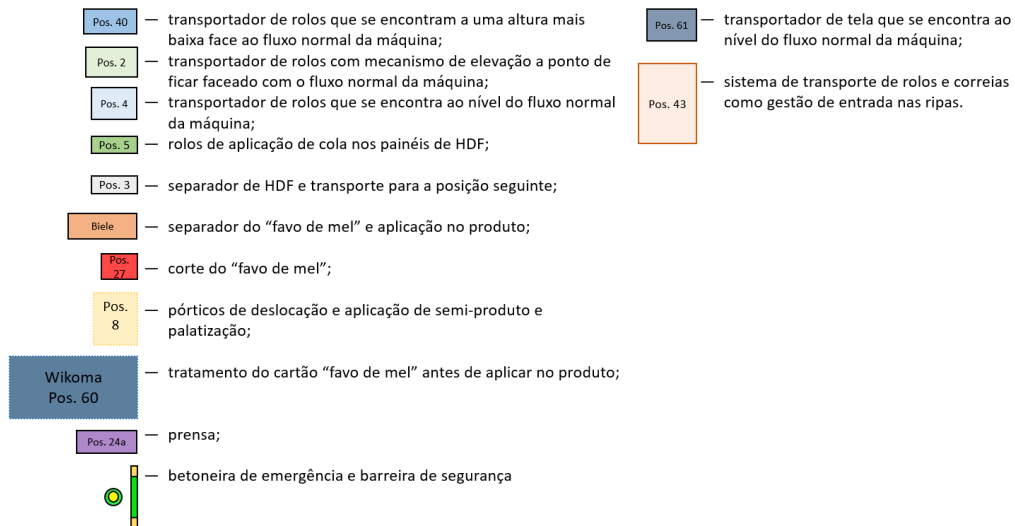


Figura 4.1: *Layout* da linha de produção LAMEK.

existência de material. Começando pelo caso da posição 2 e que é semelhante face à posição 31, terminado o bloco de matéria prima, a mesa elevatória desce, e expulsa a *baseboard*, que favorece o transporte do produto, para a posição 1. Depois dos operadores removerem a mesma, tem a permissão para reabastecer a posição 1, para que o material siga para a posição seguinte. Na posição 2, a mesa volta a subir até que o material se encontre pronto. Em relação ao ponto de abastecimento da posição 41, o princípio de funcionamento é quase o mesmo em relação aos outros dois, só que a *baseboard* é expulsa para a posição 45 e assim sucessivamente.



Figura 4.2: Sistema de separação de HDF na Posição 3.

Atendendo à legenda da Figura 4.1, tanto o posto 3 como o posto 32 são equipamentos de separação dos painéis de HDF e transporte para as posições seguintes. Estes equipamentos dispõem de um sistema de ventosas que faz a separação do material com auxílio de um braço que, após a sucção da mesma e a elevação da estrutura onde esta se encontra contida, incide-se entre os painéis de forma a assegurar a sua separação, como se pode ver na Figura 4.2.

Se porventura este sistema durante a separação segurar em dois painéis de HDF, nesta mesma posição existe um mecanismo de leitura através de uma régua para assegurar que não transitam dois painéis para a posição seguinte. Este sistema encontra-se ilustrado na Figura 4.3.

Nesse caso é verificado que a altura do produto sugado é muito superior à espectável, deduzindo-se que foram pegados em pelo menos dois semi-produtos. Desta forma é rejeitado todo o ciclo e inicia-se novamente. Finalizada a separação, o painel de HDF transita para o transportador seguinte até chegar ao sistema de rolo que aplica cola no painel. No caso da posição 5, a cola é aplicada na parte superior do painel para que contribua na fixação do cartão que será aplicado mais à frente, o que não acontece na posição 34. Concluído o processo, o painel segue para a posição seguinte onde sofre uma indexação de posição à direita no tapete 4 (sentido do fluxo de produção) para certificar-se que na transição para a posição 7 é aplicada cola nos pontos onde vão ser colocadas as ripas de madeira.

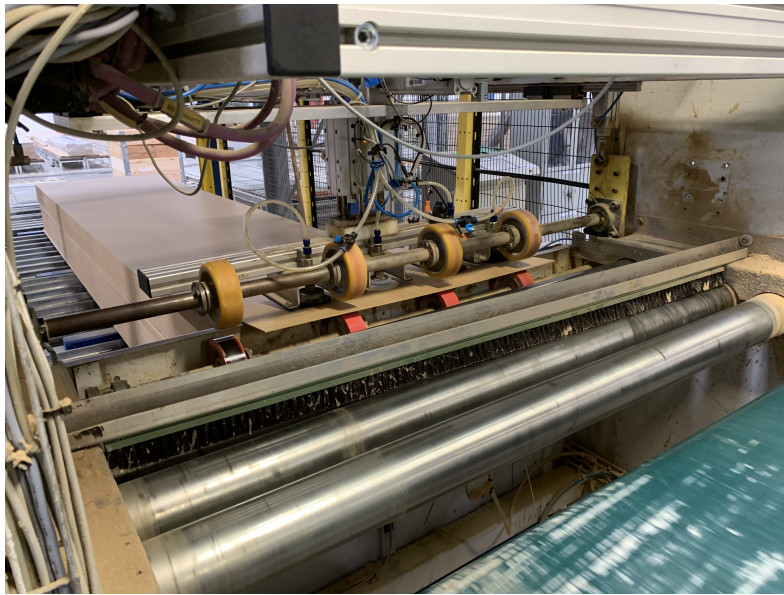


Figura 4.3: Régua analógica para o controlo de separação de HDF na Posição 3.



Figura 4.4: Mesa elevatória da Posição 41 e o respetivo empurrador de ripas Posição 42.

Após o painel entrar na posição, sofre uma nova indexação para assegurar que a fixação das ripas é feita com precisão. Enquanto isto, o processo de introdução de ripas na posição 43 tem de estar a acontecer em paralelo. Desta forma, como foi referido anteriormente, após a posição 41 estar abastecida, a mesma elevatória tende a subir até um ponto de referência. Nesse ponto de referência, a posição 42 empurra um conjunto de ripas para os rolos de transporte da posição 43 até que estas atinjam uma guia de fixação. O sistema da posição 41 e da posição 42 encontra-se representado na Figura 4.4.

Com isto, os rolos param a sua rotação e, no caso de não existirem três ripas prontas a serem deslocadas pelo posto 8 para que sejam aplicadas no semi-produto que se encontra à espera na posição 7, as correias verdes, que se encontram ilustradas na Figura 4.5, permitem o transporte das ripas para o seu posto de espera. Nesse posto, estas são separadas por batentes previamente referenciados, de forma a serem aplicadas com precisão nos pontos espectáveis quando deslocadas para a posição 7. A Figura 4.6 demonstra a posição 8 pronta a pegar nas ripas que se encontram em espera na posição 43.



Figura 4.5: Sistema de transporte de ripas da Posição 43.



Figura 4.6: Ripas na zona de espera na Posição 43 enquanto aguarda o ciclo da Posição 8.

Depois de serem aplicadas as ripas, o produto tem o aspeto como se ilustra na Figura 4.7.

Para além de todo este processo, na posição 60 o cartão “favo de mel” é sujeito a um pré-tratamento para que tenha todas as condições para ser aplicado. Assim, é necessário desenrolar e esticar o volume que é fornecido como matéria prima e pré-aquecer o mesmo para que este aumenta o seu estado de robustez. De seguida, o material é remetido para o posto da Biele, que se encontra imediatamente abaixo, onde é sujeito a um processo de separação do material em duas filas e aplicado no semi-produto que surge da posição 7, como se pode ver na Figura 4.8.

Com o decurso de aplicação do cartão é necessário cortar o excesso que é aplicado no semi-produto, o que se verifica na posição 27. Neste posto encontra-se uma serra automática que é inteiramente responsável por realizar este processo que, quando terminado, é feito o transporte do material para a posição 13. A Figura 4.9 representa o resultado inacabado do material após o posto 27.

Decorridas todas estas tarefas, resta a aplicação do último painel de HDF e a respetiva prensa de todo o material. Como foi referido anteriormente o processo de preparação do painel de HDF, antes de ser deslocado pela posição 36 a ponto de ser

aplicado ao produto que se encontra na posição 13, é quase idêntico ao processamento que foi referido desde a posição 2 até à posição 4. A única diferença reside na relação de aplicação da cola entre o posto 5 e o posto 34, dado que no posto 34 a cola é aplicada em baixo. A Figura 4.10 ilustra o produto após a aplicação do último HDF, em transição entre os tapetes de rolos da posição 13 e a posição 20.

Por último, mediante a disponibilidade das prensas (posição 24a e 24b) é feita uma gestão de paletização do posto 21 para os postos 18 e 19. Desta forma e como exemplo, se a prensa 24b se encontra ocupada em processo de compressão do material, o posto 21 concebe o transporte do material para o posto 18. Com isto, após a paletização de um número máximo de produtos de acordo com o limite de altura da prensa ou passados 10 minutos após o primeiro produto paletizado, o bloco de produtos transita da posição 18 para a 22 e 24a, respetivamente, para iniciar o processo de compressão. Este tempo máximo de espera do material encontra-se definido para evitar a seca da cola do material antes de sofrer o processo de compressão. A Figura 4.11 demonstra a compressão do material na posição 24b.



Figura 4.7: Produto na saída da Posição 7, depois de serem aplicadas as ripas.



Figura 4.8: Aplicação de cartão “favo de mel” no produto.



Figura 4.9: Produto depois de cortado o cartão “favo de mel” na Posição 27.



Figura 4.10: Produto na transição entre a Posição 13 e a Posição 20.



Figura 4.11: Produtos no processo de compressão na prensa da Posição 24b.

4.2 Estudo de tempos da linha de produção

Atendendo à Figura 4.1 e à análise realizada perante o funcionamento, é notória a existência de tempos mortos que diminuem a disponibilidade da linha que se devem única e exclusivamente à introdução de semi-produto. Para otimizar este processo era necessário reconfigurar o *layout*, de forma a reservar um *buffer* de material pronto a ser utilizado enquanto se faz a transição de remoção das *baseboards* e se restabelece novamente esta reserva de material. Contudo o reabastecimento de semi-produto é um processo esporádico, *i.e.*, dependendo da eficiência da linha, o intervalo de tempo relacionado com a necessidade dos operadores terem de reabastecer matérias primas tende duas a três horas.

No entanto, a linha de produção em estudo tem um funcionamento que pode ser otimizado dado que constata-se, observando o seu funcionamento, que determinadas posições apresentam tempos de espera enquanto aguardam pelo término de execução de processos de outras posições. Visualmente encontram-se processos demorados e que facilmente são identificados como problemas face à produtividade. Como exemplo têm-se os elevados percursos dos indexadores que facilmente seriam resolvidos com automatização, separadores de HDF com mau princípio de funcionamento, rolos de transporte sem tração aos produtos, entre outros. Por outro lado, a linha em questão também apresenta alguns problemas de disponibilidade que normalmente se deve a pequenas paragens por parte dos operadores para fazerem ajustes ao material. A grande causa deste problema deve-se ao desgaste mecânico de determinados elementos da máquina, defeituosas pré-configurações da máquina pelos operadores para o produto que estão a produzir, semi-produto com má qualidade, entre outros. Certamente que as grandes paragens geradas pelas avarias da máquina também afetam a disponibilidade da mesma. Analisando essas paragens, com base no histórico de avarias dos últimos meses, o grande bolo deve-se à falta de manutenção preventiva da linha de produção, como será demonstrado posteriormente.

4.2.1 Análise por conometragem

Recaindo sobre estes fatos foi realizado um estudo, em que se cronometraram todos os tempos de ciclo das operações que se consideram mais importantes e que de certa forma influenciam na criação do produto final. Trata-se de um método simples em comparação aos que foram abordados no capítulo 3 e é sob esse fator que este foi utilizado.

Portanto, inicialmente agruparam-se todas as posições da linha em conjuntos de tarefas que se consideravam ter uma única influência face ao processo exercido no produto. A Figura 4.12 ilustra o resultado do método.

Com a necessidade de facilitar o processo de conometragem, surge a seguinte lista das várias sub-tarefas com grupos de posição:

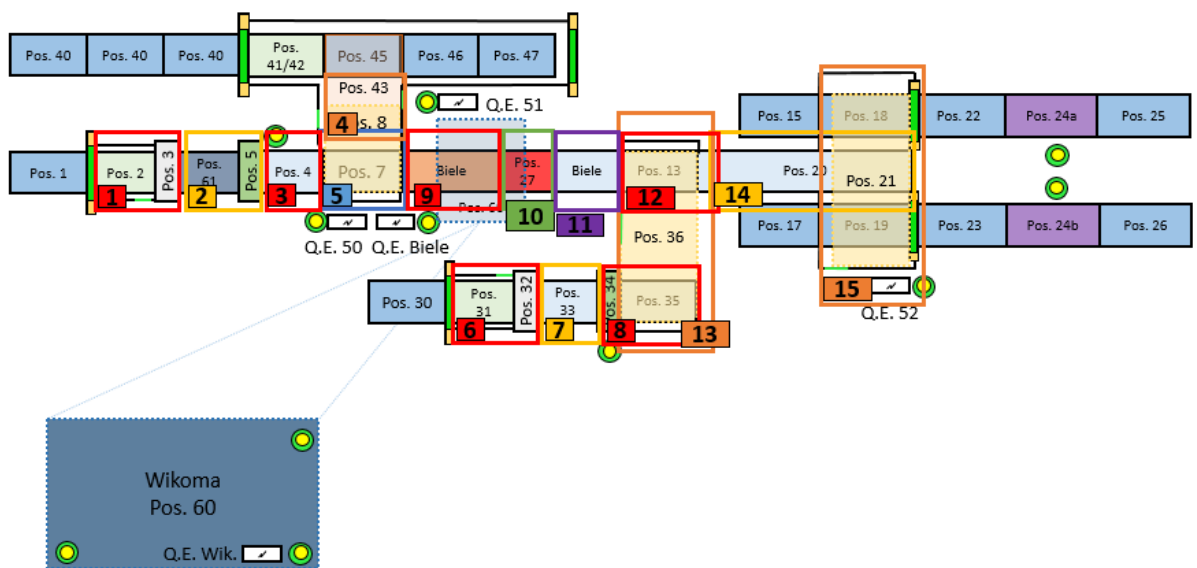


Figura 4.12: *Layout* da linha dividido em sub-tarefas.

- 1 - Pórtico 1 de HDF (Pos. 3) - Separação de HDF e introdução no tapete seguinte;
- 2 - Movimentação do material no transportador de tela (Pos. 61) até à entrada do rolo da cola (Pos. 5);
- 3 - Movimentação do material após o rolo da cola (Pos. 5) até ao ponto de indexação na Pos. 4 e a respetiva indexação;
- 4 - Transporte de ripas para a posição de espera (transporte apenas das correias na Pos. 43);
- 5 - Transporte após a indexação na Pos. 4 até à Pos. 7, nova indexação e aplicação das ripas (Pos. 8);
- 6 - Pórtico 2 de HDF (Pos. 32) - Separação de HDF e introdução no tapete seguinte;
- 7 - Movimentação do material após a separação de HDF até ao ponto de indexação na Pos. 34 e a respetiva indexação;
- 8 - Movimentação do material após a indexação, passando pelo rolo da cola (Pos. 34) até à indexação no transportador de roletos (Pos. 35);
- 9 - Movimentação do material após a aplicação das ripas até ser aplicado o cartão (Biele);
- 10 - Corte do cortão (Pos. 27);

- 11 - Transporte do material após o corte até à zona de espera antes da Pos. 13;
- 12 - Transporte e indexação do material (Pos. 13);
- 13 - Movimentação do HDF de um tapete para o outro e aplicação no material em espera na Pos. 13 (Pos. 36);
- 14 - Transporte da Pos. 13 até ao final do transportador seguinte (Pos. 20);
- 15 - Movimentação do produto final para os transportadores de baixo (Pos. 21).

Consequentemente, devido ao grande número de diferentes produtos fez-se um estudo de quais eram os valores de produção para cada um. Com esta análise pretende-se fazer uma seleção dos produtos com maior volume de produção para proceder ao estudo seguinte. A Tabela 4.1 é resultado para o número total de volume de produção para todos os produtos desde a semana 35 (27 de Agosto de 2018) até à semana 49 (3 de Dezembro de 2018).

Tabela 4.1: Volume de produção para cada produto entre a semana 35 e 49 de 2018.

Referência do produto	Volume de produção (uni.)
Pax BoS SD 24 Simples	71152
Kallax BoS PT 01	68594
Kallax BoS SH 01	45400
Besta BoS SH 02	18144
Kallax BoS SH 02	17256
Kallax BoS SH 03	8874
Kallax BoS PT 02	7688
Besta BoS SD 02 04	7126
Besta BoS SD 03	5272
Kallax BoS SH 04	5177
Besta BoS SD 05	4122
Platsa BoS SD 33/34	3854
Platsa BoS SD 31/32	3235
Grande Total	265894

Como resultado, a Figura 4.13 ilustra um gráfico com a representação por ordem decrescente em relação ao volume de produção para cada referência de produto.

Desta forma, tendo em consideração o gráfico, o estudo de cronometragem incide sobre o produto com maior comprimento em relação aos três produtos com maior volume - Pax BOS SD 24 Simples.

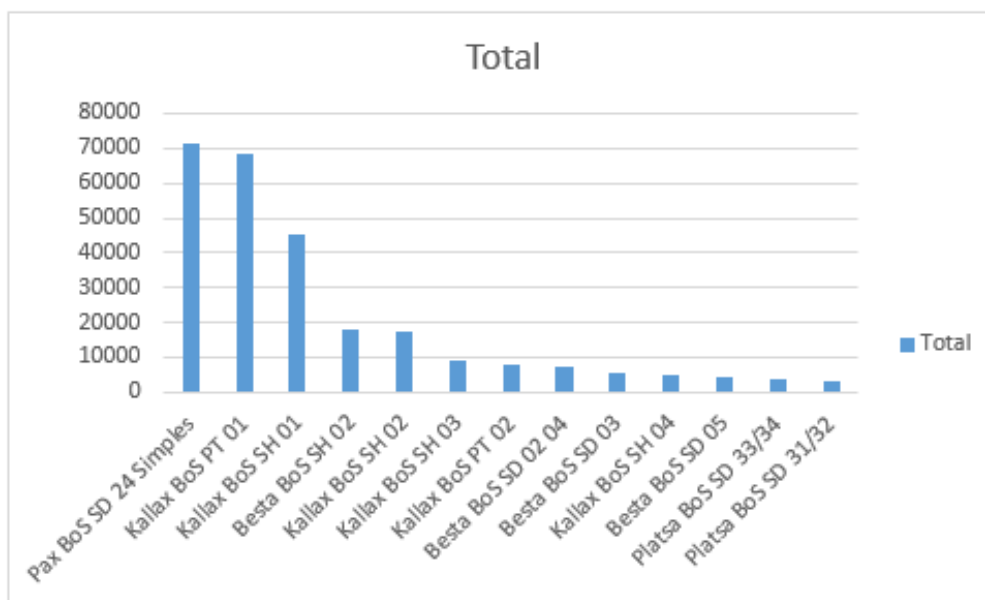


Figura 4.13: Gráfico que relaciona o volume de produção para cada produto entre a semana 35 e 49 de 2018.

Atendendo à subdivisão de tarefas, procedeu-se à cronometragem de cinco amostras iniciais para cada zona definida de acordo com a Figura 4.12. O resultado da anotação dos tempos de execução de cada tarefa segue-se na Tabela 4.2.

Com o resultado das amostras obtidas determinou-se o valor médio para cada zona definida e o respetivo desvio padrão e por fim estipulou-se um grau de confiança de 95% e um erro relativo de 10% para conseguir determinar o número mínimo de amostras necessárias. Para o valor do grau de confiança pretendido o valor da curva normal na tabela de distribuição corresponde a 1,96. Com a ilustração da Figura D.1 que se encontra no Anexo D, para o grau de confiança pretendido, o valor da curva normal é apontado pelo número 0,975, como se pode reter pelo cálculo. Para este apontador, soma-se o número da mesma linha com o da mesma coluna de forma a atingir o número pretendido para a curva normal.

Tabela 4.2: Cronometragem dos tempos de execução de cada tarefa.

Tarefa	Cronometragem 1 (s)	Cronometragem 2 (s)	Cronometragem 3 (s)	Cronometragem 4 (s)	Cronometragem 5 (s)
1	11,23	11,56	11,16	11,34	11,27
2	7,39	7,26	7,69	7,34	7,43
3	9,67	9,47	9,59	9,52	9,46
4	7,23	6,43	7,57	7,35	6,85
5	13,02	12,83	13,57	13,11	12,92
6	11,32	11,41	11,34	11,43	11,27
7	9,03	9,74	9,55	9,35	9,23
8	7,21	7,5	7,33	7,28	7,39
9	9,47	9,26	9,56	9,41	9,27
10	9,78	10,24	9,97	9,87	10,17
11	9,23	8,94	8,93	9,01	9,24
12	7,96	8,5	8,29	8,02	8,22
13	10,3	10,78	11,01	10,54	10,69
14	11,6	12,01	11,28	11,78	11,39
15	10,51	10,62	10,68	10,73	10,54

Desta forma, atendendo à equação (3.1) que se encontra no capítulo 3, sabendo o valor do erro relativo ou precisão pretendida, o valor da curva normal para o grau de confiança pretendido, o valor médio de cronometragens para cada tarefa e o respetivo desvio padrão, teve-se como resultado o número de amostras mínimas que se segue na Tabela 4.3. Como exemplo de determinação da quantidade de amostras para uma tarefa, segue-se como exemplo a equação (4.1).

$$n_{Tarefa_1} = \left(\frac{1,96 \times 0,15}{0,10 \times 11,31} \right)^2 = 0,07 \text{ amostras} \quad (4.1)$$

Para os valores de amostras mínimas necessárias para cada tarefa obtidos através do procedimento descrito anteriormente e que se encontram ilustradas na Tabela 4.3, chegou-se à conclusão que foram cronometradas amostras suficientes. Atendendo à média dos tempos de amostragem para cada tarefa tendo ainda em consideração a mesma tabela, pode-se deduzir que o *bottleneck* da linha é a tarefa 5.

Por fim, considerando o tempo de ciclo da tarefa mais demorada, pode-se deduzir qual é o número de peças obtidas por minuto nesta linha (NPC - *Number of Pieces per Cycle*). Com isto, segue-se a equação (4.2) que sumariza o número que se pretende otimizar.

$$NPC_{Bottleneck} = \left(\frac{\text{Tempo a considerar}}{\text{Tempo de ciclo}} \right) = \frac{60 \text{ s}}{13,09 \text{ peças/s}} = 4,58 \text{ peças} \quad (4.2)$$

Tabela 4.3: Valores médios de cronometragem, desvio padrão e o número mínimo de amostras para cada tarefa.

Tarefa	Média	Desvio Padrão	Amostras necessárias
1	11,31	0,15	0,07
2	7,42	0,16	0,18
3	9,54	0,09	0,03
4	7,09	0,45	1,55
5	13,09	0,29	0,19
6	11,35	0,07	0,01
7	9,38	0,28	0,33
8	7,34	0,11	0,09
9	9,39	0,13	0,07
10	10,01	0,20	0,15
11	9,07	0,15	0,11
12	8,20	0,22	0,27
13	10,66	0,27	0,24
14	11,61	0,29	0,25
15	10,62	0,09	0,03

4.2.2 Considerações sobre a disponibilidade da máquina que afetam a eficiência

De certo modo já foi referido ao longo deste capítulo que existem certos aspetos que afetam a disponibilidade da linha e em consequência a eficiência da mesma. Como exemplo desses problemas têm-se ajustes e afinações da máquina por parte dos operadores, micro-paragens que surgem após resoluções de avarias (ajustes ou novo diagnóstico), tanto como avarias elétricas e mecânicas. Assim é necessário fazer-se um estudo de todos os problemas que se encontram durante um período de tempo definido para se verificar até que ponto estes são recorrentes e, após isso, encontrar soluções para a resolução dos mesmos.

Em análise a este ponto, foram levantadas as características de desempenho, disponibilidade e eficiência da máquina e a Figura 4.14 ilustra o resultado disso entre a semana 35 e 49 do ano de 2018. Tendo ainda em consideração a mesma figura, é perceptível a estabilidade do desempenho da linha no período de tempo definido, o que não acontece com a disponibilidade e que acaba por afetar a eficiência da linha. Desta forma, será feito um estudo a cada conjunto de semanas que completa um mês sobre todos os problemas que afetaram a disponibilidade.

Começando pela semana 35, que é a única em análise do mês de agosto de 2018, os resultados da paragem encontram-se na Tabela 4.4. Os valores desta tabela resultam da amostragem conseguida pelo sistema de monitorização da linha criado pela

IKEA com parceria da empresa QlikView, como se pode ver um exemplo na Figura 4.15. Neste caso, é evidente que os tempos de paragem devem-se essencialmente a problemas de arranque da linha após as semanas de férias que ocorreram. Consequentemente, um outro problema incidente na linha em questão é a falta de espaço devido ao tamanho diminuto do *buffer* de abastecimento para a linha que se segue. Pode-se ver isso nessa mesma tabela, com o peso em tempo de paragem associado ao motivo falta de espaço à saída dado que o *buffer* de abastecimento para a linha seguinte ainda se encontrava cheio. Com o propósito de perceção desta mesma análise, segue-se a Figura 4.16 que demonstra o peso de cada motivo para as paragens através de um gráfico.

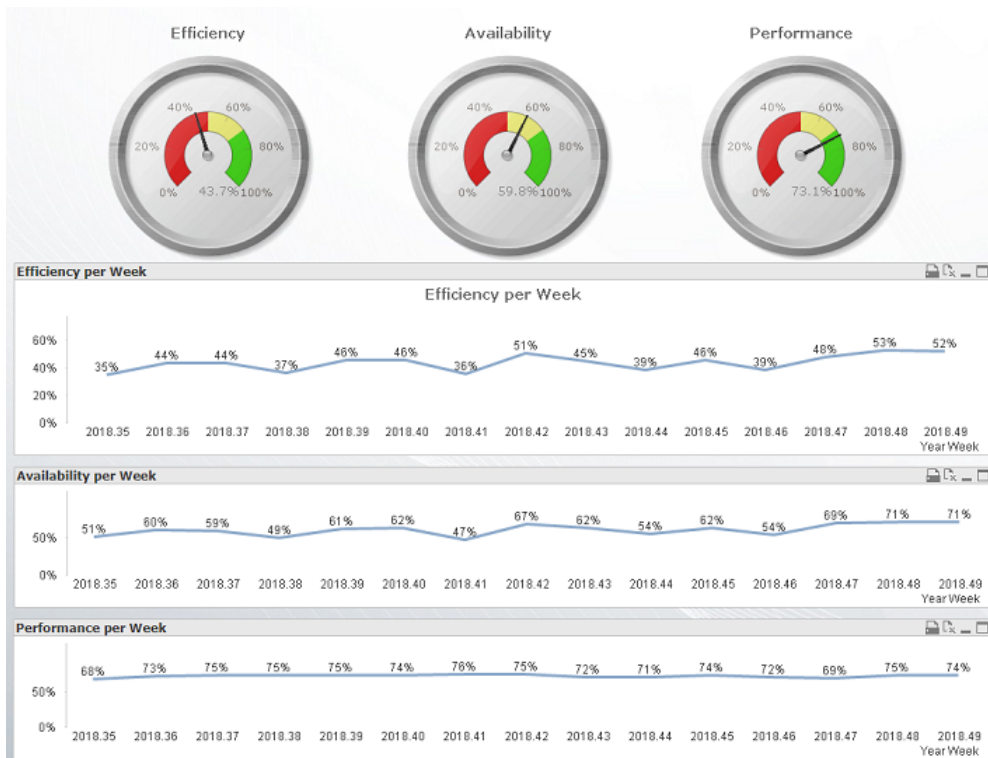


Figura 4.14: Análise dos KPI da linha de produção entre a semana 35 e 49 do ano de 2018.

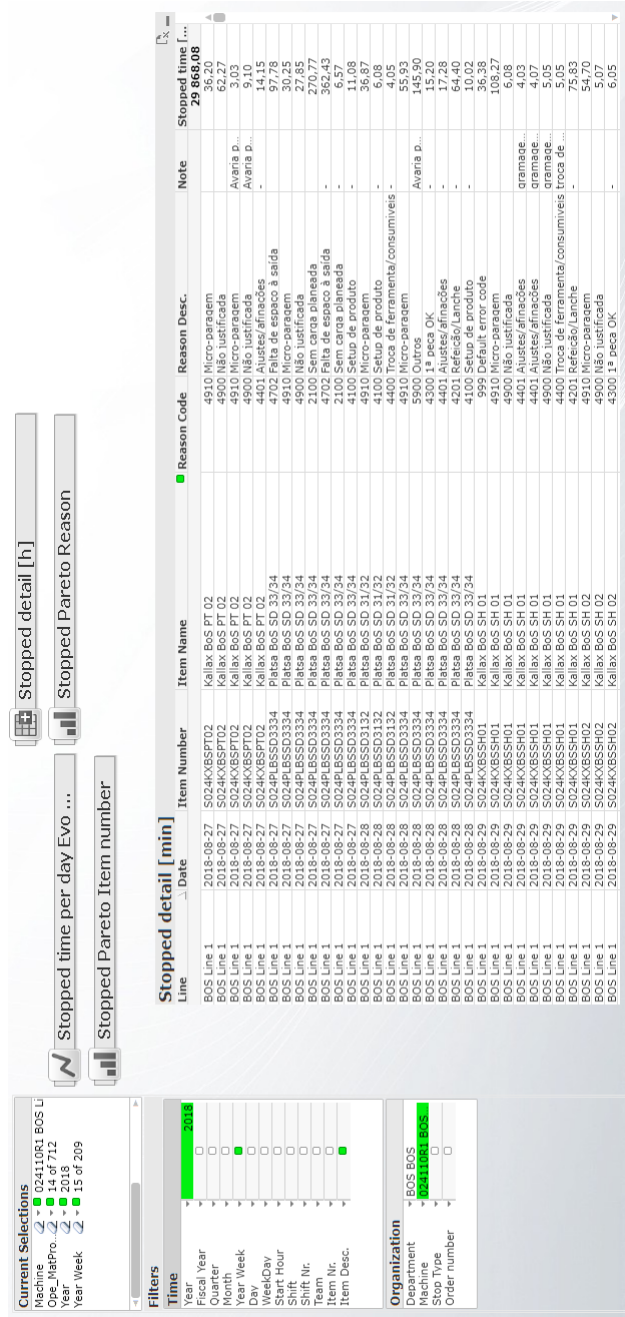


Figura 4.15: Análise de dados através da ferramenta QlikView para a linha LAMEK no ano de 2018.

Tabela 4.4: Motivos de paragem na semana 35 de 2018 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório do tempo de paragem [min]
Falta de espaço à saída	1230,60
Micro-paragem	534,67
Refeição/Lanche	317,15
Reparação de componentes	278,83
Sem carga planeada	277,33
Ajustes/afinações	157,83
Setup de produto	139,22
Troca de ferramenta/consumíveis	40,43
Falta de matéria prima	28,23
1ª peça OK	24,27
Falta de peça na máquina	19,20
Semi-produto NOK	18,20
Grande Total	3065,97

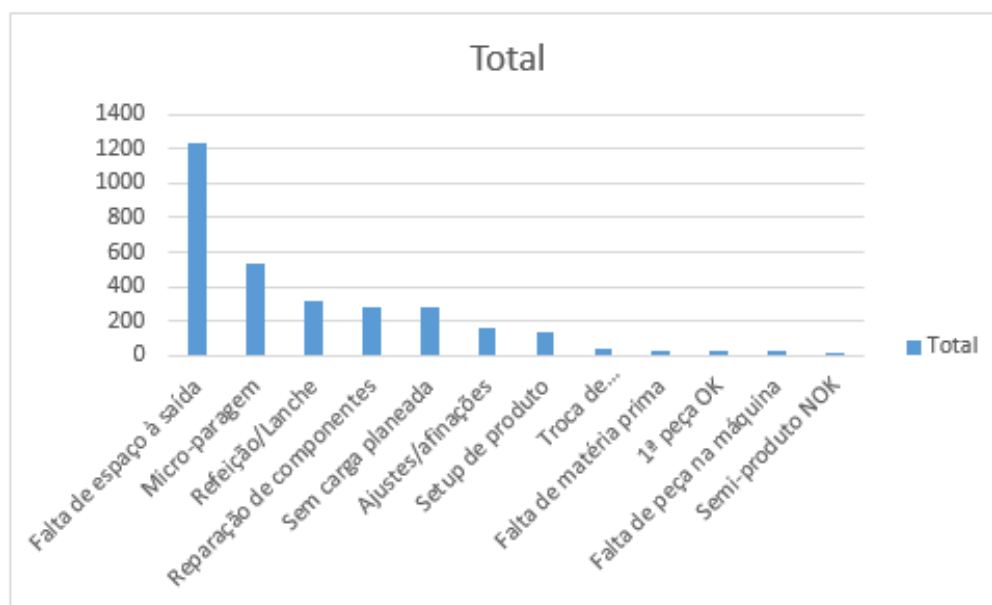


Figura 4.16: Análise gráfica dos minutos de paragem na semana 35 de 2018 com o correspondente motivo.

Relativamente ao mês de setembro de 2018, nota-se claramente um forte peso de tempos de paragem para ajustes, afinações e micro-paragens associadas aos arranques após a resolução das avarias e execução dos ajustes na máquina pelos operadores. Estes tempos são ilustrados minuciosamente na Tabela 4.5 e graficamente na Figura 4.17. Contudo, o mesmo se verifica para as restantes semanas em que se fez uma

análise dos tempos de paragem da linha em estudo. Desta forma, os valores das mesmas encontram-se no Anexo E.

Tabela 4.5: Motivos de paragem no mês de setembro de 2018 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório do tempo e paragem [min]
Falta de espaço à saída	2412,57
Micro-paragem	1088,62
Refeição/Lanche	1077,58
Ajustes/afinações	875,02
Outros	689,82
Setup de produto	485,27
Reparação de componentes	458,02
Falha componente mecânico	298,97
Troca de ferramenta/consumíveis	192,88
Falta de matéria prima	160,55
Limpeza	66,55
Falha componente elétrico	47,65
Matéria prima NOK	33,50
Falta de semi-produto	14,13
Falta de peça na máquina	5,03
Grande Total	7906,15

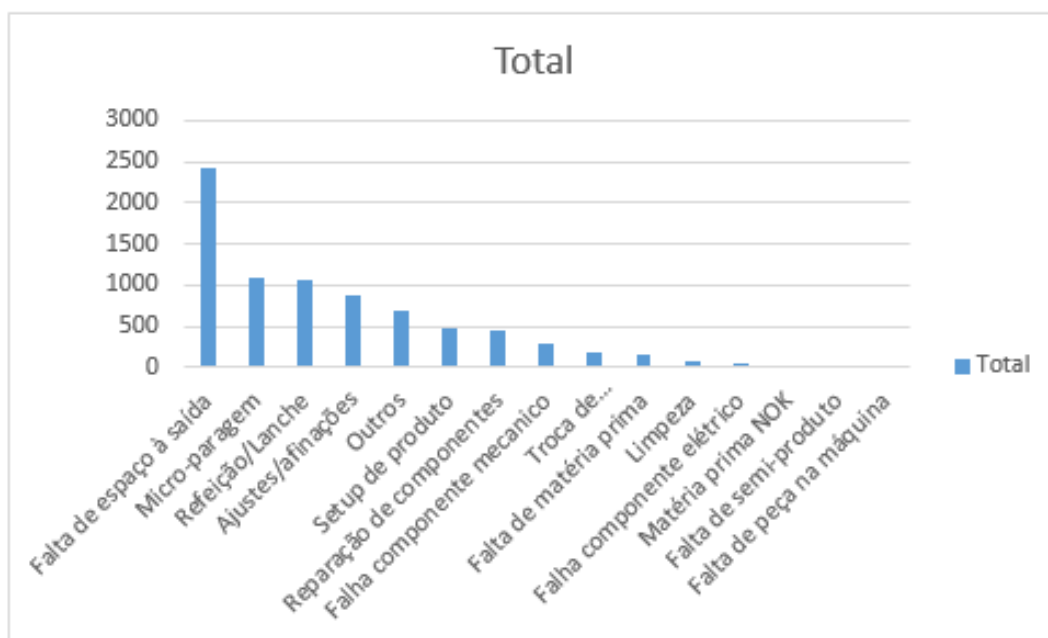


Figura 4.17: Análise gráfica dos minutos de paragem no mês de setembro de 2018 com o correspondente motivo.

Em suma, atendendo a todos os problemas que foram ilustrados nas figuras anteriores, optou-se por fazer uma seleção daqueles que realmente implicavam o funcionamento da máquina e a sua eficiência. Como resultado, os motivos seguem-se na Tabela 4.6, com o respetivo peso em minutos. Em termos gráficos, tem-se a Figura 4.18.

Tabela 4.6: Seleção dos motivos de paragem com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório do tempo de paragem [min]
Micro-paragem	4337,03
Ajustes/afinações	3621,48
Falha componente elétrico	1521,32
Falha componente mecânico	802,82
Falha componente software	431,65
Falha componente pneumático	41,63
Grande Total	10755,93

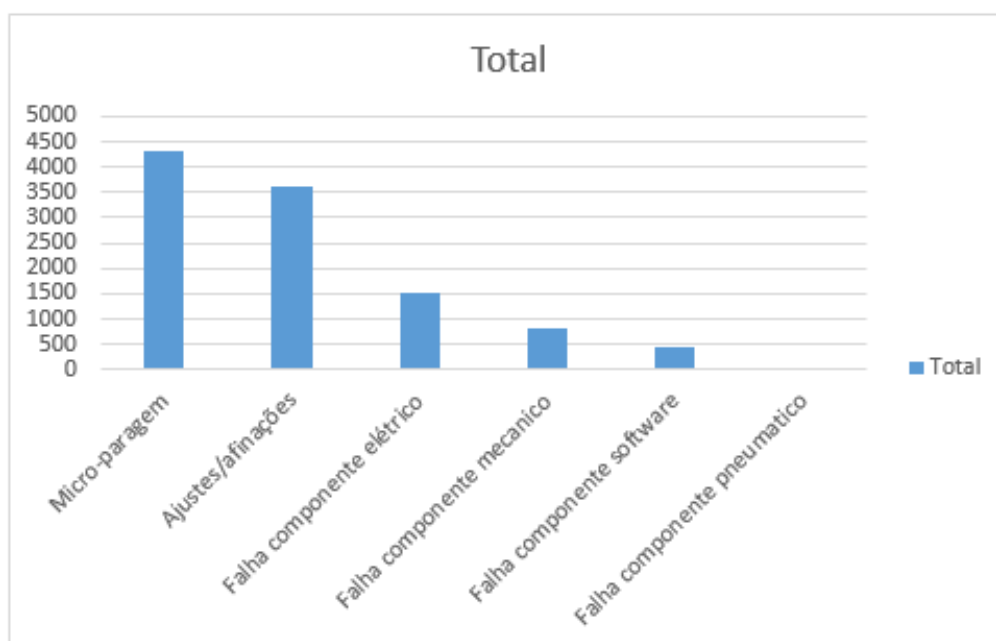


Figura 4.18: Análise gráfica dos minutos de paragem para os motivos selecionados.

Ainda sob este ponto, considerando apenas os tempos mortos para ajustes/afinações e micro-paragens, fez-se um estudo de quais eram os motivos mais incidentes face a

estes fatores. Com as notas fornecidas pelos operadores como motivos de justificação para os tempos que perderam a afinar ou a fazer ajustes na máquina, estes são os mais incidentes:

1 - Ripas tortas na transição entre os tapetes da posição 43;

Com este indício, o robô da posição 8 considera apenas se as ripas já estão na posição e não olha à forma como eles estão posicionadas. Quando faz o movimento para pegar, acaba por partir as mesmas, o que leva aos operadores perderem tempo para as remover.

2 - Velocidade muito elevada no tapete da posição 20;

Sobre este ponto, o material ao chegar ao final do tapete advém de uma velocidade muito elevada e ao colidir com o batente no final do tapete acaba por entortar o HDF em cima. Depois de a posição 21 fazer a paletização, o operador tem de interromper o ciclo para alinhar o material.

3 - Deformação no cartão “favo de mel” quando é esticado para ser aplicado antes da posição 27;

Em relação a este ponto, a necessidade de se fazer ajustes ao material deve-se única e exclusivamente à qualidade de fabrico do mesmo. Por vezes o material ao ser esticado acaba por ceder e deforma-se antes de ser aplicado no produto. É necessário o operador cortar o excesso de cartão e voltar a esticar para aplicar.

4 - Controlo da quantidade de cola aplicada na posição 7;

Os operadores necessitam de aplicar a quantidade mínima de cola para que as ripas fiquem bem aplicadas. Este controlo ainda é manual dado que são os operadores que regulam a pressão de cola que saí dos bicos e, com isto, surge a necessidade de serem feitos ajustes constantes por não haver um controlo contínuo de cola a ser aplicada no material.

5 - Ajuste do material e do vácuo que permite a separação de HDF do material na posição 32.

Relativamente a este ponto, devido à forma como o sistema de separação de HDF foi desenvolvido e face ao desgaste mecânico que o mesmo apresenta tem sido um dos grandes problemas dos operadores face à disponibilidade da linha. Muitas das vezes, com a pressão que a ventosa exerce sobre os painéis quando começa o seu movimento

Tabela 4.7: Notas de paragem dos operadores com maior peso com o correspondente peso em minutos.

Motivos de paragem	Somatório do tempo de paragem [min]
Separação de hdf Posição 32	654,25
Posição 43 - ripas	386,65
Posição 21 -ajustes	350,45
Controlo gramagem hotmelt	303,05
Papel rebentou - honeycomb	233,43
Grande Total	1927,83

de aproximação e de sucção do material, cria vácuo entre vários produtos e acaba por pegar em mais do que uma unidade. Desta forma, é necessário os operadores fazerem ajustes no material após este ser rejeitado pela régua analógica da posição 32 e reiniciar o ciclo de separação do material. Isto resulta em pequenos de tempo de paragem da linha para ajustes e na perda de disponibilidade da mesma.

A Tabela 4.7 representa o resultado dos problemas mais incidentes que foram referidos anteriormente e demonstra o tempo total em minutos das paragens entre a semana 35 e 49 de 2018. O gráfico que ilustra a correspondência por ordem decrescente da soma de minutos perdidos para os ajustes encontra-se na Figura 4.19.

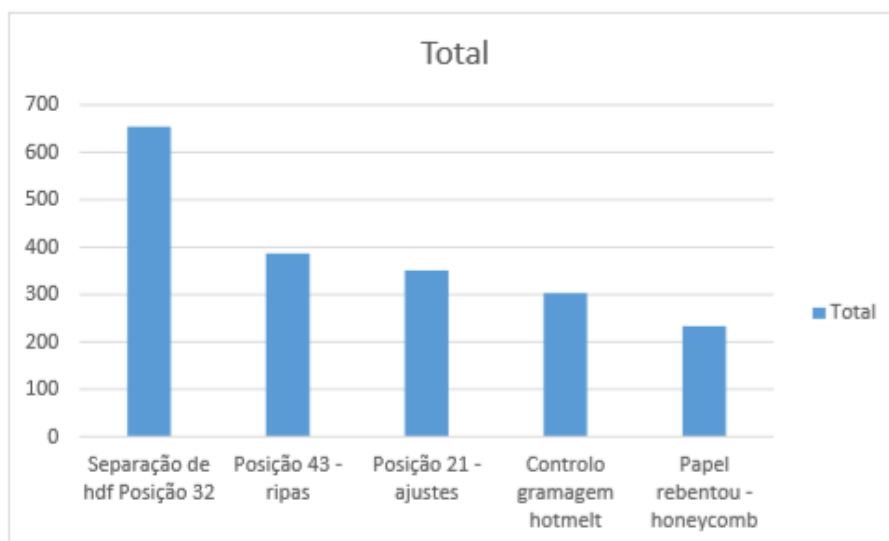


Figura 4.19: Análise gráfica dos minutos de paragem para problemas com maior peso.

É de referir que os operadores só justificam as paragens para ajustes e afinações e que são reportadas na plataforma QlikView. No caso das micro-paragens não existe nenhuma nota introduzida no sistema, mas que na análise do período definido são coincidentes com restantes. Contudo, tendo em conta o motivo de paragem para ajustes e afinações da Tabela 4.6 e o tempo total perdido para os motivos que se consideram mais incidentes e que é representativo na Tabela 4.7, pode-se chegar à conclusão que mais de metade do tempo perdido é justificado nos motivos que foram referidos anteriormente. Com isto, para melhorar a disponibilidade da linha é necessário aferir informação sobre a origem dos problemas que são mais incidentes e, se possível, colmatá-los.

De forma complementar, realizou-se um questionário para responder a algumas questões que podem vir a ter influência no desempenho dos operadores e na eficiência da linha. A *Check list* encontra-se no Anexo F.

Capítulo 5

Otimização e automação da linha

Neste capítulo pretende-se explicar todo o processo envolvente na melhoria do sistema que foi abordado, tanto a nível dos equipamentos e da atividade da máquina como a sua lógica de funcionamento e a programação que se encontra associada, com o objetivo de o otimizar.

5.1 Correção do problema e automação do sistema

Como foi analisado no capítulo 4, após o estudo dos tempos de ciclo de cada tarefa associada à linha de produção, pretende-se otimizar o processo das que se consideraram mais demoradas e que afetam a produtividade.

No caso da tarefa 5, considera-se que o tempo de indexação do material é muito elevado dado que o indexador tem de percorrer o curso toda a largura da mesa na posição 7. Com a automação deste processo, recorrendo a uma pré referenciação do indexador mediante a largura do material, iria reduzir claramente o tempo de retenção do produto nesta tarefa.

Por outro lado, também se deve ter em consideração os problemas que afetam a disponibilidade e o que se pode otimizar para conduzir ao aumento deste parâmetro que afeta a eficiência.

Atendendo a estes aspetos, inicialmente serão referidas todas as modificações físicas, desde as alterações de *layout* da linha, adição de equipamentos para otimizar o sistema até à alteração de equipamentos menos eficazes. De seguida, serão abordadas as condições de programação que facultaram estas mesmas alterações e as que proporcionam um tempo ciclo mais eficaz para tarefas mais específicas.

5.1.1 Clarificação do *hardware* da linha

A linha em estudo emprega dois modelos de comunicação distintos: Profinet e Profibus. O primeiro em questão tem como propósito de uso para interligar a unidade de controlo com as consolas e com os equipamentos Profinet I/O ET200S que estabelecem o domínio de entradas e saídas para os variadores de frequência dos motores e para os módulos de segurança [14]. O esquemático simplificado da rede Profinet segue-se na Figura 5.1, em que é notório que todos os elementos estão interligados em rede Profinet. Sob a mesma figura, os sinais para a atuação e controlo, no caso dos variadores, são exercidos nos equipamentos previamente referidos (ET200S) e, por questão de simplificação, este controlo será esclarecido posteriormente.

No caso da rede Profibus, esta tem como fundamento de uso sob as cartas de endereçamento de sinais de sensores e atuadores e na utilização de *encoders* de referência dos motores [15]. Estas unidades estão distantes dos três quadros instalados na linha e, como convenção de não haver perdas de sinais, recorre-se a este modelo.

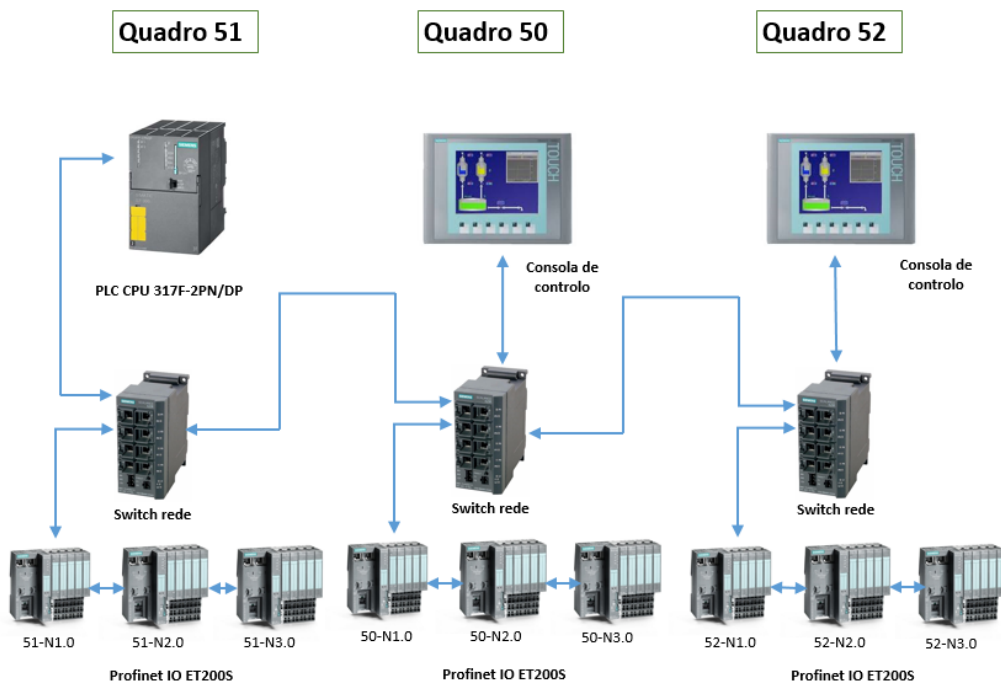


Figura 5.1: Esquema da rede Profinet.

Trata-se de um sistema que toda a informação é transmitida pela rede Profibus e recolhida pela unidade de controlo para esta fazer o processamento e a respetiva atuação. Como exemplo do quadro principal, que se segue na Figura 5.2, a unidade de controlo transmite a ligação de rede a um repetidor para que seja estabelecida a comunicação entre os restantes quadros existentes na linha ilustrados na Figura 5.3 e na Figura 5.4, respetivamente. Após o repetidor, a conexão é estabelecida por três repetidores que seccionam a rede para as unidades de leitura e atuação dos sensores que se encontram distribuídas pelas várias posições da linha - ET200eco.

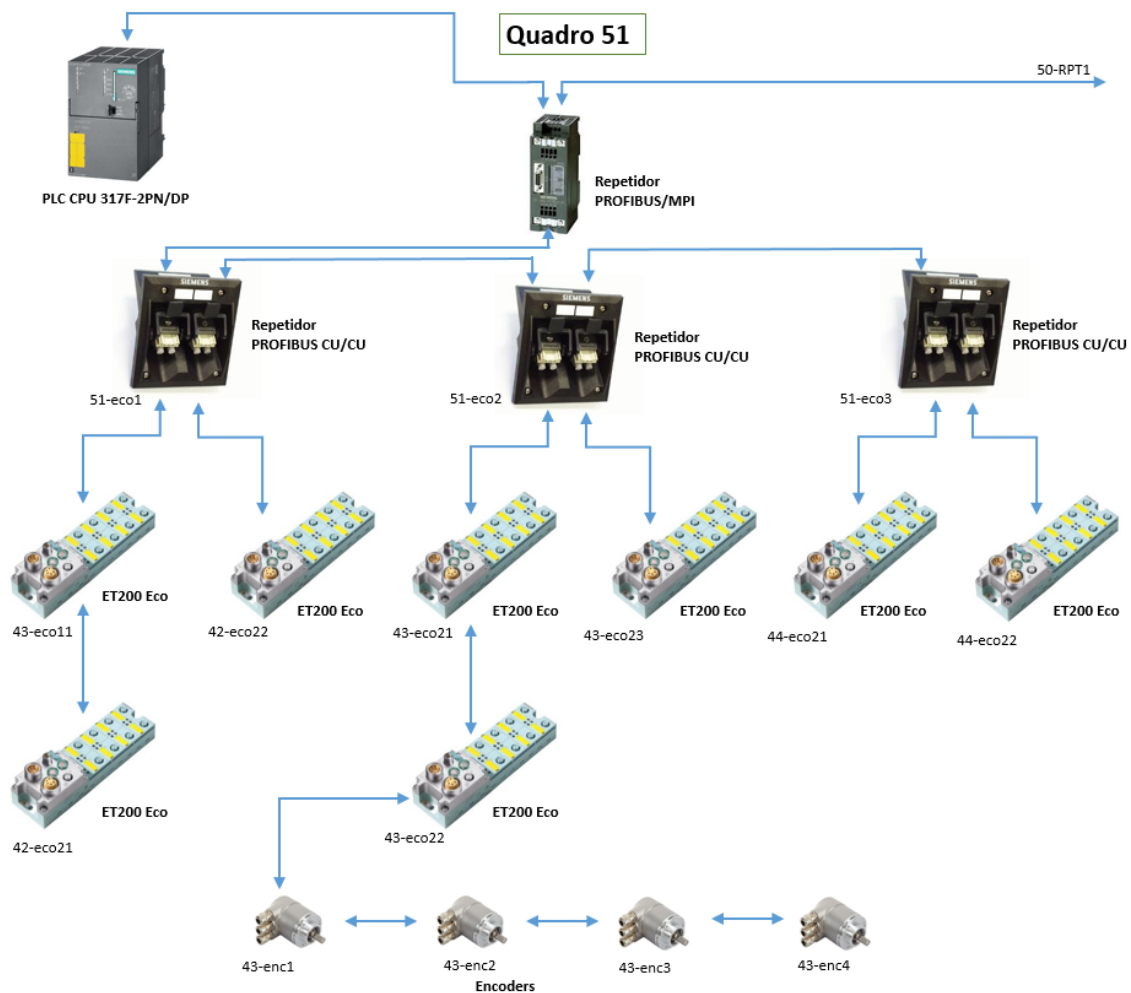


Figura 5.2: Esquema da rede Profibus no quadro 51 - quadro principal.

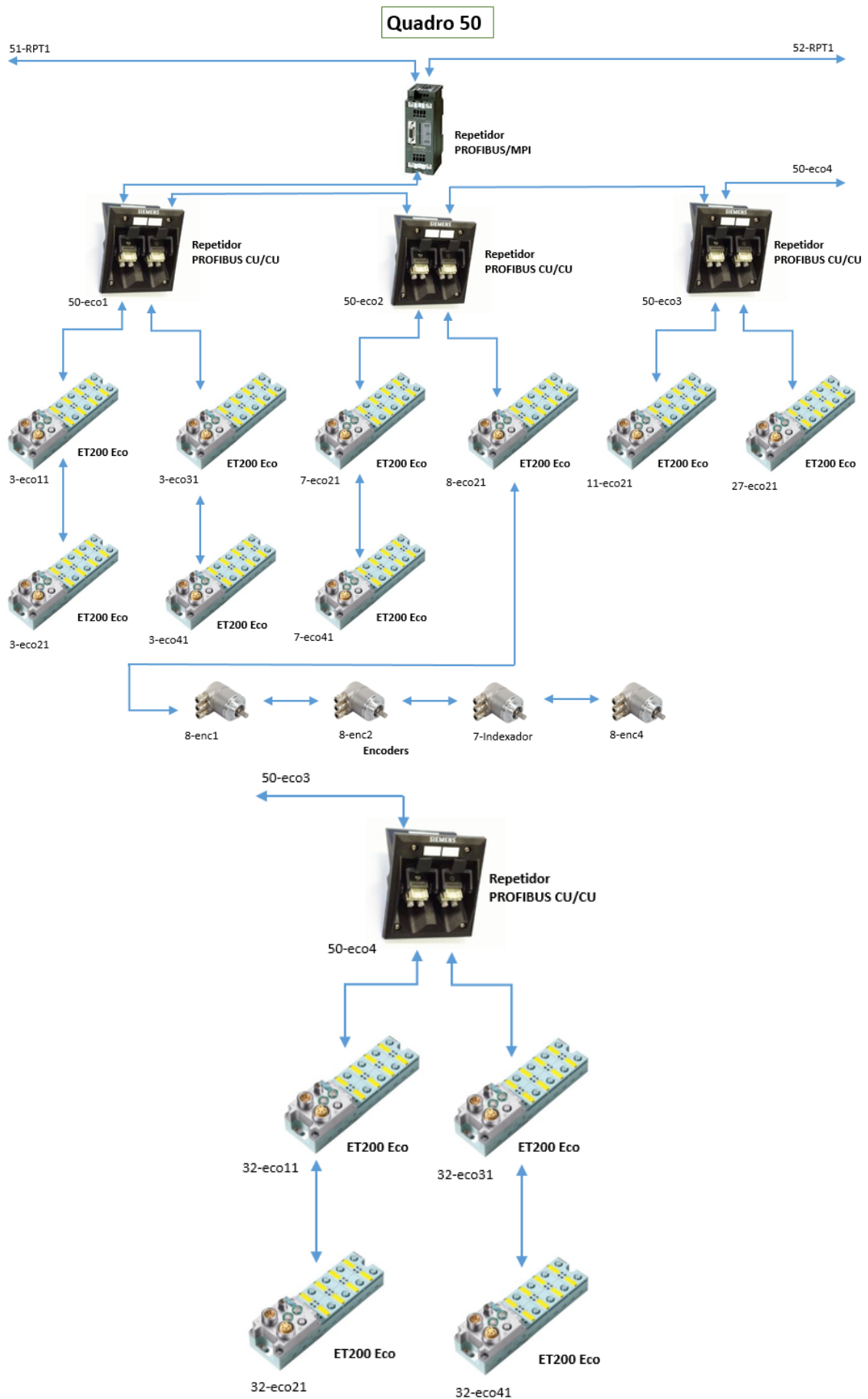


Figura 5.3: Esquema da rede Profibus no quadro 50.

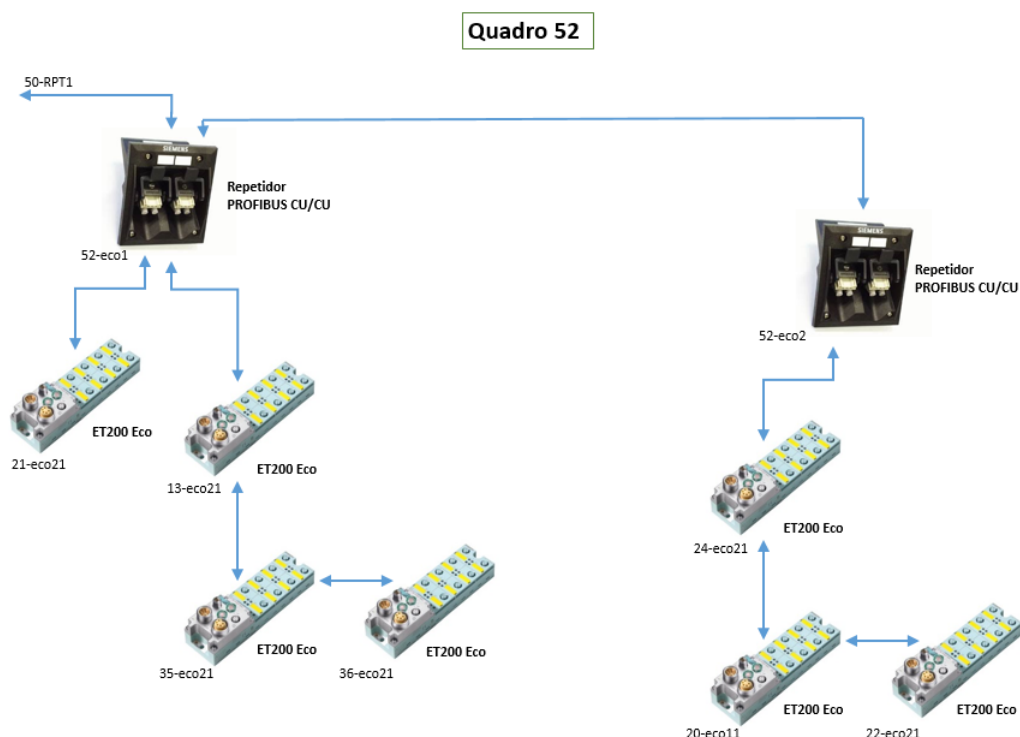


Figura 5.4: Esquema da rede Profibus no quadro 52.

Como clarificação dos esquemas expostos anteriormente, segue-se uma explicação de cada componente referido no Anexo G.

5.1.2 Indexador de material na Posição 7

No funcionamento do sistema atual, a indexação do material na posição 7 era muito demorada. O indexador é composto por um perfil linear com duas batentes em cada extremo e por dois cilindros pneumáticos que movem o perfil ao longo da mesa. O problema deste sistema reside na não existência de uma pré referenciação deste perfil, para evitar que o mesmo fizesse o curso ao longo de toda a mesa de indexação, como se pode ver na Figura 5.5.

A sugestão de melhoria neste indexador baseia-se na introdução de um método que, mediante a largura do painel de HDF alusivo à receita introduzida no *setup* da máquina, se faça uma referenciação do indexador de modo a que o curso dele seja mais pequeno ao longo do seu trabalho. Desta forma, pretende-se que após o *setup* as pinças do indexador estejam o mais próximas possíveis do painel de HDF e quando o painel for detetado na mesa sejam ativos os dois cilindros que movem o perfil conforme o seu curso. Neste caso o curso é de 75 mm de acordo com os modelos selecionados. Desta forma, com a alteração deste sistema e após o *setup* da máquina, pretende-se que o indexador tenha o estado ilustrado na Figura 5.6.

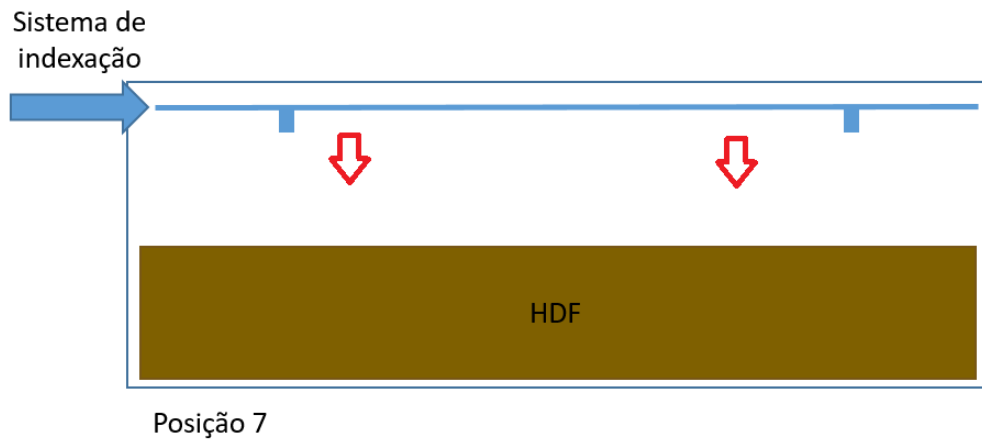


Figura 5.5: Sistema inicial de indexação de HDF na Posição 7.

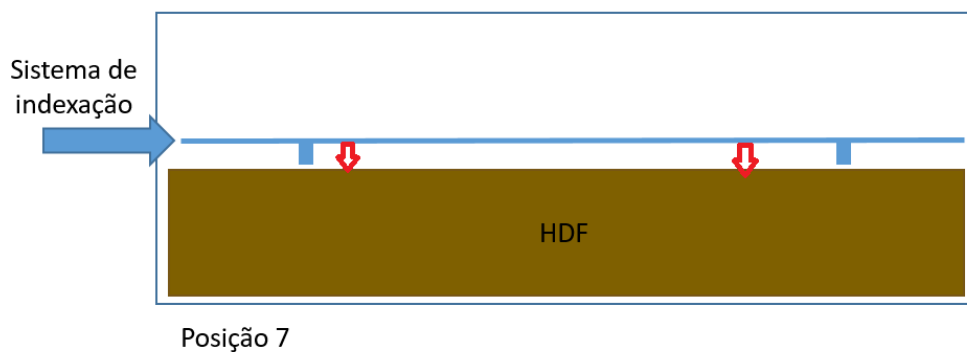


Figura 5.6: Sistema atual de indexação de HDF na Posição 7.

Para este processo é necessário introduzir um motor, um variador de frequência para ser feito o controlo de deslocação do perfil e um *encoder* para saber a posição do perfil na fase de *setup* da máquina. Com isto, é necessário ter-se em consideração a largura do painel mediante o produto que se vai produzir, mais uma tolerância relacionada com o curso dos cilindros pneumáticos introduzidos.

A Figura 5.7 refere-se à introdução do motor e do *encoder* com o intuito de controlar o perfil que suporta os atuadores que indexam o material referentes à Figura 5.8.



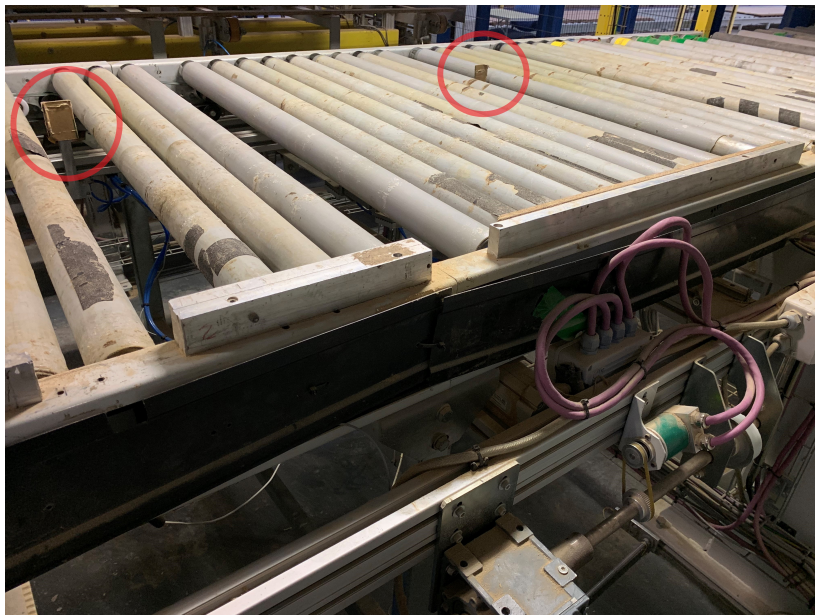
Figura 5.7: Sistema atual de indexação de HDF na Posição 7.

Relativamente às ligações do *encoder* e do variador de frequência à unidade de controlo estão relacionadas com as Figuras H.4 e H.5, respetivamente, e que se encontram no Anexo H.

É de referir que os sensores de fim de curso dos cilindros são os mesmos face ao sistema que já estava aplicado, tal como os sinais que são enviados para a unidade de controlo.



(a) Correias associadas ao veio do motor que movem o perfil que sustenta as pinças



(b) Pinças do indexador

Figura 5.8: Componente mecânica que sustenta o perfil do indexador na Posição 7.

5.1.3 Curso de translação do robô da Posição 36

Atendendo à Tabela 4.2 que se encontra no capítulo 4, é notório que o tempo que a posição 36 (tarefa 13) leva para fazer o ciclo de aplicação do último painel de HDF é elevado comparado com o ciclo da posição 7 (tarefa 4). Por muito que isto possa não parecer um problema tendo em consideração o tempo de execução da tarefa

mais demorada, ou seja o *bottleneck* da linha (tarefa 5), quando ocorrem problemas constantes com a separação de HDF na posição 32 a linha entra em dependência com o ciclo de envio do HDF desde a posição 31 até à posição 36 para que este possa aplicar na posição 13. Uma forma de atenuar este problema resulta na diminuição do curso de translação da posição 36 para que a tarefa seja menos demorada.

Como se pode ver na Figura 5.9, o fluxo de material desde a posição 30 até à posição 35 é do lado direito dos tapetes considerando que o fluxo da linha termina após a posição 20. Com isto, retém-se que a posição 36 percorria menos curso se o fluxo do material fosse do lado esquerdo. Por outro lado, a distância entre o tapete da posição 35 e a posição 13 é muito elevada e acresce o elevado tempo de execução da tarefa 13.

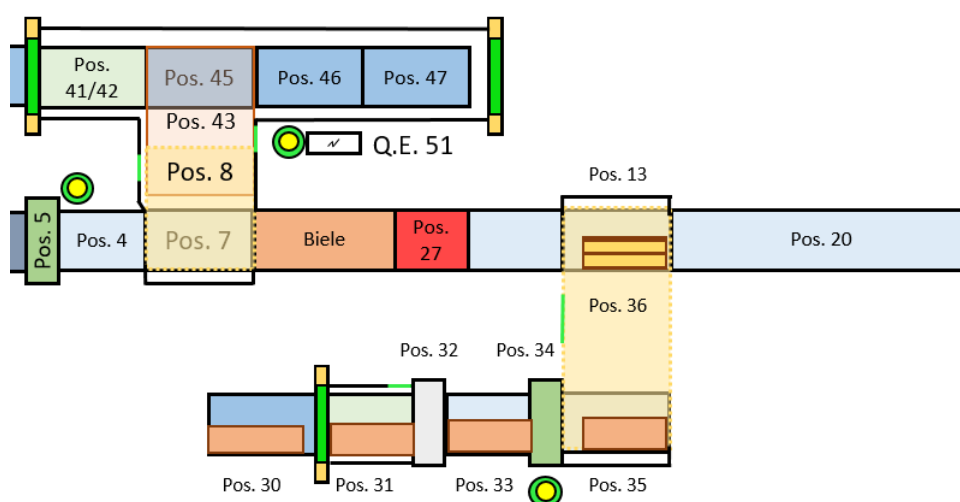


Figura 5.9: Fluxo de HDF entre a Posição 32 e 36 até ser aplicado na Posição 13.

Em suma, para encurtar o tempo de execução da tarefa em questão, teve-se em consideração estes dois pontos:

- 1 - Diminuição do tempo de indexação nas posições 33 e 35;

Para dissolver este ponto é necessário deslocar todas as posições uma determinada distância, alinhando todas as guias laterais dos tapetes que permitem a entrada de HDF com as mesas de indexação de material. A alteração da posição de uma das mesas - posição 31 encontra-se ilustrada na Figura 5.10.

- 2 - Rodar a mesa da posição 33 e da posição 35, para que a indexação do material seja à esquerda.

Com isto pretende-se que a circulação do material seja sempre à esquerda, como se pode ver na Figura 5.11, induzindo na redução na distância de curso em relação ao ponto que a posição 36 vai buscar o material.



Figura 5.10: Deslocação do tapete da Posição 31 para encurtar o curso da Posição 36.

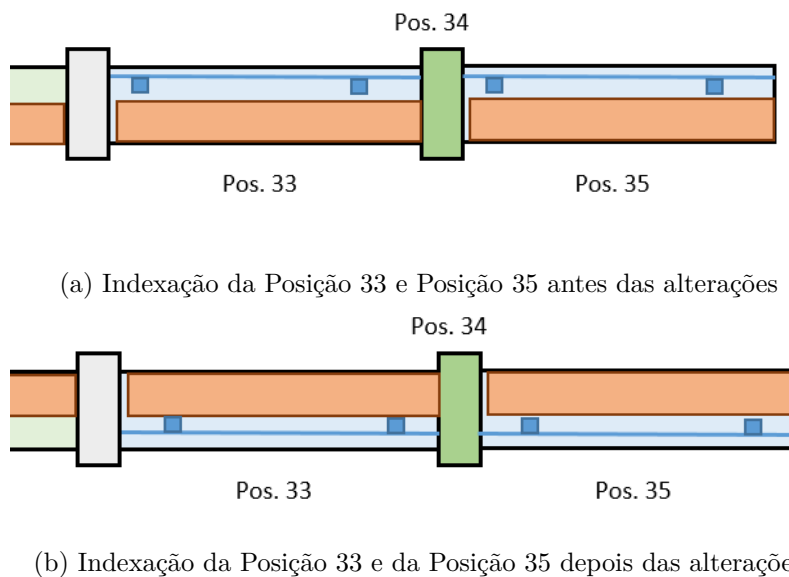


Figura 5.11: Comparação do fluxo de HDF entre a Posição 33 e a Posição 35 entre o atual e o pretendido.

5.1.4 Separador de HDF na Posição 32

Um dos grandes problemas que afeta a disponibilidade da linha de acordo com as micro-paragens é a separação de HDF na posição 32. Como introdução ao problema do sistema atual, seguem-se as etapas que constituem o ciclo de funcionamento de separação de material quando este já se encontra pronto a ser separado, *i.e.* com a mesa elevatória na posição superior:

- 1 - Dispersão de ar para separar os painéis que se encontram em cima;
- 2 - Descida do sistema de ventosa para sugar o painel superior;
- 3 - Subida do sistema de ventosa para levantar o painel sugado;
- 4 - Introdução de uma faca para certificar que o painel foi separado e para colaborar na contenção do mesmo;
- 5 - Descida de grupo de ventosas para sugar o painel separado e, quando sugado, subida do grupo;
- 6 - Introdução do painel na régua analógica para verificar se foi seccionado apenas um painel.

Tendo por base a Figura 5.12, como não há um elemento que amortença a força com a aproximação e sucção da ventosa ao painel de HDF, reverte uma elevada pressão exercida nos painéis. Deste modo, cria-se vácuo entre os vários produtos, e a ventosa acaba por pegar em mais do que uma unidade. Como resultado, é necessário os operadores fazerem ajustes no material após este ser rejeitado pela régua analógica da posição 32 e reiniciar o ciclo de separação do material. Isto resulta em pequenos tempos de paragem da linha para ajustes e na perda de disponibilidade da mesma.

Atendendo a este fator, achou-se por bem remodelar todo o sistema de separação de HDF devido ao desgaste que esta apresenta. Por outro lado, o grande objetivo reside na introdução de uma "almofada" para evitar o estrangulamento da ventosa com a aproximação ao material. Em consideração aos pontos referidos, têm-se como resultado o sistema ilustrado na Figura 5.13.

Apesar de ter sido remodelada toda a estrutura, não foram adicionados sensores de fim de curso para os cilindros pneumáticos referentes a cada componente do separador de HDF. Com isto, trocaram-se somente os cabos dos sensores que já apresentavam algum desgaste e os tubos de ar relacionados com os cilindros.



Figura 5.12: Sistema atual de separação de HDF na Posição 32.



(a) Aplicação de uma almofada para amortecer a aproximação da ventosa



(b) Remodelação da estrutura do separador de HDF

Figura 5.13: Separador de HDF da Posição 32 remodelado.

5.1.5 Problemas de qualidade na Posição 21

Sobre este ponto, como se referiu no capítulo 4 com ênfase no sub-capítulo 4.2.2, o material ao chegar ao final do tapete advém de uma velocidade muito elevada e ao colidir com o batente no final do tapete acaba por entortar o HDF em cima. Em consequência, o operador tem de alinhar constantemente o material que não está com a qualidade espectável, o que resulta em paragens consecutivas como se viu no sub-capítulo referido.

Com isto, para não reduzir a velocidade do tapete desde que é detetado material logo à entrada, o que resultava numa diminuição da cadência nesta posição, optou-se por adicionar um sensor de abrandamento no final do tapete, como se pode ver na Figura 5.14.

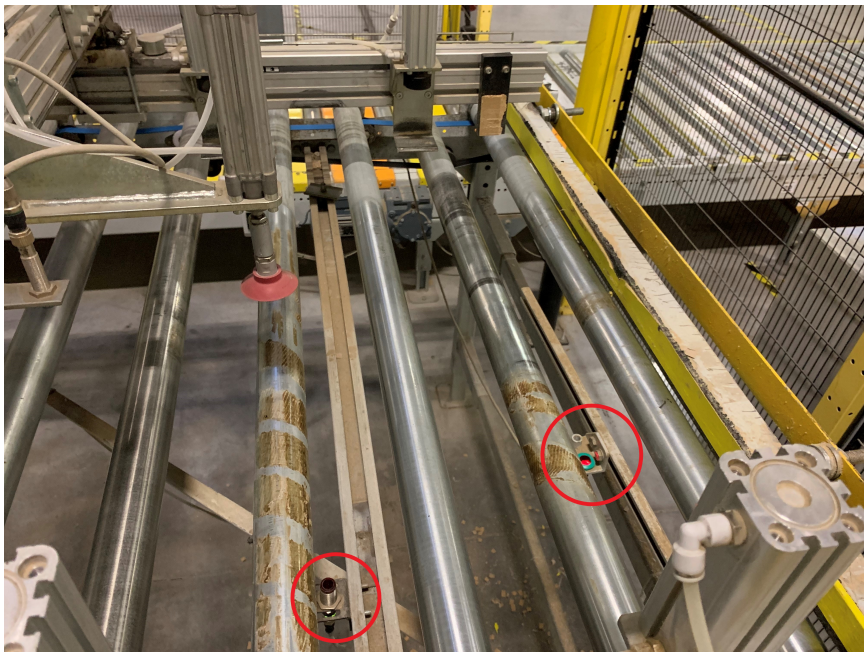
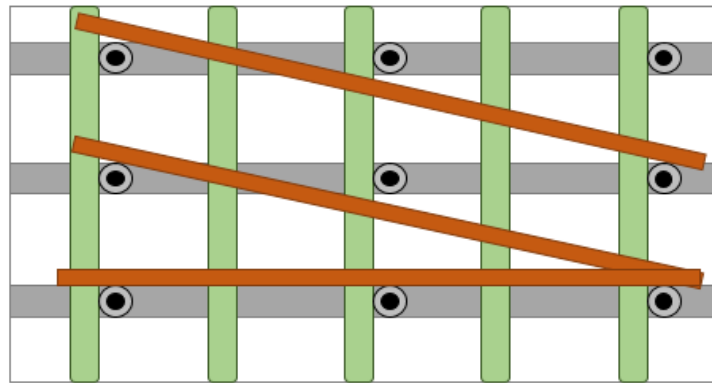


Figura 5.14: Sensor de abrandamento e de paragem na Posição 20 (sensor de abrandamento - à esquerda da figura; sensor de paragem - à direita da figura).

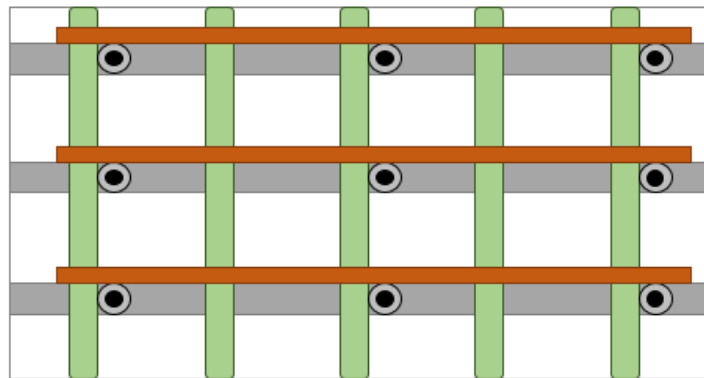
Desta forma, quando o sensor deteta o material nesta posição, reduz radicalmente a velocidade do tapete permitindo assim parar instantaneamente o material no sensor de paragem e evitando a colisão com velocidade excessiva no batente. A ligação do sensor que permite a alimentação do mesmo e o envio do sinal para a unidade de controlo quando é detetada foi empregue numa carta SIMATIC ET 200eco já existente na posição 20. Esta alteração pode-se ver na Figura H.6 presente no Anexo H.

5.1.6 Problemas para ajustes das ripas na Posição 43

Tendo em consideração este problema, como se referiu no capítulo 4 com ênfase no sub-capítulo 4.2.2, o material ao transitar entre tapetes na posição 43, devido ao desgaste das correias, as ripas estão sujeitas a sofrer desvios e a ficarem mal posicionadas quando chegam aos sensores de espera de material.



(a) Separação errada das ripas na Posição 43



(b) Separação correta das ripas na Posição 43

Legenda:

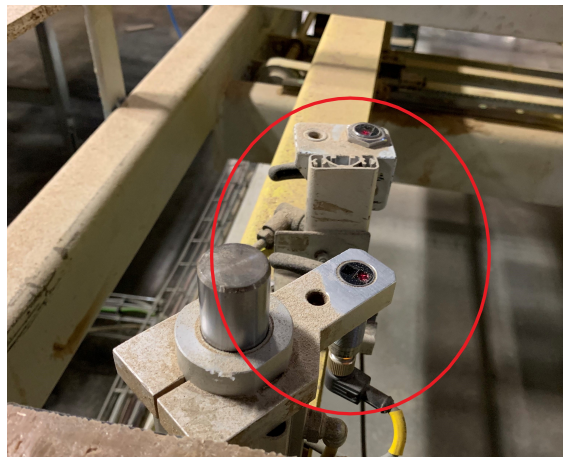
- Guia com batentes para segurar as ripas quando detetadas;
- Ripa;
- Correia de transporte de ripas.



Figura 5.16: Comparação da separação de ripas com a situação atual face ao pretendido.

Apesar do desvio das ripas, o robô da posição 8 ao detetar a presença da ripa na primeira posição faz o movimento para pegar e acaba por partir as mesmas. Com a adição de sensores para detetar ambas as extremidades das ripas, pretende-se evitar que o robô faça o ciclo de transação das mesmas enquanto estas não estiverem nas devidas posições. Como exemplo tem-se a Figura 5.16.

No caso de as correias estarem desgastadas, esta solução leva a que o operador tenha de ajustar as ripas para as devidas posições devido ao alerta que é gerado. Contudo, evita o embaraço de remover a sucata e a origem de grandes tempos de paragem. Na Figura 5.17 encontram-se representados os sensores de deteção das ripas. As ligações dos sensores que permite a alimentação dos mesmos e o envio do sinal para a unidade de controlo quando é detetada a ripa foi empregue numa carta SIMATIC ET 200eco já existente na posição 20.



(a) Sensor de acionamento dos batentes e deteção da parte dianteira da ripa



(b) Sensor de deteção da parte central/traseira da ripa

Figura 5.17: Sensores de deteção de ripas da Posição 43.

5.2 Alterações no controlo do sistema

Debatido todo o processo que se encontra por de trás das alterações físicas na máquina onde se pretendia otimizar o processo seguem-se as alterações a nível de lógica/programação. Neste sub-capítulo serão abordadas as condições de programação que facultaram as alterações mecânicas e as que proporcionam um tempo ciclo mais eficaz para tarefas mais específicas.

5.2.1 Integração do indexador com pré-referenciação na Posição 7

Como já foi referido previamente, o processo de indexação de material na posição 7 não continha qualquer mecanismo automatizado para o ajuste do indexador mediante a referência do produto. Tratava-se de um processo impróprio por custar algum tempo para fazer a indexação de material, refletindo-se na redução da produtividade da linha em questão.

Desta forma, para o novo sistema implementado, mediante a largura do produto é implícito um ponto de referenciação quando os operadores fazem o *setup*. Considerando este aspeto, segue-se o fluxograma que representa a lógica aquando a referenciação do indexador na Figura 5.18.

Incidindo sobre o fluxograma, os operadores em cada *setup* têm de escolher a receita para o produto que pretendem. Atendendo às características do produto, relacionando a largura do mesmo e a margem relativa ao curso dos cilindros do indexador é definido um ponto de referência. Desta forma, selecionada a receita, todos os atuadores da linha vão ao seu ponto máximo. Por atuadores entende-se todos os elementos com ajuste de posição através de *encoder* que precisam de atingir um ponto de referência (no caso do indexador da posição 7 é o seu ponto máximo, ou seja, 1000 mm) para aferir a sua posição. Depois disto, os atuadores retornam para um ponto de referência definido de acordo com a receita. Quando atingida esta posição, a linha encontra-se referenciada e pronta para operar, caso esteja abastecida com matéria prima. Para clarificar o fluxograma, o excerto do programa de cada operação encontra-se no Anexo I com a respetiva abordagem.

Como já foi referido anteriormente, o ajuste automático da posição do indexador só é necessário na fase de *setup* da máquina. Este processo é imprescindível face à flexibilidade exigida pela diferença de larguras entre os vários produtos. Após o indexador estar em posição, considerando a compensação perante a largura do produto, a indexação é efetuada apenas com a atuação dos cilindros pneumáticos. Desta forma, seguindo o fluxograma exposto na Figura 5.19, quando é detetado um produto no tapete da posição 7, se o indexador estiver recuado (sensores dos cilindros estão ativos), é iniciado o processo de indexação do material. Após a indexação, o robô da posição 8 vai buscar as ripas à posição 43 para aplicar no material. Com a aplicação das ripas, os cilindros do indexador recuam e é dada a permissão para o

material seguir para a posição subsequente, ficando a posição 7 novamente habilitada para rececionar um novo produto.

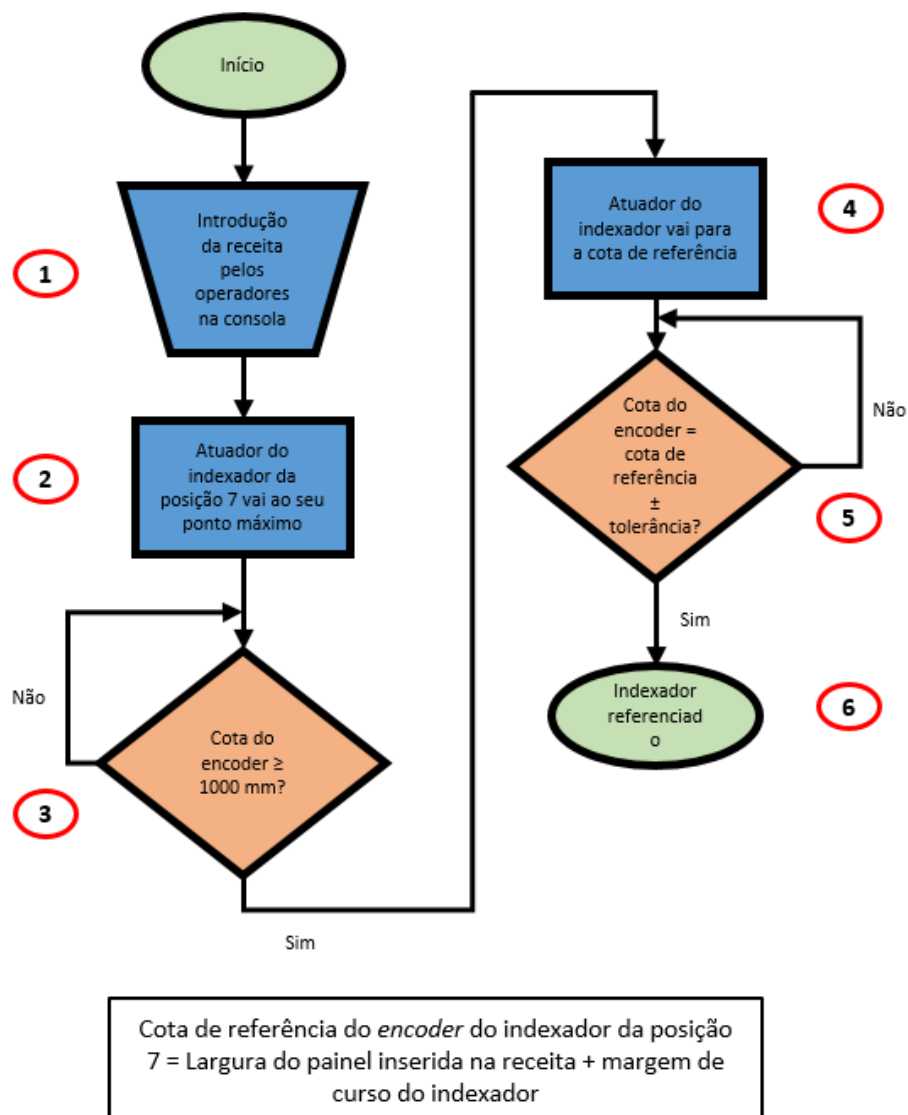


Figura 5.18: Fluxograma sobre o funcionamento de referenciação do indexador da Posição 7.

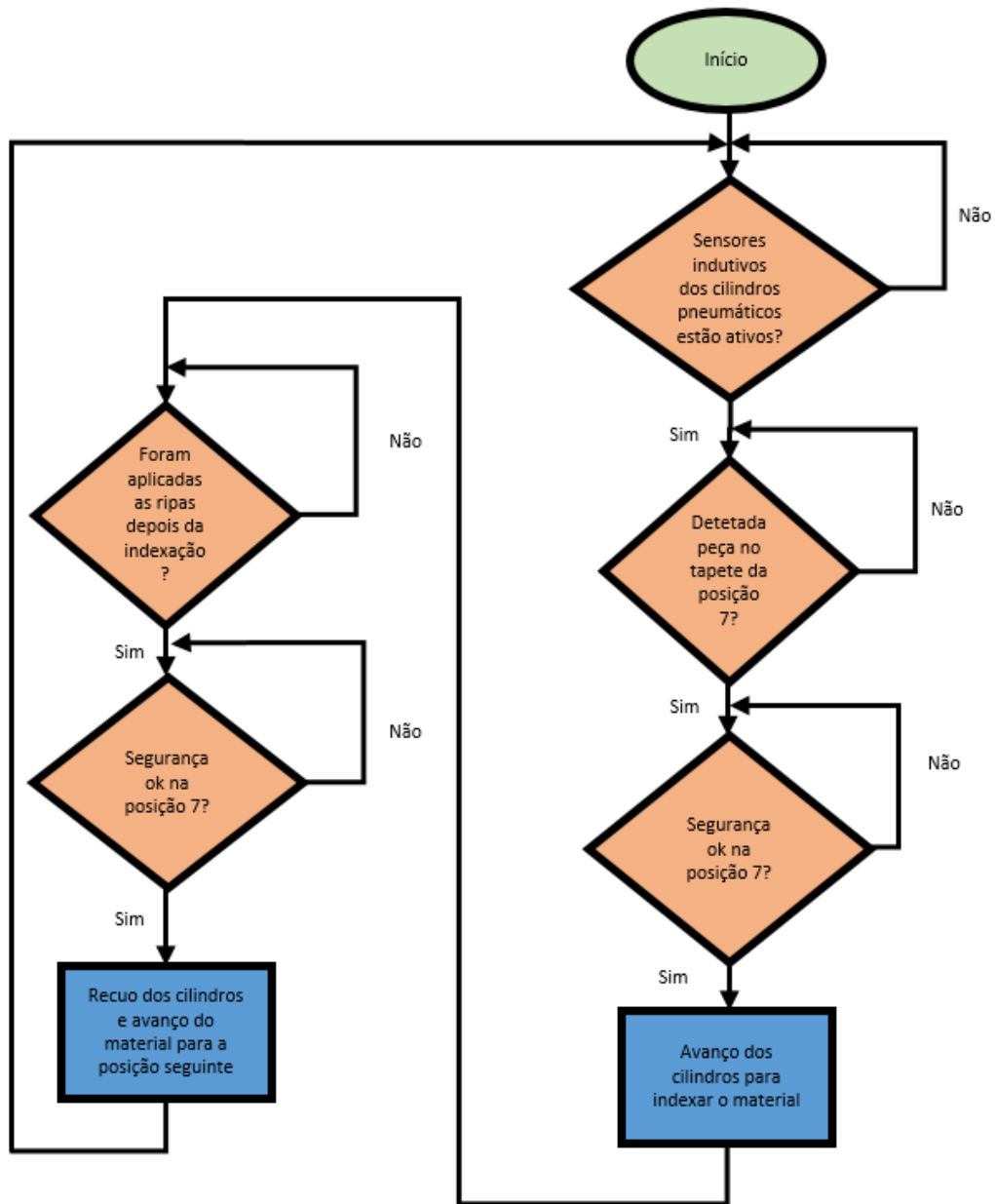


Figura 5.19: Fluxograma de uma porção do programa que retrata o funcionamento dos cilindros do indexador.

Relativamente ao bloco do programa alusivo à indexação de material na posição 7, este encontra-se ilustrado na Figura 5.20. Nesta porção de código é verificada a posição do indexador com a relação do estado dos sensores indutivos dos cilindros. No caso dos cilindros estarem recuados, *i.e.*, estão os sensores “=7-SI2.1” e “=7-SI2.2” ativos, com a entrada de material na posição 7 (DB207.DBX22.0) e satisfeitas

as condições de segurança (DB100.DBX1.4) inicia-se o processo de indexação do material, colocando-se a nível lógico alto a memória M101.0 e a nível lógico baixo a memória M101.1. Com a resposta da posição 8 face à aplicação das ripas no material que se encontra em espera, é imposto o estado de que o material encontra-se pronto para seguir para a próxima posição (DB207.DBX24.7). Com isto, se a segurança naquela posição estiver garantida, coloca-se a nível lógico baixo a memória M101.0 e a nível lógico alto a memória M101.1.

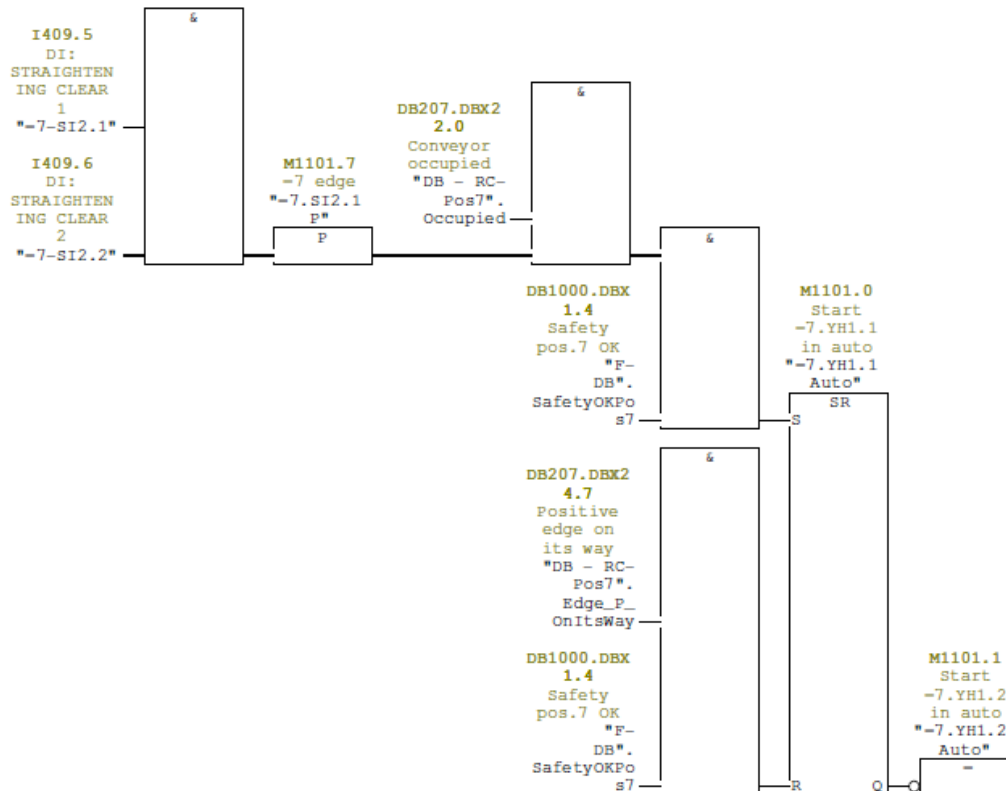


Figura 5.20: Porção do programa relacionada com a atuação dos cilindros do indexador.

Em consequência, a configuração do variador de frequência do indexador e a porção do código para habilitar a translação encontram-se no Anexo J.

5.2.2 Ajuste no ponto de admissão de HDF Posição 36

Com a finalidade de encurtar o curso de translação do robô que desloca o último painel de HDF e aplica no resto do produto, teve de se alterar o fluxo de translação do produto para o lado esquerdo dos tapetes. Como foi referido no sub-capítulo

anterior, para este propósito foi necessário rodar as mesas com os indexadores para permitir a indexação do material do lado esquerdo.

Com a rotação da mesa 35, onde é feita uma nova indexação, a cota onde o robô da posição 36 vai buscar o painel de HDF tem de ser alterada para todas as receitas. No caso de um produto que tem 789 mm de largura, segue-se como exemplo a Figura 5.21. Para este painel, considerando a sua largura, o valor da cota de pega do material era de 655 mm para a receita que já se encontrava previamente criada. Desta forma, para esta receita é necessário adicionar uma compensação de 25 mm aos 655 mm ($655+25=680$ mm) para que a soma da largura do painel com esta distância seja igual à distância entre o ponto zero antigo e o novo (1469 mm = $789+680$). Para novas receitas a solução é praticamente a mesma. Como temos de fazer um ajuste em relação ao ponto zero de 1469 mm, a solução passa por subtrair a este valor a largura do painel, ou seja, para o exemplo em questão $1469-789=680$ mm.

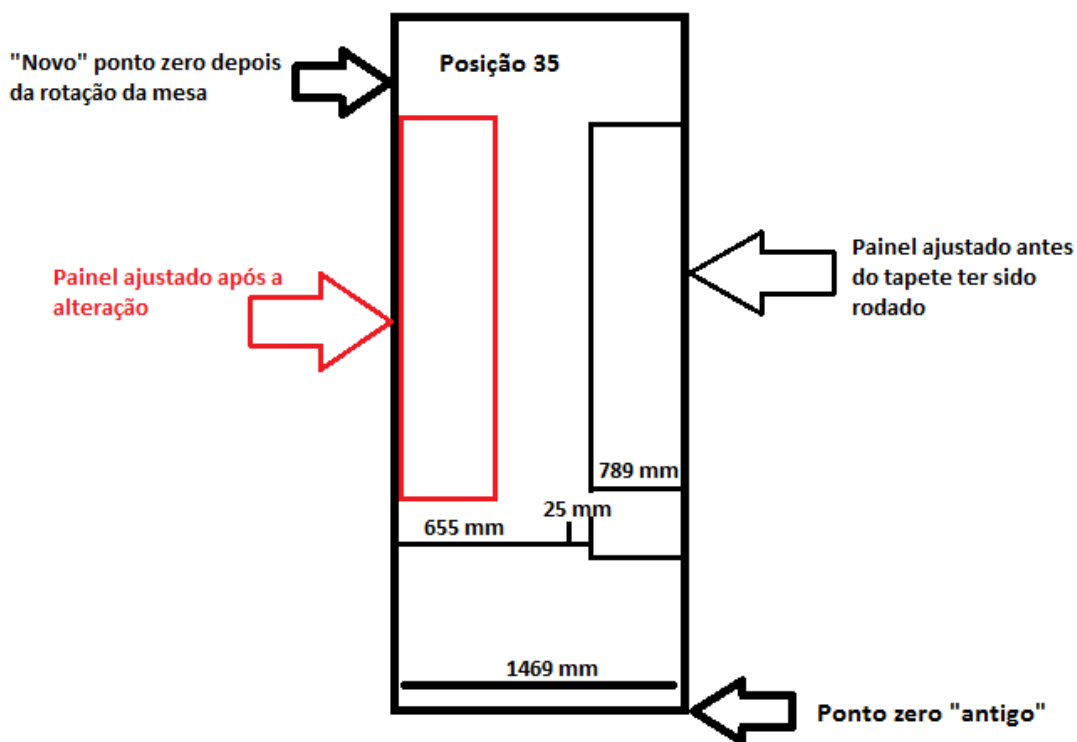


Figura 5.21: Dimensionamento da cota de pega de material pela Posição 36.

Para alterar a cota da posição na qual o robô tem de ir buscar o painel de HDF, os operadores acedem ao menu da consola representado na Figura 5.22 e alteram o parâmetro que se encontra contornado a vermelho de acordo com as observações

referidas anteriormente.

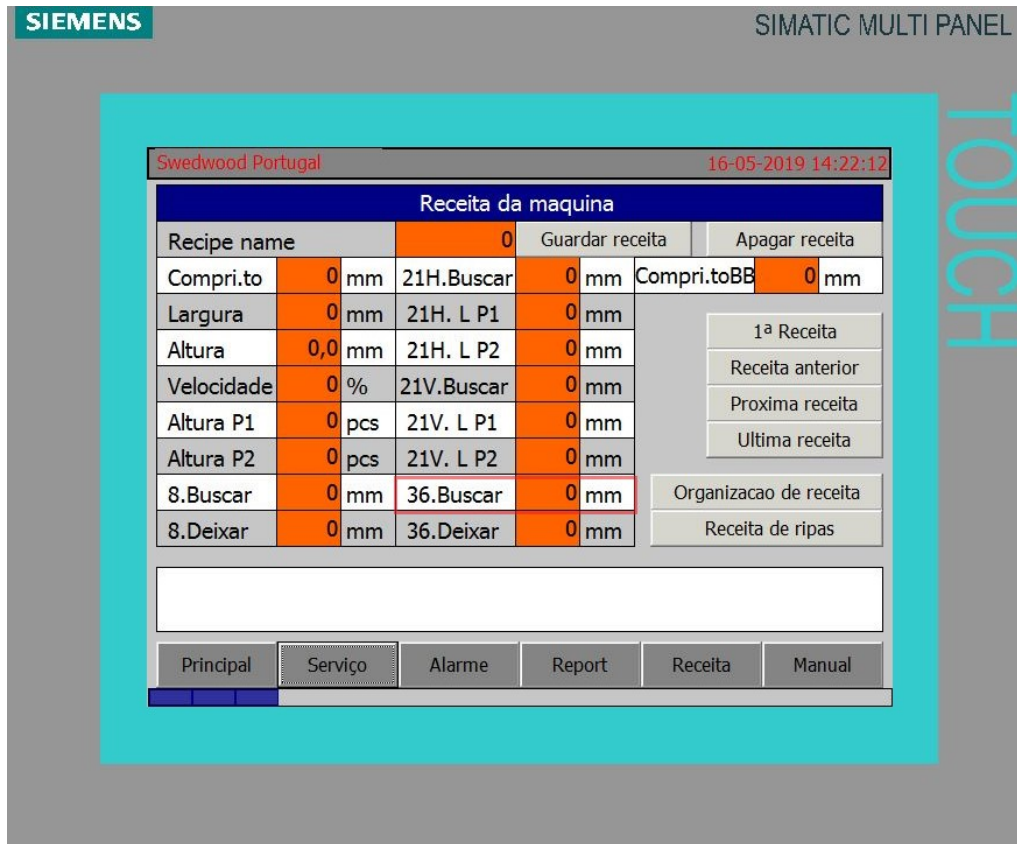


Figura 5.22: Menu de criação/edição de receitas.

5.2.3 Integração da condição de redução de velocidade na Posição 20

Uma das causas de redução da disponibilidade da máquina por parte dos operadores resume-se aos ajustes no material relacionados com a falta de qualidade dos produtos à saída, *i.e.*, nas posições 18 e 19. O problema de qualidade resulta na força de colisão do material no batente que se encontra no final do tapete da posição 20. A velocidade da linha é elevada a tal ponto de as rampas definidas no variador de frequência não serem suficientes para estagnar o material quando este é detetado pelo sensor. Sob a condição de não mexer nas rampas do variador de frequência impondo uma possível condição de esforço, optou-se por adicionar um sensor de redução de velocidade.

Com isto, considerando o fluxograma presente na Figura 5.25, no caso de o tapete da posição 20 se encontrar com uma ordem de translação e mediante a deteção de material por parte do sensor responsável pela redução de velocidade, é aplicado um

fator de redução face à velocidade atual da linha. A porção do programa que ilustra a redução de velocidade face às condições anteriormente referidas encontra-se ilustrado na Figura 5.23 e na Figura 5.24.

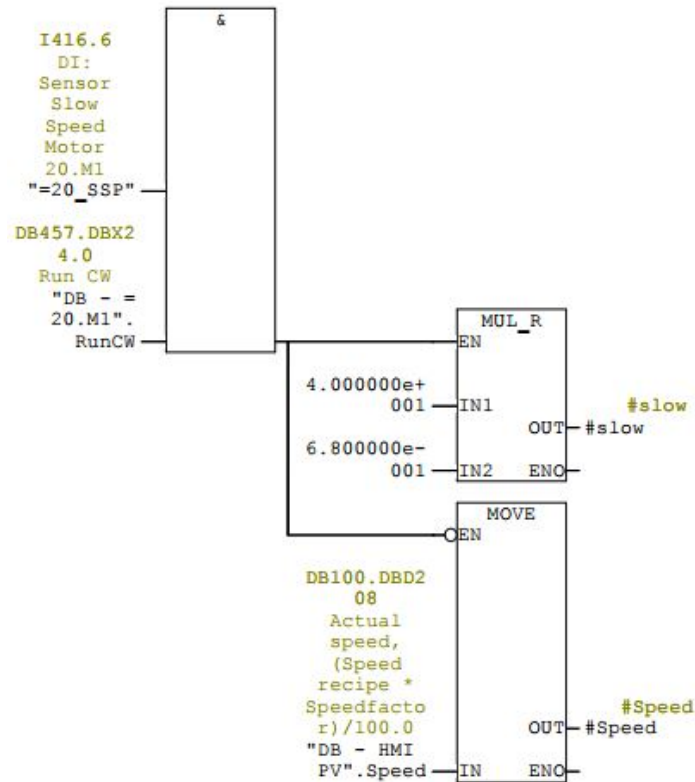


Figura 5.23: Porção do programa relacionada com a redução da velocidade quando é detetado material.

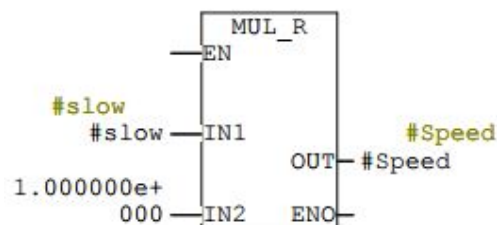


Figura 5.24: Aplicação do fator de redução à velocidade do tapete da Posição 20.

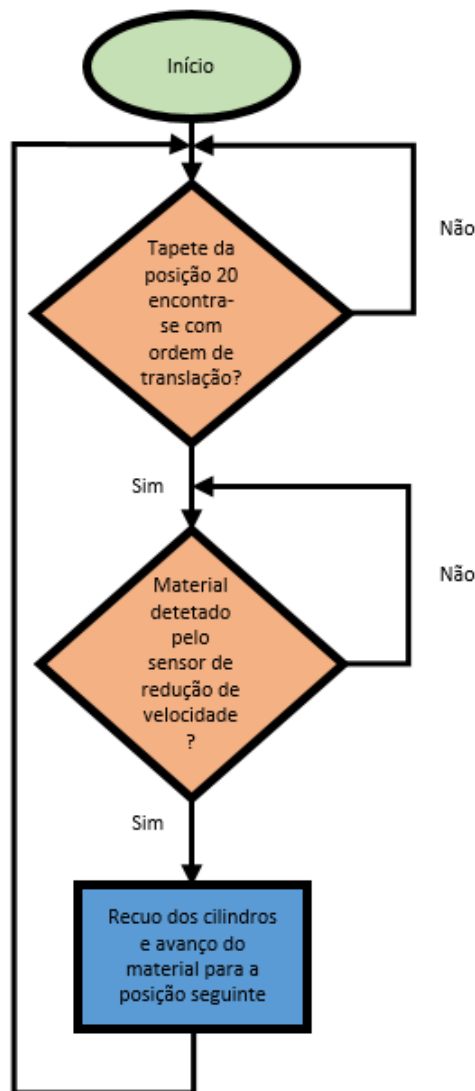


Figura 5.25: Fluxograma de uma porção do programa que retrata a redução de velocidade do tapete da Posição 20.

5.2.4 Integração da detecção de ripas tortas na Posição 43

Na posição 43, devido ao desgaste das correias de transporte, por vezes as ripas deslizam na transição entre os tapetes e acabam por torcer. No sistema anterior, a condição de se verificar as ripas apenas na extremidade superior era suficiente para o robô da posição 8 iniciar o processo de transporte. Como já foi referido, no caso de elas se encontrarem numa posição incorreta, o robô ao iniciar o sistema de pega acaba por danificar as mesmas causando um grande volume de sucata e um transtorno acrescido para a sua remoção.

Com a aplicação de sensores em cada extremidade no ponto de espera de cada ripa, evita o movimento do robô no caso de existir alguma fora de posição. Para este modelo, resulta a Figura 5.26, a Figura 5.27, a Figura 5.28 e a Figura 5.29 que correspondem, respetivamente, à porção principal do fluxograma para o funcionamento atual desta posição, à porção de deteção de ripas na posição 1 e na posição 2, à componente de deteção de ripas na posição 3 e às restantes condições previamente impostas para o robô da posição 8 executar a sua operação. É também de referir que os sensores adicionados correspondem às referências “=43-SH8”, “=43-SH9” e “=43-SH10”.

A Figura 5.30 ilustra a componente do programa relacionada com estas condições impostas. Nesta figura, as primeiras condições que se encontram no canto superior direito são alusivas à deteção das ripas por parte dos sensores que foram acrescentados. Mediante a sua validação, são respeitadas as restantes condições, *i.e.*, a verificação dos batentes, que suportam as ripas nas várias posições, têm de estar em cima e as ripas têm de sofrer uma pequena indexação para se certificar que estão devidamente posicionadas a ponto de serem deslocadas. Para esta verificação de indexação, ainda na mesma figura, tem-se à atuação da saída Q449.5 sob a condição de um pequeno *delay*, alusivo ao temporizador T207, para permitir a indexação das ripas antes de estas serem movidas.

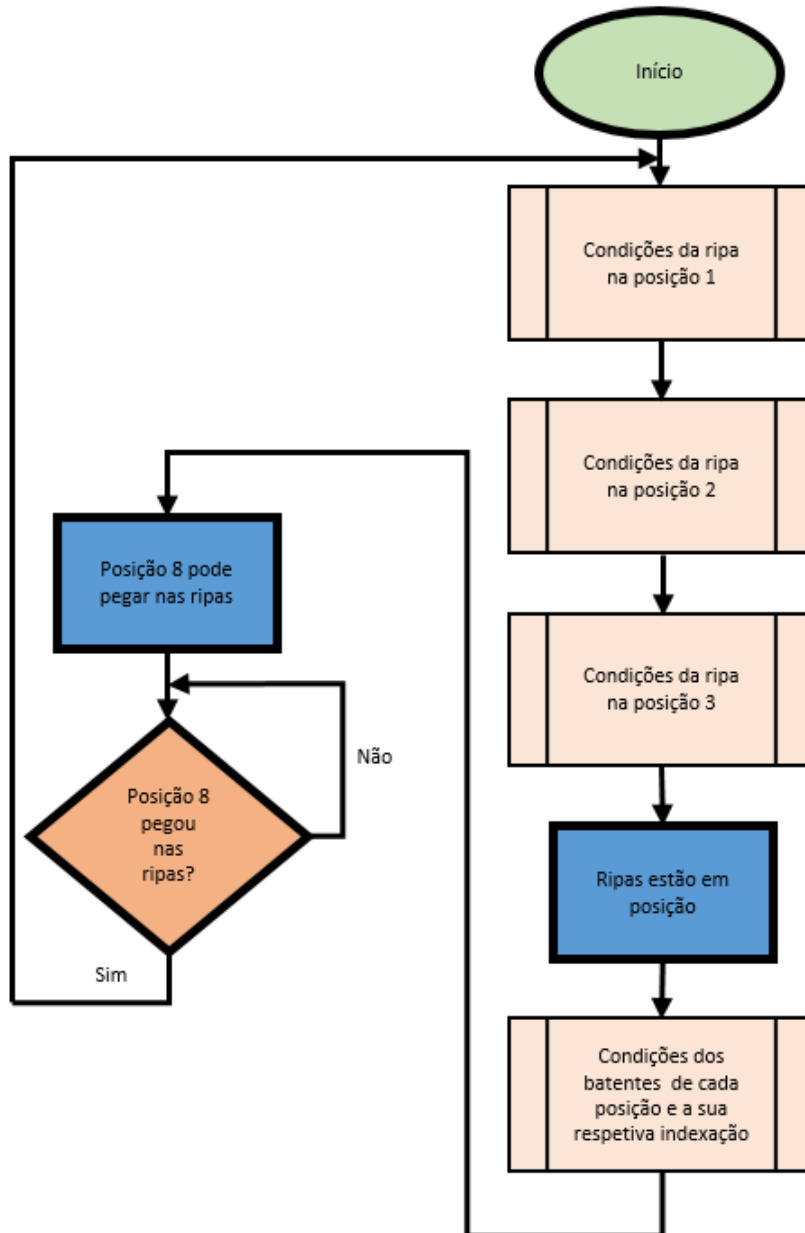


Figura 5.26: Porção do fluxograma de uma parte do programa que retrata a permissão de o robô da Posição 8 para pegar nas ripas.

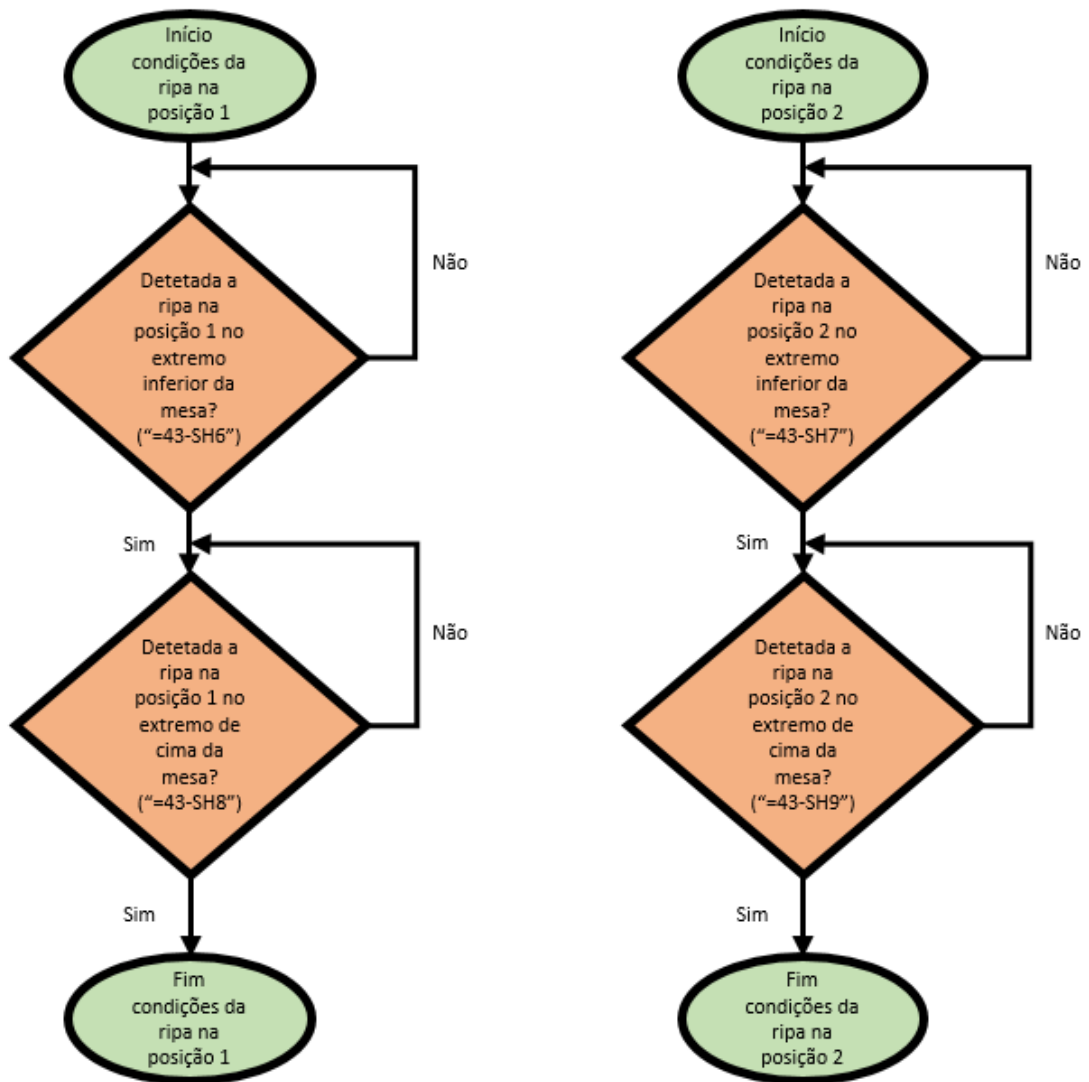


Figura 5.27: Porção do fluxograma correspondente à deteção das ripas na posição 1 e na posição 2.

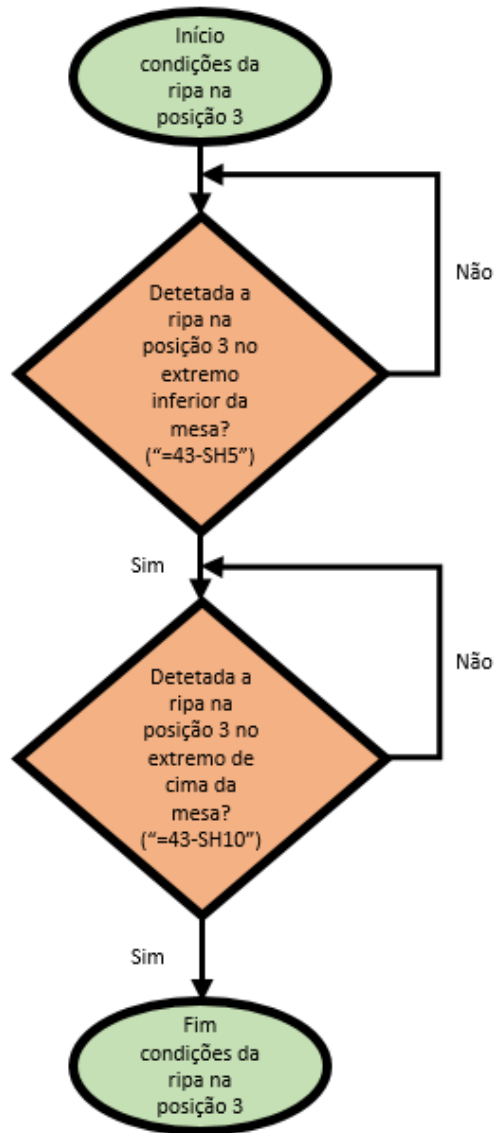


Figura 5.28: Porção do fluxograma correspondente à detecção das ripas na posição 3.

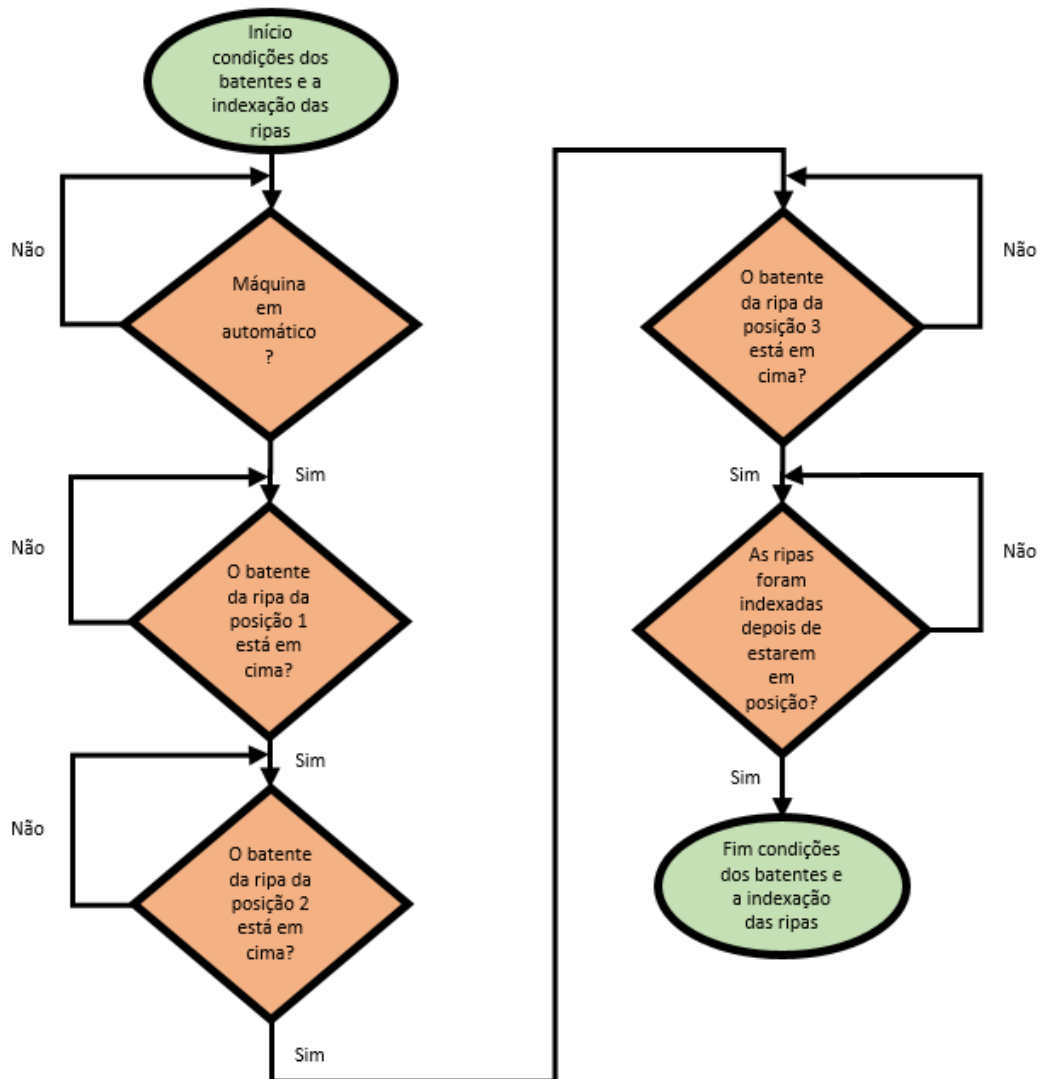


Figura 5.29: Porção do fluxograma correspondente às condições de indexação e dos batentes.

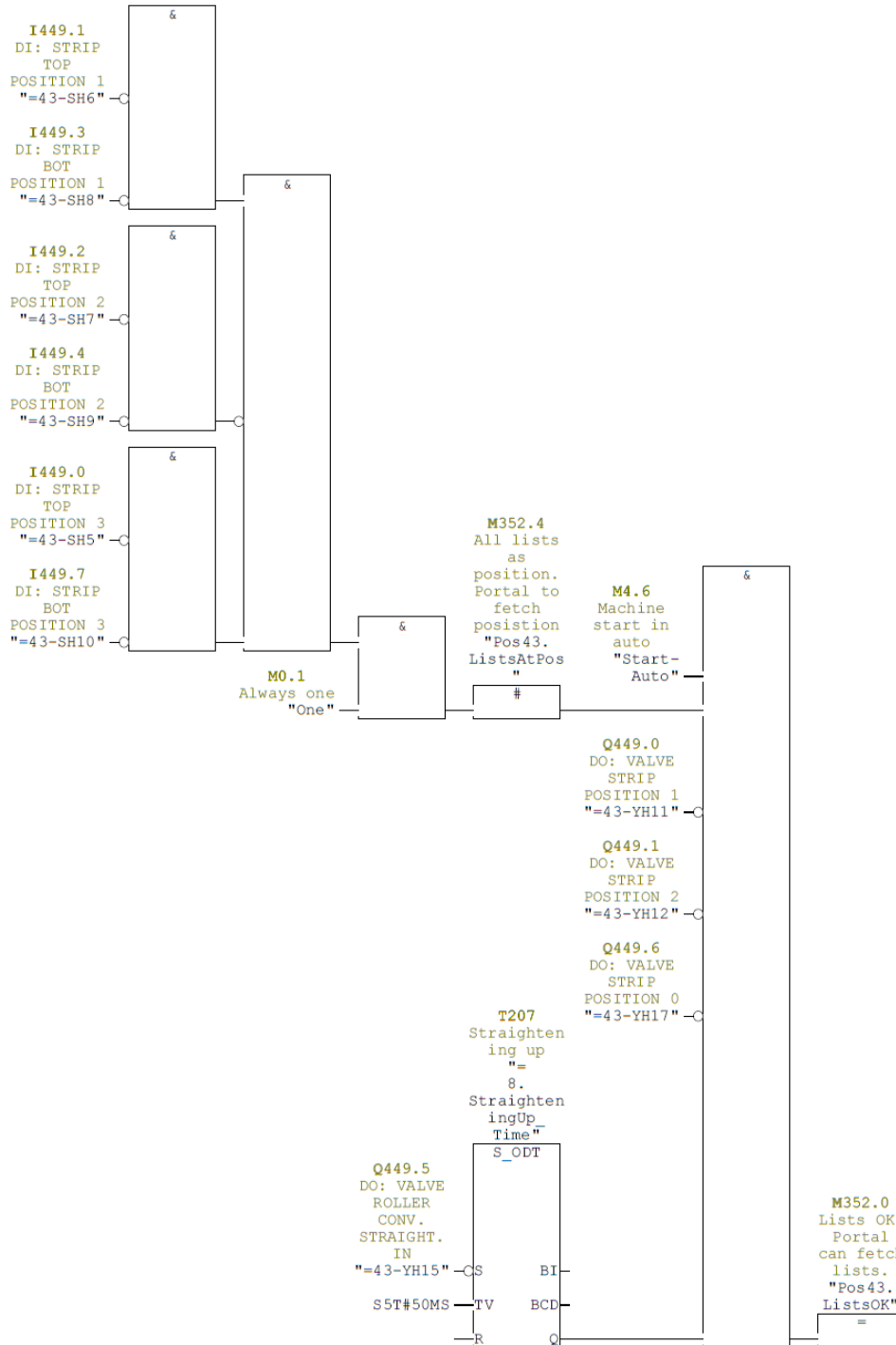


Figura 5.30: Parte do programa que retrata a permissão de o robô da Posição 8 para pegar nas ripas.

Capítulo 6

Discussão das melhorias impostas ao sistema e Desenvolvimentos Futuros

Neste capítulo tiram-se ilações do trabalho realizado face aos resultados obtidos. Consequentemente, neste último capítulo também são referidas as dificuldades sentidas com realização do projeto e apontam-se possíveis futuras melhorias.

6.1 Reflexão sobre os tempos de ciclo da linha e o resultado da produtividade

Atendendo ao estudo realizado no capítulo 4 com ênfase no sub-capítulo 4.2.1, definiu-se um indicador para o tempo de ciclo que tinha de ser reduzido. Em revisão a essa análise por cronometragem determinou-se que, através do valor médio dos tempos de amostragem para cada tarefa, o *bottleneck* da linha era a tarefa 5. Em consideração ao tempo de ciclo dessa tarefa chegou-se à conclusão que o número de peças obtidas por minuto pela linha eram aproximadamente 4,6 peças. Após as alterações mencionadas no capítulo anterior, com principal foco às que afetavam a produtividade da linha, fez-se um novo estudo por cronometragem para determinar qual era o estado da linha após a automação e redefinição de algumas operações. Desta forma, as tarefas que foram definidas nesse mesmo capítulo mantiveram-se, *i.e.*, um total de 15 tarefas, assim como o número de amostragens mínimas: 5 amostras por cada tarefa. Como consequência, o resultado da anotação dos tempos de execução de cada tarefa segue-se na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Cronometragem dos tempos de execução de cada tarefa após as alterações na linha.

Tarefa	Cronometragem 1 (s)	Cronometragem 2 (s)	Cronometragem 3 (s)	Cronometragem 4 (s)	Cronometragem 5 (s)
1	11,13	11,31	11,21	11,34	11,27
2	7,58	7,41	7,37	7,42	7,43
3	9,53	9,49	9,43	9,56	9,44
4	7,21	6,92	7,14	7,05	6,98
5	11,05	11,12	10,98	11,08	11,02
6	11,28	11,32	11,36	11,31	11,24
7	9,32	9,27	9,41	9,35	9,25
8	7,34	7,42	7,37	7,25	7,39
9	9,42	9,34	9,51	9,37	9,46
10	9,76	10,02	9,96	9,81	10,06
11	9,25	9,09	9,12	9,04	9,24
12	8,22	8,02	8,15	8,09	8,13
13	9,37	9,46	9,56	9,25	9,33
14	11,28	11,37	11,19	11,41	11,34
15	10,23	10,17	10,14	10,21	10,31

Em continuação à análise por cronometragem para cada tarefa, determinou-se qual era o valor médio face às cinco amostras realizadas. O resultado encontra-se na Tabela 6.2.

Tabela 6.2: Valor médio das amostras realizadas para os tempos de execução de cada tarefa após as alterações na linha.

Tarefa	Média (s)
1	11,25
2	7,44
3	9,49
4	7,06
5	11,05
6	11,30
7	9,32
8	7,35
9	9,42
10	9,92
11	9,15
12	8,12
13	9,39
14	11,32
15	10,21

Atendendo à Tabela 6.2, considerando que atualmente a tarefa mais demorada é a tarefa 14 e que o seu tempo de ciclo é de 11,32 segundos, pode-se deduzir que o número de peças obtidas por minuto nesta linha é o que se segue na equação (6.1).

$$NPC_{Atual} = \left(\frac{\text{Tempo a considerar}}{\text{Tempo de ciclo}} \right) = \frac{60 \text{ s}}{11,32 \text{ peças/s}} = 5,30 \text{ peças} \quad (6.1)$$

Contemplando o NPC determinado antes de terem sido feitas alterações relativamente ao valor atual, pode-se determinar qual foi o aumento em termos percentuais do *output*. Com isto, segue-se o resultado na equação (6.2).

$$\begin{aligned} \text{Aumento do output (\%)} &= \left(\frac{NPC_{Atual}}{NPC_{Antigo}} - 1 \right) \times 100 = \quad (6.2) \\ &= \left(\frac{5,30 \text{ peças/s}}{4,58 \text{ peças/s}} - 1 \right) \times 100 = 15,72 \text{ \%} \end{aligned}$$

Com incidência na variável de produtividade, ao considerar-se a diferença entre os NPC, pode-se determinar em quanto se reflete o aumento de *output* por turno, *i.e.*, 8 horas de trabalho. Deduzindo o tempo de conceção para os operadores almoçarem (definido como 30 minutos), segue-se o resultado na equação (6.4).

$$\begin{aligned} \text{Aumento de peças por minuto} &= (NPC_{Atual} - NPC_{Antigo}) \times 60 \text{ s} = \quad (6.3) \\ &= (5,30 \text{ peças/s} - 4,58 \text{ peças/s}) \times 60 \text{ s} = 43,20 \text{ peças/min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Aumento de peças por turno} &= \text{Aumento de peças por minuto} \times \quad (6.4) \\ &\quad \times \text{Horas de trabalho} = \end{aligned}$$

$$= 43,20 \text{ peças/min} \times (8h - 0,5h) = 324 \text{ peças/turno}$$

Tendo como objeto de estudo o resultado obtido na equação (6.4), é evidente o impacto originado pelas alterações que foram implementadas. Para um dia de trabalho, considerando que a IKEA Industry Portugal tem em ativo três turnos de trabalho, ainda se torna mais evidente este resultado. Contudo, existe uma atenuante relacionada com a disponibilidade da máquina que pode ser afetada por todos os fatores que concebem paragens, como por exemplo, ajustes, afinações, avarias elétricas e mecânicas, entre outros. Desta forma, ter-se-á em consideração este detalhe no sub-capítulo seguinte.

6.2 Reflexão sobre a disponibilidade da máquina

Em semelhança ao que já foi referido no capítulo 4, existem certos aspetos que afetam a disponibilidade da linha e em consequência a eficiência da mesma. Em análise a este ponto e em resposta aos dados referidos no sub-capítulo 4.2.2, foram levantadas novamente as características de desempenho, disponibilidade e eficiência da máquina e a Figura 6.1 ilustra o resultado entre a semana 2 e 17 do ano de 2019.



Figura 6.1: Análise dos KPI da linha de produção entre a semana 2 e 17 do ano de 2019.

Tendo ainda em consideração a figura, em comparação ao estado da linha antes de terem sido feitas as alterações (alusão à Figura 4.14 presente no capítulo 4), é evidente agora a estabilidade do desempenho da linha no período de tempo definido, tal como a melhoria significativa da disponibilidade. No entanto, será feito um estudo a cada conjunto de semanas que completa um mês sobre todos os problemas que ainda afetam a disponibilidade. Por fim, será exposta uma comparação do número de horas que a linha esteve indisponível antes de se ter iniciado o projeto e após terem sido feitas as alterações.

Começando pela análise de cada conjunto de semanas, no que diz respeito ao intervalo entre a semana 2 e 5 de 2019, que diz respeito ao mês de janeiro de 2019,

os resultados da paragem encontram-se na Tabela 6.3.

Tabela 6.3: Motivos de paragem entre a semana 2 e 5 de 2019 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório dos tempos de paragem [min]
Sem carga planeada	4540,17
Refeição/Lanche	1041,78
Ajustes/afinações	554,78
Micro-paragem	480,50
Setup de produto	407,92
Reunião planeada	390,62
Falha componente elétrico	374,35
Autocontrolo	278,43
Troca de ferramenta/consumíveis	248,75
Não justificada	161,83
Outros	125,18
Falta de semi-produto	119,98
Falha componente pneumático	97,80
Incêndio	95,82
Semi-produto NOK	82,47
Limpeza	74,75
Reparação de componentes	63,58
Falta de matéria prima	60,00
Falha componente software	59,82
Não planeado	53,72
1ª peça OK	44,40
Falta de peça na máquina	25,20
Erro de programação	15,12
Desgaste	8,10
Matéria prima NOK	8,08
Falha componente mecânico	7,05
Grande Total	9420,20

Equiparando os tempos de paragem para ajustes/afinações e micro-paragens, entre as semanas 35 e 49 de 2018, com os dados obtidos e representados na Tabela 6.3 nota-se uma diferença significativa. É evidente que um mês de estudo não é suficiente para se afirmar que o sistema encontra-se estável. Desta forma, as restantes amostras depois das alterações impostas à linha de produção, *i.e.*, desde a semana 6 à 17 de 2019, seguem-se no Anexo K. Com o propósito de percepção desta mesma análise, segue-se a Figura 6.2 que demonstra o peso de cada motivo para as paragens através de um gráfico.

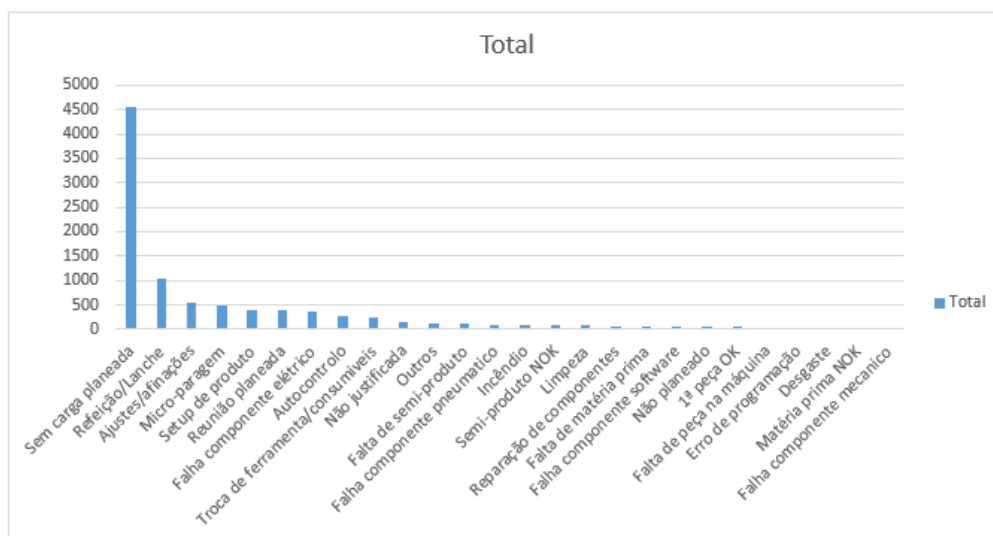


Figura 6.2: Análise gráfica dos minutos de paragem entre a semana 2 e 5 de 2019 com o correspondente motivo.

No entanto, de forma a verificar se realmente houve sucesso na redução dos tempos de micro-paragem e paragens face à necessidade de os operadores precisarem de fazer ajustes/afinações, fez-se um levantamento da quantidade de tempo que os operadores usaram para a realização destas operações antes da otimização da máquina e após isso. Os resultados seguem-se na Figura 6.3 e Figura 6.4, respetivamente.

Tabela 6.4: Notas de paragem dos operadores para ajustes e afinações entre a semana 35 e 49 de 2018.

Motivos	Somatório dos tempos de paragem [min]
Ajustes/afinações	3506,63
Micro-paragem	4210,47
Outros	22150,98
Grande Total	29868,08

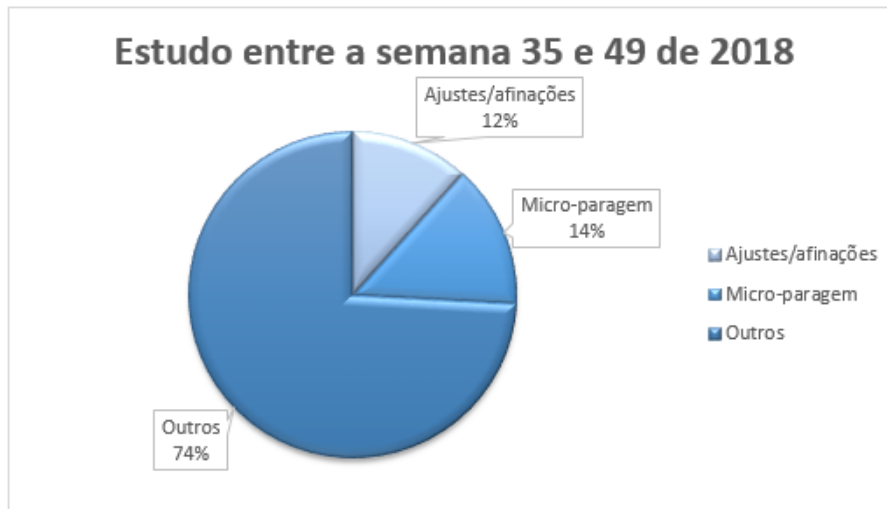


Figura 6.3: Análise do tempo perdido em ajustes/afinações e micro-paragens antes da otimização da linha.

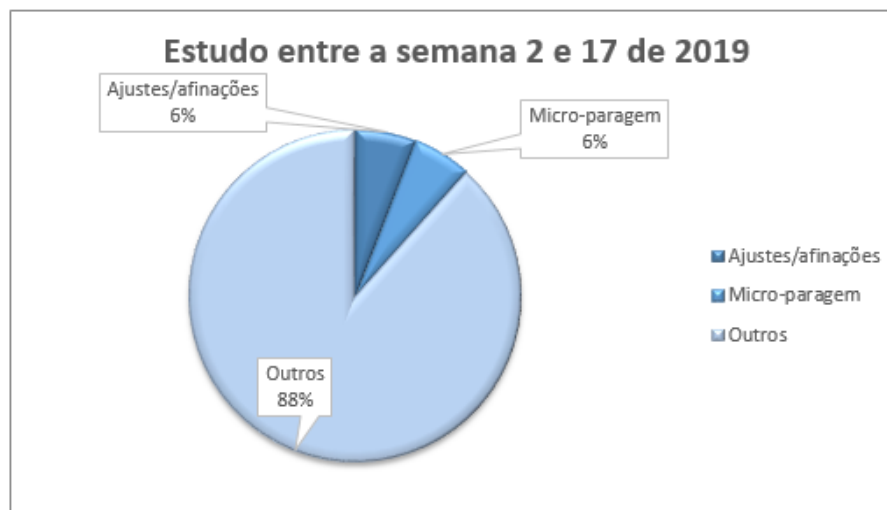


Figura 6.4: Análise do tempo perdido em ajustes/afinações e micro-paragens após a otimização da linha.

Fazendo-se o confronto entre a Tabela 6.4 e a Tabela 6.5 é evidente a diferença entre os tempos perdidos por parte dos operadores com os ajustes e afinações. Isto demonstra que as alterações praticadas melhoraram significativamente a disponibilidade da máquina, *i.e.*, os operadores não têm a necessidade de estar constantemente a parar a máquina para resolver alguns dos problemas que foram referidos.

Tabela 6.5: Notas de paragem dos operadores para ajustes e afinações entre a semana 2 e 17 de 2019.

Motivos	Somatório dos tempos de paragem [min]
Ajustes/afinações	2011,63
Micro-paragem	1948,67
Outros	30100,45
Grande Total	34060,75

6.3 Conclusão

Durante a realização desta dissertação, a *IKEA Industry Portugal* sentiu a necessidade de conceber um projeto para otimizar e atualizar uma das suas linhas de produção.

Dentro da otimização da linha, conseguiu-se melhorar a sua produtividade em cerca de 16 %, o que resulta num aumento de *output* ao fim de 24 horas de trabalho, *i.e.*, três turnos, em aproximadamente 968 peças. Uma melhoria claramente significativa no que diz respeito a este requisito. Relativamente à disponibilidade da linha, que certamente afeta a eficiência, um dos principais focos era diminuir drasticamente os tempos desperdiçados pelos operadores em ajustes e afinações em resposta a determinados problemas. Com isto, definiu-se um tempo de amostragem de 14 semanas para se conseguir identificar de forma ilustre quais eram os principais problemas. Em consideração aos problemas identificados, juntamente com o departamento de Processos e com o departamento de Engenharia Industrial definiu-se quais deviam ser as prioridades e que opções se poderiam considerar para colmatar estes tempos perdidos. Atendendo à decisão tomada, verificou-se uma melhoria significativa da disponibilidade da máquina levando, desta forma, ao principal objetivo: a melhoria da eficiência da linha.

Com a normalização/otimização de alguns postos de trabalho, nomeadamente a posição 21, a posição 32 e a posição 43, conseguiu-se dar resposta a alguns problemas identificados pelos operadores. Com a sua resolução, obteve-se algum progresso nos princípios da ergonomia aplicados à produção. Claramente que a constante necessidade de ajustes/afinações da máquina exige mais do operador durante o seu turno. É necessário que este esteja constantemente atento a várias operações em curso e que consiga atuar, quando necessário, para evitar a produção de grandes volumes de sucata. Em resultado destas alterações, verifica-se uma redução do esforço exercido pelos colaboradores ao longo do turno, e num conseqüente aumento da satisfação dos mesmos em relação ao seu posto de trabalho.

Relativamente ao levantamento de todo o *hardware* da máquina e à sua possível

remodelação, este não foi realizado com tanto sucesso. Trata-se de uma solução de investimento elevado visto que grande parte dos equipamentos da linha estão em *phase-out* ou até mesmo descontinuados. Um dos outros grandes motivos por não se ter avançado com esta solução resume-se à quantidade de tempo e disponibilidade necessária da máquina para renovar todo o *hardware*. Contudo, definitivamente esta é uma melhoria a ser estudada no futuro.

Por fim, a oportunidade de realizar um projeto com um peso tão elevado numa empresa como a *IKEA Industry Portugal* para além de ter permitido o primeiro contacto com a indústria permitiu aplicar conhecimentos adquiridos durante o percurso académico. Consequentemente, a presente dissertação revelou-se a oportunidade de desenvolvimento de competências profissionais relacionadas com temas que nunca tinham sido induzidos a aplicar e de compreender até ao momento. Sem dúvida um tema que se tornou uma mais valia.

6.4 Desenvolvimentos Futuros

Neste sub-capítulo são referidos alguns dos problemas que foram identificados e que são uma possível preocupação para a empresa relativamente à disponibilidade da máquina. Consequentemente, são referidas as possíveis soluções para a sua resolução.

6.4.1 Análise dos equipamentos descontinuados

Apesar de não se incidir num dos principais problemas que afetam a eficiência da linha, a descontinuação dos equipamentos integrados no *hardware* pode ser um indício de preocupação para a empresa. Na realidade, grande parte dos equipamentos já se encontram em fase de descontinuação e/ou estão mesmo fora do mercado. Em resposta a este problema segue-se como referência o email de um dos comerciais da SIEMENS na Figura L.1, presente no Anexo L [16].

Alguns dos equipamentos presentes no *hardware* seguem-se na seguinte lista:

- Carta de controlo ICU24F - unidade que faz toda a parte de controlo do variador de frequência IMP25; tanto a nível de segurança como a nível de sinais;
- Variador de frequência IPM25.

Quantidades instaladas na LAMEK:

- Carta de controlo ICU24F - 18 unidades;
- Variador de frequência IPM25:
 1. 6SL3225-0SE22-2UA2 - 7 unidades;

2. 6SL3225-0SE17-5UA2 - 11 unidades.

Atualmente, ainda existe uma garantia de *stock* de duas unidades para cada modelo dos variadores de frequência referidos anteriormente. O comprovativo encontra-se na Figura L.2, que se manifesta no Anexo L.

No que se refere às cartas de controlo destes variadores, a IKEA *Industry* Portugal não tem nenhum artigo em armazém, possuindo apenas duas unidades no departamento de Manutenção para trocar no caso de se danificar alguma. Como se trata de um modelo descontinuado, a SIEMENS disponibiliza-se para substituir ou reparar este artigo, com a consoante de entrega do que se encontra estragado, até 2021. Contudo, cada permuta de um artigo danificado por um reparado tem um custo imposto pela SIEMENS. O orçamento encontra-se ilustrado na Figura L.3 do Anexo L.

No que diz respeito à alternativa para os variadores de frequência em estudo, a SIEMENS com o lançamento dos novos produtos para o mercado descontinuou o conceito de embutir estes equipamentos com os módulos de comunicação e controlo ET200S [16]. Desta forma, a única solução de substituição dos modelos IPM25 consiste na utilização de variadores de frequência *standalone* em que a permuta de sinais digitais mantinha-se com as ET200S, mas a alimentação do mesmo e a alimentação do motor era independente. Com incidência na Figura L.4, que se encontra no Anexo L, é perceptível o conceito de alimentação do modelo IPM25, *i.e.*, a alimentação é empregue numa linha destinada à alimentação dos variadores de frequência correspondentes ao modelo referido.

Partindo para uma solução juntamente com o suporte do fabricante, chegou-se à conclusão que o modelo adequado com referência ao conceito *standalone* é o G120C como se pode ver no email ilustrado pela Figura L.5 presente no Anexo L. Atendendo que as referências de potência para os modelos instalados na máquina são de 0,75 kW e 2,2 kW, seguem-se os respetivos orçamentos no mesmo anexo. Como já foi referido, esta remodelação implica alterações tanto a nível da alimentação do variador como o protocolo de comunicação e a interface com o controlo de segurança imposto pela carta ICU24F. Portanto, aquando a implementação desta solução o programa da unidade de controlo (a nível de ligações no *hardware* e a nível da lógica do programa) tem de ser retificado. Relativamente às possíveis ligações com este novo modelo, segue-se um exemplo na Figura L.8 que também se encontra no Anexo L.

Para o extremo de se reformular todo o *hardware* descontinuado, atendendo às unidades referidas anteriormente do modelo IMP25, ou seja, sete unidades de 2,2 kW e onze unidades de 0,75 kW, o custo de investimento ronda os 8552 euros. Contudo, neste orçamento não são referidos os custos associados à cablagem tanto para os variadores de frequência e para os motores, como para o *switch* de rede e a cablagem para a comunicação *Profinet*.

6.4.2 Reformulação dos novos NPC para cada produto

Naturalmente que com as sucessivas alterações à máquina e com o desgaste que esta vai sofrendo a longo prazo, os NPC definidos pelo fabricante acabam por ficar desatualizados. Desta forma, periodicamente, de acordo com as características dos produtos, este princípio de contabilização do *output* esperado deveria ser reavaliado para manter a viabilidade dos dados contabilizados ao longo do processo produtivo. Os NPC atualmente definidos para cada produto produzido na LAMEK encontram-se representados no Anexo M.

6.4.3 Desgaste da máquina

Como foi comprovado ao longo desta Dissertação, grande parte dos problemas que originavam as sucessivas paragens da máquina deviam-se ao desgaste que estava apresentava. Apesar de se ter resolvido alguns desses problemas e atenuado outros, há uma grande necessidade de se aplicar uma revisão a nível mecânico na LAMEK. Embora não se tivesse detalhado este aspeto, verificam-se grandes cursos de transporte de material nesta máquina e, com o desgaste dos rolos de transporte, tapetes e correias, deduz-se que o material comece a deslizar em determinadas posições e/ou que não tenha aderência suficiente aos rolos e acabe por não ter a velocidade que se pretende.

Uma das outras preocupações e que foi identificada depois de se ter aplicado uma nova análise por cronometragem à linha, foi a identificação do novo *bottleneck*. Com referência à tarefa 14, identificada na análise do problema da máquina, esta está inteiramente relacionada com o transporte de material semi-acabado entre duas posições. Apesar de se estar a falar de uma distância de transporte de aproximadamente 10 m, é sempre plausível notificar a manutenção para prestar atenção ao desgastes nos elementos de transporte da máquina que afetam claramente a eficiência a longo prazo.

Bibliografia

- [1] IKEA, “History - IKEA”, (Consultado a fevereiro de 2018). Disponível em: http://www.ikea.com/ms/en_AU/about_ikea/the_ikea_way/history/. [cited at p. 7]
- [2] IKEA, “O Conceito IKEA - A Ideia”, (Consultado a fevereiro de 2018). Disponível em: http://www.ikea.com/ms/pt_PT/this-is-ikea/the-ikea-concept/index.html. [cited at p. xv, 8]
- [3] IKEA, “Sobre o Grupo IKEA - IKEA”, (Consultado a fevereiro de 2018). Disponível em: http://www.ikea.com/ms/pt_PT/this-is-ikea/about-the-ikea-group/index.html. [cited at p. 8]
- [4] IKEA *Industry*, “Inter IKEA Group” (Consultado a fevereiro de 2018). Disponível em: <http://inter.ikea.com/en/inter-ikea-group/ikea-industry/>. [cited at p. 9]
- [5] IKEA *Industry* Portugal, “IKEA Industry investe sete milhões em 18.240 painéis fotovoltaicos”, (Consultado a fevereiro de 2018). Disponível em: <http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/ikea-industry-investe-sete-milhoes-em-18-240-paineis-fotovoltaicos-186046>. [cited at p. xv, 9]
- [6] Ávila, P., Cavaco, I., 2008. “Processo Conceito e Fundamentos” (Consultado a abril de 2018). Disponível em: Estudo de Tempos e Métodos, Moodle - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto [cited at p. xv, 16]
- [7] Silva, M., 2012. “Estudo dos métodos e simplificação do trabalho” (Consultado a maio de 2018). Disponível em: Estudo de Tempos e Métodos, Moodle - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto [cited at p. 19, 20, 21, 22, 23]
- [8] Barnes, R. M., 1977. “Motion and Time Study”, John Wiley and Sons, Inc., 3th Ed. (Consultado a julho de 2018). [cited at p. xvii, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 102, 104, 105, 110, 111, 112, 113]

- [9] Suresh, N., 2008. "Production and operations management", New Age International (P) Limited, Publishers, 2th Ed. (Consultado a julho de 2018). [cited at p. xvii, 103]
- [10] Palit, H. C., Setiawan, Y., 2013. "Methods Improvement for Manual Packaging Process" (Consultado a julho de 2018). [cited at p. 22]
- [11] Maynard, H. B., 1970. "Maynard Manual de Engenharia de Produção" - Editora da Universidade de São Paulo (Consultado a julho de 2018). [cited at p. 24]
- [12] M. Silva, 2012. "A medida do trabalho" (Consultado a julho de 2018). Disponível em: Estudo de Tempos e Métodos, Moodle - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto [cited at p. 23, 26]
- [13] Anis, G. C., 2010. "A Importância dos Estudos de Tempos e Métodos para Controle da Produtividade e Qualidade" (Consultado a julho de 2018). [cited at p. 25]
- [14] SIEMENS, 2008. "SIMATIC Distributed I/O System ET 200S", (Consultado a abril de 2019). Disponível em: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/1144348/simatic-distributed-i-o-system-et-200s?dti=0&lc=en-WW> [cited at p. 52]
- [15] SIEMENS, 2012. "SIMATIC ET 200 - SIMATIC Distributed I/O", (Consultado a abril de 2019). Disponível em: https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/brochure/en/brochure_simatic-et200_en.pdf [cited at p. 52]
- [16] SIEMENS, 2011. "Announcement of the phase-out of the frequency converters for the SIMATIC ET 200S system", (Consultado a abril de 2019). Disponível em: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/57337446/announcement-of-the-phase-out-of-the-frequency-converters-for-the-simatic-et-200s-system?dti=0&lc=en-WW> [cited at p. 89, 90]
- [17] SIEMENS, 2006. "Frequency Converter ET 200S FC", (Consultado a junho de 2019). Disponível em: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/technika_pohonu/decentralizovane_pohony/frekvencni_menic_et_200s_fc/manual_et_200s_fc_10_2006_en.pdf [cited at p. xix, 161]
- [18] SIEMENS, 2014. "SINAMICS G120, SIMATIC ET200S, MICRO-MASTER 4: Acyclic reading and writing parameters of the frequency inverters via PROFINET and PROFIBUS", (Consultado a junho de 2019). Disponível em: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/29157692/sinamics-g120-simatic-et200s-micromaster-4%3A-acyclic-reading-and-writing-parameters-of-the-frequency-inverters-via-profinet-and-profibus?dti=0&lc=en-WW> [cited at p. xix, 164]

- [19] SIEMENS. “Fail-safe CPUs”, (Consultado a maio de 2019). Disponível em: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10044650?tree=CatalogTree> [cited at p. xviii, 128]
- [20] SIEMENS, 2009. “PROFIBUS Network Manual”, (Consultado a maio de 2019). Disponível em: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/591/35222591/att_105793/v1/mn_pbnets_76.pdf [cited at p. xviii, 128, 129, 130]
- [21] SIEMENS, 2010. “ECOFAST System and PROFIBUS DP - Hybrid fieldbus interface Manual”, (Consultado a maio de 2019). Disponível em: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/091/43376091/att_5089/v1/Hybrid_Fieldbus_Interface_Manual_en-US.pdf [cited at p. xviii, 129, 131]
- [22] SIEMENS, 2004. “ET 200S Distributed I/O System Manual”, (Consultado a maio de 2019). Disponível em: http://www1.siemens.cz/ad/current/content/data_files/automatizacni_systemy/prumyslove_automatizacni_systemy_simatic/decentralni_periferie/simatic_et_200s/manual_et_200s_12_2004_en.pdf [cited at p. xviii, 132, 133]
- [23] SIEMENS, 2004. “Distributed I/O ET 200eco Distributed I/O Device Operating Instructions”, (Consultado a maio de 2019). Disponível em: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/834/12403834/att_344/v1/et200eco_operating_instructions_en-US_en-US.pdf [cited at p. xviii, 133, 134]
- [24] SIEMENS, 2018. “SIMATIC ET 200eco PN M12 Y-cable and M12 Y-connector”, (Consultado a Junho de 2019). Disponível em: <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/109481362?c=117885896971&lc=en-WW> [cited at p. xviii, 135, 136]
- [25] SIEMENS. “STARTER Commissioning Software”, (Consultado a Junho de 2019). Disponível em: <https://w3.siemens.com/mcms/mc-solutions/en/engineering-software/starter-commissioning-tool/pages/starter-commissioning-tool.aspx> [cited at p. 147]

Anexos

Anexo A

Fluxo de materiais *Foil*

Neste anexo segue-se um diagrama de processos do fluxo *Foil*. Ao longo do diagrama são referidas todas as matérias primas necessárias para permitir a realização de cada operação aplicada às diferentes áreas do fluxo. Consequentemente, para se ter uma perceção do conjunto de áreas distribuídas ao longo do fluxo são discriminadas neste mesmo diagrama. Por último, é de referir que todos os processos de inspeção ao longo do fluxo são dependentes dos operadores. Atualmente a empresa recorre a uma grande quantidade de mão de obra para a realização de inspeção nos seus produtos e que, a longo prazo, poderia ser reduzida com a aplicação de sistemas de análise das peças com visão artificial. O motivo de a empresa ainda não ter apostado em grande escala no desenvolvimento destes sistemas resume-se à dificuldade em comprovar o retorno com a sua aplicação, *i.e.*, se realmente é viável traduzir o trabalho dos operadores por um sistema de visão artificial.

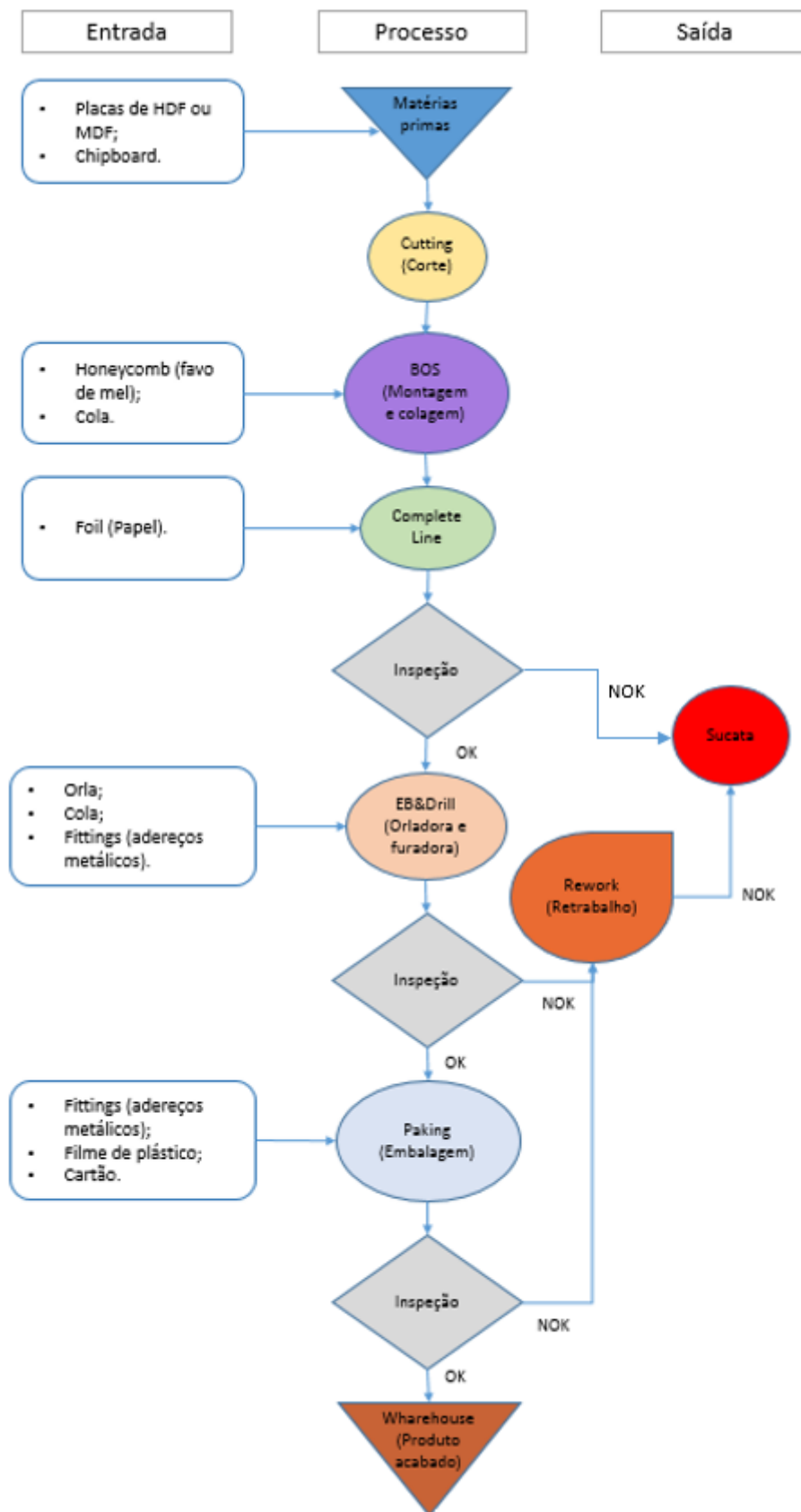


Figura A.1: Diagrama de processo do fluxo *Foil*.

Anexo B

Exemplos de gráficos de atividade

No caso da Figura B.1, está ilustrado um exemplo de um gráfico de Homem-Máquina para uma atividade de furação. Neste exemplo verifica-se que enquanto o operador executa o processo de preparação da matéria prima que pretende trabalhar, a máquina encontra-se no estado de espera pela ordem de furação por parte do operador. De seguida, após todo este processamento, enquanto a máquina executa a furação da matéria prima, o operador aguarda o fim do processamento visto que não tem nenhuma atividade pendente. Após o final da operação da máquina, este remove a peça já trabalhada para iniciar uma nova operação.

Com base neste gráfico é possível reter que o operador encontra-se maioritariamente parado enquanto aguarda a operação de maquinação. Desta forma, conclui-se que o mesmo colaborador conseguia lidar com a operação de uma outra máquina em paralelo, tirando-se proveito do tempo que este se encontra em fase de espera.

Tendo o último exemplo como base, segue-se um exemplo de um gráfico de atividade múltipla na Figura B.2, em que um operador opera duas máquinas - uma de lavar roupa e outra de secar. Neste caso, é adaptado apenas um recurso de gestão de matéria prima em função de dois elementos de maquinação tirando-se maior proveito do desempenho do operador.

MAN AND MACHINE CHART

Drill Hole in Casting

Man	Machine
1. Pick up piece, place in jig, clamp, lower drill, throw in feed. Time, $\frac{1}{2}$ minute. (GET READY)	Idle
Idle	2. Drill $\frac{1}{2}$ -inch hole in piece. Power feed. Time, 2.5 minutes. (DO)
3. Raise drill, remove piece, dispose, blow chips out of jig. Time, $\frac{3}{4}$ minute. (PUT AWAY OR CLEAN UP)	Idle

SUMMARY

	Man	Machine
Idle time	2.50 minutes	1.25 minutes
Working time	1.25	2.50
Total cycle time	3.75	3.75
Utilization in per cent	Operator utilization = $\frac{1.25}{3.75} = 33\%$	Machine utilization = $\frac{2.50}{3.75} = 67\%$

Figura B.1: Exemplo de um gráfico de Homem-Máquina [8].

Multiple Activity Chart

<i>Time</i>	<i>Operator</i>	<i>Machine 1 Washer</i>	<i>Machine 2 Dryer</i>
Repeat Cycle	Load clothes and detergent in to Machine 1	Being loaded	Idle
	Idle	Run	Idle
	Remove clothes from Machine 1	Being unloaded	Idle
	Load clothes into Machine 2	Idle	Being loaded
	Load clothes and detergent into Machine 1	Being loaded	Run
	Idle	Run	Run
	Remove clothes from Machine 2	Idle	Being unloaded
	Hang clothes	Idle	Idle

Figura B.2: Exemplo de um gráfico de atividades múltiplas [9].

Os gráficos de duas-mãos permitem fazer uma análise detalhada de todas as tarefas manuais que são realizadas tanto pela mão esquerda como pela mão direita de forma sequencial. No exemplo de montagem de materiais para fixar cabos representado na Figura B.4, as atividades são descritas com a utilização de círculos grandes para operações e círculos mais pequenos para movimentos ou deslocamentos de materiais. Ainda sobre a mesma figura, as atividades descritas estão relacionadas com o manuseio de todos os componentes ilustrados na Figura B.3. Na figura, encontra-se uma identificação de cada componente que, posteriormente, são referidas no exemplo de montagem. A identificação encontra-se legendada da seguinte forma:

- A - U *bolt* - parafuso em U;
- B - *casting* - fundido;
- C - *nuts* - porcas hexagonais.



Figura B.3: Acessórios utilizados na operação resumida pelo gráfico de Duas-Mãos [8].

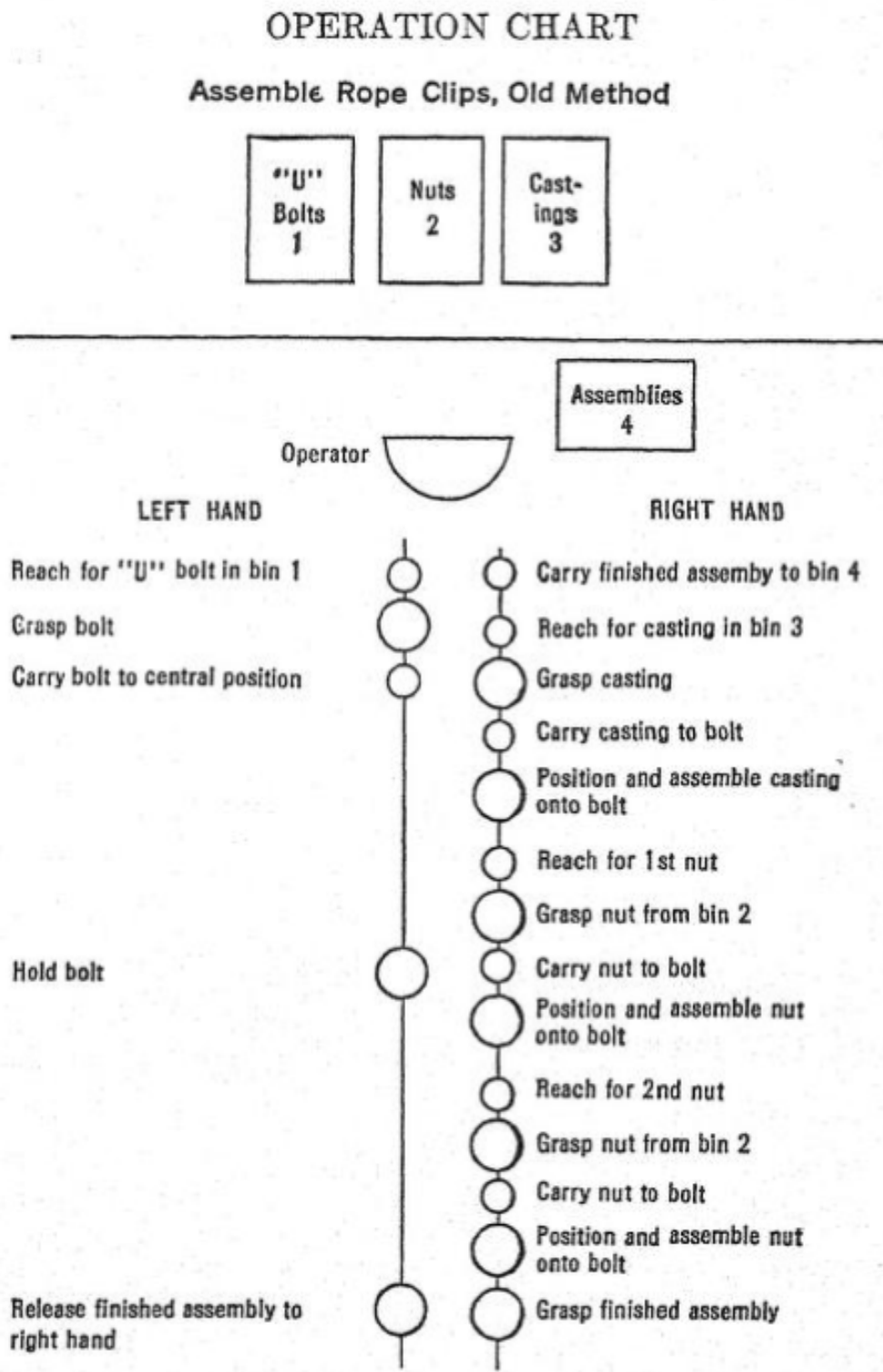


Figura B.4: Exemplo de um gráfico de Duas-Mãos [8].

A seguir segue-se um exemplo *Check list* que tem em consideração todos os aspetos que são importantes para ter o melhor desempenho na realização de uma determinada tarefa.

- Materiais
 1. Pode ser usado um material mais barato?
 2. O material apresenta uniformidade e encontra-se em condições adequadas quando chegou às mãos do operador?
 3. As dimensões, o peso e o acabamento do material são as mais viáveis a nível económico face às características exigidas?
 4. O material é todo utilizado?
 5. Pode-se reutilizar os desperdícios e as peças rejeitadas?
 6. As quantidades de material e de peças em *stock* podem ser reduzidas?
- Manuseio de materiais
 1. Pode-se reduzir o quantidade de vezes que o material é movimentado?
 2. Pode-se encurtar a distância percorrida pelo material?
 3. O material é rececionado, transportado ou armazenado em condições adequadas? O recipiente que o abrange está sempre limpo?
 4. O operador tem que aguardar pela chegada do material?
 5. O operador pode ser aliviado pelo transporte do material com recurso a transportadores?
 6. Pode-se reduzir ou eliminar deslocações de material desnecessárias?
 7. É possível eliminar a necessidade de deslocação do material com a alteração do *layout* ou com a reformulação do processamento das operações?
- Ferramentas e acessórios
 1. As ferramentas são adequadas para este trabalho?
 2. As ferramentas encontram-se em boas condições?
 3. No caso de uso de ferramentas de corte de metal, encontram-se bem afiadas e, caso contrário, existe um local apropriado para o fazer?
 4. Pode-se introduzir novas ferramentas e acessórios a ponto de o operador menos experiente as conseguir manusear?
 5. Ambas as mãos estão ocupadas quando o operador utiliza as ferramentas?
 6. Pode-se usar mecanismos de transporte das ferramentas?
 7. Pode-se simplificar a organização das ferramentas?

- Máquina

- A *Setup*

- 1º Deve ser o próprio operador a fazer o *setup* da máquina?
 - 2º Pode-se reduzir o número de *setups*?
 - 3º Os operadores têm de esperar pelos desenhos dos produtos, ferramentas de trabalho e de calibre?
 - 4º A produção é parada para se fazer a inspeção da primeira peça produzida?

- B Operação

- 1º Pode-se eliminar a operação em estudo?
 - 2º Pode-se combinar operações?
 - 3º Pode-se aumentar a velocidade da linha ou de abastecimento?
 - 4º Pode-se implementar abastecimento automático da linha?
 - 5º Pode-se reduzir os desperdícios?
 - 6º Pode-se pré-posicionar a matéria prima para a próxima operação?
 - 7º Pode-se reduzir o número de interrupções/paragens?
 - 8º Pode-se combinar uma inspeção com alguma operação?
 - 9º A máquina encontra-se em bom estado?

- Operador

- 1. O operador é qualificado psicologicamente e fisicamente para a operação em que se encontra associado?
 - 2. Pode-se reduzir a fadiga do operador com a mudança das condições de trabalho?
 - 3. O salário do operador é motivador?
 - 4. O seu supervisor é qualificado?
 - 5. O desempenho do operador pode ser aumentado com formação?

- Condições de trabalho

- 1. As condições de trabalho são satisfatórias a nível de luminosidade, aquecimento e refrigeração?
 - 2. Os vestiários, armários, casas de banho, entre os outros são adequados?
 - 3. Há riscos associados à operação?
 - 4. Há a possibilidade de operador trabalhar sentado e em pé?
 - 5. O tempo de trabalho e de descanso estão bem definidos para tirar o melhor proveito do operador?
 - 6. A conservação e limpeza da fábrica são satisfatórias?

Anexo C

Gráfico de Duas-Mãos com o uso de *Therbligs*

No caso da Figura C.1, verifica-se um exemplo de como relacionar cada movimento/operação com o respetivo elemento básico de movimento. Em ilustração na primeira imagem encontra-se uma deslocação sem movimentar um objeto, *i.e.*, um transporte vazio.

Na Figura C.2 encontram-se ilustrados os vários símbolos, com a sua respetiva explicação e o código de cor juntamente com o símbolo para cada *Therblig*. A utilização desta nomenclatura facilita o desenvolvimento dos gráficos para o estudo de micro-movimentos.

Como meio ilustrativo da utilização das *Therbligs* no estudo de micro-movimentos, tem-se o caso da folha de análise para a operação de colocação de três anilhas num parafuso, que se encontra na Figura C.3. Neste estudo são descritas todas as operações executadas pelo operador para movimentar as matérias primas para o local de trabalho e o processo necessário na construção do produto pretendido. Após desenvolvida a folha de análise, é acessível a construção de um gráfico para descrever as diversas operações que foram descritas. O gráfico referente à folha de análise da figura citada encontra-se na respetiva Figura C.4.

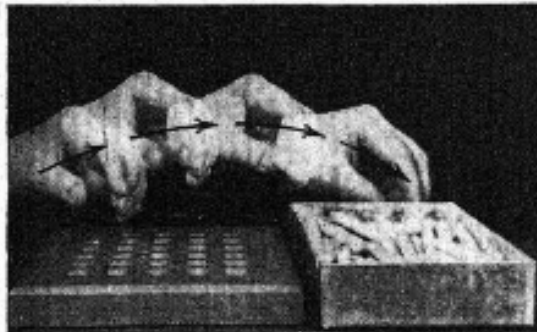


Illustration	Name of Motion	Symbol
	<p>TRANSPORT EMPTY</p> <p>Reach for pin.</p>	<p>TE</p>
	<p>SELECT</p> <p>Select one pin from among those in box. The eyes aid the hand in searching for a particular pin. This searching and then spotting or finding a particular pin is called <u>select</u>.</p>	<p>St</p>
	<p>GRASP</p> <p>Close thumb and fingers around the pin selected.</p>	<p>G</p>

Figura C.1: Exemplos de movimentos/operações e a sua designação como elemento básico de movimento [8].



































Name of Symbol	Therblig Symbol	Explanation-suggested by	Color	Color Symbol	Dixon Pencil Number	Eagle Pencil Number
Search	Sh 	Eye turned as if searching	Black		331	747
Select	St 	Reaching for object	Gray, light		399	734½
Grasp	G 	Hand open for grasping object	Lake red		369	744
Transport empty	TE 	Empty hand	Olive green		391	739½
Transport loaded	TL 	A hand with something in it	Green		375	738
Hold	H 	Magnet holding iron bar	Gold ochre		388	736½
Release load	RL 	Dropping content out of hand	Carmine red		370	745
Position	P 	Object being placed by hand	Blue		376	741
Pre-position	PP 	A nine-pin which is set up in a bowling alley	Sky-blue		394	740½
Inspect	I 	Magnifying lens	Burnt ochre		398	745½
Assemble	A 	Several things put together	Violet, heavy		377	742
Disassemble	DA 	One part of an assembly removed	Violet, light		377	742
Use	U 	Word "Use"	Purple		396	742½
Unavoidable delay	UD 	Man bumping his nose, unintentionally	Yellow ochre		373	736
Avoidable delay	AD 	Man lying down on job voluntarily	Lemon yellow		374	735
Plan	Pn 	Man with his fingers at his brow thinking	Brown		378	746
Rest for overcoming fatigue	R 	Man seated as if resting	Orange		372	737

Figura C.2: Correspondência dos símbolos e código de cores utilizado para distinguir as diferentes *Therbligs* [8].

MICROMOTION STUDY ANALYSIS SHEET							
PART Bolt and washer assembly - Old Method				DEPARTMENT AY16		FILM NO. B21	
OPERATION Assemble 3 washers on bolt						OP. NO. A32	
OPERATOR M. Smith 1C634			DATE 1-26-48		ANALYSED BY M.E.R.		SHEET NO. 1 OF 1
CLOCK READING	SUBTRACTED TIME	THERBLIG SYMBOL	DESCRIPTION LEFT HAND	CLOCK READING	SUBTRACTED TIME	THERBLIG SYMBOL	DESCRIPTION RIGHT HAND
595	7	TL	Carries assembly to bin	595	26	TE	Reaches for lock washer
602	2	RL	Releases assembly	621	6	St+G	Selects and grasps washer
604	4	TE	Reaches for bolt	627	7	TL	Carries washer to bolt
608	2	St+G	Selects and grasps bolt	634	6	P	Positions washer
610	17	TL	Carries bolt to working position	640	12	A+RL	Assembles washer onto bolt and releases
627	5	P	Positions bolt	652	8	TE	Reaches for steel washer
632	104	H	Holds bolt	660	8	St+G	Selects and grasps washer
736	7	TL	Carries assembly to bin	668	9	TL	Carries washer to bolt
743	2	RL	Releases assembly	677	3	P	Positions washer
745				680	10	A+RL	Assembles steel washer and releases
				690	6	TE	Reaches for rubber washer
				696	10	St+G	Selects and grasps rubber washer
				706	9	TL	Carries washer to bolt
				715	5	P	Positions washer
				720	16	A+RL	Assembles washer and releases
				736			
			Time in 2000ths of a minute				

Figura C.3: Exemplo de uma folha de análise para a operação de inserção de três anilhas num parafuso [8].

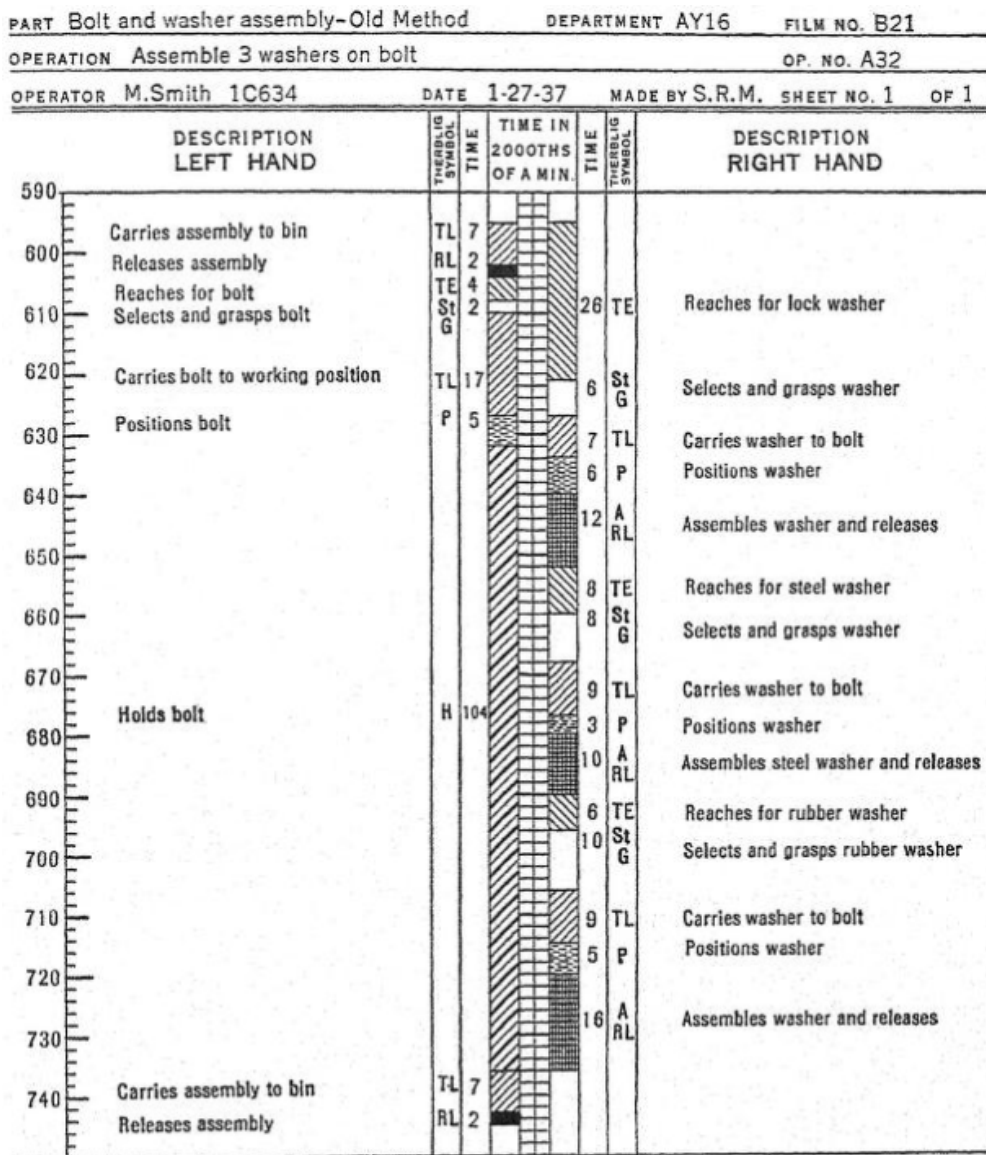


Figura C.4: Gráfico desenvolvido para o exemplo de uma operação de inserção de três anilhas num parafuso [8].

Anexo D

Tabela de distribuição normal

<i>z</i>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890

Figura D.1: Análise à tabela da distribuição normal para determinar o valor de “Z” para o grau de confiança pretendido.

Para um intervalo de confiança de 95%:

$$Z \rightarrow \left[1 - \left(\frac{1 - 0,95}{2} \right) \right] \quad (\text{D.1})$$

$$= 1 - 0,025 = 0,975$$

Anexo E

Análise dos motivos de paragem entre a semana 40 e 49 de 2018

Neste Anexo seguem-se os dados dos tempos de paragem entre a semana 40 e 49 de 2018.

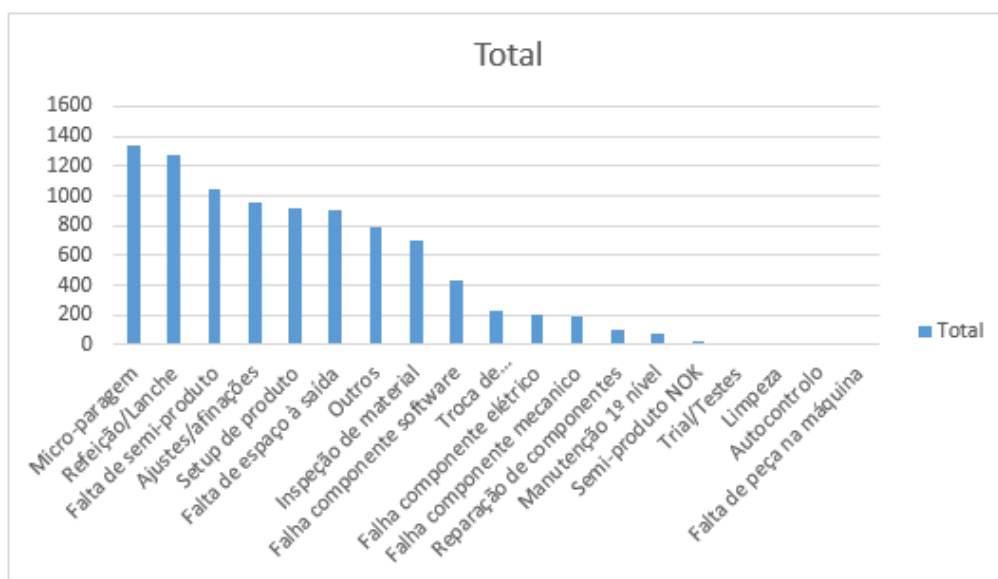


Figura E.1: Análise gráfica dos minutos de paragem no mês de outubro de 2018 com o correspondente motivo.

Tabela E.1: Motivos de paragem no mês de outubro de 2018 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório do tempo de paragem [min]
Micro-paragem	1337,12
Refeição/Lanche	1276,90
Falta de semi-produto	1050,67
Ajustes/afinações	953,40
Setup de produto	919,75
Falta de espaço à saída	909,87
Outros	787,77
Inspeção de material	698,30
Falha componente software	431,65
Troca de ferramenta/consumíveis	228,43
Falha componente elétrico	209,12
Falha componente mecânico	190,28
Reparação de componentes	103,80
Manutenção 1º nível	76,22
Semi-produto NOK	30,40
Trial/Testes	14,40
Limpeza	13,13
Autocontrolo	13,12
Falta de peça na máquina	6,07
Grande Total	9250,38

Tabela E.2: Motivos de paragem no mês de novembro de 2018 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório do tempo de paragem [min]
Ajustes/afinações	1414,88
Falha componente elétrico	1259,43
Micro-paragem	1135,00
Refeição/Lanche	1110,85
Setup de produto	891,82
Falta de semi-produto	332,38
Falha componente mecânico	267,98
Falta de matéria prima	246,78
Troca de ferramenta/consumíveis	205,23
Semi-produto NOK	151,10
Falta de espaço à saída	75,05
Falta de consumíveis	69,27
Falha componente pneumático	41,63
Manutenção 1º nível	40,12
Reparação de componentes	15,32
Outros	9,70
Grande Total	7266,55

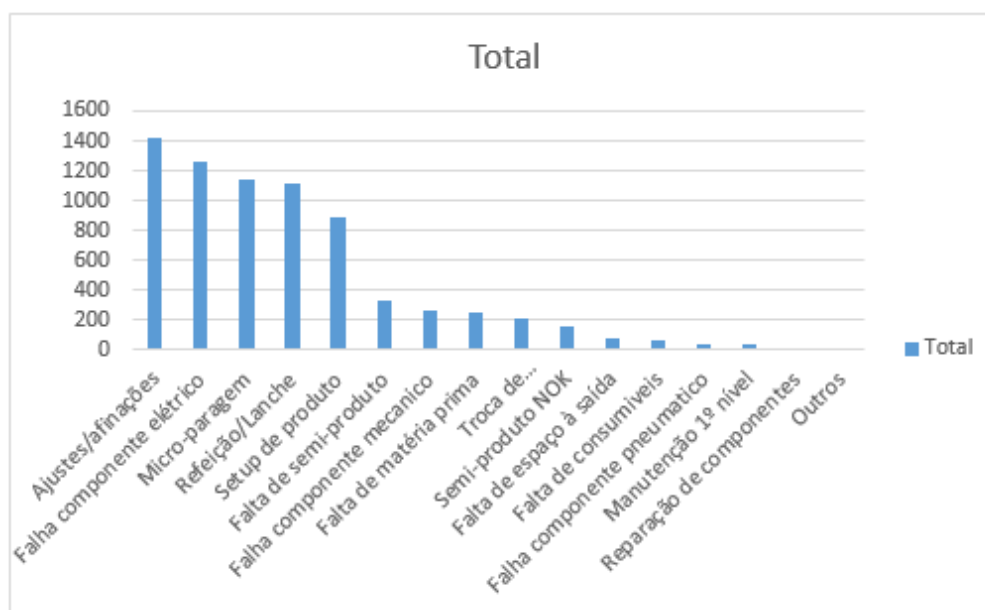


Figura E.2: Análise gráfica dos minutos de paragem no mês de novembro de 2018 com o correspondente motivo.

Tabela E.3: Motivos de paragem na semana 49 de 2018 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório do tempo de paragem [min]
Micro-paragem	241,63
Refeição/Lanche	228,42
Ajustes/afinações	220,35
Falta de espaço à saída	201,65
Setup de produto	89,85
Troca de ferramenta/consumíveis	53,10
Falha componente mecânico	45,58
Limpeza	32,08
Falha componente elétrico	5,12
Trial/Testes	3,08
Grande Total	1120,87

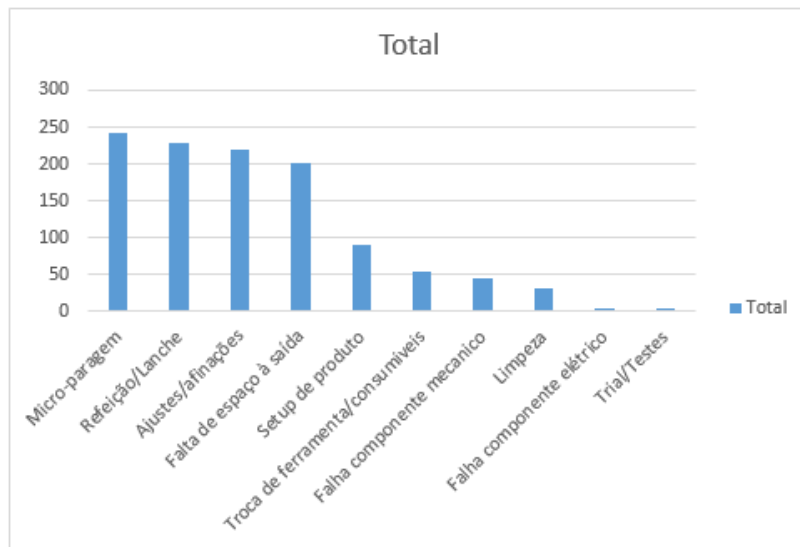


Figura E.3: Análise gráfica dos minutos de paragem na semana 49 de 2018 com o correspondente motivo.

Anexo F

Check list realizada para o estudo da linha de produção

A seguir segue-se um questionário que tem em consideração alguns aspetos que são importantes para o estudo da linha.

- Materiais
 1. **Pode ser usado um material mais barato?** Não. Já foram aplicadas várias reduções à qualidade da matéria prima para que o custo do produto para a empresa fosse mais barato. Contudo alguns dos problemas a nível de ajustes por parte dos operadores deve-se à qualidade do material: empenos no HDF e nas ripas e a deformação do “favo de mel” quando é esticado.
 2. **O material apresenta uniformidade e encontra-se em condições adequadas quando chegou às mãos do operador?** Este ponto já foi respondido na questão anterior e a resposta resume-se à qualidade do material.
 3. **As dimensões, o peso e o acabamento do material são as mais viáveis a nível económico face às características exigidas?** Por vezes a espessura do material não é respeitada pelas tolerâncias impostas pelas outras máquinas que fazem chegar a matéria prima à LAMEK.
 4. **O material é todo utilizado?** Dependendo da má afinação da máquina e dos problemas constantes face aos ajustes pelos operadores. Nesses casos é produzida sucata.
 5. **Pode-se reutilizar os desperdícios e as peças rejeitadas?** Não.

6. **As quantidades de material e de peças em stock podem ser reduzidas?** A linha poderia aceitar uma política de produção *just-in-time*, contudo não há capacidade das máquinas que fornecem as matérias primas.

- Manuseio de materiais

1. **Pode-se reduzir o quantidade de vezes que o material é movimentado?** Não. Neste ponto não se consegue otimizar mais a máquina.
2. **Pode-se encurtar a distância percorrida pelo material?** Sim. Em determinados pontos existe uma distância desnecessária e que poderia ser encurtada para otimizar a produtividade.
3. **O material é rececionado, transportado ou armazenado em condições adequadas? O recipiente que o abrange está sempre limpo?** Sim. Tirando as questões de temperatura e humidade a que os produtos estão sujeitos quando estão armazenados no *buffer* para a *Complete Line*.
4. **O operador tem que aguardar pela chegada do material?** Não. Existe um *buffer* suficiente para sustentar a linha.
5. **O operador pode ser aliviado pelo transporte do material com recurso a transportadores?** Não. Todo o transporte de material é feito com transportadores automatizados.
6. **Pode-se reduzir ou eliminar deslocações de material desnecessárias?** Não. Todas as deslocações de material são necessárias. Poderia-se sim diminuir o curso de algumas.
7. **É possível eliminar a necessidade de deslocação do material com a alteração do layout ou com a reformulação do processamento das operações?** Não.

- Ferramentas e acessórios

1. **As ferramentas são adequadas para este trabalho?** Sim. Os operadores têm todas as ferramentas quando necessárias: serras para o corte de "favo de mel", balança para medir a quantidade de cola aplicada.
2. **As ferramentas encontram-se em boas condições?** Sim. Na necessidade de mudança de ferramentas, os operadores têm uma folha de pedidos que entregam ao seu superior. Quando entregue, o superior tem de dar uma resposta no prazo de uma semana.
3. **No caso de uso de ferramentas de corte de metal/madeira, encontram-se bem afiadas e, caso contrário, existe um local apropriado para o fazer?** Sim. Quando se verifica que a serra está a danificar o material, os operadores têm a autorização de pedir à manutenção para trocar a serra.

4. **Pode-se introduzir novas ferramentas e acessórios a ponto de o operador menos experiente as conseguir manusear?** Os operadores só recorrem ao uso de ferramentas para fazer pequenas afinações. Para estes casos, o operador menos experiente consegue fazer o ajuste.
5. **Ambas as mãos estão ocupadas quando o operador utiliza as ferramentas?** Não.
6. **Pode-se usar mecanismos de transporte das ferramentas?** Não existe essa necessidade. Todas as ferramentas encontram-se acessíveis.
7. **Pode-se simplificar a organização das ferramentas?** Sim, podia ser aplicada uma política de simplificação na organização das ferramentas para que os operadores as consigam encontrar facilmente.

- Máquina

- A *Setup*

- 1º **Deve ser o próprio operador a fazer o *setup* da máquina?** Sim. As receitas para cada produto encontram-se previamente criadas no sistema. Os operadores só a têm de selecionar quando pretendem fazer *setup*. Quando o *setup* não é aceite por faltar alguma referência é pedida a colaboração da manutenção para detetar a causa.
- 2º **Pode-se reduzir o número de *setups*?** A máquina em questão tem uma grande flexibilidade de produção. É uma das suas características. Como a empresa exige a produção de diferentes produtos constantemente existe a necessidade de alguns *setups*.
- 3º **Os operadores têm de esperar pelos desenhos dos produtos, ferramentas de trabalho e de calibre?** Não. Todos estes elementos encontram-se armazenados num local centralizado na linha.
- 4º **A produção é parada para fazer-se a inspeção da primeira peça produzida?** Não.

- B Operação

- 1º **Pode-se eliminar a operação em estudo?** Todas as operações decorrentes são necessárias para ter o produto final.
- 2º **Pode-se combinar operações?** Para se combinar operações era necessário reajustar o *layout* da linha. O custo seria elevado e não é uma prioridade para a empresa.
- 3º **Pode-se aumentar a velocidade da linha ou de abastecimento?** Sim. A gestão de velocidade da linha é feita pelos operadores. Mediante a sua produtividade, conseguem aumentar a velocidade.
- 4º **Pode-se implementar abastecimento automático da linha?** Já se encontra implementado.

5º **Pode-se reduzir os desperdícios?** Sim. Podia ser implementado um sistema de controlo automático de aplicação de cola para as ripas. Para já, este controlo é manual.

6º **Pode-se pré-posicionar a matéria prima para a próxima operação?** Este ponto já se encontra implementado. Contudo, no caso das ripas e do HDF, é necessário esperar que a *baseboard* do produto anterior saia do tapete.

7º **Pode-se reduzir o número de interrupções/paragens?** Sim, existem muitas paragens para ajustes dos operadores.

8º **Pode-se combinar uma inspeção com alguma operação?** A inspeção de aplicação de cola no HDF é decorrente com a produção. Portanto este ponto já se encontra implementado. Não é necessário parar a máquina.

9º **A máquina encontra-se em bom estado?** Não. Algumas das paragens para ajustes dos operadores resulta no estado atual da máquina.

- Operador

1. **O operador é qualificado psicologicamente e fisicamente para a operação em que se encontra associado?** As tarefas não exigem muito do operador. Não há a necessidade de transportar cargas pesadas, nem percorrer grandes distâncias para fazer ajustes. Existe um número suficiente de operadores para o que a máquina exige quando há a necessidade de se fazer ajustes.

2. **Pode-se reduzir a fadiga do operador com a mudança das condições de trabalho?** Sim. Devido ao aquecimento do “favo de mel”, a área onde a máquina se encontra inserida é muito elevada. Uma gestão de climatização da área poderia reduzir a fadiga dos operadores quando se verificam elevadas temperaturas. Contudo, como a área é muito grande, o custo associado seria elevado.

3. **O salário do operador é motivador?** Não. Neste momento não existe uma diferenciação entre o operador menos experiente e o mais experiente. A única diferenciação a nível salarial aplica-se no *team leader*. No entanto, está a decorrer uma reformulação salarial com a definição de categorias.

4. **O seu supervisor é qualificado?** Sim. Quando é necessário suporte, o supervisor intervém para ajudar.

5. **O desempenho do operador pode ser aumentado com formação?** Sim, claramente. Quando existe uma necessidade de ajuste na máquina verifica-se que a capacidade de resposta é maior no operador mais experiente.

- Condições de trabalho
 1. **As condições de trabalho são satisfatórias a nível de luminosidade, aquecimento e refrigeração?** A nível de refrigeração não.
 2. **Os vestiários, armários, casas de banho, entre os outros são adequados?** Sim. Tanto as casas de banho como os vestiários são limpos todos os dias. Para além do mais, faz-se uma desinfestação anual nos vestiários para evitar a sua contaminação.
 3. **Há riscos associados à operação?** A máquina encontra-se devidamente protegida. Só se verifica este risco quando os operadores executam tarefas indevidamente no que toca a questões de segurança.
 4. **Há a possibilidade de operador trabalhar sentado e em pé?** Não. O trabalho exige que o operador execute todas as funções em pé.
 5. **O tempo de trabalho e de descanso estão bem definidos para tirar o melhor proveito do operador?** Sim. Quanto a este aspeto, o operador tem o consentimento para fazer algumas pausas durante o turno.
 6. **A conservação e limpeza da fábrica são satisfatórias?** Existe uma elevada circulação de impurezas devido ao corte de matérias primas o que requer uma maior manutenção dos equipamentos, principalmente limpeza, por parte dos operadores. Por vezes, quando não se verifica esta manutenção, o estado da linha não é o desejável.

Anexo G

Clarificação de equipamentos

Neste anexo pretende-se clarificar as características e pretextos de uso dos equipamentos que foram abordados no Capítulo 5.1, em específico no sub-capítulo 5.1.1. Os elementos referidos foram os seguintes:

- PLC CPU 317F-2PN/DP;
- Repetidor PROFIBUS/MPI ou RS-485;
- Repetidor PROFIBUS CU/CU;
- ET200 Eco;
- *Encoder*;
- PROFINET IO ET200.

Legenda dos elementos:

- *Programmable Logic Controller* - PLC;
- *Central Processing Unit* - CPU;
- *Profinet* - PN;
- *Decentralized Peripherals* - DP;

No caso do acrónimo DP refere-se à rede *Profibus*.

- *Multi-Point Interface* - MPI;

- *Han Brid socket connection - CU.*

Enumerados todos estes elementos, posteriormente torna-se claro o seu contexto de uso, o estado deste equipamento atualmente no mercado e quais são as alternativas no caso de estarem descontinuados.

G.1 Unidade de controlo

A unidade de controlo da linha de produção é um SIMATIC S7-300 CPU 317F-2PN/DP da SIEMENS e encontra-se ilustrada na Figura G.1. Tal como a referência indica, este PLC permite uma comunicação *Profibus* e *Profinet* que facilita a interligação com os outros equipamentos que são utilizados: as ET200 no caso da rede *Profinet* e as ET200 Eco no caso da rede *Profibus*.

A grande característica deste PLC é conseguir fazer a gestão de um programa de controlo com as funções lógicas e a parte de segurança sem recorrer a uma outra unidade apropriada para esse efeito. Neste caso, este equipamento consegue processar o programa de segurança e as funções lógicas no mesmo CPU com a gestão dos sinais de segurança (botões de emergência, abertura de portas, entre outros) e de controlo [19].



Figura G.1: SIMATIC S7-300 CPU317F-2 PN/DP [19].

G.2 Repetidores

Com a introdução da rede *Profibus* consegue-se destacar duas unidades que têm como principal objetivo a amplificação do sinal e interligação entre os diversos elementos. No caso dos repetidores PROFIBUS/MPI, também conhecidos como repetidores RS-485, são usados essencialmente para interligar os diferentes quadros elétricos face à distância existente entre eles [20]. Enquanto que os repetidores PROFIBUS CU/CU tem como intuito de interligar e alimentar as diferentes ET200 Eco inseridas nas vá-

rias posições da linha de produção em questão [21]. Como exemplo de ambos os repetidores, encontram-se ilustrados na Figura G.2a e Figura G.2b, respetivamente.



(a) Repetidor RS-485

(b) Repetidor PROFIBUS CU/CU

Figura G.2: Repetidores instalados na linha em estudo [20][21].

Para reter-se mais informação do repetidor PROFIBUS/MPI, segue-se uma pequena descrição das suas principais características.

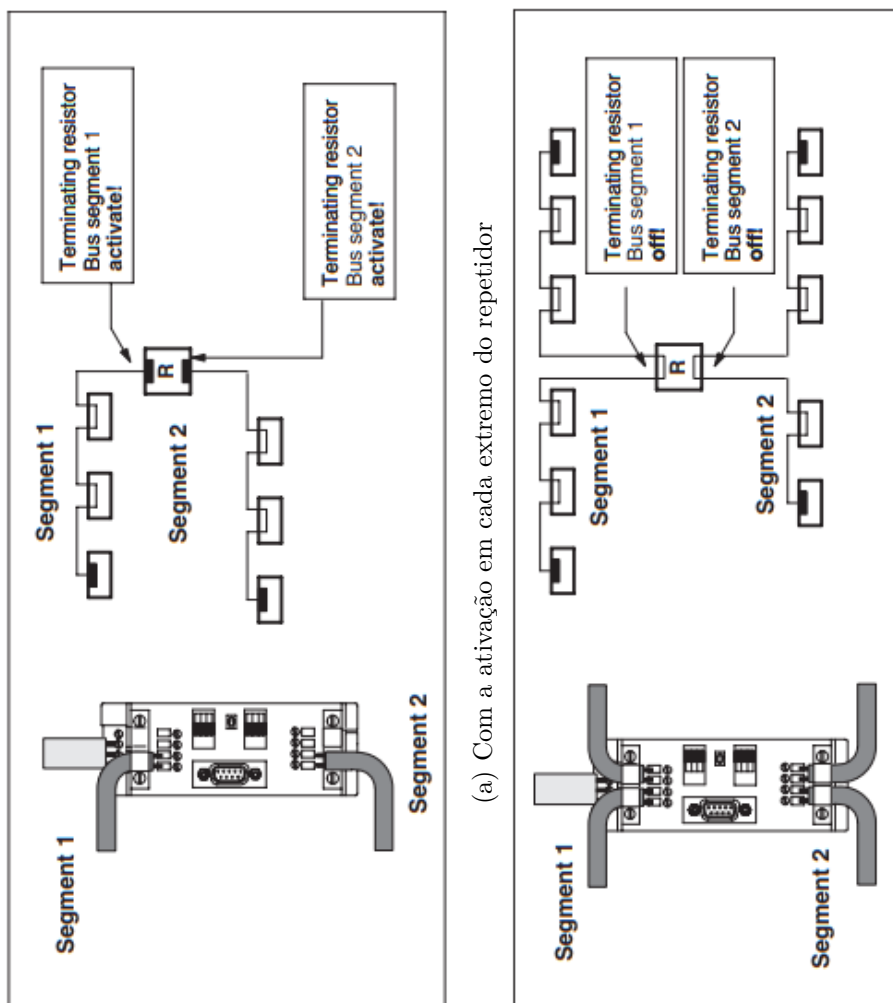
Repetidor RS-485 - PROFIBUS/MPI:

- Conexão entre dois segmentos de rede *Profibus* ou MPI;
- Suporta a adição de mais 32 equipamentos à rede;
- Suporta um intervalo de taxa de transmissão entre 9,6 kbps até 12 Mbps;
- Permite interligar elementos que se encontram a grandes distâncias e que possivelmente existam perdas na comunicação.

Para estes repetidores, tem-se um interruptor em cada extremidade para seleccionar a opção de se usar a resistência quando existir a necessidade de seccionar a rede. Pode-se ver o princípio de funcionamento deste seletor na Figura G.3.



Figura G.3: Ativação da resistência de fim de linha nos repetidores RS-485 [20].



(a) Com a ativação em cada extremo do repetidor

(b) Sem a ativação em cada extremo do repetidor

Figura G.4: Ativação da resistência de fim de linha nos repetidores RS-485 [20].

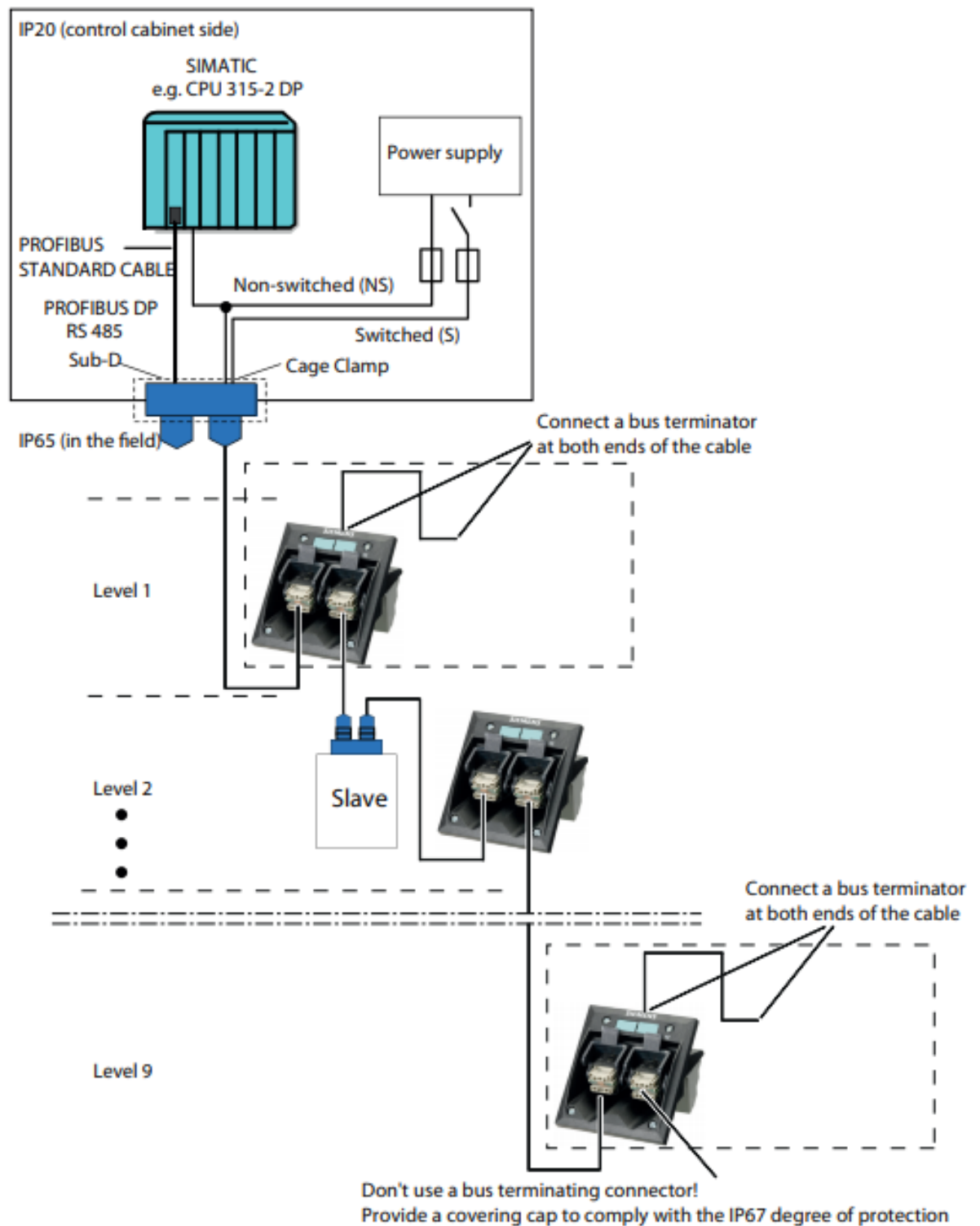


Figura G.5: Rede PROFIBUS com a utilização de repetidores PROFIBUS CU/CU [21].

Na Figura G.4 encontra-se um exemplo de como funciona o modo de seleção deste seletor. Confrontando a figura, verifica-se que ao desativar a resistência interrompe-se o segundo canal em cada extremo do repetidor, induzindo a interrupção de cada segmento. Esta ferramenta, para além de servir para proporcionar a interligação com todos os elementos da rede *Profibus*, também permite facilitar o diagnóstico de problemas na rede com a interrupção de cada segmento.

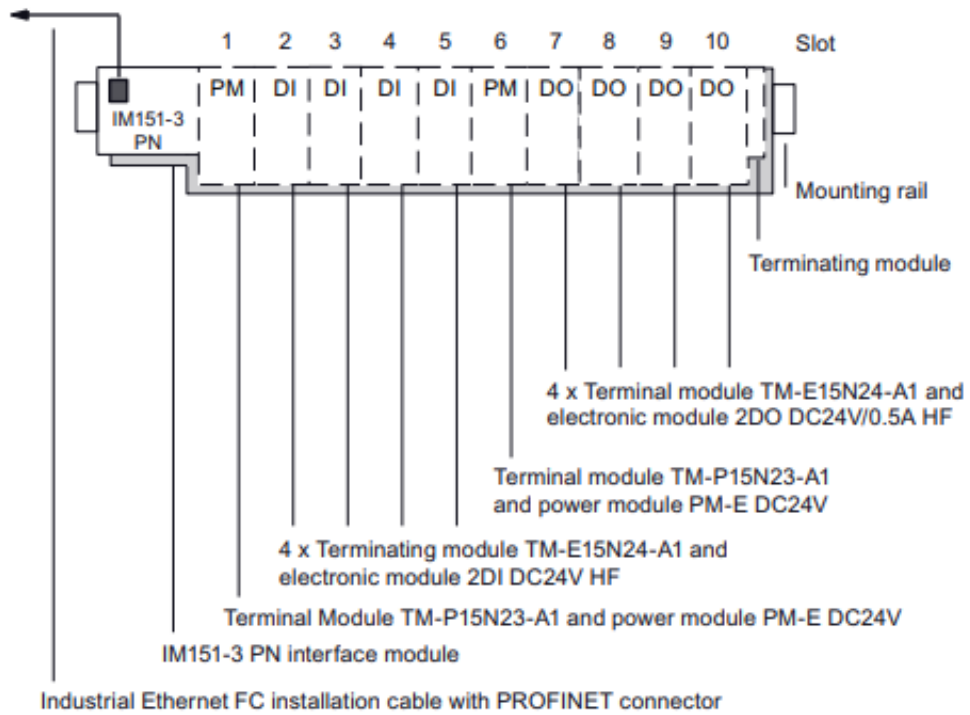
No caso dos repetidores CU/CU ou *Hybrid fieldbus interface*, o seu grande propósito de utilização consiste na interligação da rede *Profibus* entre os vários elementos que se encontram afastados da unidade de controlo. No caso de envio de sinais através da atuação de sensores para o PLC existe uma grande possibilidade de existir perda de sinal com a utilização de sinais lógicos. Com estes repetidores, recorre-se à utilização das ET200 Eco para interagir com os sensores e atuadores. Neste caso, toda a informação ocorre na comunicação *Profibus* e evita a perda de sinal. Segue-se um exemplo da utilização destes repetidores na Figura G.5.

G.3 Módulos de entradas e saídas

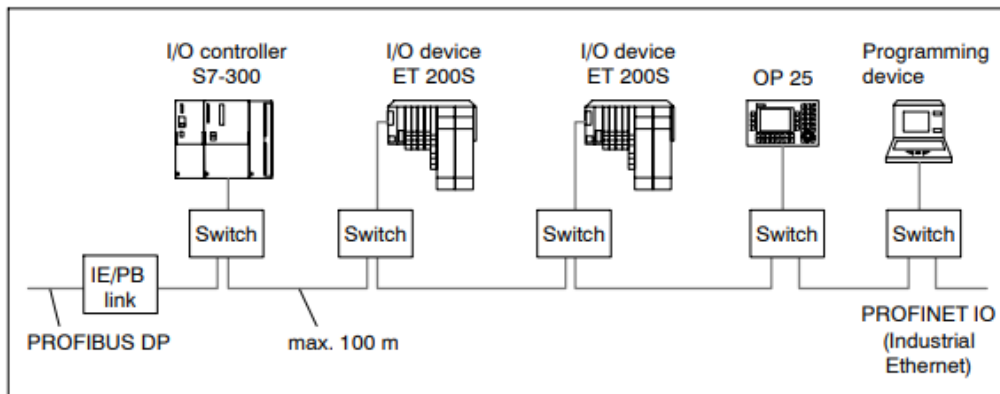
Como equipamentos de interação com sensores e atuadores que se encontram a distâncias consideráveis da unidade de controlo na linha de produção em estudo temos as ET200S e as ET200 Eco. Entende-se que o propósito é evitar a utilização de grandes quantidades de cablagem para longas distâncias e a interferência eletromagnética que pode ser introduzida nos sinais e diminuir, então, a sua fiabilidade.

Apesar de ter em consideração a flexibilidade de ambos os equipamentos, a grande diferença entre eles é o espaço que ocupam. No caso das ET200S, como se consegue acrescentar até 63 módulos (cartas de alimentação, módulos de entradas de saída, *motor starters*, entre outros), tendo como exemplo a Figura G.6a, torna-se um equipamento que ocupa muito espaço e, portanto, é mais viável adicioná-lo para aumentar as opções que o próprio PLC pode fornecer [22].

Por fim, para interagir com este equipamento pode-se recorrer tanto à comunicação *Profinet* como *Profibus*, sendo a única diferença entre os vários modelos. No caso da LAMEK apenas é utilizado o modelo que emprega o protocolo *Profinet* correspondendo à referência IM151-3 PN. Na Figura G.6b segue-se um exemplo da interação da ET200S com a restante rede na utilização do protocolo referido.




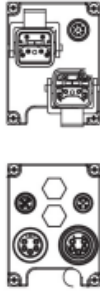
(a) Adição de cartas ao módulo ET200S



(b) Exemplo de uma rede *Profinet* com a utilização de uma ET200S

Figura G.6: Exemplos de utilização do equipamento ET200S [22].

Confrontando o equipamento ET200 Eco, a razão que motiva a sua utilização é a sua compactação. É um módulo viável quando é necessário adicionar mais sensores e atuadores que se encontram a grandes distâncias da unidade de controlo sem se ter a necessidade de redefinir o *layout* face ao espaço reduzido que ocupa [23].

Component	Function	Diagram
I/O module	You connect the sensors and actuators of your system to the I/O module. The I/O module is available in the following versions: <ul style="list-style-type: none"> • 8 DI • 16 DI • 8 DO 2A • 16 DO 0.5A • 8 DI / 8 DO 2A • 8 DI / 8 DO 1.3A 	
Terminal block	You connect the power supply for the ET 200eco and PROFIBUS DP to the terminal block. The terminal block is available in the following versions: <ul style="list-style-type: none"> • ECOFAST • M12, 7/8" 	

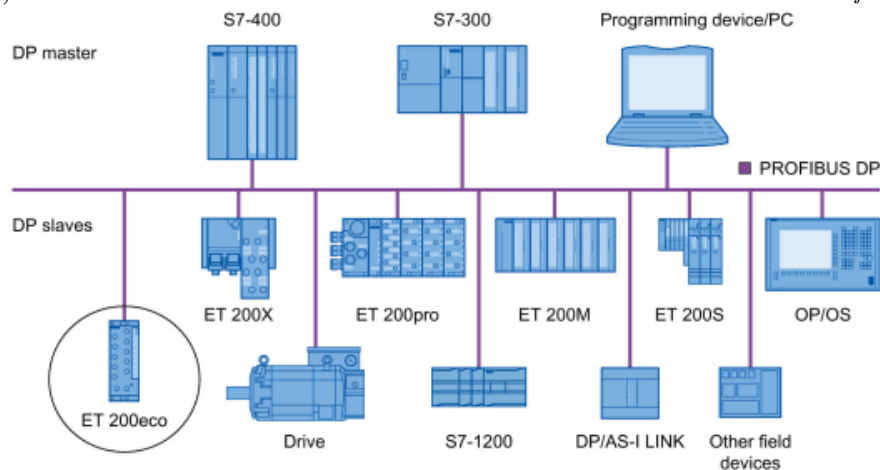
(a) Modelos existentes de ET200 Eco e o bloco de interface com a rede *Profibus*(b) Exemplo de uma rede *Profibus* com a utilização de uma ET200 Eco

Figura G.7: Exemplos de utilização do equipamento ET200 Eco [23].

Por fim, para interagir com este equipamento recorre-se à comunicação *Profibus*, onde se tem como opção os blocos de terminal ECOFAST ou M12. Na Figura G.7b segue-se um exemplo da interação da ET200 Eco com a restante rede na utilização do protocolo referido. Consequentemente têm-se vários modelos disponíveis para este equipamento como se pode ver na Figura G.7a, dependendo da aplicação pretendida, *i.e.*, se é pretendido ter-se uma interação com sensores, com atuadores ou ambos.

Anexo H

Alterações no esquema elétrico

Neste anexo pretende-se clarificar as alterações a nível de *hardware*, abordadas no capítulo 5.1, com a exposição dos esquemas elétricos desenvolvidos para as mesmas.

Como introdução a este anexo, face ao que foi referido na exposição aos equipamentos utilizados no anexo anterior, dado que os sensores adicionados encontram-se distantes na unidade de controlo recorreu-se ao uso de módulos ET200 Eco. Para os modelos que advém de oito entradas/oito saídas, dezasseis entradas ou dezasseis saídas é necessário utilizar um acessório para permitir o *multiplex* do sinal para o atuador e para o sensor. Desta forma, o fabricante SIEMENS disponibiliza um acessório para este efeito que advém de três conectores M12: um para roscar no módulo ET200 Eco e os outros dois para adicionar o sensor e o atuador pretendido. Segue-se um exemplo do seu propósito e das ligações inerentes na Figura H.1 e Figura H.2, respetivamente.

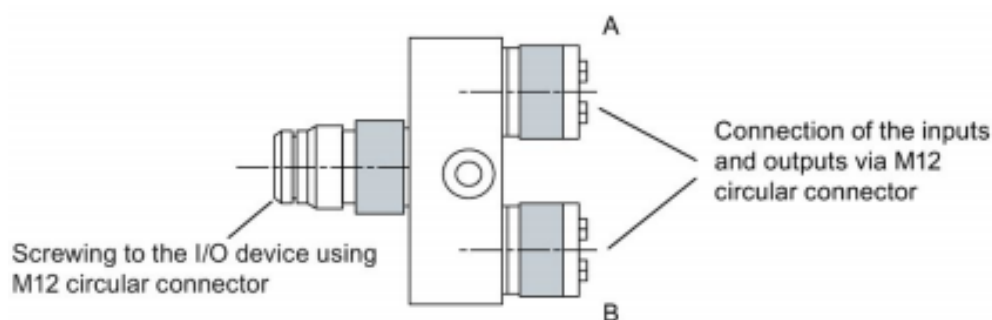


Figura H.1: Formato do conector em Y para adicionar a entrada e a saída no mesmo *input* da ET200 Eco [24].

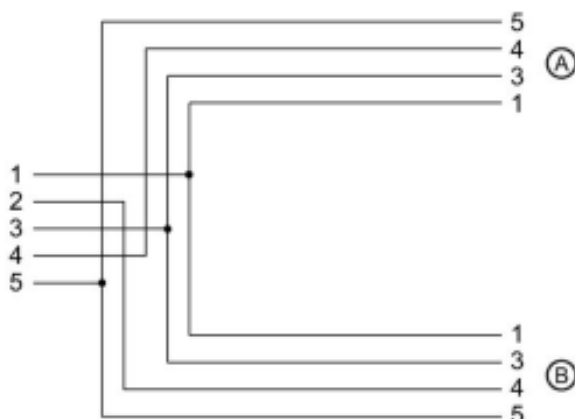


Figura H.2: *Multiplex* do sinal para usufruir das funcionalidades da ET200 Eco [24].

Relativamente à estrutura deste anexo, inicialmente é exposto uma clarificação dos elementos utilizados na elaboração do esquema elétrico desenvolvido com a ilustração da Figura H.3. Com isto pretende-se facilitar a compreensão de cada página modificada. A Figura H.4, representa o esquema de ligações da rede *Profibus* do quadro 50 da linha em estudo. Com analogia à Figura 5.3, presente no sub-capítulo 5.1.1 do capítulo 5.1, percebe-se a disposição dos elementos no esquema elétrico. Neste ponto, foi acrescentado o *encoder* com a referência "8-enc3" para se utilizar na referência do indexador da posição 7. Relativamente às ligações para o variador de frequência que induz o controlo de velocidade e de sentido de deslocação do indexador, seguem-se na Figura H.5.

Atendendo às alterações que envolviam a adição de sensores, com a introdução do conector em Y, torna-se claro os esquemas da Figura H.6 e da Figura H.7. O módulo em questão permite assim o *multiplex* do sinal com os atuadores que já se encontravam ligados à ET200 Eco.

SYMBOL	ENGLISH	PORTUGUES	SYMBOL	ENGLISH	PORTUGUES	SYMBOL	ENGLISH	PORTUGUES	SYMBOL	ENGLISH	PORTUGUES
	MAIN SWITCH SWITCH-DISCONNECTOR	DISJUNTOR		EMERGENCY STOP	BOTÃO DE EMERGENCIA					MAGNETIC VALE	VÁLVULA ELETROMAGNÉTICA
	MINIATURE CIRCUIT BREAKER	FUSÍVEIS		PUSH-BUTTON	BOTÃO					STATUS LIGHT	INDICADOR DE ESTADO
	POWER SUPPLY 230VAC/24VDC	FONTE DE ALIMENTAÇÃO 230VAC/24VDC		LIMIT SWITCH	MICRO DE SEGURANÇA					DIRECT STARTER	MÓDULO DE ARRANQUE
	OVERLOAD RELAY	RELÉ DE CARGA		SHIELD LATCH	MICRO DAS PORTAS					FREQUENCY CONVERTER	VARIADOR DE FREQUÊNCIA
	CONTACTOR	CONTACTOR		THERMOSTAT	TERMÓSTATO					DIGITAL INPUT	ENTRADA DIGITAL
	BRAKE RESISTOR	RESISTÊNCIA DE FREIAGEM		INDUCTIV SENSOR	SENSOR INDUTIVO					DIGITAL OUTPUT	SÁIDA DIGITAL
	MECHANICAL BRAKE	TRAVÃO		PHOTO ELECTRIC SENSOR	SENSOR FOTOELÉTRICO					SAFETY RELAY	RELÉ DE SEGURANÇA
	ELECTRICAL MOTOR	MOTOR		LIGHT BEAM	BARREIRA DE EMERGENCIA					FAIL-SAFE EQUIPMENT	EQUIPAMENTO DE SEGURANÇA

#PP-00nn.xx
 P = POSITION (WHERE?)
 O = OBJECT (WHAT?)
 n = NUMBER (WHICH?)
 x = TERMINAL (CONNECTION POINT?)

NO.	CHANGE	SIGN.	DATE
 InuTech IndustriSystem Lda Rua da Indústria, 100 4430-110 TROFA www.inutech.com			
IKEA INDUSTRY PORTUGAL BOS LINE 1		WORK NUMBER 8006-001	EDUCADO B. DRAWING NUMBER --
ITEM DESCRIPTION		CONSTRUCTED BY OEM	DRAWN BY PAGE 4
		DATE	REV. NEXT 7

Figura H.3: Descrição dos componentes do esquema elétrico.

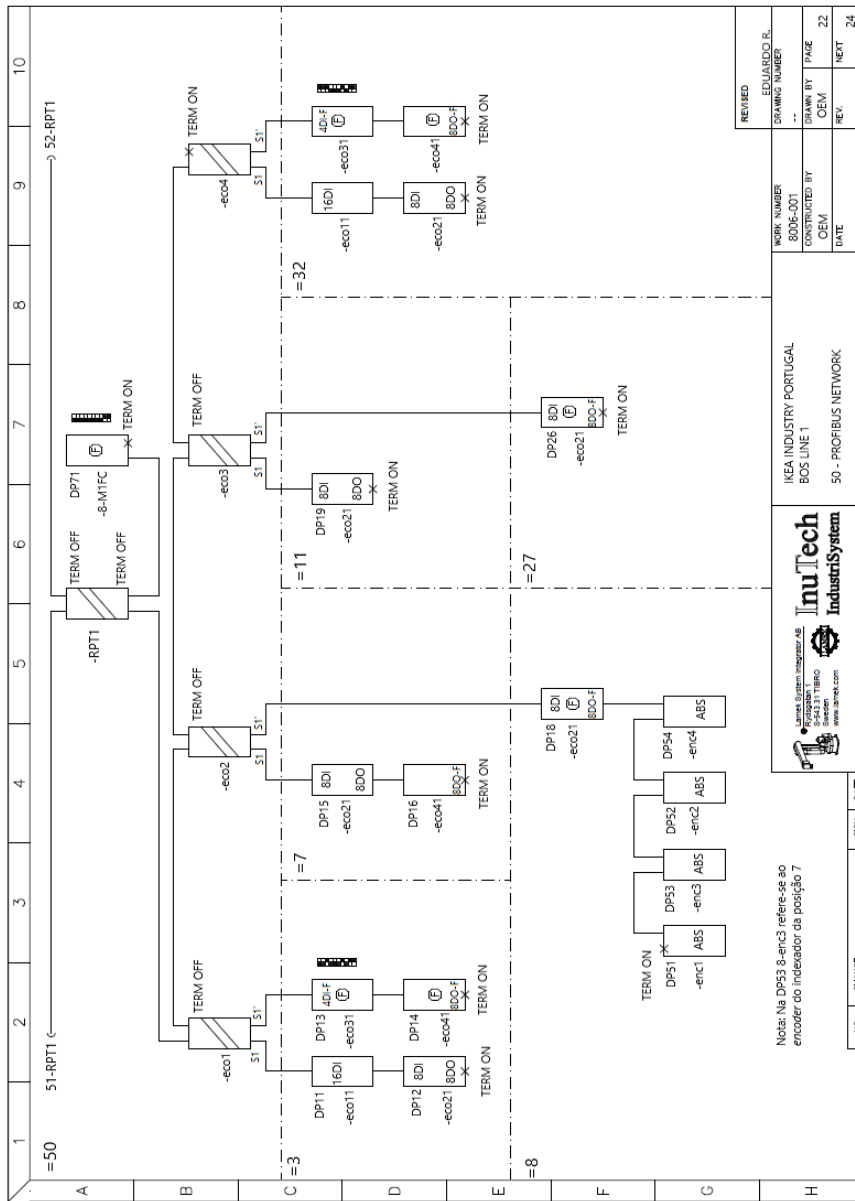


Figura H.4: Representação no esquema as ligações do encoder do indexador na Posição 7.

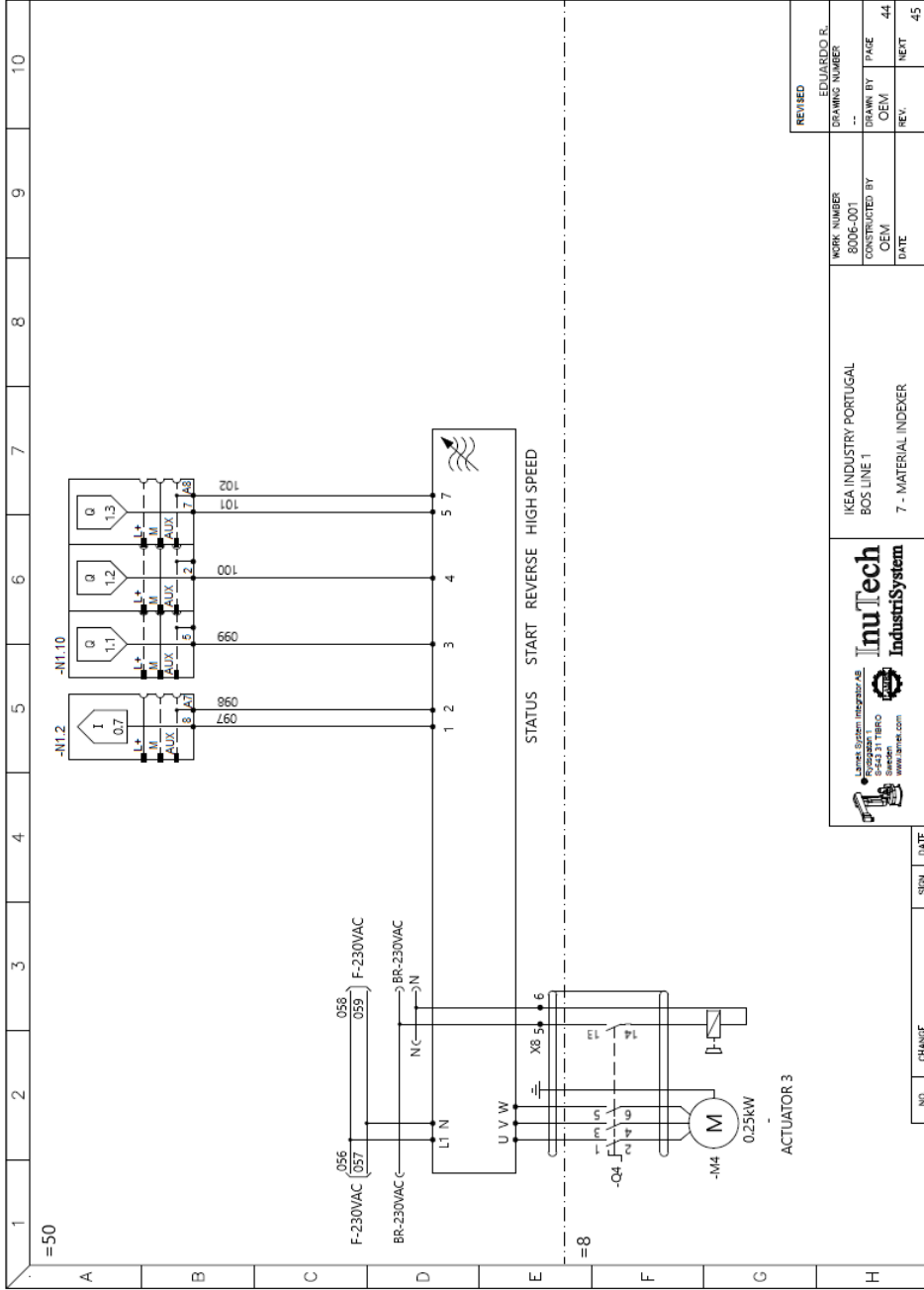


Figura H.5: Representação no esquema as ligações do motor e do variador do indexador na Posição 7.

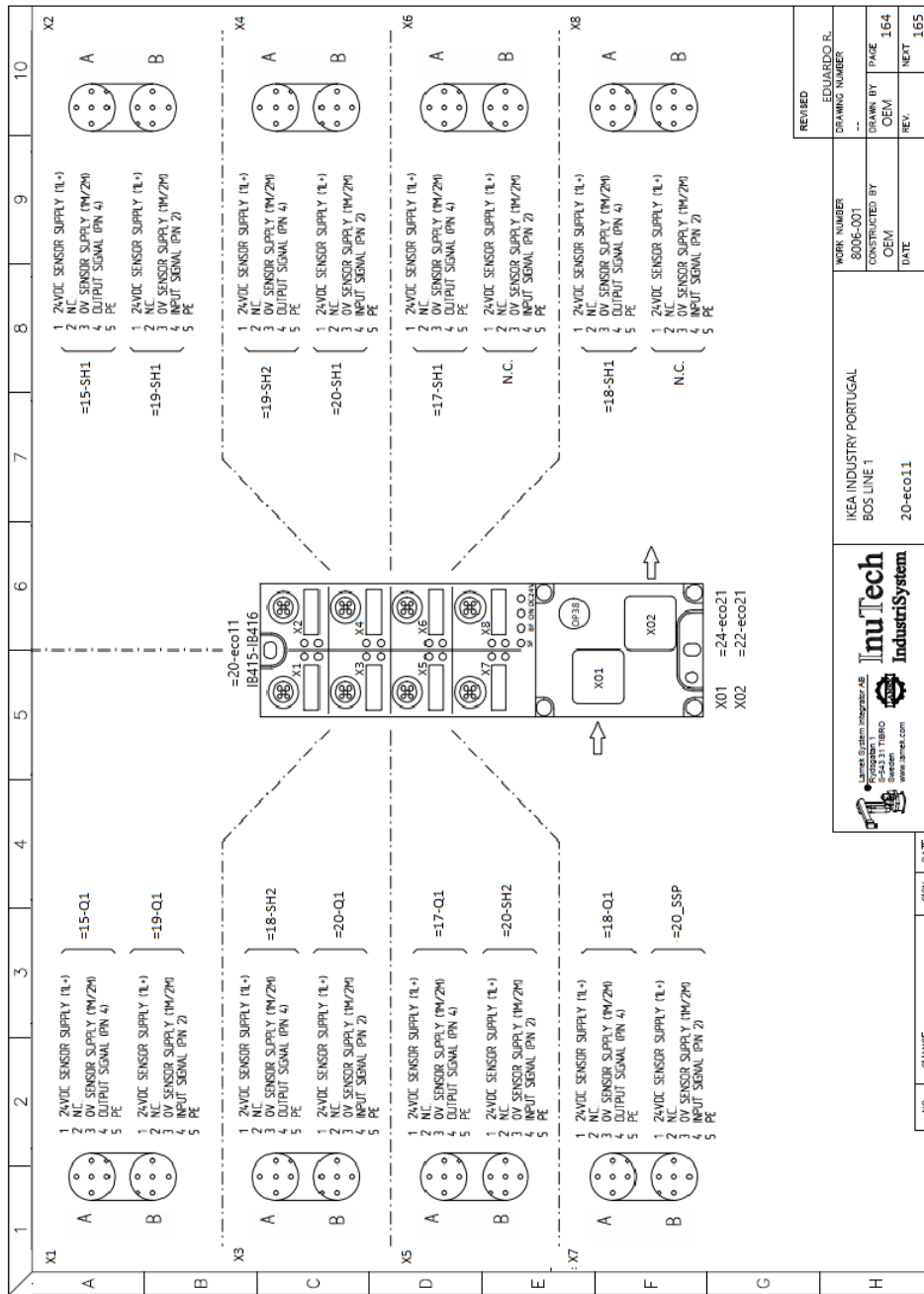


Figura H.6: Representação no esquema as ligações do sensor de abrandamento da Posição 20.

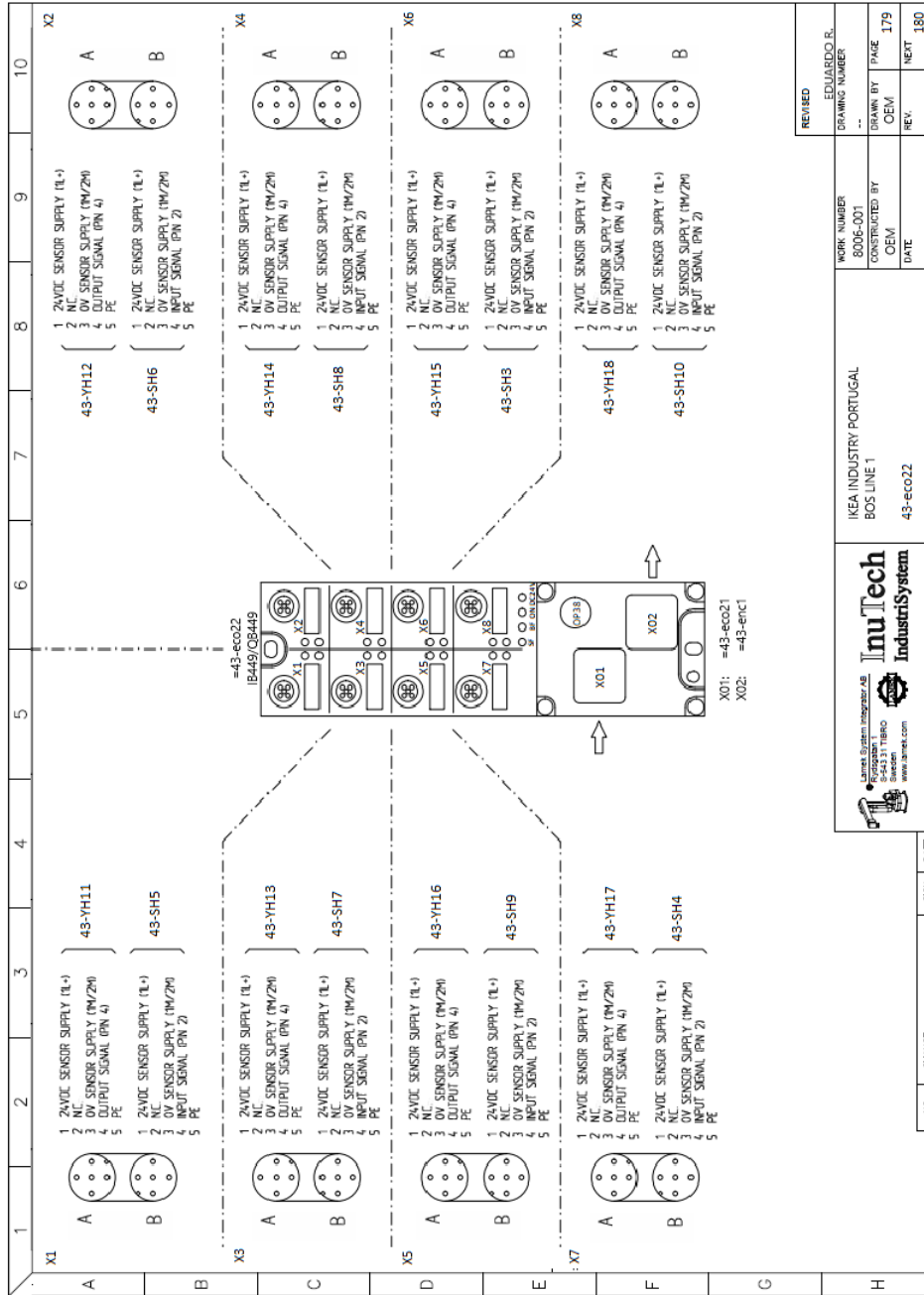


Figura H.7: Representação no esquema as ligações dos sensores de deteção de ripas da Posição 43.

Anexo I

Excertos do programa referente às alterações impostas ao sistema na Posição 7

Ao longo deste anexo pretende-se clarificar as alterações impostas na Posição 7 com a exposição de algumas porções do código alusivas à referenciação do indexador. No caso do processo de *setup* da máquina, o código referente segue-se na Figura I.1. Em consideração à figura, depois dos operadores selecionarem o produto pretendido, a memória M200.6 é colocada a nível lógico alto para indicar o início de uma nova produção com a memória M4.3. Quando todos os atuadores estiverem em posição, satisfeitas todas as condições de reinício de sequência e se a máquina estiver em automático é feito o *reset* à memória M4.3, dando-se início à produção.

Em consequência ao que foi referido sobre as condições de *setup*, para se considerar que os atuadores estão nas devidas posições para se dar início à produção, inicialmente estes têm de ir ao seu valor máximo, como se pode ver na Figura I.2. Logo que todos os atuadores atinjam o valor máximo, a memória M301.6 é colocada a nível lógico alto e, de seguida, retornam para o seu ponto de referência de acordo com o produto selecionado.

No caso específico do indexador da posição 7, para que seja confirmado que este está no seu ponto máximo tem de atingir a cota de 1000 mm, como se pode ver na Figura I.3. Relativamente ao ponto de referência, este resulta na soma da largura do produto com uma compensação de 75 mm relacionada com o curso dos cilindros pneumáticos, como se encontra ilustrado na Figura I.4.

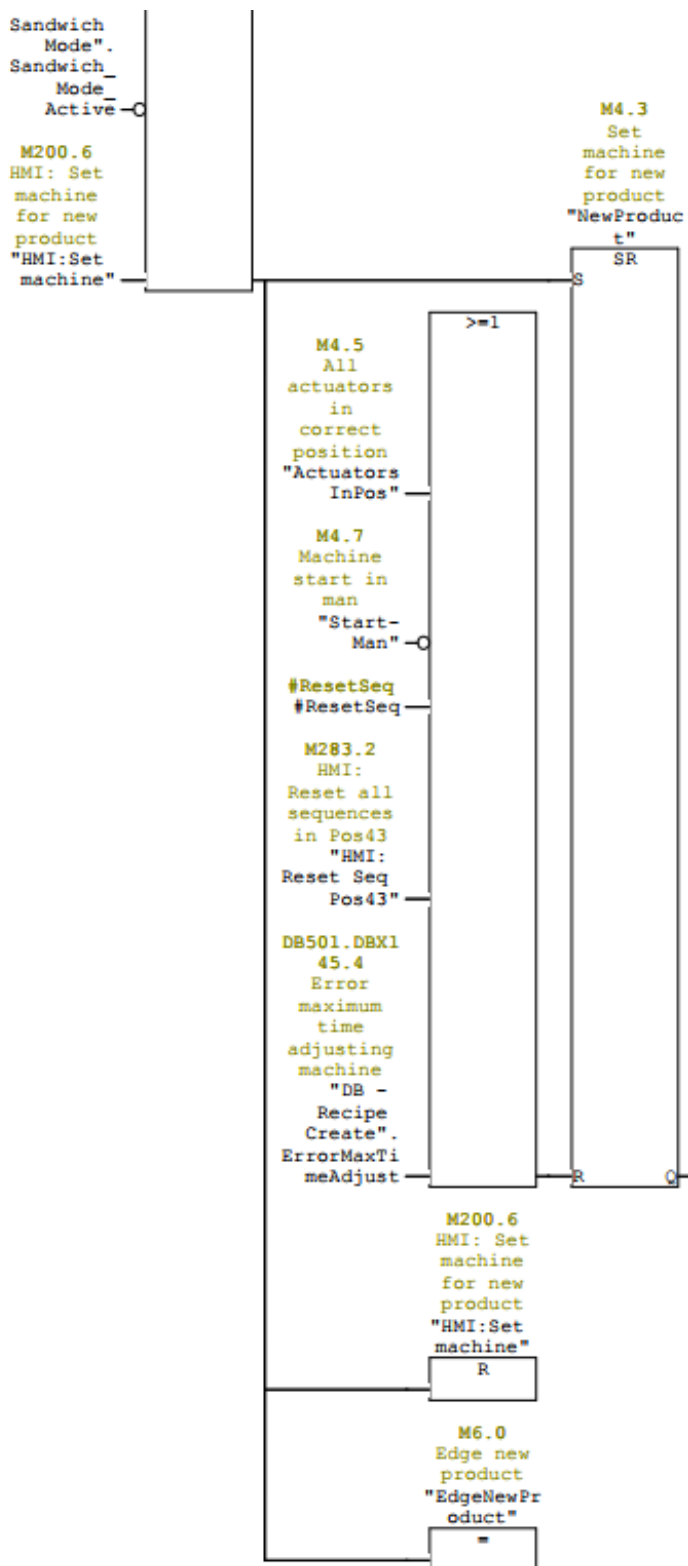


Figura I.1: Porção do programa referente ao *setup* da máquina.

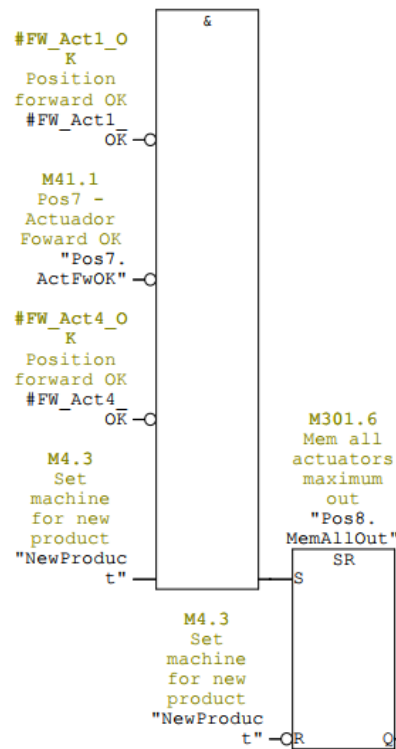


Figura I.2: Set da memória quando todos os atuadores estão no ponto máximo.

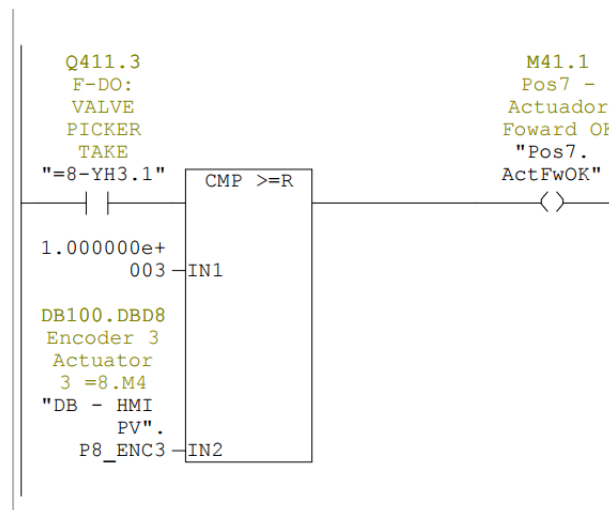
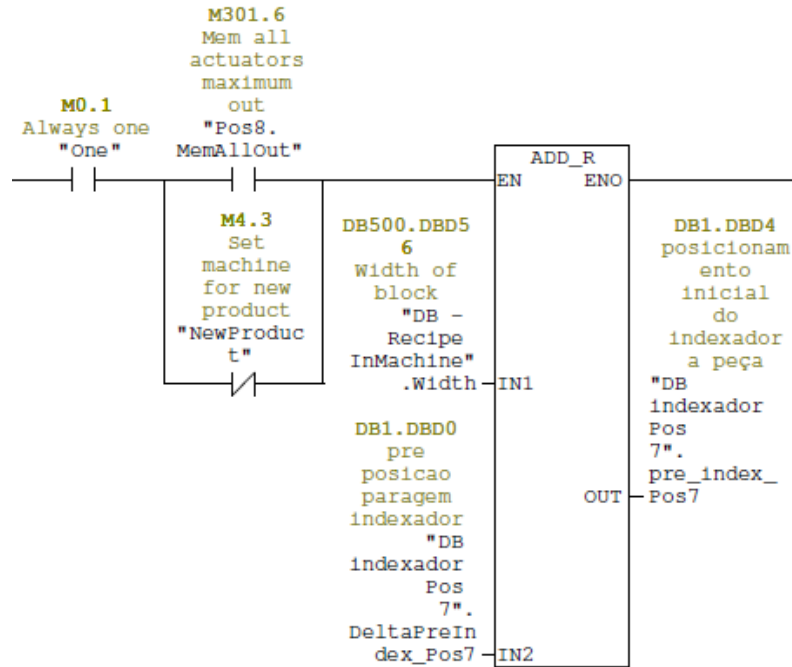
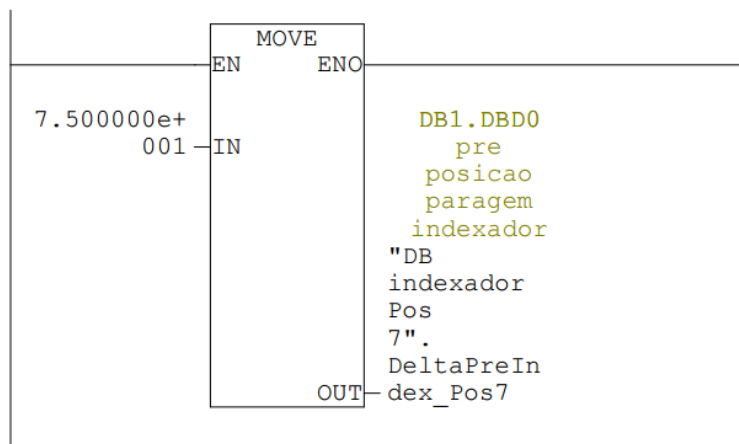


Figura I.3: Verificação da posição do *encoder* para que não permita a sua deslocação quando atinge o ponto máximo - 1000 mm (se a cota do *encoder* for superior a 1000 mm, a memória de deslocação para a frente é colocada a nível lógico baixo).



(a) Porção do programa relacionada com o ponto de referência do indexador na Posição 7.



(b) Compensação da posição do indexador face à largura do produto

Figura I.4: Ponto de referência e o valor de compensação do indexador da Posição 7.

Anexo J

Configurações de *hardware* e do variador de frequência

Neste anexo pretende-se clarificar as configurações relativamente ao indexador da posição 7. Tal como foi referido, na referenciação deste elemento utilizou-se um *encoder* para permitir o controlo de posição do indexador e um variador de frequência para induzir o sentido de deslocação e a velocidade.

Atendendo à configuração do *encoder*, é necessário adicionar este elemento na componente de configuração de *hardware* do programa. Com isto, é atribuído um intervalo de dados para o *encoder* absoluto acrescentado na configuração, como se pode ver na Figura J.1. Relativamente ao controlo da informação proveniente deste elemento, após concluída a configuração, é necessário aplicar-se o fator de resolução do *encoder* para que, ao longo do programa, o valor de trabalho seja medido em milímetros. O corresponde uso da variável na função principal do controlo do indexador encontra-se na Figura J.2, enquanto que a conversão do valor do *encoder* encontra-se ilustrada na Figura J.3

Relativamente à configuração do variador de frequência para permitir o controlo do indexador, seguem-se as Figuras J.4, J.5, J.6 e J.7, relacionadas com a configuração deste elemento juntamente com os parâmetros do motor, as definições de frequência normal de trabalho e de referenciação e os *inputs* para controlo de sentido de rotação e de velocidade. É de referir que para configurar o variador de frequência G110 da SIEMENS recorreu-se ao *software* STARTER *Commissioning Tool* [25].

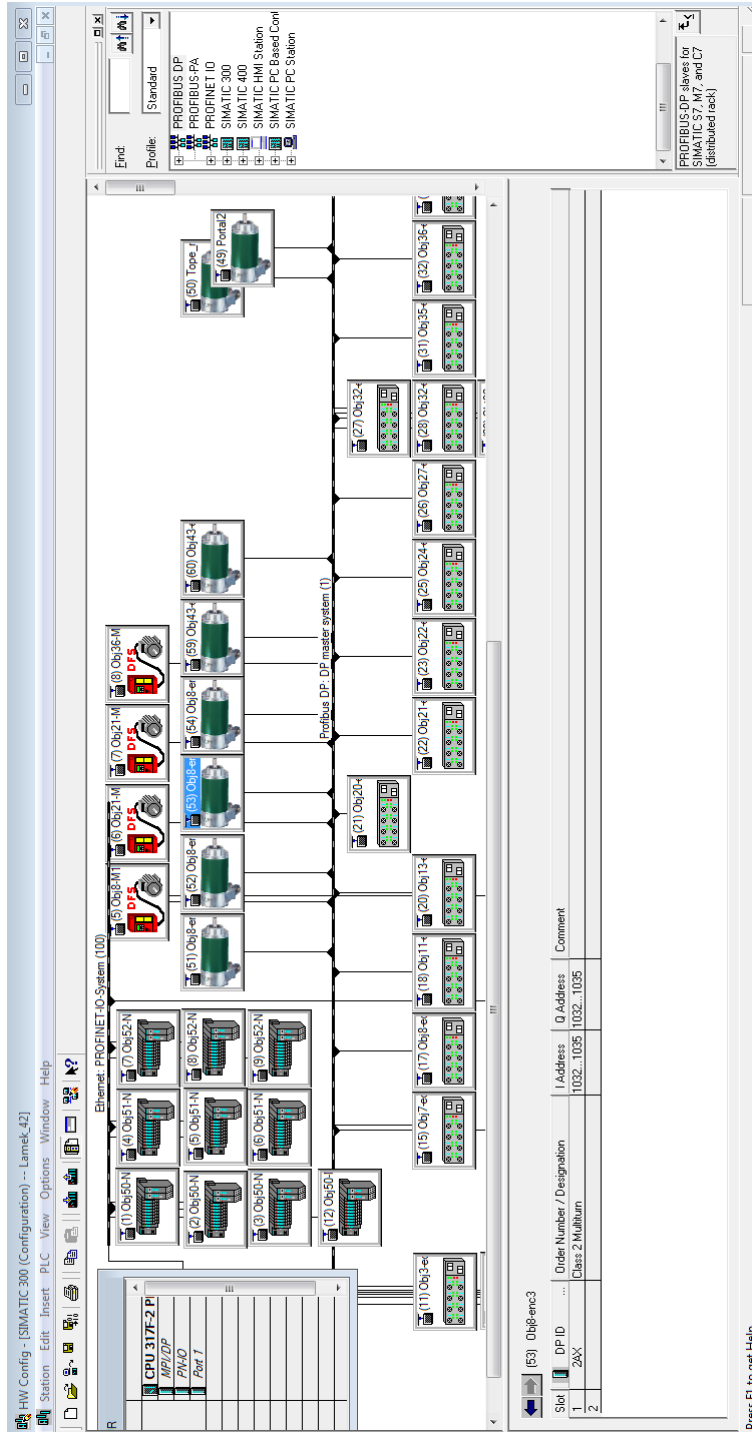


Figura J.1: Configuração do HW Config do projeto com a adição do *encoder* do indexador.

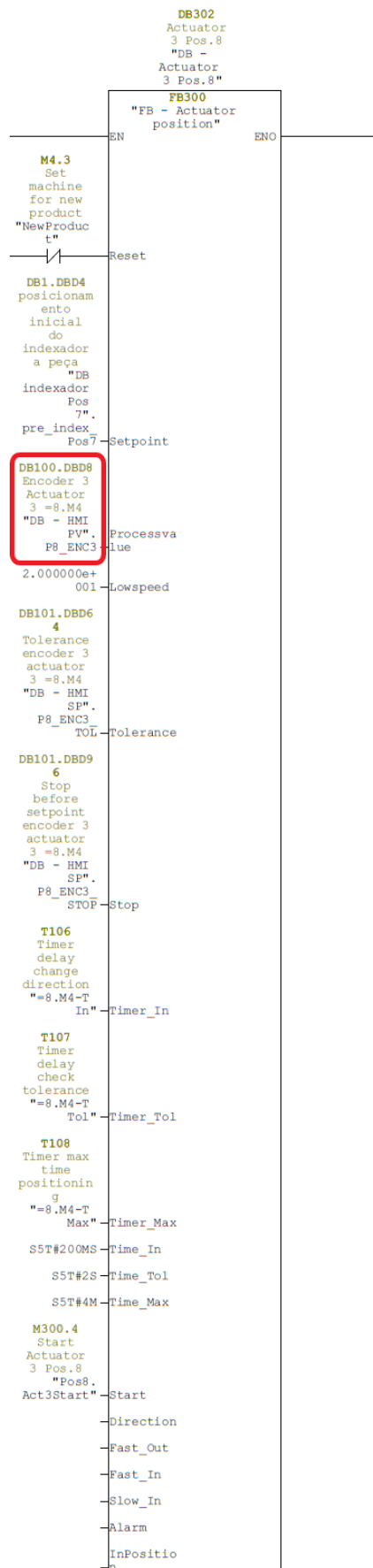


Figura J.2: Função principal do controlo do indexador.

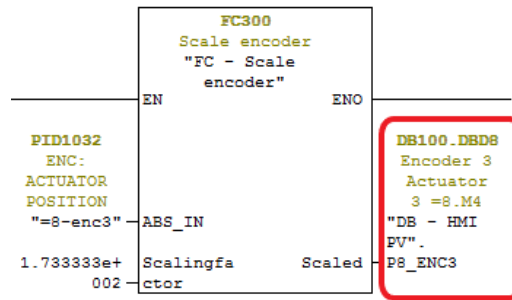


Figura J.3: Conversão do valor de leitura do *encoder* para mm.

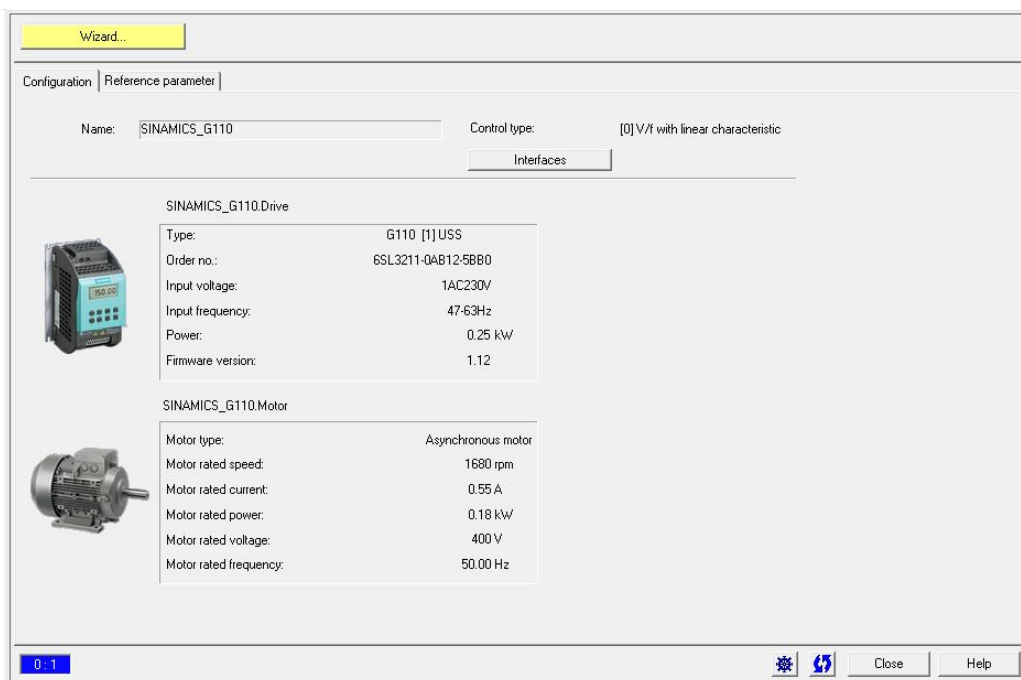


Figura J.4: Modo de configuração do variador de frequência G110 no programa STARTER.

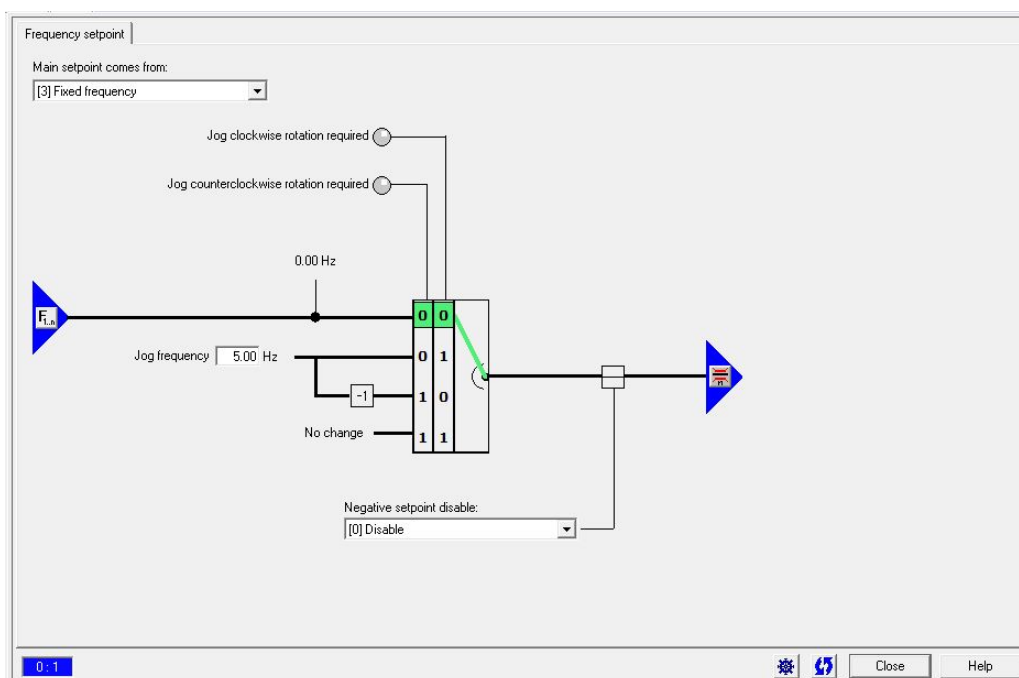


Figura J.5: Configuração da frequência do variador para movimentos manuais.

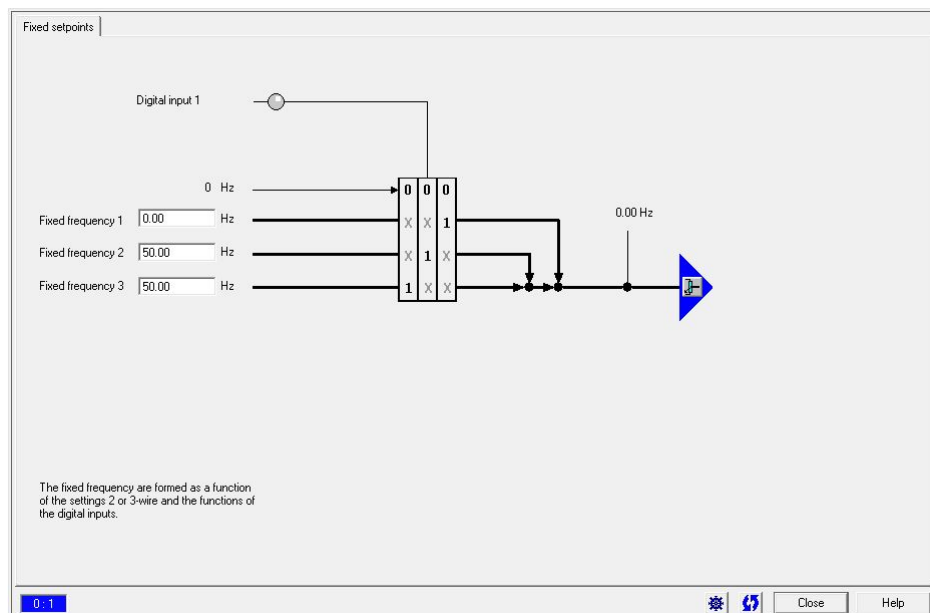


Figura J.6: Configuração da frequência do variador para movimentos de referência.

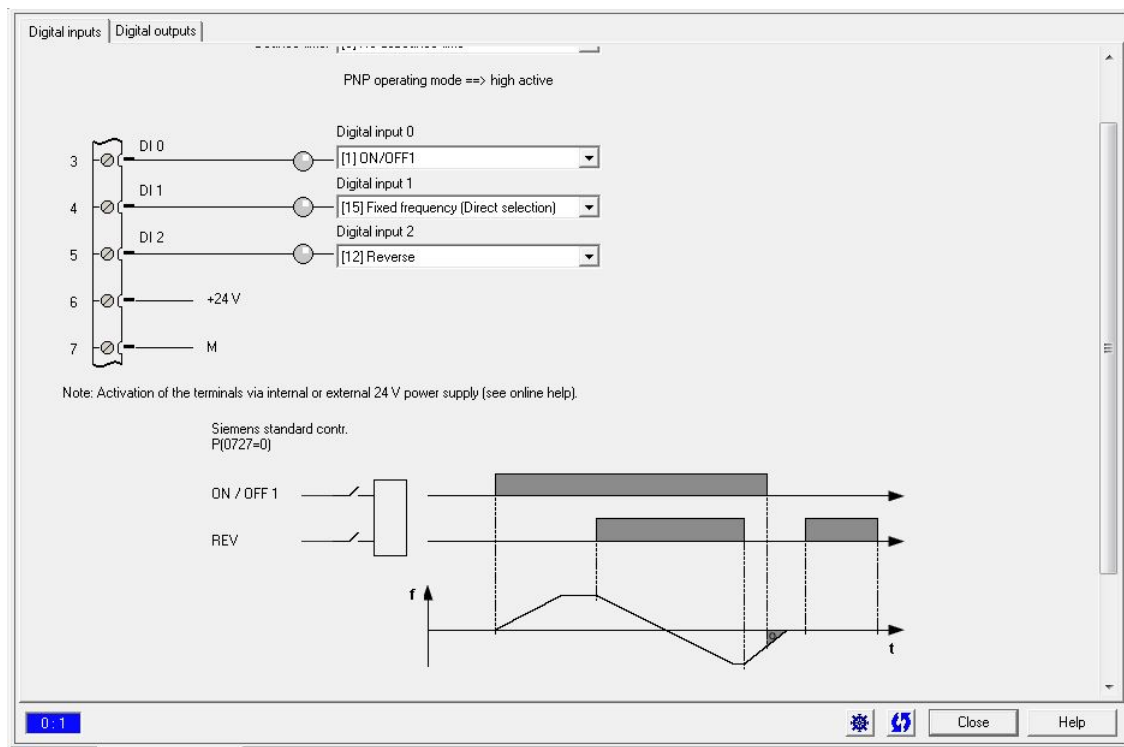


Figura J.7: Configuração das entradas do variador para permitir a variação do sentido de rotação e de velocidade de trabalho.

Anexo K

Análise dos motivos de paragem entre a semana 6 e 17 de 2019

Neste Anexo seguem-se os dados dos tempos de paragem entre a semana 6 e 17 de 2019 depois de a linha ter sido otimizada.

Relativamente ao intervalo de tempo entre a semana 6 a 9 de 2019, que corresponde ao mês de fevereiro, a disponibilidade da máquina é afetada por uma grande avaria mecânica, como se pode ver na Tabela K.1. Contudo, é notório que os tempos perdidos para ajustes e micro-paragens diminuiu significativamente relativamente aos dados obtidos antes de a linha ter sido otimizada. A análise através do gráfico segue-se na Figura K.1.

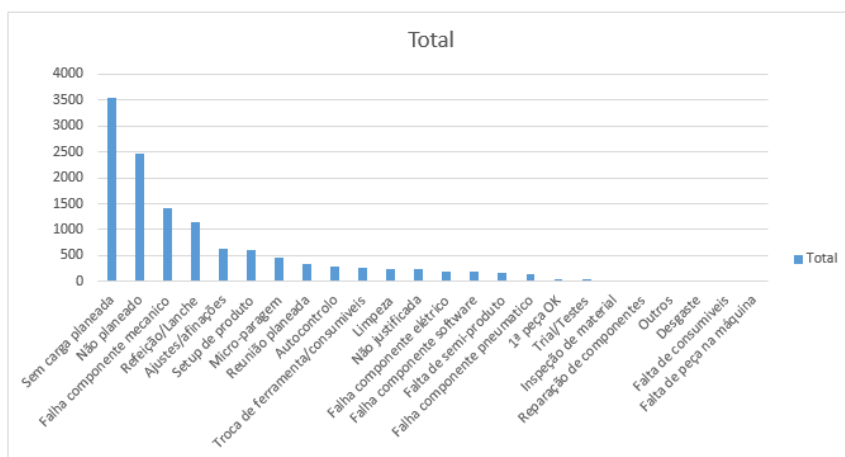


Figura K.1: Análise gráfica dos minutos de paragem entre a semana 6 e 9 de 2019 com o correspondente motivo.

Tabela K.1: Motivos de paragem entre a semana 6 e 9 de 2019 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório dos tempos de paragem [min]
Sem carga planeada	3547,50
Não planeado	2461,17
Falha componente mecânico	1407,42
Refeição/Lanche	1141,12
Ajustes/afinações	624,18
Setup de produto	609,58
Micro-paragem	452,82
Reunião planeada	344,77
Autocontrolo	282,53
Troca de ferramenta/consumíveis	261,97
Limpeza	244,82
Não justificada	240,22
Falha componente elétrico	195,23
Falha componente software	194,52
Falta de semi-produto	155,58
Falha componente pneumático	142,30
1ª peça OK	50,38
Trial/Testes	45,53
Inspeção de material	20,17
Reparação de componentes	14,10
Outros	12,07
Desgaste	11,05
Falta de consumíveis	6,03
Falta de peça na máquina	3,05
Grande Total	12468,10

O mesmo se aplica com as restantes semanas examinadas após terem sido feitas as alterações na linha. Seguem-se imediatamente abaixo as figuras e as tabelas que expõem os resultados. Tal como no intervalo de tempo correspondente ao mês de fevereiro, o mesmo se verifica com o mês de março e abril, *i.e.*, uma diminuição clara dos tempos de micro-paragens e paragens para ajustes/afinações.

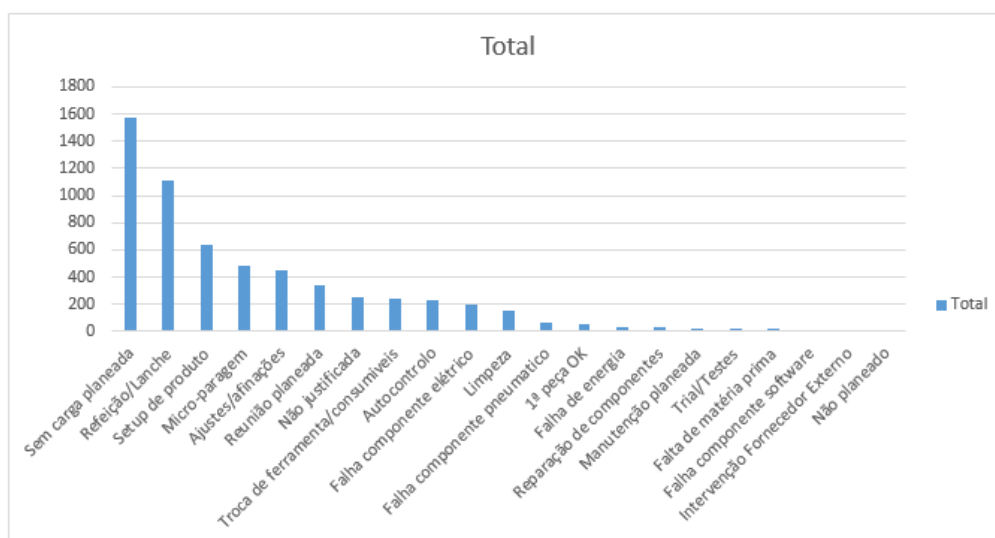


Figura K.2: Análise gráfica dos minutos de paragem entre a semana 10 e 13 de 2019 com o correspondente motivo.

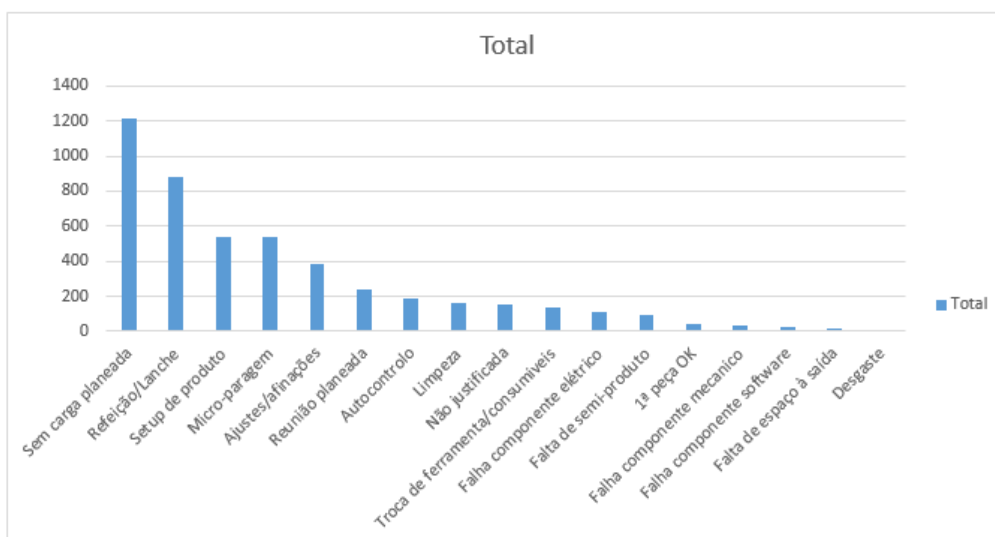


Figura K.3: Análise gráfica dos minutos de paragem entre a semana 14 e 17 de 2019 com o correspondente motivo.

Tabela K.2: Motivos de paragem entre a semana 10 e 13 de 2019 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório dos tempos de paragem [min]
Sem carga planeada	1572,85
Refeição/Lanche	1112,62
\Setup de produto	638,52
Micro-paragem	480,42
Ajustes/afinações	446,38
Reunião planeada	338,00
Não justificada	252,08
Troca de ferramenta/consumíveis	236,30
Autocontrolo	225,28
Falha componente elétrico	197,75
Limpeza	152,85
Falha componente pneumático	64,58
1ª peça OK	52,37
Falha de energia	29,98
Reparação de componentes	28,05
Manutenção planeada	24,73
Trial/Testes	23,77
Falta de matéria prima	17,70
Falha componente software	11,37
Intervenção Fornecedor Externo	9,05
Não planeado	4,53
Grande Total	5919,18

Tabela K.3: Motivos de paragem entre a semana 14 e 17 de 2019 com o correspondente peso em minutos.

Motivos	Somatório dos tempos de paragem [min]
Sem carga planeada	1215,15
Refeição/Lanche	880,38
Setup de produto	539,55
Micro-paragem	534,93
Ajustes/afinações	386,28
Reunião planeada	234,48
Autocontrolo	183,82
Limpeza	161,57
Não justificada	150,92
Troca de ferramenta/consumíveis	133,72
Falha componente elétrico	109,28
Falta de semi-produto	91,77
1ª peça OK	38,15
Falha componente mecânico	32,28
Falha componente software	20,10
Falta de espaço à saída	14,57
Desgaste	5,05
Grande Total	4732,00

Anexo L

Informação referente às melhorias futuras

Neste anexo pretende-se expor o trabalho desenvolvido relativamente às ilações auferidas para futuras melhorias.

Como primeiro ponto, são identificados os equipamentos que se encontram descontinuados e que evidenciam um problema de disponibilidade da máquina. Considerando este fator, surge um email com a informação por parte do fornecedor SIEMENS sobre os equipamentos descontinuados na Figura L.1. Por outro lado, a Figura L.2 demonstra o *stock* atual da empresa relativamente aos equipamentos que se encontram instalados na máquina e que se encontram descontinuados. Ainda sobre este propósito, as cartas de controlo ICU24F também estão identificadas como um artigo descontinuado e como solução provisória para este problema está assente a troca do artigo danificado por um reparado com um custo associado. A cotação para a troca do artigo segue-se na Figura L.3.

Quanto à solução para os artigos descontinuados, a SIEMENS atualmente não apresenta soluções para o conceito construção de sistemas por blocos, como se encontra exposto na Figura L.4. Desta forma, a solução de conversão dos variadores de frequência descontinuados parte para equipamentos *standalone*, tendo exemplos de referências identificados no email exposto na Figura L.5. As cotações para cada referência identificada no email, seguem-se na Figura L.6 e na Figura L.7, respetivamente. Por fim, encontram-se identificadas as ligações para habilitar a interligação com a unidade de controlo e com o motor que se pretende controlar na Figura L.8.

Subject: RE: Levantamento equipamentos FA - IKEA

Boa tarde

Antes de mais peço desculpa pela demora na minha resposta.

De seguida podem encontrar a minha análise por máquina equipada com drives Siemens:

Máquina "Lamek":

- Os variadores de velocidade para as ET200S entraram em phase-out/cancelada a sua produção em 2012. Está prevista a disponibilidade para substituição ou reparação de equipamentos avariados até 2021.

A solução de substituição não é 100% compatível. Não há a possibilidade de os variadores ficarem em rack pendurados directamente numa ET200S. Ter-se-ia que retirar os módulos de drives existentes (controlo+potência) e substituir por drives "stand-alone". Os sinais de comando e de status dos drive poderiam continuar a ser controlados pela ET200S caso seja necessário. O programa do PLC teria que ser trabalhado para integrar os novos drives.

Localmente verifiquei que nem encoder ou sondas PTC estão ligadas à carta de controlo. As cartas ICU24F instaladas são de Safety, ou seja, será necessário verificar o programa para se perceber quais as funções Safety implementadas e daí podermos escolher qual o drive que melhor se adequa à aplicação em causa.

Temos um pequeno documento para ajuda à migração, que podem encontrar aqui:
<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/58349882>

O software necessário para a programação deste drive está disponível para download em:
<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/26233208>

Estes variadores têm uma porta RS232 para comunicação com o PC. Podem encontrar mais informações no manual de operações:
<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/en/view/26291825>

Nesta máquina também estão instalados Sinamics G110 mas para já não temos indicação da data em que vão ser descontinuados.

No rack da ET200S também estão instalados motor starters (arranque reversível) mas que ainda não foram descontinuados.

Máquina "IMV":

- Está previsto que os variadores da gama MM4 sejam descontinuados no final do próximo ano, sendo que durante 10 anos continuaremos a assegurar a substituição ou reparação de equipamentos avariados.

Máquina "Kalfiast":


- Está instalado um sistema Simotion com Sinamics S120. Algumas das referências desta gama já foram descontinuadas, apenas com a informação retirada na visita não nos é possível saber se alguns dos equipamentos instalados se encontram nessa situação.

Estamos ao vosso dispor para esclarecimento de alguma dúvida que possa surgir.

Melhores Cumprimentos / With best regards,
 Beatriz Salvador

Figura L.1: Resposta aos artigos que se encontram descontinuados ou em vias de descontinuação.

Last reloaded in: 2019-06-11 14:15:12


IKEA Industry
 Paços de Ferreira

Stock analysis

Total quantity

Stock balance

Analysis

Warehouse / loc.

Container / lot detail

Item group

Production date (FG only)

Item number

By location

FG resume (qty)


Negative stock

WH space calc.

Spare parts

By status

About



Spare parts

Item number	Item name	Item description	Item c.	Item Group	Alias no.	Stock Location	Supplier	Supplier name	Stock quantity	Safety S.
0013946	CONVERTER S83225	CONVERTER S83225	85744	C413	SIEG3225DSE...	CKA-00	100653225DSE...	JIMM GONCALVES, LDA	2,000000	000
0013947	CONVERTER S83225	CONVERTER S83225	85744	C413	SIEG3225DSE...	CKA-92.00	100653225DSE...	JIMM GONCALVES, LDA	2,000000	000

Figura L.2: *Stock* atual dos modelos descontinuados instalados na linha.



V/ Consulta n°:
Ordem de Compra 1040101838
Proposta n°:
PT-1903-0000106096-R0

Data:
25.03.2019
Validade da Proposta:
24.04.2019

Siemens, S.A.
Portugal
Digital Factory
Process Industries and Drives

Para/to		De/from	
Firma Company	IKEA INDUSTRY PORTUGAL SA	Nome Name	Paula Santos
Nome Name	Maria Sousa	Área Area	RC-PT DF CS SD OP
Localização Location	PENAMAIOR	Localização Location	AMADORA
Telefone Telephone		Telefone Phone	+351 (21) 417-8158
E - Mail		E - Mail	paula.l.santos@siemens.com

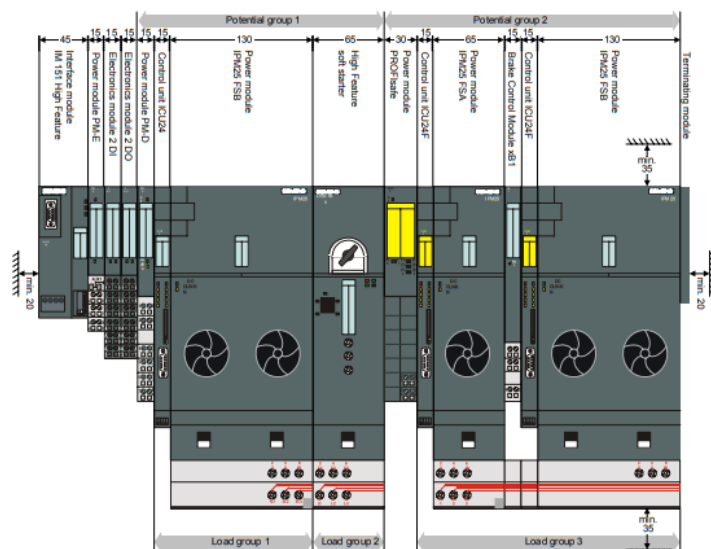
Proposta

Exmos. Srs.,

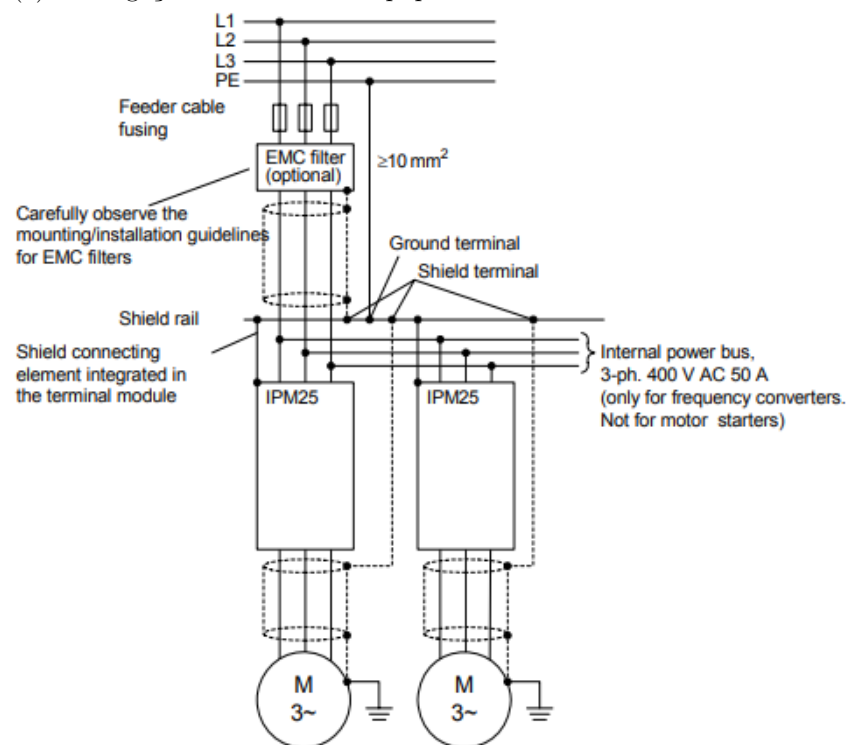
De acordo com a vossa solicitação, que agradecemos, vimos por este meio enviar as nossas melhores condições para o fornecimento dos seguintes materiais, equipamentos ou serviços:

Pos.	Artigo/Produto/Serviço Opções	Prazo de Entrega (dias úteis)	Qt	Preço Unit EUR	Preço Total EUR
1	Frequency converter for ET 200S Control Unit Safety Integrated Module width 15 mm Can be combined with power unit IPM25 Control modes: U/F, FCC, SLVC VC with encoder, torque control Input motor encoder: HTL unipolar Input motor temperature: PTC/KTY RS232: Starter commissioning tool 6SL3244-0SA01-1AA0 Spare Part (Service): Incoterm: DAP - [PT] *Este produto só é fornecido na condição da devolução de um módulo de igual referência avariado.	10	1	696,06	696,06
Total EUR (sem IVA)					696,06

Figura L.3: Orçamento para a troca de uma carta de controlo ICU24F.



(a) Interligação dos diferentes equipamentos com a ET200S



(b) Alimentação do variador de frequência IPM25

Figura L.4: Variadores de frequência embecidos com o módulo de interface e controlo ET200S [17].

Muito bom dia,

Informamos que os equipamentos 6SL3210-1KE12-3UF2; 6SL3210-1KE15-8UF2 são alternativa aos equipamentos existentes, no entanto terá que existir alterações ao PLC de forma a retirar os atuais e incluir os novos. Alteração a nível de HW configuration, mantendo-se a mesma estrutura de dados de comunicação, não será necessário mexer no código de programa.

As referências são para equipamentos Profinet. Deverão verificar se possuem Profinet ou Profibus na instalação.

Enviamos desta forma nossa proposta 118493.

Estamos ao dispor para qualquer esclarecimento adicional.

Com os nossos melhores cumprimentos, subscrevemo-nos com elevada estima e consideração.

Paula Santos
Customer Service
RC-PT DI CS
Rua Irmãos Siemens, 1
2720-083 Amadora, Portugal

Phone

+351 214178158

E-Mail:

paula.l.santos@siemens.com

SIEMENS
Ingenueity for life

Siemens S.A. com sede na Rua Irmãos Siemens, 1-1A, 2720-082 Amadora, Portugal, matriculada na Conservatória do Registo Comercial da Amadora sob o N.º 500 247 480; capital social de 63.435.000,00 EUR.

Informação importante: Este e-mail e qualquer anexo contém informação confidencial e legalmente protegida. Se tiver recebido este e-mail por engano, agradecemos que nos contacte imediatamente e que elimine este e-mail e respectivos anexos do seu sistema. Obrigação.
Important notice: This e-mail and any attachment thereof contain corporate proprietary information. If you have received it by mistake, please notify us immediately by reply e-mail and delete this e-mail and its attachments from your system. Thank you.

Figura L.5: Resposta ao modelo destinado para a troca dos variadores de frequência IPM25.



V/ Consulta n°:
Cotação
Proposta n°:
PT-1906-0000118493-R0

Data:
12.06.2019
Validade da Proposta:
12.07.2019

Siemens, S.A.
Portugal
Digital Industries

Para/to	De/from
Firma Company	Nome Name
IKEA INDUSTRY PORTUGAL SA	Paula Santos
Nome Name	Área Area
Eduardo Rodrigues	RC-PT DF CS SD OP
Localização Location	Localização Location
PENAMAIOR	AMADORA
Telefone Telephone	Telefone Phone
	+351 (21) 417-8158
E - Mail	E - Mail
eduardo.rodrigues@inter.ikea.com	paula.l.santos@siemens.com

Proposta

Exmos. Srs.,

De acordo com a vossa solicitação, que agradecemos, vimos por este meio enviar as nossas melhores condições para o fornecimento dos seguintes materiais, equipamentos ou serviços:

Pos.	Artigo/Produto/Serviço Opções	Prazo de Entrega (dias úteis)	Qt	Preço Unit EUR	Preço Total EUR
1	SINAMICS G120C RATED POWER 0,75KW WITH 150% OVERLOAD FOR 3 SEC 3AC380-480V +10/-20% 47-63HZ UNFILTERED I/O-INTERFACE: 6DI, 2DO,1AI,1AO SAFE TORQUE OFF INTEGRATED FIELDBUS: PROFINET-PN PROTECTION: IP20/ UL OPEN TYPE SIZE: FSAA 173X73X178(HXWXD) EXTERNAL 24V 6SL3210-1KE12-3UF2 Spare Part (Service): 1xST Product Weight: 1.200 KG Package Dimensions (LxHxW): 225.00 x 85.00 x 270.00 MM Country of Origin: GB Commodity Code: 85044084 AL: N ECCN: 3A999A Incoterm: DAP - [PT]	10	1	437,00	437,00

Figura L.6: Orçamento para o variador de frequência G120C de 0,75 kW.

SIEMENS*Ingenuity for life*

V/ Consulta n°:
Cotação
Proposta n°:
PT-1906-0000118493-R0

Data:
12.06.2019
Validade da Proposta:
12.07.2019

Pos.	Artigo/Produto/Serviço Opções	Prazo de Entrega (dias úteis)	Qt	Preço Unit EUR	Preço Total EUR
2	<p>SINAMICS G120C RATED POWER 2,2KW WITH 150% OVERLOAD FOR 3 SEC 3AC380-480V +10/-20% 47-63HZ UNFILTERED I/O-INTERFACE: 6DI, 2DO,1AI,1AO SAFE TORQUE OFF INTEGRATED FIELDBUS: PROFINET-PN PROTECTION: IP20/ UL OPEN TYPE SIZE: FSAA 173X73X178(HXWXD) EXTERNAL 24V</p> <p>6SL3210-1KE15-8UF2 Spare Part (Service): 1xST</p> <p>Product Weight: 1.200 KG Package Dimensions (LxHxW): 225.00 x 85.00 x 270.00 MM Country of Origin: GB Commodity Code: 85044084 AL: N ECCN: 3A999A Incoterm: DAP - [PT]</p>	10	1	535,00	535,00
Total EUR (sem IVA)					972,00

Figura L.7: Orçamento para o variador de frequência G120C de 2,2 kW.

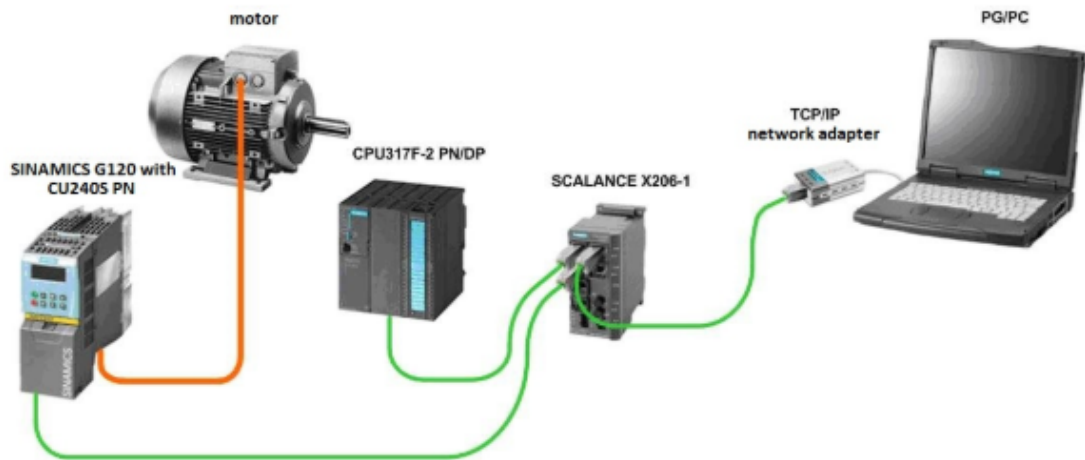


Figura L.8: Interligação dos diferentes equipamentos com o variador de frequência G120 [18].

Anexo M

Registo dos NPC atuais da linha

The screenshot displays the IKEA Industry Paços de Ferreira software interface. At the top left is the IKEA logo. The main header reads "IKEA Industry Paços de Ferreira". Below this, it states "Last reloaded in: 2019-06-13 07:24:19". The interface includes a "Current Selections" panel on the left with filters for Machine (024110R1 BOS L), Ope_MatPro (14 of 712), and Year (2019). Below this are "Filters" for Time (Year: 2019, Fiscal Year: 2019) and Organization (Department: BOS BOS, Machine: 024110R1 BOS). The main area shows a table of NPC data with columns: Resource, Item number, Multiplier NPC, NPC calculated, and Number of sides. The table lists 40 rows of data for resources 024110R1 and 024110R2.

Resource	Item number	Multiplier NPC	NPC calculated	Number of sides
024110R1	S024BTBSPT03	1	5,6	5,6
024110R1	S024BTBSPT06	1	0	0
024110R1	S024BTBSPT07	1	0	0
024110R1	S024BTBSPT0204	1	5,4	5,4
024110R1	S024BTBSSD03	1	5,6	5,6
024110R1	S024BTBSSD05	1	5,3	5,3
024110R1	S024BTBSSD0204	1	5,4	5,4
024110R1	S024BTBSSH02	1	5,7	5,7
024110R1	S024BTBSTB0102	1	5,4	5,4
024110R1	S024BTBSTB0304	1	5,5	5,5
024110R1	S024KXBSPT01	1	5,6	5,6
024110R1	S024KXBSPT02	1	5	5
024110R1	S024KXBSH01	1	5,6	5,6
024110R1	S024KXBSH02	1	5,6	5,6
024110R1	S024KXBSH03	1	5,6	5,6
024110R1	S024KXBSH04	1	5,6	5,6
024110R1	S024PLBSSD3132	1	5	5
024110R1	S024PLBSSD3334	1	5	5
024110R1	S024PLBSSD3738	1	0	0
024110R1	S024PXBSSD22	1	5	5
024110R1	S024PXBSSD53	1	0	0
024110R1	S024PXBSSD54	1	5	5
024110R1	S024STBSSD23	1	6	6
024110R1	S024STBSSH17	1	4,5	4,5
024110R1	S024STBSSH18	1	5,3	5,3
024110R1	S024STBSSH21	1	0	0
024110R1	S024STBSTP21	1	6	6
024110R2	S024BTBSPT03	1	7,2	7,2
024110R2	S024BTBSPT06	1	7	7
024110R2	S024BTBSPT07	1	7,2	7,2
024110R2	S024BTBSPT0204	1	7	7
024110R2	S024BTBSSD03	1	7,2	7,2
024110R2	S024BTBSSD05	1	7,1	7,1
024110R2	S024BTBSSD0204	1	7	7
024110R2	S024BTBSSH02	1	7,4	7,4
024110R2	S024BTBSTB0102	1	7,1	7,1
024110R2	S024BTBSTB0304	1	7,1	7,1
024110R2	S024KXBSPT01	1	7,4	7,4
024110R2	S024KXBSPT02	1	7,4	7,4

Figura M.1: NPC atualmente definidos para cada produto.

