



MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO: BALANCEAMENTO DE LINHAS E ANÁLISE DE DESPERDÍCIOS

JOÃO PAULO MOREIRA DA SILVA

julho de 2023

MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO: BALANCEAMENTO DE LINHAS E ANÁLISE DE DESPERDÍCIOS

João Paulo Moreira da Silva

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

MELHORIA DA EFICIÊNCIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO: BALANCEAMENTO DE LINHAS E ANÁLISE DE DESPERDÍCIOS

João Paulo Moreira da Silva

1180702

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Professor Especialista Eduardo Jorge Casal Cardoso Martins

2023

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

isen

P.PORTO

AGRADECIMENTOS

Após um desafio de dois anos, é tempo de mostrar gratidão, é tempo de fazer uso das palavras para expressar o reconhecimento pelo valor de todos aqueles que de alguma forma esboçaram o seu apoio durante todo este percurso.

Desta forma quero agradecer:

Ao meu orientador, professor Eduardo Martins, pelo acompanhamento e disponibilidade demonstrados no decorrer do estágio.

Ao meu supervisor por parte da empresa, Diogo Gonçalves, por me ter ajudado durante a minha integração na empresa, por todos os desafios colocados e por toda a disponibilidade e ajuda durante os 9 meses de estágio.

À Ana Laroca, que não sendo minha supervisora tornou todo o meu percurso na empresa mais fácil com todo o seu apoio e disponibilidade.

Ao Thiago Ribeiro e à Taís Tellini por tudo que me ensinaram, que foi fundamental para a concretização do trabalho.

À Hutchinson e a todos os colaboradores, pela paciência e ajuda que forneceram ao longo do estágio.

Os meus agradecimentos finais são para a minha família e amigos que sempre me apoiaram e me deram todas as condições para concluir este percurso.

página propositadamente em branco

RESUMO

O ponto de partida para o trabalho é o facto de uma das grandes preocupações das indústrias, no seio do mercado competitivo, ser a procura por uma maior eficiência. O trabalho proposto tem como objetivo melhorar a eficiência de uma linha de produção de um novo projeto, o que suscita um conjunto de questões de investigação. De forma a responder às questões de investigação é desenvolvida uma revisão bibliográfica que possibilita compreender a existência de metodologias, conceitos e ferramentas como, o *lean manufacturing*, o balanceamento de linhas, o *standard work* e o *kaizen*, que são, habitualmente, utilizados quando o objetivo é melhorar a eficiência. Após a revisão bibliográfica, o foco do trabalho é orientado para a linha AA31, onde são compreendidas as operações desenvolvidas, os produtos fabricados e a situação inicial da linha. A compreensão da situação inicial da linha é realizada através, do cálculo da eficiência e da percentagem de sucata, do estudo do fluxo produtivo, do levantamento dos tempos das atividades e do cálculo do *takt time* (TT), do *work content* (WC) e do número mínimo de postos de trabalho (N). Através de uma 1ª iteração foram identificados desperdícios e implementadas ações de melhoria para os eliminar/reduzir. As ações de melhoria realizadas são, a implementação de ações 6S, a resolução de problemas técnicos, o balanceamento das linhas e a aplicação do *standard work*. Após a 1ª iteração, os resultados são analisados e é desenvolvida uma 2ª iteração, que segue os parâmetros da primeira. Com o trabalho finalizado, os resultados e os métodos de trabalho são discutidos, concluindo-se, relativamente ao sucesso e à importância do trabalho desenvolvido. O sucesso do trabalho pode ser resumido através, do aumento de 22% do valor da eficiência, da redução de 6,9% na percentagem de sucata mensal e do aumento de 21,7% no valor do OEE.

PALAVRAS-CHAVE

Lean; Melhoria; Balanceamento; *Standard*; Eficiência.

página propositadamente em branco

ABSTRACT

The starting point for the work is the fact that one of the highest concerns of industries, within the competitive market, is the search for better efficiency. The proposed work aims to improve the efficiency of a production line of a new project, which raises a set of research questions. To answer the research questions a bibliographic review is developed which allows to realize that there are methodologies, concepts, and tools as, lean manufacturing, lines balancing, standard work, and kaizen that are commonly used when the target is improve efficiency. After the bibliographic review, the focus of the work was to line AA31, where the activities developed, the products manufactured, and the initial situation of the line are understood. The initial situation of the line is studied through the calculation of the efficiency and the percentage of scrap, of the study of the production flow, through the analysis of the activities time and of the calculation of the takt time (TT), of the work content (WC) and the minimum number of workstations (N). In a 1st iteration, waste was identified, and improvement actions were implemented to eliminate/reduce it. The improvement actions are the implementation of the 6S action, the resolution of technical problems, the balancing of the lines and the implementation of the standard work. After the 1st iteration, the results are analyzed, and a 2nd iteration is developed following the 1st iterations parameters. With the work finished, the results and working methods are discussed, concluding, about the success and importance of the work developed. The success of the work can be summarized by a 22% increase in the efficiency value, 6,9% reduction in the monthly scrap percentage and a 21,7% increase in the OEE value.

KEYWORDS

Lean; Improvement; Balancing; Standard; Efficiency.

página propositadamente em branco

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABELAS	XI
LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XIII
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. Contextualização	15
1.2. Objetivos	16
1.2.1. Objetivo do Trabalho	16
1.2.2. Objetivo da Pesquisa.....	16
1.3. Planeamento e metodologia	16
1.4. Apresentação da empresa.....	17
1.5. Organização do relatório.....	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1. Eficiência.....	19
2.1.1. Definição de Eficiência	19
2.1.2. Trabalhos práticos para a melhoria da Eficiência	20
2.2. <i>Lean Manufacturing</i>	21
2.2.1. Tipos de Atividades	22
2.2.2. <i>Just in Time</i>	24
2.2.3. Balanceamento de Linhas	28
2.2.4. <i>Standard Work</i>	32
2.2.5. Melhoria Contínua – <i>Kaizen</i>	33
2.2.6. 6S.....	33
2.3. OEE	34
3. ANÁLISE E MELHORIA DA LINHA DE PRODUÇÃO AA31	37
3.1. Contextualização da Área Produtiva	37
3.2. Apresentação da Linha AA31	38
3.2.1. Operações Desenvolvidas	39
3.2.2. Produtos e Formação de Famílias de Produtos	40
3.3. Situação Inicial.....	41
3.3.1. Eficiência e Sucata.....	41
3.3.2. Diagrama de Fluxo	42
3.3.3. <i>Takt Time</i> (TT)	43
3.3.4. Tempos das Atividades	43
3.3.5. <i>Work Content</i> (WC).....	47
3.3.6. Número Mínimo de Postos de Trabalho (N).....	47
3.4. 1ª Iteração de Melhoria	48
3.4.1. Produto 1 – T.81434.....	48

3.4.2. Produto 2 – T.71204.....	57
3.4.3. Desperdícios e Melhorias gerais	64
3.4.4. Impacto e Resultados da 1ª Iteração	66
3.5. Situação Intermédia	69
3.5.1. Eficiência e Sucata.....	69
3.5.2. Novo Diagrama de Fluxo	70
3.5.3. <i>Takt Time</i> (TT)	70
3.5.4. Tempos das Atividades	71
3.5.5. <i>Work Content</i> (WC)	73
3.5.6. Número Mínimo de Postos de Trabalho (N)	73
3.6. 2ª Iteração de Melhoria	74
3.6.1. Desperdícios e Melhorias gerais	74
3.6.2. Produto 1 – T.81434.....	76
3.6.3. Produto 2 – T.71204.....	80
3.6.4. Impacto e Resultados da 2ª Iteração	84
3.7. Situação Final.....	85
3.7.1. Eficiência e Sucata.....	86
3.7.2. OEE	87
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	89
4.1. Apresentação de Resultados.....	89
4.2. Discussão de Resultados	90
5. CONCLUSÃO	93
5.1. Conclusões finais	93
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
APÊNDICE A – Tempos Medidos	97
APÊNDICE B – 1ª Iteração: Tabelas de combinação de standard work	98
APÊNDICE C – 1ª Iteração: Gráficos de standardized work	100
APÊNDICE D – 2ª Iteração: Tabelas de combinação de standard work	108
APÊNDICE E – 2ª Iteração: Gráficos de standardized work.....	110
APÊNDICE F – Auditoria Standard Work	118
ANEXO A – Formas de aplicar o <i>Standard Work</i>	119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Calendarização do Trabalho.....	16
Figura 2 - Logotipo Hutchinson (Hutchinson, 2022)	17
Figura 3 - Eficiência Real vs Eficiência Aparente (TPS, 1973)	19
Figura 4 - Passos para a elaboração do VSM Adaptado de (Rother & Shook, 1999).....	25
Figura 5 - Simbologia VSM Adaptado de (Pinho, 2015)	26
Figura 6 - Diagrama de Precedências	29
Figura 7 - Linha Não Balanceada vs Linha Balanceada.....	30
Figura 8 - Modelo Singular	30
Figura 9 - Modelo Misto.....	31
Figura 10 - Modelo Múltiplo	31
Figura 11 - Exemplo de um Diagrama de <i>Yamazumi</i> (Sabadka et al., 2017).....	31
Figura 12 - Layout da Fábrica	37
Figura 13 - Layout Projeto HHN.....	38
Figura 14 - Tubo de Ar Condicionado.....	38
Figura 15 - Situação Inicial: Diagrama de fluxo do processo produtivo da linha AA31.....	42
Figura 16 - Folha de Medição de Tempos	43
Figura 17 - Situação Inicial: Disposição dos operadores na linha (T.81434)	44
Figura 18 - Situação Inicial: Disposição dos operadores na linha (T.71208)	45
Figura 19 - Situação Inicial: Disposição dos operadores na linha (T.81435)	46
Figura 20 - Situação Inicial: Disposição dos operadores na linha (T.71204)	46
Figura 21 - VSM: Situação Inicial para a referência T.81434.....	49
Figura 22 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N=4)	50
Figura 23 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 1ª Iteração para T.81434, N=4.....	51
Figura 24 - 1ª Iteração: Linha em concordância com os tempos medidos (ref.T.81434, N-1=3)	52
Figura 25 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N-1=3)	52
Figura 26 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 1ª Iteração para T.81434, N - 1 = 3.....	53
Figura 27 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N - 2 = 2).....	53
Figura 28 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 1ª Iteração para T.81434, N - 2 = 2.....	54
Figura 29 - Lança de <i>Orings</i>	54
Figura 30 - 1ª Iteração: Layout antes do balanceamento, ref. T.81434.....	55
Figura 31 - 1ª Iteração: Layout depois do balanceamento, ref. T.81434.....	55
Figura 32 - WIP armazenado em caixas	55
Figura 33 - WIP armazenado em varão	55
Figura 34 - Embalagem direta na palete	56
Figura 35 - Embalagem no carrinho de suporte.....	56
Figura 36 - Ajuda Visual para avaliação da soldadura.....	57
Figura 37 - Layout Inicial	57
Figura 38 - Layout Alterado.....	57
Figura 39 - VSM: Situação Inicial para a referência T.71204.....	58
Figura 40 - 1ª Iteração: Linha em concordância com os tempos medidos (ref.T.71204, N=3).....	59
Figura 41 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N=3)	59
Figura 42 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 1ª Iteração para T.71204, N = 3.....	60
Figura 43 - 1ª Iteração: Linha em concordância com os tempos medidos (ref.T.71204, N-1=2)	60

Figura 44 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N-1=2)	60
Figura 45 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 1ª Iteração para T.71204, N - 1 = 2.....	61
Figura 46 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N+1=4)	62
Figura 47 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 1ª Iteração para T.71204, N + 1 = 4.....	62
Figura 48 - 1ª Iteração: Layout antes do balanceamento, ref. T.71204.....	63
Figura 49 - 1ª Iteração: Layout depois do balanceamento, ref. T.71204.....	63
Figura 50 - GCF com carrinho de suporte	63
Figura 51 - 1ª Iteração: Diferentes Localizações do GCF, ref. T.71204	64
Figura 52 - <i>Shop Stock</i> Desorganizado	65
Figura 53 - <i>Shop Stock</i> Organizado.....	65
Figura 54 - Suporte de Água e Pistola de ar	65
Figura 55 - Situação Intermédia: Gráfico da Eficiência	69
Figura 56 - Situação Intermédia: Gráfico da Sucata.....	69
Figura 57 - Situação Intermédia: Diagrama de fluxo do processo produtivo da linha AA31	70
Figura 58 - Situação Intermédia: Disposição dos operadores na linha (T.81434).....	71
Figura 59 - Situação Intermédia: Disposição dos operadores na linha (T.71204).....	72
Figura 60 - Excerto da Auditoria <i>Standard Work</i>	75
Figura 61 - 2ª Iteração: Linha em concordância com os tempos medidos (ref.T.81434, N=3, 3 turnos)	77
Figura 62 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N=3, 3 turnos).....	77
Figura 63 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 2ª Iteração para T.81434, N = 3.....	78
Figura 64 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N-1=2, 3 turnos).....	78
Figura 65 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 2ª Iteração para T.81434, N - 1 = 2.....	79
Figura 66 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N+1=4, 3 turnos).....	79
Figura 67 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 2ª Iteração para T.81434, N + 1 = 4.....	80
Figura 68 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N=3, 3 turnos).....	81
Figura 69 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 2ª Iteração para T.71204, N = 3.....	81
Figura 70 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N-1=2, 3 turnos).....	82
Figura 71 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 2ª Iteração para T.71204, N - 1 = 2.....	82
Figura 72 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N+1=4, 3 turnos).....	83
Figura 73 - Gráfico <i>Standardized Work</i> resumido: 2ª Iteração para T.71204, N + 1 = 4.....	83
Figura 74 - Situação Final: Gráfico da Eficiência.....	86
Figura 75 - Situação Final: Gráfico da Sucata	86
Figura 76 - Gráfico de Evolução da Eficiência ao longo do trabalho	89
Figura 77 - Gráfico de Evolução da Sucata ao longo do trabalho	89
Figura 78 - Gráfico da Evolução do OEE ao longo do trabalho	90
Figura 79 - Sequência de Trabalho Seguida vs Sequência de Trabalho Ideal	91
Figura 80 - Sequência de trabalho a seguir para implementar o <i>Standard Work</i>	91
Figura 81 - Folha de Medição de Tempo de Ciclo: Posto de trabalho 1- Ref. T.81434	97
Figura 82 - 1ª Iteração: Tabela de Combinação de <i>Standard Work</i> : Ref.T.81434, Posto 1.....	98
Figura 83 - 1ª Iteração: Tabela de Combinação de <i>Standard Work</i> : Ref.T.81434, Posto 2.....	98
Figura 84 - 1ª Iteração: Tabela de Combinação de <i>Standard Work</i> : Ref.T.71204, Posto 1.....	99
Figura 85 - 1ª Iteração: Tabela de Combinação de <i>Standard Work</i> : Ref.T.71204, Posto 2.....	99
Figura 86 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 1ª Iteração para T.81434, N=4.....	100
Figura 87 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 1ª Iteração para T.81434, N-1=3.....	101

Figura 88 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 1ª Iteração para T.81434, N-2=2.....	102
Figura 89 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 1ª Iteração para T.71208, N=1.....	103
Figura 90 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 1ª Iteração para T.81435, N=1.....	104
Figura 91 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 1ª Iteração para T.71204, N=3.....	105
Figura 92 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 1ª Iteração para T.71204, N-1=2.....	106
Figura 93 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 1ª Iteração para T.71204, N+1=4.....	107
Figura 94 - 2ª Iteração: Tabela de Combinação de <i>Standard Work</i> : Ref.T.81434, Posto 1.....	108
Figura 95 - 2ª Iteração: Tabela de Combinação de <i>Standard Work</i> : Ref.T.81434, Posto 2.....	108
Figura 96 - 2ª Iteração: Tabela de Combinação <i>Standard Work</i> : Ref.T.71204, Posto 1	109
Figura 97 - 2ª Iteração: Tabela de Combinação <i>Standard Work</i> : Ref.T.71204, Posto 2	109
Figura 98 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 2ª Iteração para T.81434, N-1=2.....	110
Figura 99 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 2ª Iteração para T.81434, N=3.....	111
Figura 100 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 2ª Iteração para T.81434, N+1=4.....	112
Figura 101 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 2ª Iteração para T.71208, N=1.....	113
Figura 102 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 2ª Iteração para T.81435, N=1.....	114
Figura 103 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 2ª Iteração para T.71204, N-1=2.....	115
Figura 104 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 2ª Iteração para T.71204, N=3.....	116
Figura 105 - Gráfico <i>Standardized Work</i> : 2ª Iteração para T.71204, N+1=4.....	117
Figura 106 - Auditoria <i>Standard Work</i>	118
Figura 107 - Folha de Capacidade de Processo (<i>Lean Enterprise Institute, 2022b</i>)	119
Figura 108 - Tabela de Combinação de <i>Standard Work</i> (<i>Lean Enterprise Institute, 2022b</i>).....	119
Figura 109 - Gráfico de <i>Standardized Work</i> (<i>Lean Enterprise Institute, 2022b</i>)	120

página propositadamente em branco

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Trabalhos práticos para a melhoria da Eficiência.....	20
Tabela 2 - Os sete desperdícios Adaptado de (Melton, 2005; Sivaraman et al., 2020)	23
Tabela 3 - Benefícios <i>One-Piece Flow</i> Adaptado de (Liker, 2004)	27
Tabela 4 - Metodologia 6S Adaptado de (Dhouchak, 2017)	33
Tabela 5 - As seis maiores perdas da produção Adaptado de (de Ron & Rooda, 2006; M. Rosa, 2017)	35
Tabela 6 - Operações Desenvolvidas na linha AA31	39
Tabela 7 - Matriz do processo produtivo das referências da linha AA31	41
Tabela 8 - Situação Inicial: Tempo de Ciclo da referência T.81434.....	44
Tabela 9 - Situação Inicial: Tempo de Ciclo da referência T.71208.....	45
Tabela 10 - Situação Inicial: Tempo de Ciclo da referência T.81435.....	46
Tabela 11 - Situação Inicial: Tempo de Ciclo da referência T.71204.....	47
Tabela 12 - 1ª Iteração: Cálculo do <i>Work Content</i> (WC).....	47
Tabela 13 - 1ª Iteração: Cálculo do Número Mínimo de Postos de Trabalho (N).....	48
Tabela 14 - 1ª Iteração: Listagem de Causas de Desperdícios relativas ao produto T.81434	49
Tabela 15 - 1ª Iteração: Balanceamento para N=4 referência T.81434.....	50
Tabela 16 - 1ª Iteração: Balanceamento para N - 1 = 3 referência T.81434.....	52
Tabela 17 - 1ª Iteração: Balanceamento para N - 2 = 2 referência T.81434.....	53
Tabela 18 - 1ª Iteração: Listagem de Causas de Desperdícios relativas ao produto T.71204	58
Tabela 19 - 1ª Iteração: Balanceamento para N = 3 referência T.71204	59
Tabela 20 - 1ª Iteração: Balanceamento para N - 1 = 2 referência T.71204.....	60
Tabela 21 - 1ª Iteração: Balanceamento para N + 1=4 referência T.71204	62
Tabela 22 - 1ª Iteração: Listagem das Causas de Desperdícios Gerais à linha AA31	64
Tabela 23 - 1ª Iteração: Impacto do balanceamento da linha na produção de peças	66
Tabela 24 - 1ª Iteração: Impacto das ações de melhoria na referência T.81434	67
Tabela 25 - 1ª Iteração: Impacto das ações de melhoria na referência T.71204	68
Tabela 26 - 1ª Iteração: Impacto das ações de melhoria gerais à linha AA31	68
Tabela 27 - Situação Intermédia: Tempo de Ciclo da referência T.81434	71
Tabela 28 - Situação Intermédia: Tempo de Ciclo da referência T.71208	72
Tabela 29 - Situação Intermédia: Tempo de Ciclo da referência T.81435	72
Tabela 30 - Situação Intermédia: Tempo de Ciclo da referência T.71204	73
Tabela 31 - Situação Intermédia: Cálculo do <i>Work Content</i> (WC)	73
Tabela 32 - Situação Intermédia: Cálculo do Número Mínimo de Postos de Trabalho (N)	74
Tabela 33 - 2ª Iteração: Listagem das Causas de Desperdícios Gerais à linha AA31	75
Tabela 34 - 2ª Iteração: Balanceamento para N = 3 referência T.81434	77
Tabela 35 - 2ª Iteração: Balanceamento para N-1=2 referência T.81434.....	78
Tabela 36 - 2ª Iteração: Balanceamento para N+1=4 referência T.81434.....	79
Tabela 37 - 2ª Iteração: Balanceamento para N=3 referência T.71204.....	81
Tabela 38 - 2ª Iteração: Balanceamento para N-1=2 referência T.71204.....	82
Tabela 39 - 2ª Iteração: Balanceamento para N+1=4 referência T.71204.....	83
Tabela 40 - 2ª Iteração: Impacto do balanceamento da linha na produção de peças	84
Tabela 41 - Resumo dos resultados obtidos	90

página propositadamente em branco

LISTAS DE SIGLAS E SÍMBOLOS

Lista de Siglas

6S	<i>Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain, Safety</i>
AA	Linha de produção de Ar Condicionado
BOM	<i>Bill of Materials</i>
D	Disponibilidade
E	Eficiência
FIFO	<i>First-In/ First-Out</i>
GCF	<i>Gabarit de Controlo Final</i>
GM	<i>General Motors</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
IT	<i>Idle Time</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
LT	<i>Lead Time</i>
MEMGI	Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial
N	Número mínimo de postos de trabalho
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PSA	<i>Peugeot Société Anonyme</i>
Q	Qualidade
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
TC	Tempo de Ciclo
TO	Tempo de Operação
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TT	<i>Takt Time</i>
Ttotal	Tempo total
TVA	Tempo com valor adicionado
VSM	<i>Value Stream Map</i>
UAP	Unidade Autónoma de Produção
WC	<i>Work Content</i>
WIP	<i>Work-In-Progress</i>

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
€	Euro
<i>T</i>	Tempo <i>s; min; h</i>

página propositadamente em branco

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação é apresentada para conclusão do Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial (MEMGI), no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), tendo sido realizada no âmbito de um estágio curricular na empresa Hutchinson Porto.

O trabalho que serviu de base à dissertação foi proposto pela empresa e consiste na melhoria da eficiência de uma nova linha de produção através da análise de desperdícios.

1.1. Contextualização

No setor industrial, um dos aspetos mais importantes e que mais preocupa os diretores e os gestores é a produtividade e a eficiência da produção. Uma empresa para ser competitiva tem de ser eficiente e, para isso, é necessário conhecer a melhor maneira de alcançar essa eficiência.

A procura por ser eficiente é demonstrada, muitas vezes, através de elevados investimentos em melhores equipamentos e recursos. Contudo, não é a solução mais viável dado que, grandes investimentos nem sempre se refletem em melhores resultados.

O foco na redução de custos e na rentabilização dos recursos internos é a base para um aumento da capacidade competitiva. Como tal, a implementação de metodologias que visam aumentar a produtividade e a eficiência quer das máquinas quer dos operadores, expressa-se como um fator imperativo (Antoniolli et al., 2017).

A proposta de trabalho surgiu com base na necessidade de a empresa aumentar a eficiência de uma linha de produção nova que, estando a dar os primeiros passos, apresentava uma **eficiência inicial de 41%**, considerada baixa e na qual a empresa vê potencial de melhoria. No início do estágio, a integração na equipa de melhoria contínua e a contextualização da linha são o ponto de partida para o trabalho.

As equipas de melhoria contínua são criadas assumindo que todos os processos produtivos possuem desperdícios e, identificar e eliminar os desperdícios permite reduzir custos, aumentar a produtividade e a eficiência.

A implementação de ferramentas e metodologias, que integram o pensamento *lean*, são apresentadas como importantes no caminho que deve ser realizado para que o aumento da eficiência seja possível.

A escolha das ferramentas não pode ser generalizada e tem de existir uma adequação das mesmas ao contexto industrial em que se trabalha e aos problemas que se pretendem resolver, uma vez que cada organização trabalha de maneira única e cada ferramenta visa solucionar ou auxiliar um conjunto de problemas específicos.

Ter em mãos um novo projeto traduz-se num desconhecimento do que pode ser feito em prol de melhorar os diversos aspetos da produção, podendo trazer algumas dificuldades no momento de transformar as ferramentas teóricas em algo prático. O que implica, que o processo atual tenha de ser estudado e que se pesquise como as ferramentas podem e devem ser utilizadas.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo do Trabalho

A integração de um novo projeto tem associado a si uma dificuldade acrescida no que diz respeito à eficiência da produção, devido ao facto de não existir um conhecimento pleno do que pode ser melhorado para que, o que se considera, a eficiência ideal seja atingida.

Atendendo ao problema exposto, o objetivo principal para o trabalho está definido como: aumentar a eficiência de uma linha de produção de um novo projeto.

1.2.2. Objetivo da Pesquisa

Quando se considera o objetivo colocado na proposta de estágio surgem um conjunto de questões de investigação:

1. Como aumentar a eficiência de uma linha de produção com ferramentas de melhoria contínua?
2. Qual a importância da análise do fluxo de materiais e/ou de informação para o aumento da eficiência de uma linha de produção?
3. Como balancear uma linha de produção de forma a aumentar a sua eficiência?
4. De que forma produzir por *one-piece flow* influencia a eficiência de uma linha de produção?
5. De que forma ter a linha de produção organizada e limpa tem influência na sua eficiência?

A pesquisa tem como objetivo obter resposta para o conjunto de questões apresentadas.

1.3. Planeamento e metodologia

Com as questões de investigação e os objetivos estabelecidos, é delineado um plano de trabalho representado na Figura 1. O plano tem como objetivo dar resposta às questões colocadas e atingir o objetivo estabelecido.

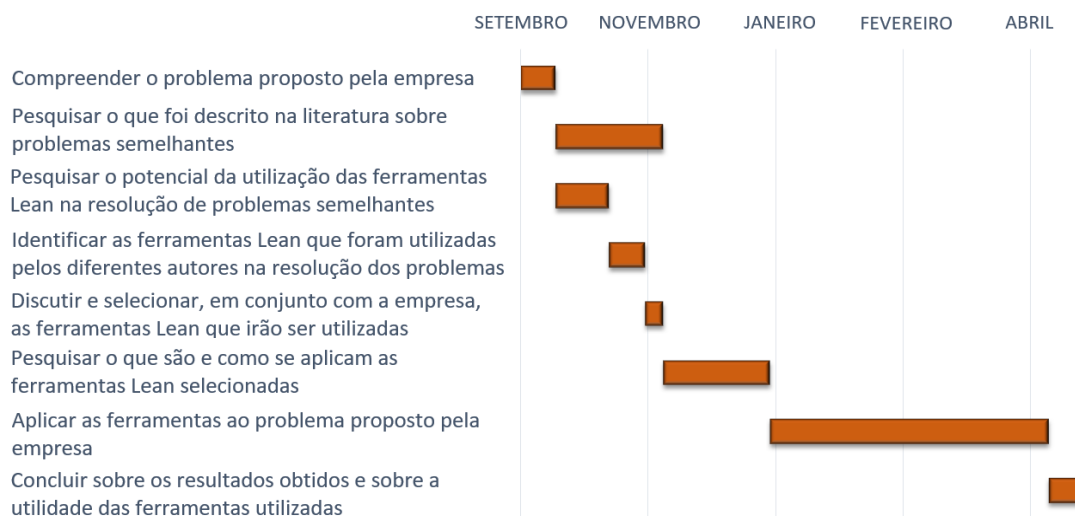


Figura 1 - Calendarização do Trabalho

1.4. Apresentação da empresa

A proposta de estágio curricular surgiu por parte da empresa Hutchinson Porto – Tubos Flexíveis, cujo logotipo se apresenta na Figura 2. A Hutchinson é uma empresa do setor automóvel com uma forte presença internacional, está estabelecida em 25 países com cerca de 38 000 colaboradores.



Figura 2 - Logotipo Hutchinson (Hutchinson, 2022)

Com 170 anos de história, a empresa foi fundada em 1853 pelo empresário americano Hiram Hutchinson em França, no entanto, logo em 1860, a empresa cresceu e expandiu para países como a Alemanha, Espanha e Itália. Entre os anos de 1900 e 1920, a empresa é reconhecida, devido à sua grande capacidade de diversificação, que juntamente com a sua forte capacidade de pesquisa fez com que a Hutchinson se desenvolvesse ao ritmo dos principais concorrentes.

Atualmente, sustentada nas suas múltiplas áreas de especialização a empresa consegue responder de forma eficaz aos requisitos mais complexos impostos pelos seus clientes, sendo uma das indústrias que, devido aos materiais e processos que desenvolve, impulsiona o avanço da mobilidade. Pode ser definida como uma empresa que projeta e fabrica soluções inteligentes para um mundo em movimento e contribui para a mobilidade futura em terra, no ar e no mar (Hutchinson, 2022).

Em Portugal, a Hutchinson, toma relevância em 1996 quando adquire a empresa *Vincke* Tubos Flexíveis, Lda., produtora de tubos hidráulicos. No ano de 1997, o Grupo Hutchinson evoluiu, também, para a produção de tubos hidráulicos de direção assistida e de alta pressão. A partir de 2002 a empresa adota a designação atual, Hutchinson Porto, Sociedade Unipessoal, Lda. e em 2004 aumenta a sua capacidade produtiva e passa a possuir uma elevada capacidade de produção de tubos flexíveis de ar condicionado.

A Hutchinson Porto, emprega cerca de 800 colaboradores e tem como clientes, marcas do setor automóvel, como (Health, Security, Environment, 2018):

- *Ford*;
- *General Motors* (GM);
- *Renault-Nissan*;
- *Peugeot Société Anonyme* (PSA);
- *Daimler*.

Os colaboradores e os clientes, reveem-se na visão da empresa: contribuir para a mobilidade do futuro, bem como nos seus cinco principais valores: Herança; Pessoas; Foco na performance; Procura por desafios; Espírito entusiástico. A Hutchinson tem como seu slogan *We make it Possible*, que reflete a capacidade da empresa em responder aos mais variados desafios.

1.5. Organização do relatório

O relatório é constituído por cinco capítulos, o primeiro é a Introdução onde é enquadrado o trabalho, apresentada empresa e definidos os objetivos, bem como a metodologia de trabalho.

No segundo capítulo apresenta-se a Revisão Bibliográfica onde são expostos os temas necessários para a concretização do trabalho como, a definição de eficiência de uma linha de produção e alguns trabalhos práticos onde foi procurada a melhoria da eficiência. Ao longo do capítulo, é, ainda, apresentada a metodologia *lean manufacturing*, bem como as ferramentas, ideias e metodologias que a sustentam.

No terceiro capítulo, Análise e Melhoria da linha de produção AA31, é possível encontrar a apresentação da linha de produção e informação relativa às principais atividades realizadas no decorrer do trabalho, como a identificação de desperdícios, o balanceamento da linha, a criação de *standard work* e a implementação de ações para reduzir ou eliminar os desperdícios.

No quarto capítulo, Resultados e Discussão, são apresentados os resultados obtidos, que visam retratar a influência que o trabalho desenvolvido teve na empresa e as melhorias que impulsionou. É, também, apresentada uma breve discussão desses mesmos resultados.

Por último, no capítulo Conclusão, é feita uma síntese de todo o relatório juntamente com uma apreciação final do trabalho realizado, onde são apresentadas as principais limitações, bem como algum trabalho que possa ser desenvolvido futuramente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O capítulo da revisão bibliográfica consiste na exposição teórica dos temas que suportam todo o trabalho prático desenvolvido. O capítulo, apresenta uma breve descrição do que é considerado eficiência de uma linha de produção, apresentando alguns trabalhos práticos que procuram a melhoria da eficiência. É, também, apresentada uma análise da metodologia *lean manufacturing* explicitando que tipos de atividades são consideradas valor ou desperdícios. No capítulo são, ainda, apresentadas algumas ferramentas, ideias e metodologias que sustentam o conceito de *lean manufacturing* como o *just in time*, o *VSM*, *one-piece flow*, sistema *pull*, *kanban*, o balanceamento de linhas, o *standard work* e melhoria contínua – *kaizen*.

2.1. Eficiência

A melhoria da eficiência de uma linha de produção é o ponto de partida para muitos casos de estudo, uma vez que ao melhorar a eficiência também se trabalha na redução dos custos, no aumento da produtividade e na melhoria da qualidade.

2.1.1. Definição de Eficiência

A eficiência é um dos indicadores usados para avaliar uma linha de produção, além de se verificar muito útil quando usada para comparar o rendimento, por exemplo, quantas unidades foram produzidas por hora ou por pessoa. Fatores como a capacidade de produção dos equipamentos e a influência da mão humana afetam o valor da eficiência (TPS, 1973).

Segundo (TPS, 1973), outro ponto importante a ter em consideração é a forma como a eficiência é abordada, isto porque, procurar o aumento de eficiência tem necessariamente de ser feito lado a lado com a redução de custos. Quando o foco é unicamente o aumento da eficiência há o risco de serem cometidos erros de gestão.

O manual chama à atenção relativamente ao que pode ser considerada eficiência real e eficiência aparente. A Figura 3 explica, através de um caso prático, as duas definições.

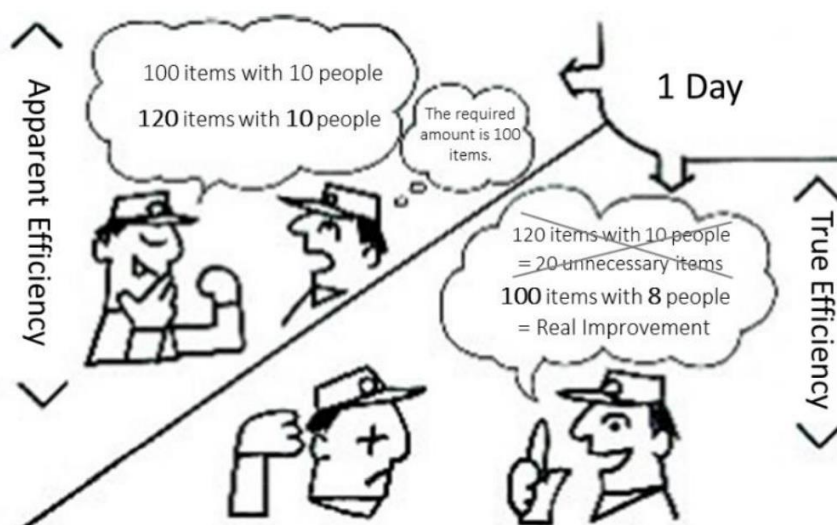


Figura 3 - Eficiência Real vs Eficiência Aparente (TPS, 1973)

Para Junior (1987) eficiência (1) é definida como a relação entre o que se produz num determinado período e o que deveria ser produzido nesse mesmo período. O que deveria ser produzido é calculado com base nos tempos cíclicos do operador, não sendo considerados os tempos de inatividade, desta forma funciona como um objetivo a alcançar.

$$Eficiência (\%) = \frac{O \text{ que se produz}}{O \text{ que deveria ser produzido}} \times 100 \quad (1)$$

Quando os valores do que se produziu e do que deveria ser produzido são iguais, tem-se alcançado o objetivo, eficiência de 100%. Para que a eficiência não seja considerada aparente e não sejam produzidas mais unidades do que as requeridas, deve ser feita uma adequação da linha de produção em relação aos postos de trabalho e ao número de pessoas necessárias.

A produtividade, ao contrário da eficiência, considera os tempos de inatividade. O autor define produtividade (2) como, a relação entre o que se produz num determinado período e o que devia ser produzido, considerando o tempo disponível para executar a tarefa, bem como a qualidade do produto produzido.

$$Produtividade (\%) = \frac{O \text{ que se produz}}{O \text{ que deveria ser produzido no } T. \text{Disponível}} \times 100 \quad (2)$$

É importante referir que o valor do que pode ser produzido não é um valor estático, uma vez que numa linha de produção existe sempre espaço para melhorias.

2.1.2. Trabalhos práticos para a melhoria da Eficiência

Ao longo do tempo foram vários os casos de estudo que através da aplicação de metodologias e ferramentas procuraram melhorar a eficiência, a produtividade e reduzir os custos, como são exemplo, os trabalhos práticos apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Trabalhos práticos para a melhoria da Eficiência

Autor	Caso de Estudo
(Antoniolli et al., 2017) Standardization and optimization of an automotive components production line	Com o objetivo de standardizar e otimizar uma linha de produção na indústria dos componentes automóveis foi aplicada a metodologia <i>standard work</i> aliada ao <i>kaizen</i> e através do cálculo do OEE constatou-se uma melhoria acentuada da eficiência dos operadores e dos equipamentos, existindo uma melhoria de 16% em relação ao valor do OEE inicial e final.
(Azevedo et al., 2019) Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy	Neste caso de estudo foi procurada a melhoria de uma linha de produção no setor automóvel através da implementação da filosofia <i>lean</i> , tendo sido concluído que, eliminando atividades que não criam valor, existiu uma redução de desperdícios e, consequentemente a poupança de 2 159 000 €, valor que representa 10,9% do investimento inicial considerado.

Tabela 1 - Trabalhos práticos para a melhoria da Eficiência (cont.)

(C. Rosa et al., 2017) Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry	Com o objetivo de melhorar a qualidade e a produtividade das linhas de montagem de cabos de aço da indústria automível, foram aplicadas as metodologias <i>lean</i> e PDCA como base para um plano de ação, o que levou a um conjunto de melhorias que por sua vez geraram um aumento de 41% da produtividade da linha de montagem.
(Freire & Alarcón, 2002) Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology	Neste caso estudo, foi constatado que aplicando o <i>lean manufacturing</i> ao design de processos num projeto de construção provocou um crescimento de 31% das atividades que geram valor, uma redução de 44% dos erros de produção e ainda uma redução de 58% dos tempos de espera nos ciclos de produção.
(Pereira et al., 2019) Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study. Quality Innovation Prosperity	Para melhorar o processo de produção numa indústria de moldes foi implementado o <i>lean six sigma</i> aliado a um conjunto de ferramentas, como o diagrama de pareto e através do cálculo do OEE global foi constatada uma melhoria de 20%.
(S. S. Kumar & Kumar, 2014) Cycle Time Reduction of a Truck Body Assembly in an Automobile Industry by Lean Principles	Através da implementação dos princípios <i>lean</i> foi procurada a redução do tempo de ciclo de uma linha. Foi elaborado o correto balanceamento das linhas, tornando possível que um tempo de ciclo de 90 min fosse transformado num tempo de ciclo de 37,5 min e que, a eficiência inicial de 17,5% passasse a uma eficiência de 30,09%.
(Sivaraman et al., 2020) Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques	Através da implementação de técnicas e ferramentas <i>lean</i> como <i>standard work</i> , <i>just in time</i> e TPM, numa linha de montagem de motores, foi conseguida uma melhoria para 7% da eficiência.

A análise da Tabela 1 permite verificar que, o aumento da eficiência pode ser conseguido através da aplicação do *lean manufacturing*, da utilização do ciclo PDCA e do *kaizen* e através da implementação de princípios e ferramentas *lean* como: VSM; 5S; *standard work*; *kanban*; TPM; balanceamento de linhas; nivelamento de produção (*heijunka*); *just in time*; *six sigma*; SMED. O OEE pode ser utilizado como uma métrica importante para evidenciar os resultados das medidas aplicadas.

2.2. Lean Manufacturing

O pensamento *lean* foi introduzido, pela primeira vez, por Womack em 1992 (Womack et al., 1992). A expressão *lean manufacturing* é estabelecida por Womack et al. (1992) como, produzir maximizando a economia dos recursos.

O *lean* é apresentado como uma enorme ajuda para as organizações, pois possibilita a criação de processos integrados e organizados que agilizam o local de trabalho e, em simultâneo, preparam o espaço para futuras melhorias através de um variado conjunto de metodologias (Gonzalez et al., 2019).

O *lean manufacturing* dá uma grande ênfase a um conjunto de pontos que influenciam os resultados de todas as organizações como: a eliminação dos vários tipos de desperdícios que ocorrem na cadeia de valor; o envolvimento e motivação dos operadores; a otimização dos equipamentos; a redução dos custos; e ao aumento da satisfação do consumidor final (Pinto, 2009; C. Rosa et al., 2017; Sundar et al., 2014). Com base nos pontos descritos, o *lean manufacturing* procura a eliminação de atividades que não geram valor e a maximização das que conferem valor (Choomlucksana et al., 2015).

Krafcik (1988) afirma que a implementação do *lean manufacturing* permite a produção de uma grande variedade de produtos, mantendo altos níveis de qualidade e de produtividade.

Implementar o *lean manufacturing* numa organização terá reflexo naquilo que serão os resultados da empresa quando, a implementação é feita por toda a empresa e não apenas num único problema (Gonzalez et al., 2019).

Um ponto-chave para o sucesso do *lean manufacturing* é a adequação correta das ferramentas aos problemas existentes. Para que tal seja possível, é necessária a total compreensão dos problemas e o conhecimento do que cada organização tem como atividade que constitui valor ou desperdício.

2.2.1. Tipos de Atividades

No contexto geral de uma organização do setor industrial, é possível identificar dois grandes tipos de atividades:

i. Atividades que acrescentam valor

As atividades que acrescentam valor são determinadas pelas intenções do cliente no início de um projeto, sendo essencial que sejam corretamente identificadas sabendo que a ideia do que é valor pode variar de cliente para cliente (Melton, 2005).

Visto que, quem decide o que é valor é o cliente e não a organização, Pinto (2009) define valor como, tudo aquilo que o cliente está disposto a pagar, fazendo referência às características dos produtos que satisfazem as necessidades e as expectativas dos clientes. Por exemplo, um cliente pretende um carro de determinada cor, no processo produtivo de um carro é considerada como atividade de valor, a pintura.

Para Pinto (2009) embora o cliente seja o foco da criação de valor, é importante que uma organização tenha atenção aos restantes *stakeholders*, como os fornecedores, acionistas, colaboradores e a sociedade em geral. Os *stakeholders*, têm expectativas em relação à empresa e esperam receber algo em troca, possuindo, de certa forma, poder em relação ao desenvolvimento e à sustentabilidade da empresa, podendo uma quebra de expectativas trazer maus resultados.

O objetivo de qualquer organização é retirar o total aproveitamento das atividades que geram valor, para isso é necessário que seja analisada toda a cadeia de valor do produto. Com análise da cadeia de valor do produto, é possível não só identificar as atividades que conferem valor, mas,

também, as atividades que não acrescentam valor, conseguindo a máxima otimização do processo e entregar o valor que o cliente pretende a um custo mais reduzido (Pinto, 2009; M. Rosa, 2017).

ii. Atividades que não acrescentam valor

As atividades que não acrescentam valor são, usualmente, definidas como desperdícios ou “Muda” e devem ser eliminadas ou pelo menos reduzidas (Melton, 2005).

a. Atividades que não acrescentam valor, mas são necessárias

As atividades que não acrescentam valor, mas que são necessárias devem ser reduzidas e podem ser definidas, segundo Pinto (2009) como desperdício necessário, exemplos deste tipo de desperdícios são os pontos de controlo e a realização de *setups*.

b. Atividades que não acrescentam valor e não são necessárias

As atividades que não acrescentam valor e que não são necessárias devem ser eliminadas. Pinto (2009) define-as como desperdício puro e são exemplo as deslocações, paragens e avarias. É de notar que desperdícios necessários, com mudanças na organização e/ou com mudanças tecnológicas podem tornar-se em desperdícios puros.

Para as atividades que não acrescentam valor, no passado, foram definidos por Taichi Ohno, os sete desperdícios, apresentados na Tabela 2. A identificação e a descrição pormenorizada dos desperdícios permite encontrar sintomas, compreender os motivos de acontecerem e, conseqüentemente, perceber como os eliminar.

Tabela 2 - Os sete desperdícios Adaptado de (Melton, 2005; Sivaraman et al., 2020)

Os sete tipos de desperdícios		
Tipo de Desperdício	Descrição	Sintomas
Produção em excesso	Fornecer ou produzir mais do que é pedido e/ou antes de ser requisitado.	Existência de inventários; Desequilíbrio da organização da produção; Atraso nas entregas, produzir em excesso consome tempo que poderia ser utilizado em entregas urgentes.
Esperas	Tempo inerte ou desperdício de tempo de trabalho dos operadores ou das máquinas.	Baixa produtividade; Atrasos nas Entregas.
Transportes	Qualquer tipo de desenvolvimento do material que não contribua para o aumento efetivo do valor do produto, como é exemplo, o transporte do mesmo entre os postos de trabalho.	Aumento da duração dos processos associado à incorreta utilização do trabalho e do espaço; Movimentação de material entre os postos de trabalho.
Excesso de Inventário	Quantidades significativas de matéria-prima, WIP e produto acabado.	Maior consumo de espaço; Custos adicionais de financiamento e capacidade;

Tabela 2 - Os sete desperdícios Adaptado de (Melton, 2005; Sivaraman et al., 2020) (cont.)

Processamento excessivo	Maior preparação do trabalho do que aquela que é requerida pelo cliente, por exemplo, a pintura de certas zonas do produto que não são vistas pelo cliente.	Realização de processos de controlo que nunca mostram falhas; Trabalhar com tolerâncias apertadas.
Movimentos desnecessários	Movimentos extra às operações do processo como, a movimentação à procura de um determinado equipamento ou movimentos e posições incorretas.	Quantidade excessiva de operadores movimentando-se pela unidade de produção, mas menos atividade dentro da unidade.
Defeitos	Deformações físicas que implicam o retrabalho ou a rejeição dos produtos.	Desperdício de trabalho e material; Alteração do planeamento; Paragem da atividade produtiva.

A eliminação dos desperdícios pode ser conseguida através da aplicação de ferramentas que se adequem aos problemas encontrados.

2.2.2. *Just in Time*

O *just in time* (JIT) é um conjunto de princípios, ferramentas e técnicas que permitem à empresa produzir e entregar produtos em pequenas quantidades, com *lead times* curtos para satisfazer a necessidade dos clientes (Liker, 2004). De uma forma resumida, o JIT consiste em fornecer o produto certo, no lugar certo, na quantidade e na hora certa.

A implementação do JIT numa linha de produção visa a criação de um sistema *pull* com a correta utilização do *kanban* e, conseqüentemente, procura a criação de um fluxo *one-piece flow* e de um bom nivelamento da produção (Liker, 2004; Liker & Morgan, 2006; Womack & Jones, 2003).

A implementação do JIT providencia à produção características como:

- Sistemas flexíveis;
- Polivalência;
- Pequenos lotes;
- Curtos prazos;
- Trabalhar quando existe procura;
- Inventários pequenos;
- Melhorias feitas com a participação de todos os envolvidos no processo.

2.2.2.1. VSM

A existência de um fluxo produtivo é essencial numa organização e o *Value Stream Mapping* (VSM) surge como a ferramenta ideal para a análise do fluxo.

VSM pode ser definido, segundo Dailey (2003), como o processo de identificar e mapear os fluxos de materiais e informação, os processos e os produtos em toda a cadeia, desde o fornecedor da matéria-prima até ao cliente. Engloba todas atividades necessárias, quer criem valor ou não, para o desenvolvimento do produto (Azizi & Manoharan, 2015).

Os autores Rother e Shook (1999) consideram o VSM uma ferramenta essencial, pois:

- Ajuda a ver todo o fluxo;
- Permite ver a causa do desperdício ao longo do fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem comum para falar sobre os processos de fabrico;
- Mostra a ligação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
- Tem mais utilidade do que ferramentas quantitativas, pois é uma ferramenta qualitativa onde é descrito em detalhe como operar de forma a criar valor. É uma boa ferramenta para descrever o que fazer para atingir as metas;
- Une conceitos *lean* e técnicas, o que ajuda a evitar escolhas e decisões erradas;
- Permite a tomada de decisões sobre o fluxo aparente.
- Constitui a base para ser formado um plano de implementação, pois ajuda a projetar como todo o fluxo deve operar.

Na criação de um VSM devem ser seguidos os passos apresentados na Figura 4. Inicia-se pela seleção do produto ou da família de produtos (conjunto de produtos com processos semelhantes e que passam por equipamentos comuns) que vai ser alvo de estudo. É desenhado o estado atual do processo que serve de base para perceber como o trabalho é realizado atualmente. O desenho do estado futuro funciona como uma visão de como deve ser o processo depois da remoção dos desperdícios e das ineficiências, e é criado com base na opinião de todos os envolvidos. O mapa desenvolvido é aplicado como referência para alterações futuras, devendo culminar no desenvolvimento de um plano de ação. (Rohani & Zahraee, 2015)

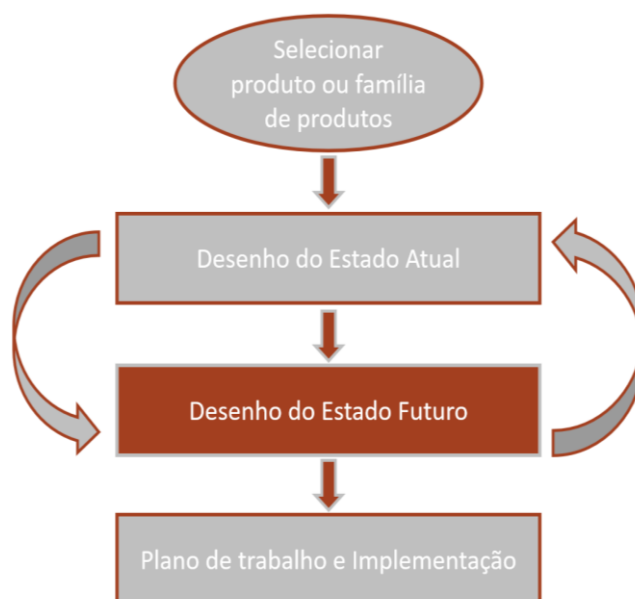


Figura 4 - Passos para a elaboração do VSM Adaptado de (Rother & Shook, 1999)

Um dos benefícios identificados por Mike Rother é a linguagem comum que permite, com facilidade, a compreensão e análise do VSM. Para a compreensão e elaboração do VSM é necessário que exista um conhecimento dos símbolos que o constituem, como se verifica na Figura 5.

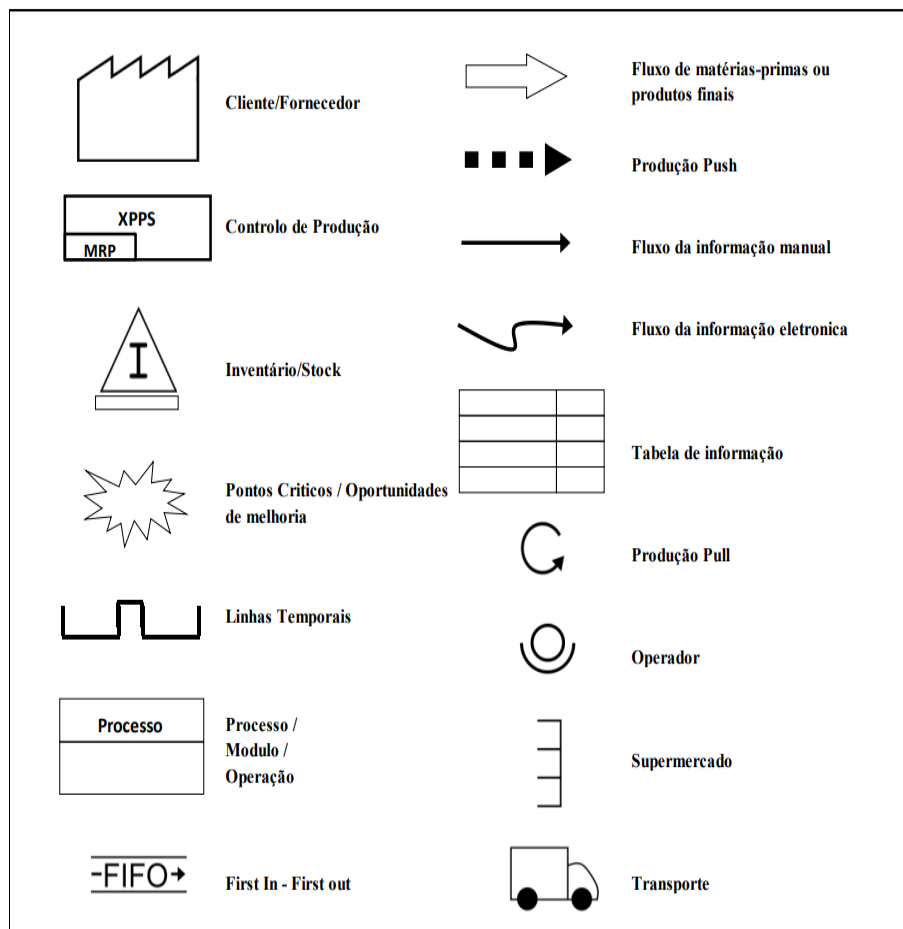


Figura 5 - Simbologia VSM Adaptado de (Pinho, 2015)

Dailey (2003) define VSM, em forma de resumo, como uma ferramenta básica de planeamento do *lean manufacturing* que permite identificar desperdícios, projetar soluções e comunicar conceitos *lean*.

2.2.2.2. One-Piece Flow

Após o fluxo de trabalho ser mapeado e estabelecido, é importante que seja contínuo e, idealmente, que a abordagem que se tem seja *one-piece flow*. Segundo Feld (2000) uma abordagem *one-piece flow* significa passar os produtos um a um de operação em operação seguindo a sua ordem de chegada, FIFO (*First-in/First-out*).

A aplicação do *one-piece flow* é facilitada numa indústria onde os processos são repetitivos e, fornece um conjunto de benefícios a quem o aplica, quer ao nível do espaço do chão de fábrica, da flexibilidade, da produtividade, bem como a nível de qualidade (Liker, 2004). Os benefícios são detalhados na Tabela 3.

Tabela 3 - Benefícios *One-Piece Flow* Adaptado de (Liker, 2004)

Benefícios <i>One-Piece Flow</i>	
Benefício	Descrição
Aumento da Qualidade	Quando se trabalha peça a peça, a deteção de defeitos é feita quase instantaneamente e a ação corretiva é aplicada no momento, uma vez que cada operador é um inspetor e trabalha para resolver os problemas.
Aumento da Flexibilidade	A flexibilidade de resposta e de fazer o que o cliente necessita aumenta quando o <i>lead time</i> para fazer um produto é menor. Trabalhando peça a peça a alteração para a produção de um produto diferente pode ser quase imediata.
Aumento da Produtividade	Com o trabalho peça a peça, as atividades que não geram valor são reduzidas e de forma rápida é possível perceber quem está ocupado ou quem tem folga. Conseguindo com facilidade perceber a quantidade de pessoas necessárias para atingir o nível de produção pretendido.
Libertação de espaço em chão de fábrica	Quando se produz por lotes, muito do espaço ocupado corresponde a inventário. Com o <i>one-piece flow</i> o inventário é reduzido.
Melhoria da Segurança	A produção peça a peça faz com que os lotes que são transportados sejam de menores dimensões, o que retira os problemas de sobrecarga da equação, pois a elevação e movimentação de lotes de grandes dimensões deixa de existir.
Melhoria da Moral	O trabalho em <i>one-piece flow</i> faz com que as pessoas consigam ver os resultados de forma imediata trazendo ao operador o sentimento de dever cumprido e a satisfação para com o seu trabalho.
Redução dos Custos com Inventário	O trabalho peça a peça não permite a criação de inventário, não tendo as empresas preocupações em gastar dinheiro na manutenção dos materiais que estão no chão de fábrica em inventário.

Implementar o *one-piece flow* nem sempre é um processo fácil e, segundo Liker (2004), um dos problemas apontados é o facto de que, se um determinado equipamento falha toda a linha é parada. A paragem da linha leva a que as empresas ponderem criar inventário, mesmo estando a incorrer num desperdício.

O mesmo autor aborda criação de lotes de pequenas quantidades como uma solução utilizada pelas empresas que, não sendo a solução ideal, permite a criação de algum *stock* garantindo o funcionamento da linha.

2.2.2.3. Sistema Pull e Kanban

A introdução do fluxo é importante, mas não fornece garantias de que o cliente está a receber o que realmente quer (Womack & Jones, 2003).

Um problema de muitas organizações é que trabalham apenas com base no seu calendário interno e produzem o que é conveniente com base em previsões, impondo produto ao cliente ou criando inventário (Liker, 2004).

Deixar que seja o cliente a “puxar” a produção é um princípio do *lean* e tem como propósito evitar o excesso de produção. Para Womack e Jones (2003) implementar um sistema *pull* significa não produzir um único produto até que o cliente o requisite.

Quanto mais o sistema *pull* é aprofundado, mais obstáculos do fluxo são expostos e mais rapidamente podem ser removidos.

O sucesso da implementação de um sistema *pull* está dependente de um fluxo de material em lotes pequenos, idealmente, um fluxo *one-piece flow* (Sundar et al., 2014).

O sistema *pull* depende, também, do *kanban*, uma vez que o *kanban* operacionaliza o sistema *pull*.

Segundo Sivaraman et al. (2020) a palavra *kanban* tem origem no Japão e significa cartão ou sinal. *Kanban* pode ser definido como um subsistema do *lean manufacturing*, sendo um processo que mantém sob controlo o *stock* de forma a controlar a cadeia de abastecimento (Sivaraman et al., 2020; Sundar et al., 2014).

A utilização do *kanban* permite obter respostas a questões como o quê, quando, quanto e qual o melhor método para a produção ou transporte. Agrega informação do produto relativa a quantidade de produção, tempo, método, quantidade a transportar, tempo de transporte, destino, armazém, ferramentas de transporte e contentores (TPS, 1973).

No manual da TPS (1973) é defendido que existem regras para a utilização do *kanban*:

1. Não enviar produtos defeituosos para o processo de produção seguinte;
2. Quem levanta o material necessário é o processo seguinte;
3. Produzir unicamente as quantidades necessárias para o processo seguinte;
4. Nivelar a produção;
5. *Kanban* é um meio de ajuste fino;
6. Estabilizar e racionalizar o processo de produção.

A sua correta utilização leva a que papéis desnecessários sejam eliminados e a que um *kanban* funcione como uma ferramenta de gestão visual, tornando impossível o excesso de produção e possível o conhecimento das prioridades de produção.

Para Arbulu et al. (2003) *kanban* é uma abordagem *lean* desenvolvida para “puxar” materiais de uma linha de produção tendo o foco numa mentalidade *just in time*. Liker (2004) afirma que integração de um sistema *kanban/pull* funciona melhor do que um sistema de produção por agendamento quando o *stock* é eliminado e o fluxo de produção é *one-piece flow*.

2.2.3. Balanceamento de Linhas

O balanceamento de linhas é uma das atividades mais importantes no que respeita a boas práticas a serem tidas numa organização do setor industrial, podendo ser afetado e influenciado por um conjunto de indicadores e conceitos.

2.2.3.1. Definição e Indicadores

Balancear uma linha consiste em perceber quais as tarefas que devem ser alocadas a cada um dos postos de trabalho, de forma que não exista desperdício nem de recursos nem de tempo (S. S. Kumar & Kumar, 2014).

Quando a definição de tarefas de cada trabalhador é feita com base no balanceamento de linhas, a organização tem como objetivo o aumento da eficiência e da produtividade, através da remoção de *bottlenecks* e do excesso de capacidade (N. Kumar & Mahto, 2013).

O balanceamento de linhas é afetado e/ou afeta um conjunto de termos e conceitos, como a existência de tarefas precedentes, o tempo de ciclo (TC), o *takt time* (TT), o *lead time* (LT), o *work content* (WC), o número mínimo de postos de trabalho (N) e o *idle time* (IT) (Brito, 2020; N. Kumar & Mahto, 2013).

Precedências

As precedências podem ser representadas em forma de diagrama, como exemplificado na Figura 6. Todos os produtos têm de passar por postos e tarefas específicas, não podendo avançar de posto enquanto as atividades do posto anterior não estiverem completas.

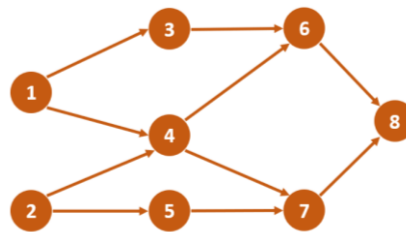


Figura 6 - Diagrama de Precedências

Tempo de Ciclo (TC)

Para N. Kumar e Mahto (2013) o tempo de ciclo é definido como o tempo necessário para realizar um conjunto de tarefas num posto de trabalho, correspondendo o maior tempo de ciclo ao *bottleneck* podendo este valor ser calculado pela equação (3):

$$TC = \frac{\text{Tempo de Produção}}{\text{Unidades Requisitadas}} \quad (3)$$

Takt Time (TT)

Segundo Schneider et al. (2015) o conceito de *takt time* representa a cadência de produção necessária para fazer face à procura do cliente. O foco do *takt time* é fazer com que o que é produzido corresponda ao que é procurado (Lean Enterprise Institute, 2022), podendo ser definido pela equação (4):

$$TT = \frac{\text{Disponibilidade efetiva de produção}}{\text{Procura do cliente}} \quad (4)$$

Lead Time (LT)

O LT de produção corresponde à soma dos tempos de operação, de espera, de transporte e de inspeção de uma linha (N. Kumar & Mahto, 2013), por outras palavras, corresponde ao momento de chegada da matéria-prima até ao dia de saída do produto.

Idle Time (IT)

O IT refere-se ao período em que o sistema produtivo não está a ser usado, ainda que esteja funcional (N. Kumar & Mahto, 2013).

Work Content (WC)

O WC pode ser definido como a soma total dos tempos das atividades de cada posto de trabalho necessário para a produção de um produto. (Scott-Grant Limited, 2022)

Número mínimo de postos de trabalho (N)

O N corresponde à quantidade mínima de postos de trabalho necessária para satisfazer a procura (Brito, 2020), podendo ser representada pela equação (5):

$$N = \frac{WC}{TT} \quad (5)$$

Os dois conceitos que caracterizam se uma linha está ou não balanceada são o tempo de ciclo e o *takt time*, isto é, se os tempos de ciclo dos diferentes postos de trabalho são semelhantes e estão todos próximos do valor do *takt time*, pode ser considerado que a linha está balanceada, caso contrário é apresentada uma linha não balanceada como pode ser observado na Figura 7.

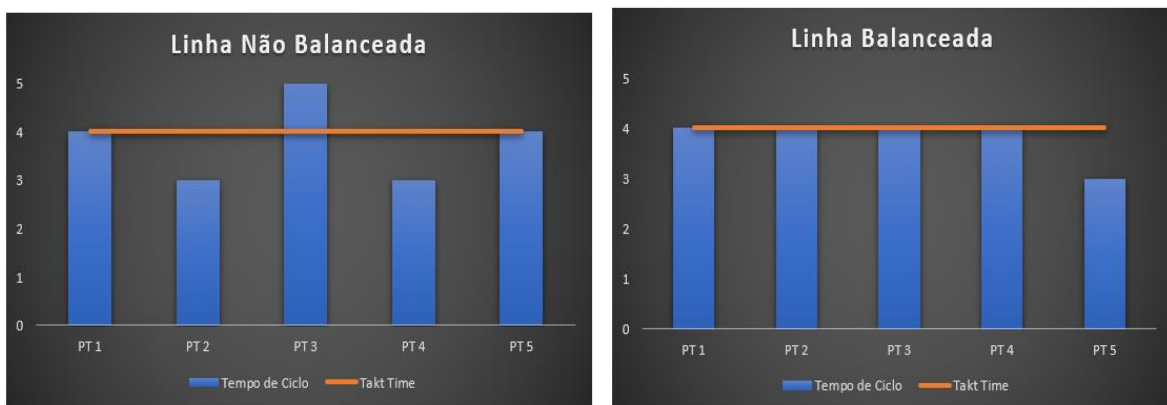


Figura 7 - Linha Não Balanceada vs Linha Balanceada

2.2.3.2. Modelos de Linhas

Outro fator com influência no momento de balancear uma linha é a compreensão de qual o modelo da linha de montagem que vai ser balanceada. Dependendo da variabilidade de produtos que são desenvolvidos numa linha, o balanceamento pode ser mais ou menos complexo. Uma linha pode ser classificada de acordo com os seguintes modelos (N. Kumar & Mahto, 2013):

1. **Modelo Singular:** Quando na mesma linha é produzido um único produto ou quando são produzidos diferentes produtos, no entanto são montados na mesma linha e o tempo de *setup* tem pouco significado, Figura 8.

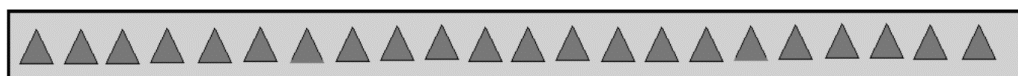


Figura 8 - Modelo Singular

2. **Modelo Misto:** Na linha de montagem são produzidos diferentes produtos, sendo o tempo de *setup*, à semelhança do anterior, pouco significativo, Figura 9.

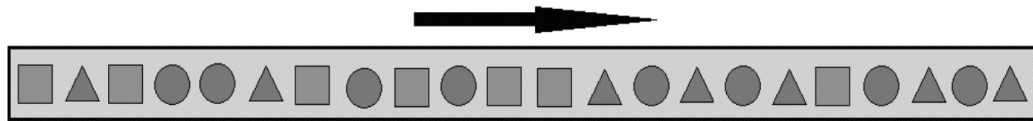


Figura 9 - Modelo Misto

3. **Modelo Múltiplo:** São produzidos, em lotes e de forma sequencial, diferentes tipos de produtos. Tal acontece quando a uniformidade dos produtos ou do sistema produtivo são insuficientes para atingir os níveis de produção desejados, Figura 10.

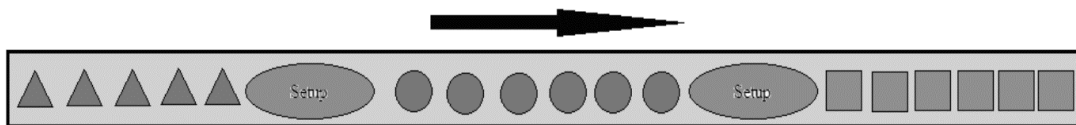


Figura 10 - Modelo Múltiplo

2.2.3.1 Diagrama de Yamazumi

O diagrama de *yamazumi* é usado como uma ferramenta *kaizen* para o balanceamento de linhas. Pode definir-se o diagrama de *yamazumi*, Figura 11, como um gráfico de barras que mostra o tempo de ciclo total de cada operador no processo produtivo (Sabadka et al., 2017).

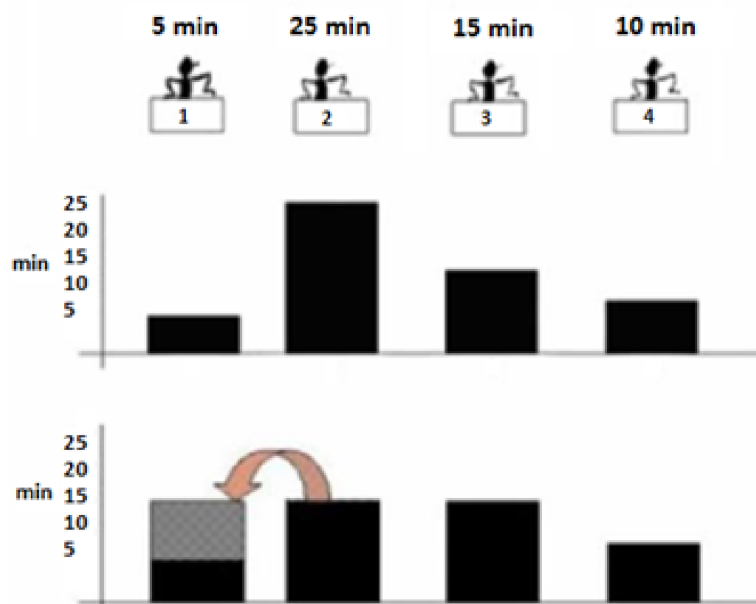


Figura 11 - Exemplo de um Diagrama de Yamazumi (Sabadka et al., 2017)

O diagrama de *yamazumi* é construído com base no estudo de tempos e nas folhas de *standard work* preenchidas (Talapatra & Kabir, 2019). Quando se aplica o diagrama de *yamazumi*, geralmente, tem-se como objetivo equilibrar o tempo de ciclo geral de uma linha ou célula de trabalho.

2.2.3.3. Estudo de tempos

Pode ser definido estudo de tempos como um conjunto de procedimentos utilizados para a determinação do tempo necessário, sob certas condições de medição padronizadas, para a realização de tarefas que envolvem alguma atividade humana (Costa et al., 2003).

Segundo Costa et al. (2003), uma vez que o balanceamento de uma linha de montagem corresponde à distribuição de operações sequenciais o mais uniformemente possível pelos postos de trabalho, de modo a minimizar o tempo em vazio, o estudo de tempos apresenta-se como essencial para quem procura balancear uma linha, pois permite a determinação de tempos importantes, como folgas e tempos de ciclo.

2.2.4. *Standard Work*

O *standard work* funciona como uma ferramenta complementar ao balanceamento de linhas e a sua implementação procura, estabelecer procedimentos precisos para cada operador. (*Lean Enterprise Institute, 2022b*)

Vieira et al. (2020) definem *standard work* como um processo de padronizar todas as tarefas, o que permite a redução da variabilidade do produto.

A implementação do *standard work*, pode ser feita de várias formas, existindo três que são comumente utilizadas:

i. Folha de Capacidades do Processo (Anexo A - Figura 107);

A folha de capacidades do processo é utilizada para calcular a capacidade de cada posto de trabalho num conjunto de processos, com o objetivo de confirmar a sua capacidade real e identificar e eliminar *bottlenecks*.

ii. Tabela de Combinação de *Standard Work* (Anexo A - Figura 108);

Na tabela de combinação de *standard work* são mostradas as interações entre operadores e máquinas. Através da combinação do tempo de trabalho manual, do tempo de caminhada, do tempo de espera e do tempo de processamento da máquina para cada operador numa sequência de produção, é possível fazer o cálculo do conteúdo de trabalho do operador, de forma que esteja em conformidade com o *takt time*.

iii. Gráfico de *Standardized Work* (Anexo A - Figura 109);

Com o gráfico de *standardized work* deve ser mostrado o movimento do operador em relação ao *layout* geral do processo. O gráfico deve ser continuamente revisto e atualizado para estar de acordo com as condições do local de trabalho. É fundamental ser elaborado um balanceamento da linha para diferentes valores de N, de forma que a linha possa manter-se balanceada quando existe um decréscimo ou um aumento da procura por parte do cliente. O gráfico de *standardized work* deve ter versões de acordo com a quantidade de postos de trabalho (ex. N, N-1, N+1).

O gráfico de *standardized work* serve como uma ferramenta de gestão visual e de *kaizen*.

2.2.5. Melhoria Contínua – *Kaizen*

Saber como criar valor, ter um fluxo contínuo e trabalhar “puxando” a produção são bons indicadores para uma organização, todavia como referem Womack e Jones (2003) não é suficiente, sendo a procura pela perfeição um fator importantíssimo.

Para Womack e Jones (2003), a procura pela perfeição é bastante útil porque evidencia o que pode ser feito e ajuda a que seja compreendido que é possível fazer mais do que o que estava inicialmente idealizado.

A perfeição é procurada através da melhoria contínua, sendo o *Kaizen* uma das melhores definições do que é melhoria contínua. *Kaizen* é uma filosofia com origem no Japão, podendo a palavra ser dividida em duas, “Kai” e “Zen”. “Kai” tem o significado de mudança e “Zen” o significado de bom ou pelo melhor (Choomlucksana et al., 2015).

Segundo Choomlucksana et al. (2015) e Pereira et al. (2019), *kaizen* é genericamente definido como melhorar continuamente um processo, fazendo-o com o custo mais baixo possível e envolvendo todos os intervenientes do processo, que juntos têm o foco num só objetivo.

Dailey (2003) considera que a filosofia *kaizen* deve ser uma abordagem incorporada no dia a dia de uma organização, pois só assim é conseguida a melhoria do fluxo de valor.

Os eventos *kaizen* são o meio para a implementação da filosofia e consistem na formação de grupos destinados a abordar assuntos e áreas específicas (Dailey, 2003). Nos eventos é feita uma divisão dos problemas em pequenas partes conseguindo, desta forma, identificar as suas causas raiz o que, por sua vez, facilitará o processo de procura de soluções para a sua resolução, permitindo que sejam efetuadas melhorias no processo (Choomlucksana et al., 2015).

2.2.6. 6S

Os 5S são uma das metodologias *lean* mais comuns a serem utilizadas nas organizações, sendo apresentado como um método importante na melhoria da eficiência. Com o tempo sofreu uma atualização e, atualmente, é tida em conta a segurança, passando a ferramenta a ser denominada de 6S (Sukdeo, 2017).

Dhouchak (2017) define 6S como uma metodologia para melhorar a qualidade, aumentar a produtividade e a segurança no ambiente de trabalho de qualquer organização. Os 6S são detalhados na Tabela 4.

Tabela 4 - Metodologia 6S Adaptado de (Dhouchak, 2017)

Passos	Descrição
Sort	Consiste em separar o que é útil do inútil para uma determinada atividade e manter longe do espaço de trabalho todos os materiais e/ou equipamentos desnecessários para a execução das atividades.
Set in Order	Significa arrumar e tem o foco em estabelecer um local próprio para cada objeto. O rápido acesso e identificação dos objetos evita movimentos desnecessários.

Tabela 4 - Metodologia 6S Adaptado de (Dhouchak, 2017) (cont.)

Shine	Os operadores devem cuidar da sua área de trabalho mantendo-a limpa, de forma rotineira.
Standardize	Reflete a standardização de processos. Os gestores devem criar um plano de limpeza e dar indicações de fácil compreensão para os funcionários relativas a limpeza.
Sustain	Significa disciplina e visa fazer cumprir os passos anteriores. Promove a relação e a comunicação humana.
Safety	Reflete a aplicação de políticas, proteções e equipamentos de segurança que visam a proteção do perigo. Leva a que equipamentos como extintores e kits de primeiros socorros existam na organização.

O mesmo autor detalha as vantagens dos 6S com base na redução de custos, na facilidade de se encontrar tudo o que é necessário, na redução de movimentos e tempos desnecessários e no aumento da segurança do espaço de trabalho.

2.3. OEE

O OEE, introduzido por Nakajima em 1988, apresenta-se como uma das métricas mais importantes e mais usadas no setor industrial, sendo utilizada para avaliar o desempenho global de um determinado equipamento ou processo. Para o cálculo do OEE tem-se por base três importantes parâmetros: a Disponibilidade (D), a Eficiência (E) e a Qualidade (Q). O seu valor é expresso através do produto dos três parâmetros (6):

$$OEE (\%) = D(\%) \times E(\%) \times Q(\%) \quad (6)$$

Os parâmetros utilizados para o cálculo do OEE podem ser contextualizados como (de Ron & Rooda, 2006):

Disponibilidade (D): Diz respeito ao rácio entre o tempo de operação efetivo e o tempo disponível para produção (7).

$$D(\%) = \frac{\text{Tempo de Operação (8)}}{\text{Tempo Disponível}} \quad (7)$$

$$\text{Tempo de Operação} = T.\text{Disponível} - T.\text{de Paragens N. Planeadas} \quad (8)$$

Quando é analisado o valor da disponibilidade, obtém-se informação relativa ao tempo em que o equipamento esteve a operar.

Eficiência (E): Refere-se ao rácio entre o tempo de produção ideal obtido e o tempo de operação (9).

$$E(\%) = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal} \times \text{Unidades Produzidas}}{\text{Tempo de Operação}} \quad (9)$$

O valor da eficiência reflete a quantidade de produtos que foram produzidos em relação ao que deveria ser produzido, sendo que a análise deste valor pode, muitas vezes, dar origem a melhorias.

Qualidade (Q): Representa o rácio entre o número de unidades não defeituosas e o número total de unidades produzidas (10).

$$Q(\%) = \frac{\text{Unidades Produzidas} - \text{Unidades Defeituosas}}{\text{Unidades Produzidas}} \quad (10)$$

A qualidade evidencia a percentagem de unidades boas produzidas dentro do valor total produzido.

Para o cálculo do OEE e dos parâmetros, definidos acima, são tidas em conta as seis maiores perdas da produção, definidas por Nakajima, Tabela 5, (de Ron & Rooda, 2006):

Tabela 5 - As seis maiores perdas da produção Adaptado de (de Ron & Rooda, 2006; M. Rosa, 2017)

As seis maiores perdas da produção		
Tipo de Perda	Descrição	Fonte da Perda
Falha dos equipamentos	Categorizada como perda de tempo de produção quando a produtividade reduz e perda de qualidade quando é causada por produtos defeituosos.	Avaria do Equipamento; Manutenção não planeada; Ferramenta estragada.
Tempos de Setup	Categorizados como perda de tempo de produção pois provocam uma paragem na cadência de produção por mínima que seja.	Mudança de referência.
Microparagens	Categorizadas como perdas de velocidade e dizem respeito a tempos de paragem inferiores a 10 min.	Fluxo produtivo obstruído; Necessidades de limpeza e verificações; Produtos com características distintas.
Velocidade operacional reduzida	Categorizadas como perdas de velocidade.	Retrabalho; Desgaste do Equipamento; Ineficiência do operador.

Tabela 5 - As seis maiores perdas da produção Adaptado de (de Ron & Rooda, 2006; M. Rosa, 2017) (cont.)

Rendimento reduzido	Categorizada como perda por defeito e tem origem na fase de arranque e na fase final da produção.	Sucata; Retrabalho.
Defeitos de qualidade	Categorizada como perda por defeito ocorrendo durante o processo produtivo e causada por, por exemplo, mau funcionamento do equipamento.	Sucata; Retrabalho.

Uma das principais razões para a grande utilização do OEE demonstra-se na sua forma simples e compreensiva de calcular a eficiência interna (Jonsson & Lesshammar, 1999).

A existência de valores mundiais de referência, definidos como o *World Class OEE*, fornecem às empresas valores pelos quais se podem reger. Segundo Silveira (2012), através de um estudo percebeu-se que um valor de OEE de 85% é considerado o valor *standard*, sendo o valor praticado pelas empresas mais eficientes e que os valores de referência para a Disponibilidade (D), Eficiência (E) e para a Qualidade (Q), são respetivamente, 90%, 95% e 99%.

3. ANÁLISE E MELHORIA DA LINHA DE PRODUÇÃO AA31

Neste capítulo, é contextualizada a área produtiva da empresa e apresentada a linha AA31, bem como as operações desenvolvidas e os produtos ou família de produtos resultantes do conjunto de atividades desenvolvidas na linha. Posteriormente, é realizada uma análise à situação inicial da linha, onde são desenhados o VSM e o diagrama de fluxo da linha, calculado o TT e realizado o levantamento de tempos e de desperdícios. Seguido de uma 1ª Iteração, mais global, que visa resolver os desperdícios encontrados, através do balanceamento de linhas, da implementação do *standard work* e da implementação de melhorias como 6S. Por fim, são desenvolvidas uma nova análise e uma 2ª iteração que segue os parâmetros da primeira.

3.1. Contextualização da Área Produtiva

A contextualização da área produtiva foi iniciada com a realização de um conjunto de atividades de formação que possibilitaram, não só, conhecer a empresa como, compreender o seu processo produtivo.

No processo de formação foi possível compreender que a empresa está dividida por áreas de produção distintas, como representado na Figura 12.

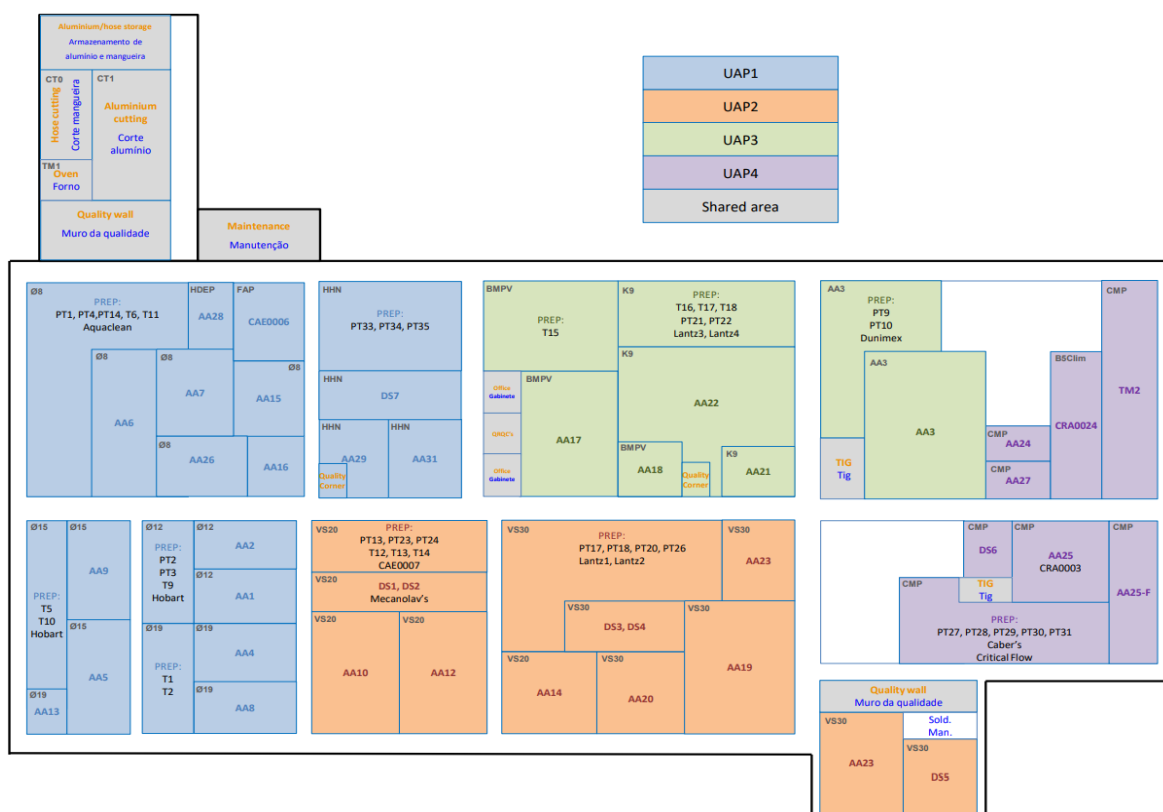


Figura 12 - Layout da Fábrica

Com a análise da Figura 12, é possível identificar quatro grandes unidades produtivas, que se designam por UAPs (Unidades Autónoma de Produção). A designação UAP advém do facto de cada uma das unidades produzir para um conjunto de clientes específicos.

Na Figura 12 podem ainda ser identificados, uma zona de corte de alumínio e mangueira, um armazém de matéria-prima e o muro da qualidade.

3.2. Apresentação da Linha AA31

O foco do trabalho é dado, essencialmente, à linha AA31, do projeto HHN (Figura 13). A linha AA31 está dependente do desempenho da zona de trabalho PREP, bem como da zona DS7 (Soldadura), uma vez que grande parte do material que é trabalhado na linha, provêm das duas zonas referidas.

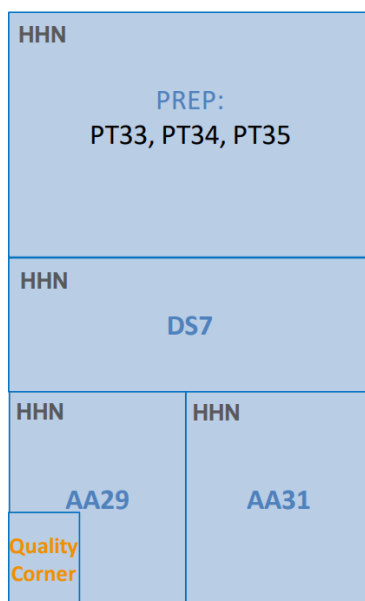


Figura 13 - Layout Projeto HHN

Na linha AA31 são produzidos tubos de ar condicionado como o exemplificado na Figura 14.

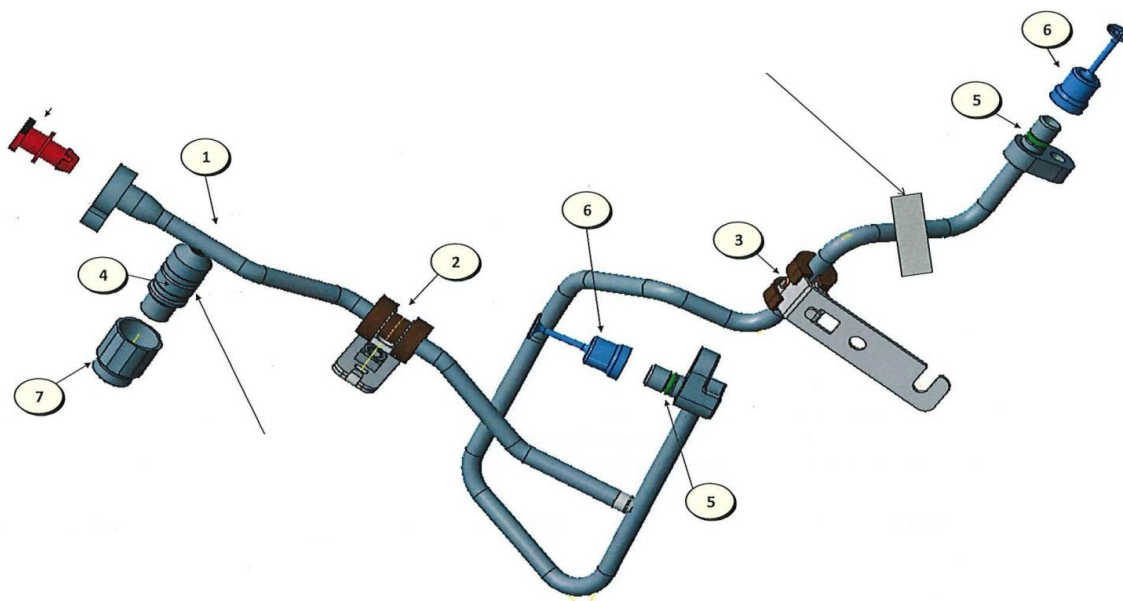


Figura 14 - Tubo de Ar Condicionado

3.2.1. Operações Desenvolvidas

Na Tabela 6 são apresentadas as operações desenvolvidas na linha AA31. Devido às diferenças entre as referências produzidas e à complexidade que um tubo de ar condicionado de um automóvel pode apresentar, a linha possui um vasto conjunto de operações distintas.

Tabela 6 - Operações Desenvolvidas na linha AA31









Operação	Descrição	
Aparafusar (Colocar o Ôbus)		
Aparafusar (Colocar a Cavilha)		
Curvar manualmente		
Colocar a Bracket		
Verificação em Gabarit de Controlo Final (GCF)		

Tabela 6 - Operações Desenvolvidas na linha AA31 (cont.)

Colocar *O-ring*

Colocar os Tampões



Colocar Etiquetas



Apesar das diferenças entre as referências produzidas, determinadas operações enunciadas na Tabela 6, são comuns entre as diversas referências, como a colocação dos tampões e das etiquetas.

3.2.2. Produtos e Formação de Famílias de Produtos

Na linha AA31 devido à especificidade dos tubos são produzidas quatro peças\referências de produto distintas. Com a análise das fichas técnicas é possível compreender se existem similaridades no processo produtivo de cada referência, de forma a perceber se existe ou não semelhança no fluxo produtivo e, conseqüentemente, se faz sentido ou não agrupar as referências em famílias.

Para a atribuição de uma mesma família a um determinado conjunto de referências são tidos em consideração, além do fluxo produtivo, os tempos de ciclo e a similaridade geométrica entre as peças.

A Tabela 7 apresenta a formação de famílias para as quatro referências de produto.

Tabela 7 - Matriz do processo produtivo das referências da linha AA31

<i>Operação</i> <i>Referências</i>	CAB 0065	BRD0111	BRD0012	DIV0198	DIV0208	CUM0017	DIV0199	BRD0113	CAB0067	Família
T.81434	X	X	X	X	X				X	1
T.71208									X	2
T.81435									X	3
T.71204						X	X	X	X	4

A análise da Tabela 7 permite perceber que existe um trabalho comum a todas as referências, a CAB0067, que corresponde a um teste de estanquicidade. As referências T.71208 e T.81435, apresentam o mesmo processo produtivo e, como tal, foi ponderada a criação de uma única família para os dois respetivos produtos, porém, como os tempos de ciclo e a geometria das duas referências são distintas foi optado por mantê-las em famílias separadas.

É possível concluir, com a Tabela 7, que nenhuma das quatro referências de produto apresenta características que as façam ser agrupadas numa mesma família.

3.3. Situação Inicial

O projeto HHN e, conseqüentemente, a linha AA31, devido à necessidade de suprir a procura do cliente a todo o custo, iniciou a sua atividade sem uma definição detalhada do fluxo produtivo, o que provoca um vasto conjunto de desperdícios, além de não existir um estudo sustentado relativamente a como balancear a linha e distribuir os operadores pelos postos de trabalho. Indicadores, como a eficiência e a sucata, que refletem o sucesso ou insucesso da empresa são afetados devido ao conjunto de indefinições apresentadas.

3.3.1. Eficiência e Sucata

Devido às condições em que se iniciou o trabalho na linha AA31, os valores da eficiência e da sucata encontram-se bem distantes dos valores objetivo.

A eficiência inicial da linha encontra-se nos 41%, um valor bastante inferior aos 85% desejados pela empresa. O valor da eficiência é representado pela seguinte expressão:

$$Eficiência (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ total de peças produzidas}}{N^{\circ} \text{ de peças que deveriam de ser produzidas}} = \frac{8199}{19768} \times 100 = 41 \%$$

Por sua vez, a percentagem de sucata, numa fase inicial, segue o caminho da eficiência apresentando-se nos 10,2%, um valor bem distante dos 5% pretendidos. A expressão abaixo, representa o cálculo da percentagem de sucata.

$$\text{Sucata \%} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de partes sucataadas}}{\text{N}^\circ \text{ total de peças produzidas}} = \frac{835}{8199} \times 100 = 10,2\%$$

3.3.2. Diagrama de Fluxo

O fluxo da linha AA31 pode ser representado de uma forma simplificada pela Figura 15. O *Shop Stock* representa o setor onde o material necessário para o funcionamento da linha, proveniente da área de PREP (material embutido, soldado e lavado) é armazenado.

Das quatro referências produzidas na linha AA31, podem ser, sempre, duas produzidas em simultâneo, destacando as referências T.72104 e T.81434 que requerem um conjunto de atividades muito particulares que acabam por dividir a linha em dois lados.

A referência T.72104 requer as atividades de aparafusar, curvar, colocar *bracket*, colocar *oring*, controlo em GCF (*Gabarit* de Controlo Final), teste de estanquicidade e colocação de etiquetas e de tampões, seguidas do embalamento. Por sua vez, a referência T.81434 necessita de atividades como teste de obstrução, colocação de duas *brackets*, colocação de *ôbus*, teste de sopro, teste de estanquicidade, colocar *oring*, controlo em GCF, colocação de tampões e etiquetas e embalamento. As restantes duas referências, T.71208 e T.81435, podem realizar o teste de estanquicidade e a colocação de tampões e etiquetas, bem como o embalamento, em qualquer um dos lados da linha.

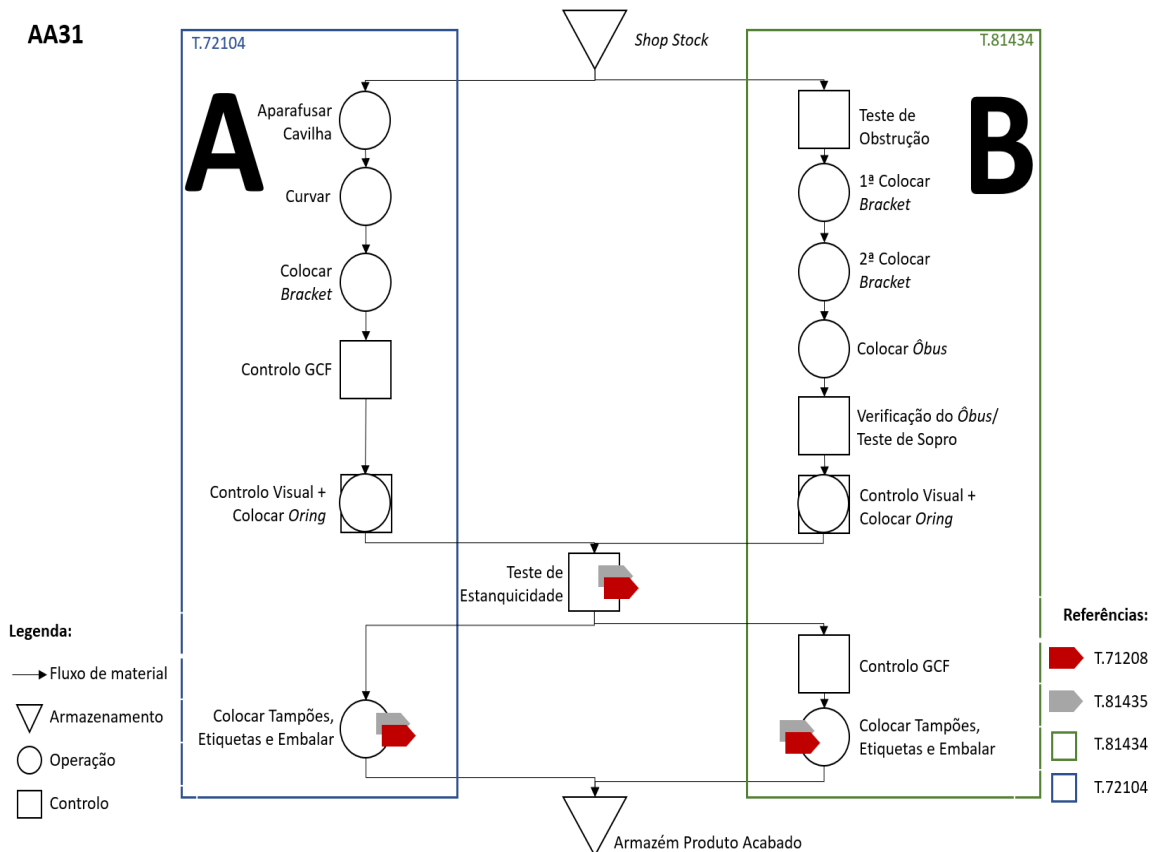


Figura 15 - Situação Inicial: Diagrama de fluxo do processo produtivo da linha AA31

3.3.3. Takt Time (TT)

A linha AA31 funciona a dois turnos de 8h, durante 7 dias por semana, onde cada turno tem 1h de pausa. Por sua vez, o cliente requisita, considerando a soma total das referências produzidas na linha, em média, cerca de 900 peças por dia.

Com base nestes dados, é possível definir o valor do TT, para um kit de quatro referências de produto, em **56 s** através da seguinte expressão:

$$TT (s) = \frac{\text{Disponibilidade efetiva de produção}}{\text{Procura do cliente}} = \frac{(8 - 1) * 3600 * 2}{900} = 56 \text{ s}$$

3.3.4. Tempos das Atividades

Devido à inexistência de um estudo relativo à situação inicial e ao comportamento da linha, bem como à falta de documentação relativamente ao balanceamento da linha foi realizado um levantamento inicial de tempos.

Para o levantamento de tempos foi usada a folha de medição de tempos de ciclo apresentada na Figura 16. O levantamento de tempos teve por base pressupostos como:

- Levantar os tempos por referência/família de produto;
- O operador trabalhar em *One-Piece Flow*;
- O operador trabalhar a um ritmo que seja suportado durante todo o horário de trabalho;
- Retirar entre 10 e 20 ciclos;
- Estabelecer tempos de início e fim de ciclo;
- Fazer o levantamento dos tempos máquina;
- Anotar todas as atividades não cíclicas.

Medição de tempo de ciclo																										
Produto / Referência:											Posto:															
Processo:											Análise efectuada por:															
Data:											AA31															
Nr.	Operação elementar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min/Rep	Média	mini	Maxi	V %
1	Top:																									
2	Top:																									
3	Top:																									
4	Top:																									
5	Top:																									
6	Top:																									
7	Top:																									
8	Top:																									
9	Top:																									
Tempo de ciclo com espera																										
Tempo operatório sem espera																										
Observações											f															
a											g															
b											h															
c											i															
d											j															
e											k															

Figura 16 - Folha de Medição de Tempos

A título de exemplo, no Apêndice A – Figura 81 é apresentada a folha de medição de tempos do posto de trabalho 1 para a referência T.81434.

Um posto de trabalho é apresentado como o conjunto de operações executadas por um operador, por exemplo, se na linha estiverem 2 operadores a trabalhar significa que existem dois postos de trabalho.

Os tempos levantados para as quatro referências podem ser resumidos através dos seguintes dados:

- **Produto: T.81434**

Para a referência T.81434, a trabalhar com dois operadores, como representado na Figura 17, os tempos por atividade e o tempo de ciclo são apresentados na Tabela 8.

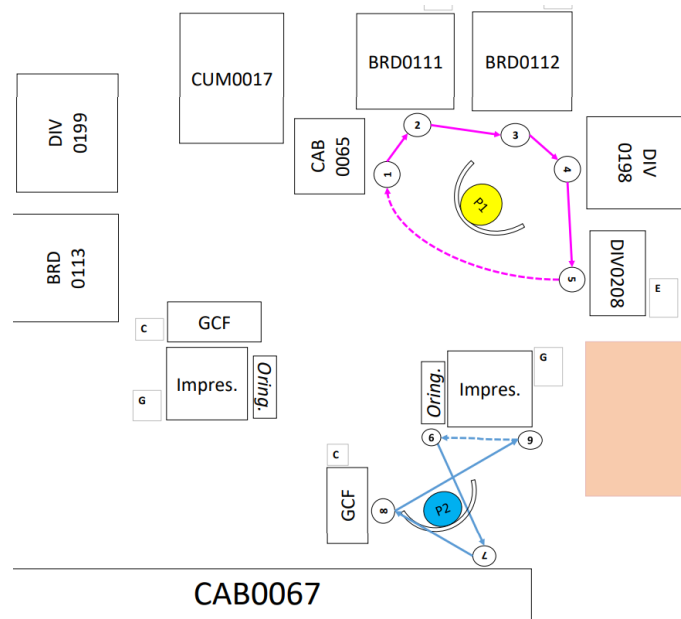


Figura 17 - Situação Inicial: Disposição dos operadores na linha (T.81434)

Na Tabela 8 são apresentados os tempos por peça, realçando que o último posto de trabalho (P2) permite a produção de duas peças da referência T.81434 em simultâneo.

Tabela 8 - Situação Inicial: Tempo de Ciclo da referência T.81434

Tempos Medidos T.81434 (em s)								Tempo Total
P1	CAB0065		BRD0111	BRD0112	DIV0198		DIV0208	
					Preparação	Espera	Ver. Válvula	Sopro
	18s	25s	20s	7s	9s	10s	10s	99s
P2	Ver. Visual + Oring		CAB0067	GCF	Tampões + Etiquetas + Embalar			
	18s	22s	13s	30s			83s	
Tempo de Ciclo				99s				182s

A análise da Tabela 8 permite compreender que, trabalhar com dois operadores não é uma solução viável para cumprir com os pedidos do cliente, pois o TC é de 99 s, um valor bastante superior ao TT de 56 s. Visto que, o número mais comum de operadores a trabalhar é dois, é possível identificar a necessidade de atenção relativamente ao número mínimo de operadores.

- **Produto T.71208**

A referência T.71208 tem necessidade de apenas um único posto de trabalho, como evidenciado na Figura 18, que produz em simultâneo quatro peças.

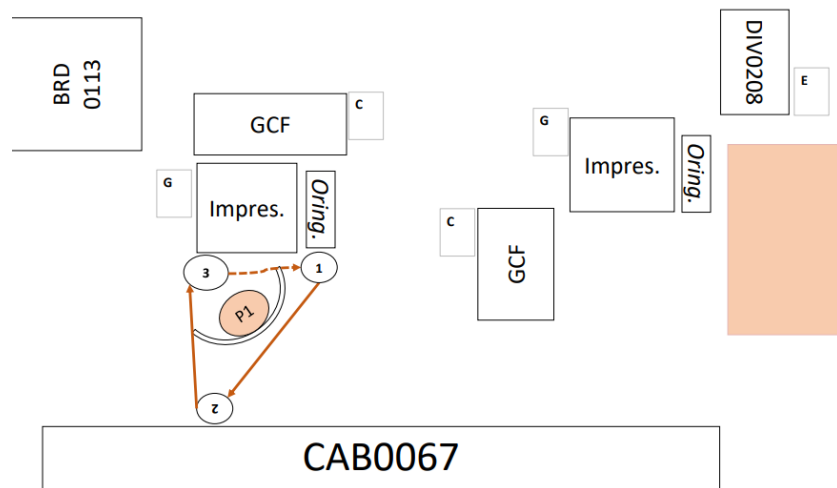


Figura 18 - Situação Inicial: Disposição dos operadores na linha (T.71208)

Na Tabela 9 são apresentados os tempos de ciclo por peça.

Tabela 9 - Situação Inicial: Tempo de Ciclo da referência T.71208

Tempos Medidos T.71208 (em s)			Tempo Total
P1	Ver. Visual + Oring	CAB0067	Tampões + Etiquetas + Embalar
	5s	5s	12s
Tempo de Ciclo			22s

Através da Tabela 9 é possível compreender que o TC de 22 s é bastante inferior ao TT de 56 s, não existindo motivo de preocupação em relação a não conseguir cumprir com as necessidades do cliente.

- **Produto T.81435**

A referência T.81435 apresenta um único posto de trabalho, representado na Figura 19, que permite a produção simultânea de duas peças, estando detalhados na Tabela 10 os tempos medidos por peça.

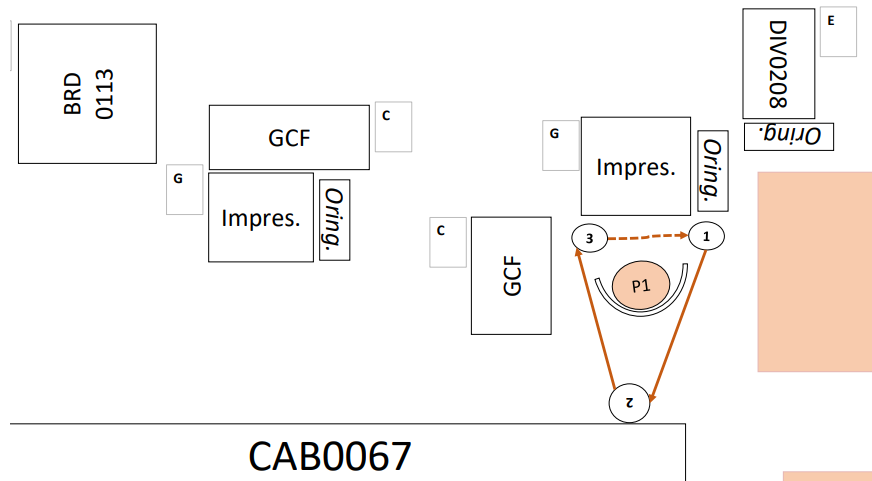


Figura 19 - Situação Inicial: Disposição dos operadores na linha (T.81435)

Tabela 10 - Situação Inicial: Tempo de Ciclo da referência T.81435

Tempos Medidos T.81435 (em s)				Tempo Total
P1	Ver. Visual + Oring	CAB0067	Tampões + Etiquetas + Embalar	43 s
	13s	13s	17s	
Tempo de Ciclo			43s	

Na Tabela 10 é perceptível que, à semelhança da referência T.71208, a referência T.81435 apresenta o TC (43 s) bastante inferior ao TT (56 s).

• **Produto T.71204**

Os tempos para a referência T.71204 foram medidos com três operadores, como retratado na Figura 20.

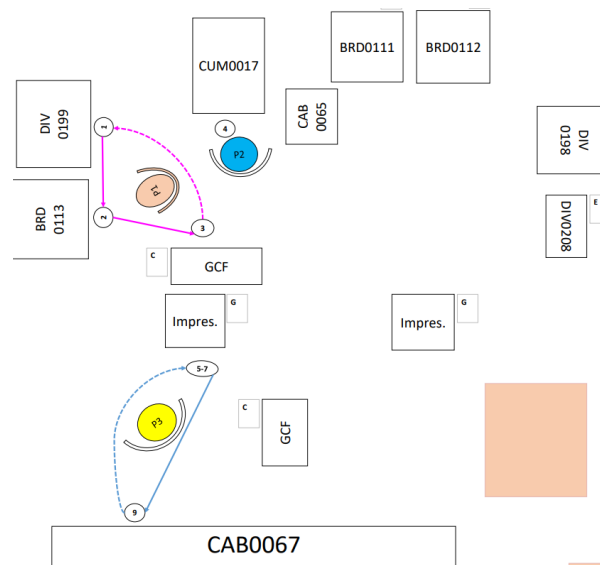


Figura 20 - Situação Inicial: Disposição dos operadores na linha (T.71204)

Na Tabela 11 são apresentados os tempos das atividades, bem como o TC.

Tabela 11 - Situação Inicial: Tempo de Ciclo da referência T.71204

Tempos Medidos T.71204 (em s)					Tempo Total
P1	DIV0199	Espera	BRD0113	GCF	54s
	18s	8s	16s	12s	
P2	CUM0017				40s
	40s				
P3	Ver.Visual + Oring	Ver. Brida + CAB0067	Tampões+ Etiq.+Embalar		62s
	6s	36s	20s		
Tempo de Ciclo		62s			156s

Com a Tabela 11, é possível perceber que trabalhando com três operadores o *bottleneck* é o último posto de trabalho e que o valor de TC de 62 s é superior ao valor de TT de 56 s, o que indica que poderá existir necessidade de procurar soluções para resolver esta situação.

3.3.5. Work Content (WC)

Através do somatório dos tempos levantados foi calculado o WC para as diferentes referências de produto, tendo-se obtido os valores representados na Tabela 12.

Tabela 12 - 1ª Iteração: Cálculo do *Work Content* (WC)

	Referências			
	T.81434	T.71208	T.81435	T.71204
P1	99	22	43	54
P2	83			40
P3				62
WC(s)	182 s	22 s	43 s	156 s

3.3.6. Número Mínimo de Postos de Trabalho (N)

Com base nos valores de WC calculados e no valor do TT, é calculado o N por cada uma das referências, como representado na Tabela 13.

Tabela 13 - 1ª Iteração: Cálculo do Número Mínimo de Postos de Trabalho (N)

	Referências				Média	Média
	T.81434	T.71208	T.81435	T.71204	Lado A	Lado B
WC (s)	182	22	43	156	221	247
TT (s)	56	56	56	56	168	168
N	4	1	1	3	1,3	1,5

Ao analisar a Tabela 13 percebe-se que, o N médio para a linha é de 2 operadores por cada um dos lados, ou seja, 4 operadores no total da linha.

3.4. 1ª Iteração de Melhoria

Devido à necessidade de responder rapidamente à procura do cliente e com o objetivo de conseguir melhorias imediatas, para as condições iniciais, foi balanceada a linha e construído um gráfico de *standardized work*. Depois, foram desenvolvidas ações de melhoria em relação aos desperdícios encontrados e, apresentados e analisados os resultados da 1ª iteração.

Visto que, as referências de produto T.71208 e T.81435 requerem apenas uma atividade na linha, o foco é dado às referências T.81434 e T.71204. Com isto, não é considerado necessário o balanceamento da linha para as referências T.71208 e T.81435, apresentando tempos de ciclo de 22 s e 43 s, respetivamente, como termo de comparação relativamente ao TT.

3.4.1. Produto 1 – T.81434

Com base nos tempos levantados para a referência T.81434, foi realizada uma análise aos principais desperdícios. Para a análise de desperdícios foi desenvolvido um VSM e criada uma listagem das principais causas de desperdícios. Com os desperdícios identificados, foi realizado o balanceamento da linha, implementado o *standard work* e um conjunto de outras ações de melhoria.

3.4.1.1. VSM

Com o objetivo de analisar o processo produtivo e de elaborar um retrato da situação inicial da linha AA31, para a referência T.81434, foi desenvolvido o VSM representado na Figura 21.

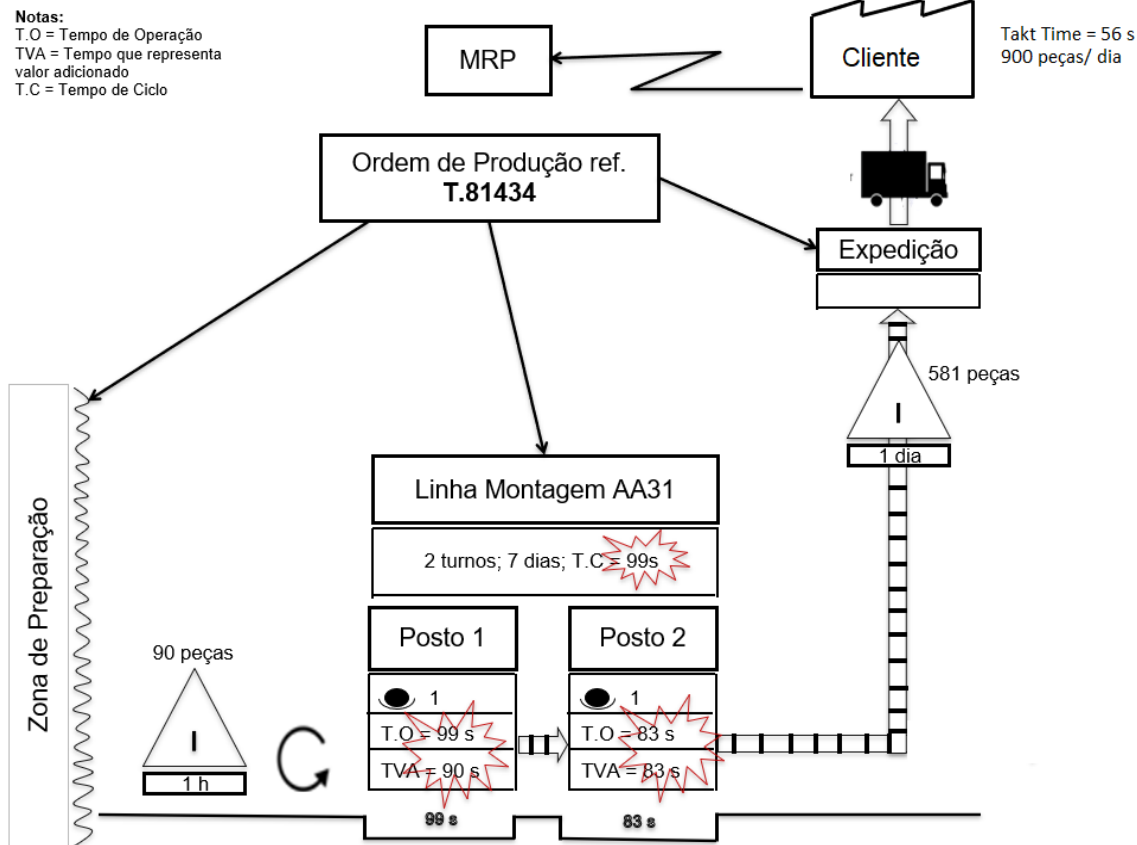


Figura 21 - VSM: Situação Inicial para a referência T.81434

Com o VSM da Figura 21 são identificados os pontos críticos relacionados com a capacidade de cumprir com o TT do cliente para a referência de produto T.81434.

3.4.1.2. Identificação de desperdícios e das suas causas

Durante a medição de tempos, através de uma *gemba walk*, foram identificados alguns desperdícios que afetam a eficiência da linha e outros indicadores como, a produtividade e a sucata.

Na Tabela 14 é apresentada, para o produto T.81434, uma listagem dos desperdícios encontrados e das suas causas. As causas podem ser divididas em categorias: *Standard Work*; 6S; Formação; Técnicas.

Tabela 14 - 1ª Iteração: Listagem de Causas de Desperdícios relativas ao produto T.81434

Causas de Desperdícios	
Standard Work	Falta de um balanceamento da linha coerente, devidamente sustentado e justificado.
	Falta de um gráfico de <i>standardized work</i> ,
6S	Falta de varão de suporte para WIP.
	Falta de carrinho de suporte para caixote em constituição.

Tabela 14 - 1ª Iteração: Listagem de Causas de Desperdícios relativas ao produto T.81434 (cont.)

Formação	Operador com tempo de espera devido à falta de conhecimento em relação aquilo que pode fazer para ser mais eficiente.
Técnicas	Tubos com problemas de solda. Teste de Obstrução da CAB0065 (ref. T.81434) não é fiável sem a presença de <i>ôbus</i> : Erros Constantes.

3.4.1.3. Balanceamento da Linha e *Standard Work*

Considerando os tempos levantados e o número mínimo de postos de trabalho (N) calculado, foi elaborado um balanceamento inicial da linha que é representado através de diagramas de *yamazumi*. O balanceamento tem por base as tabelas de combinação de *standardized work* apresentadas no Apêndice B.

Associado a cada balanceamento existe um gráfico de *standardized work*. Os gráficos de *standardized work* podem ser encontrados no Apêndice C.

Para a referência T.81434, foi criado um balanceamento da linha para N, N-1 e N-2. Como a falta de pessoal pode implicar a utilização de menos operadores na linha, foi considerado o balanceamento para N-2, mesmo afetando a entrega ao cliente.

Devido ao espaço e ao número de equipamentos da linha o balanceamento para N+1 não foi considerado, além de que com N=4 operadores é possível cumprir com as necessidades do cliente. Em caso de um aumento da procura a solução passa pela criação de um terceiro turno.

Balanceamento para N = 4

Foi desenvolvido o balanceamento da linha para o N calculado (N = 4). Na Tabela 15 são apresentados indicadores como, a eficiência do balanceamento e o tempo de ciclo.

O diagrama de *yamazumi* da Figura 22 representa graficamente o balanceamento.

Tabela 15 - 1ª Iteração: Balanceamento para N=4 referência T.81434

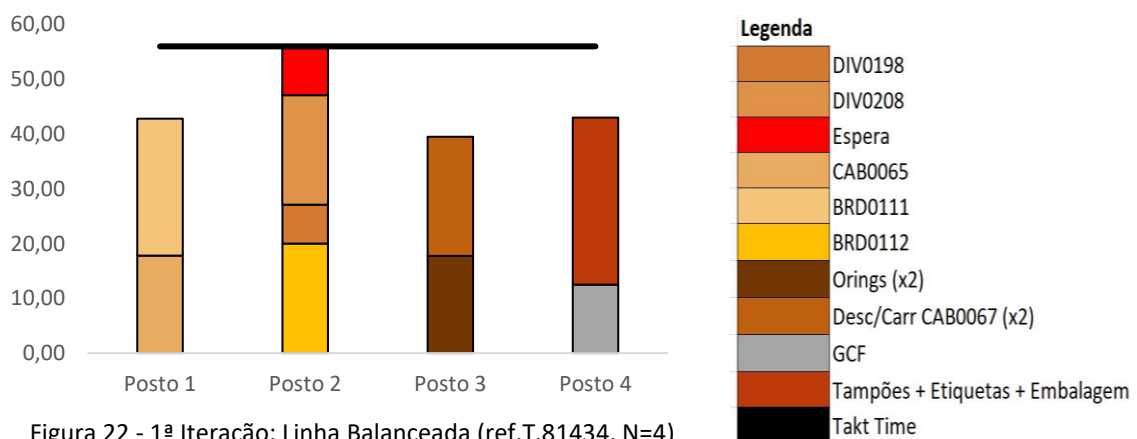


Figura 22 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N=4)

Eficiência do Balanceamento:	81%
Tempo de Ciclo:	56 s

Devido ao projeto se encontrar numa fase inicial a insatisfação do cliente ainda não era notória e o balanceamento para $N=4$, evidenciado na Tabela 15, ainda não tinha sido equacionado pelos responsáveis.

A Figura 23, apresenta, de forma resumida, o gráfico de *standardized work*, que traduz e torna visual o balanceamento.

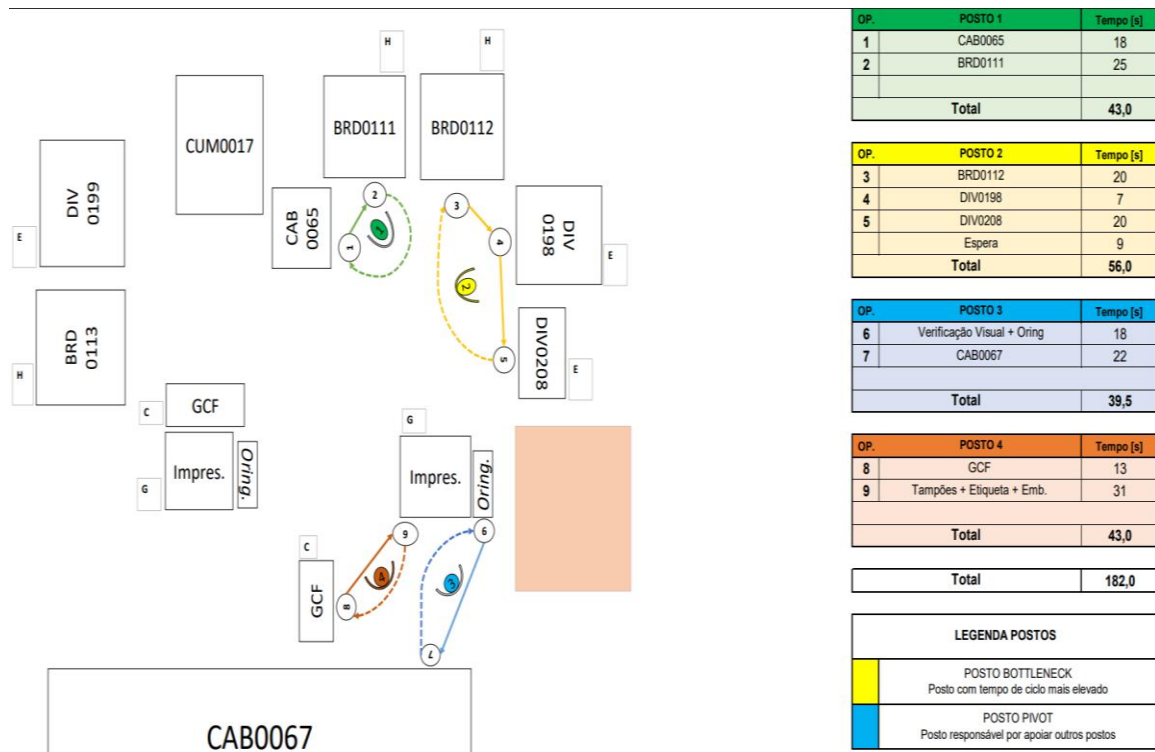


Figura 23 - Gráfico *Standardized Work* resumido: 1ª Iteração para T.81434, $N=4$

Na Figura 23 é importante destacar o posto pivot (a azul) e o posto *bottleneck* (a amarelo). O posto pivot é o posto com menor TC da linha e é responsável por apoiar os outros postos, por exemplo, a tarefa 5 do *bottleneck* pode ser realizada pelo operador do posto pivot.

Balanceamento para $N - 1 = 3$

As características do balanceamento para $N - 1$ operadores são apresentadas na Tabela 16. Os diagramas representados pela Figura 24 e pela Figura 25 permitem que se faça a comparação entre o modo de trabalho inicial da linha e o balanceamento realizado.

Tabela 16 - 1ª Iteração: Balanceamento para N - 1 = 3 referência T.81434

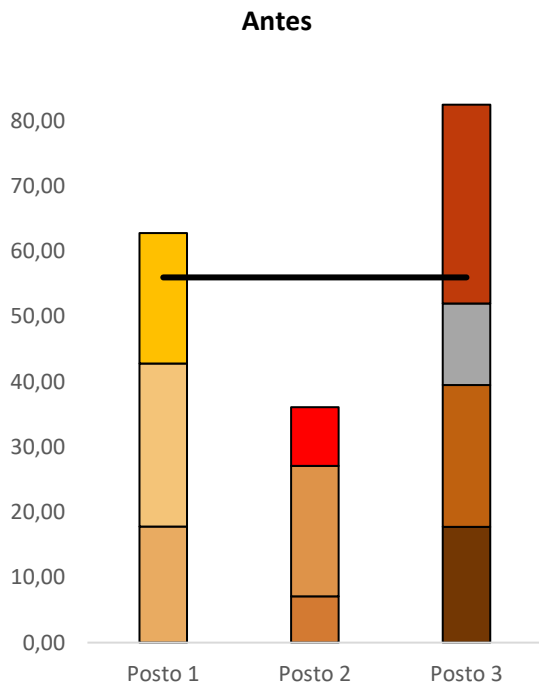
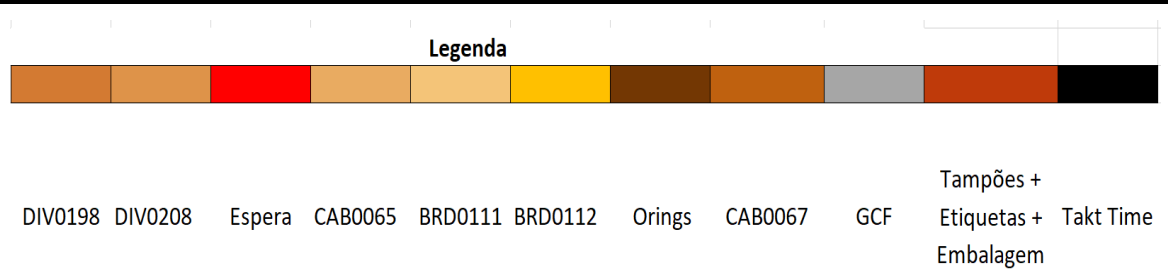


Figura 24 - 1ª Iteração: Linha em concordância com os tempos medidos (ref.T.81434, N-1=3)

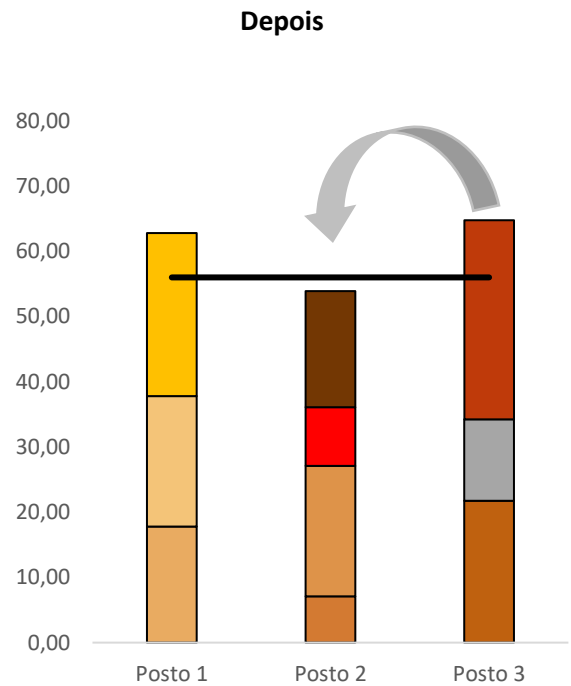


Figura 25 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N-1=3)

Eficiência do Balanceamento:	73%	Eficiência do Balanceamento:	93%
Tempo de Ciclo:	83 s	Tempo de Ciclo:	65 s

A análise da Tabela 16 permite compreender que com o balanceamento, não só os operadores têm o trabalho mais distribuído, como o tempo de ciclo reduz em 18s.

Ao balanceamento da linha está associado um gráfico de *standardized work*, que é, resumidamente, representado pela Figura 26.

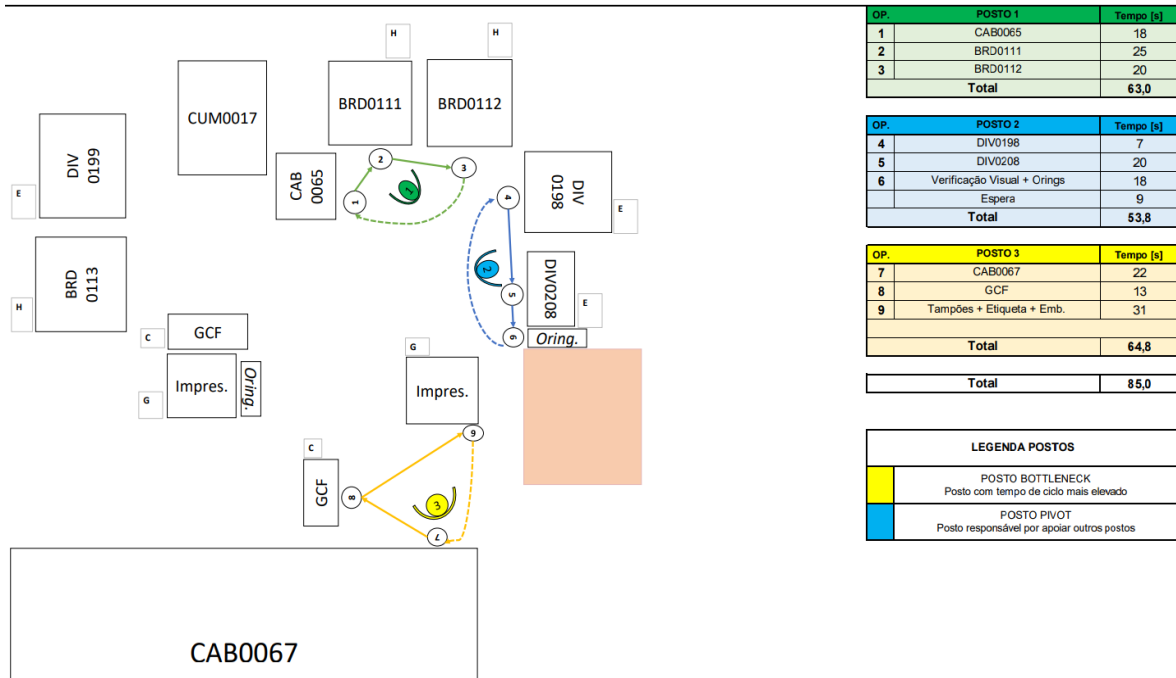


Figura 26 - Gráfico *Standardized Work* resumido: 1ª Iteração para T.81434, N - 1 = 3

Balanceamento para N – 2 = 2

Na Tabela 17 é apresentado o balanceamento para N - 2 que, corresponde à situação inicial em que foram medidos os tempos. O balanceamento é representado, graficamente, pelo diagrama de *yamazumi* da Figura 27.

Tabela 17 - 1ª Iteração: Balanceamento para N - 2 = 2 referência T.81434

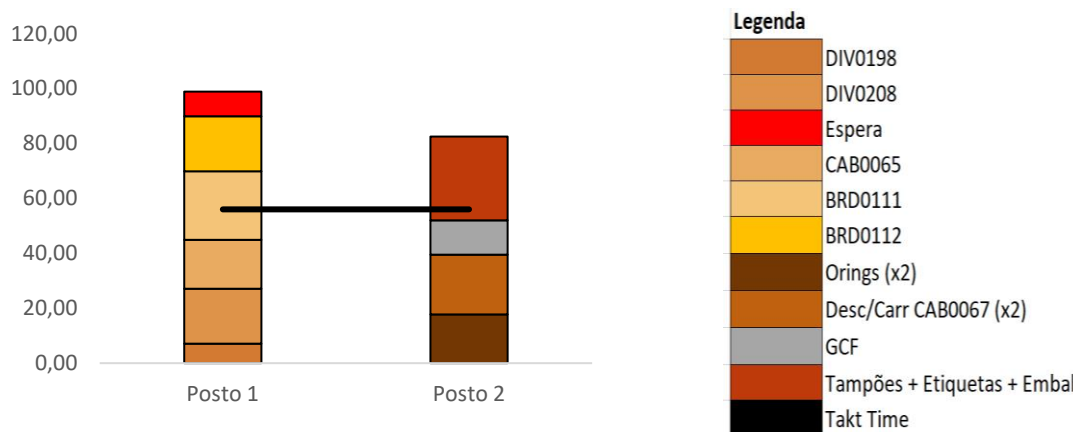


Figura 27 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N – 2 = 2)

Eficiência do Balanceamento:	92%
Tempo de Ciclo:	99 s

Com os dados da Tabela 17 percebe-se que, embora a eficiência do balanceamento para N - 2 seja alta as necessidades do cliente nunca serão supridas.

O gráfico de *standardized work* para o balanceamento N – 2 é representado, de forma resumida, pela Figura 28.

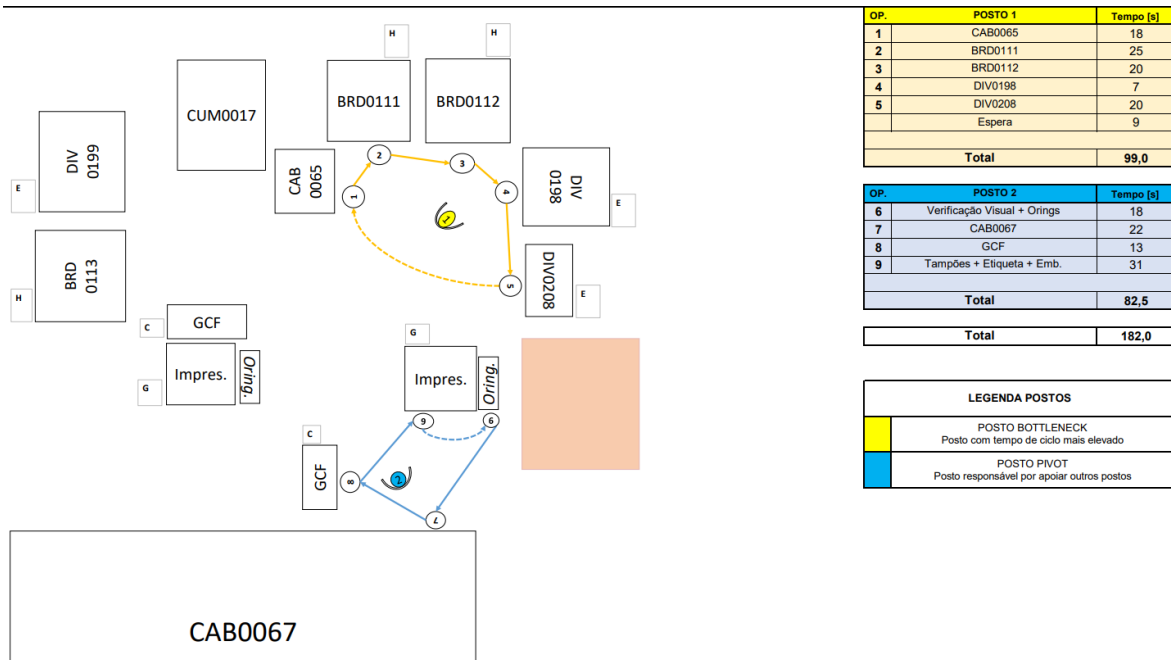


Figura 28 - Gráfico *Standardized Work* resumido: 1ª Iteração para T.81434, N - 2 = 2

Melhorias Necessárias para o balanceamento da linha

No balanceamento da linha, para a referência T.81434, é possível perceber que a atividade de controlo visual + colocar *orings* é a atividade que mais desequilibra a linha. Para um balanceamento da linha mais eficiente é necessário a instalação de lanças de *orings* (Figura 29) pelos diferentes postos de trabalho.



Figura 29 - Lança de *Orings*

Na Figura 30 e na Figura 31 é possível observar o layout antes e depois do balanceamento e os locais onde devem ser aplicadas as novas lanças de *orings*.

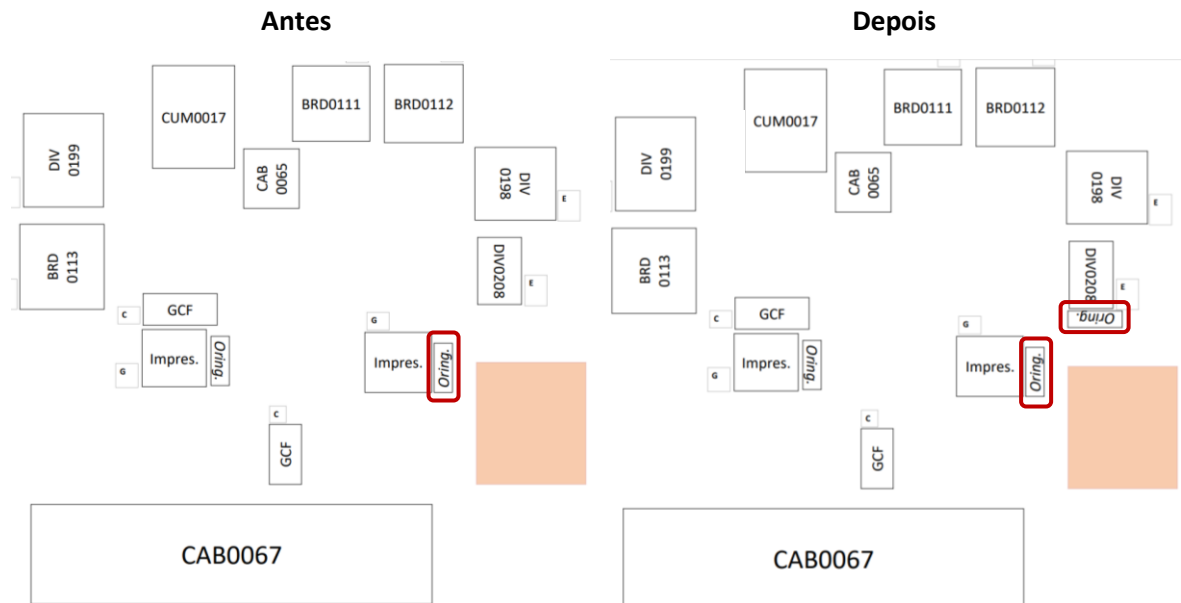


Figura 30 - 1ª Iteração: Layout antes do balanceamento, ref. T.81434

Figura 31 - 1ª Iteração: Layout depois do balanceamento, ref. T.81434

3.4.1.4. Implementação de outras ações melhorias

Com o objetivo de solucionar os restantes desperdícios identificados e associados à referência de produto T.81434, foram implementadas um conjunto de ações de melhoria.

Relativamente às causas de desperdícios de categoria 6S:

- i. Falta de Varão de suporte para WIP

O WIP presente na linha era armazenado em caixas, porém, devido à complexidade de alguns tubos tornava-se complicado o seu manuseamento, o que provoca uma demora que pode ser evitada. Na Figura 32 e na Figura 33 é possível observar a alteração feita.

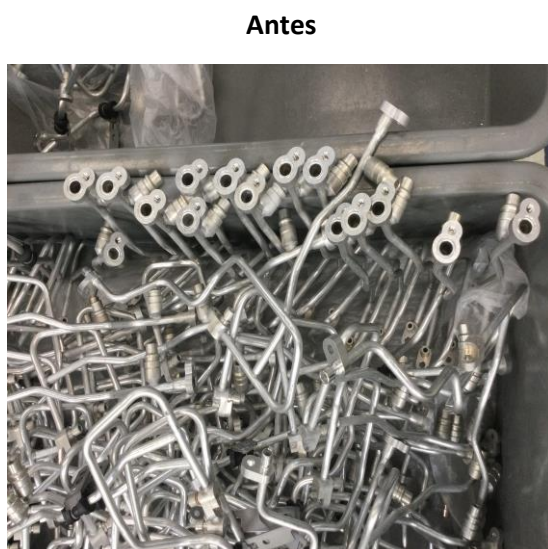


Figura 32 - WIP armazenado em caixas



Figura 33 - WIP armazenado em varão

ii. Falta de carrinho de suporte para caixote em constituição

No momento de embalar o produto, os operadores, armazenavam os caixotes em paletes, sobrepondo-os à medida que se vão constituindo, o que requer um esforço físico elevado e uma perda de tempo acrescida. Atendendo a isso, foi implementado um carrinho de suporte para o caixote que, permite a melhor movimentação do caixote, evita o esforço físico acrescido e, conseqüentemente, leva à redução do tempo de atividade.

A Figura 34 e a Figura 35 refletem a alteração feita.

Antes



Figura 34 - Embalagem direta na paleta

Depois



Figura 35 - Embalagem no carrinho de suporte

Em relação à causa de desperdício identificada como, falta de formação devido ao operador desconhecer o que pode fazer para ser mais eficiente e, desta forma, eliminar o tempo de espera, foi realizada uma conversa com operador que se revelou suficiente para solucionar o problema.

Relativamente às causas de desperdício por motivos técnicos, foram desenvolvidas as seguintes ações:

i. Tubos com problemas de solda

Um dos problemas de maior impacto era a constante chegada de tubos com problemas de solda à linha. Os problemas ocorriam por falhas técnicas do equipamento e por erro dos operadores, que deixavam os tubos mal soldados avançar pelos diferentes postos de trabalho. Com o objetivo de corrigir o problema, foram desenvolvidas, por parte dos responsáveis, ações técnicas e, em conjunto com o departamento da qualidade, desenvolvida uma ação de formação para os operadores, como a apresentada na Figura 36.



Figura 36 - Ajuda Visual para avaliação da soldadura

- ii. Teste de Obstrução da CAB0065 (ref.T.81434) não é fiável sem a presença do *ôbus*: Erros Constantes

A resolução do problema com o teste de obstrução tem como solução a alteração do layout, passando a atividade de colocar o *ôbus* a ser realizada antes do teste de obstrução da CAB0065. Na Figura 37 e na Figura 38 é refletida a alteração do layout.



Figura 37 - Layout Inicial

Figura 38 - Layout Alterado

3.4.2. Produto 2 – T.71204

Para a referência de produto T.71204, foi realizada uma análise semelhante à da referência T.81434, identificando os principais desperdícios e desenvolvendo, para a análise de desperdícios, um VSM. Foi também realizado o balanceamento da linha, implementado o *standard work* e um conjunto de outras ações de melhoria.

3.4.2.1. VSM

O VSM, apresentado na Figura 39, retrata a situação inicial da linha AA31 para a referência T.71204.

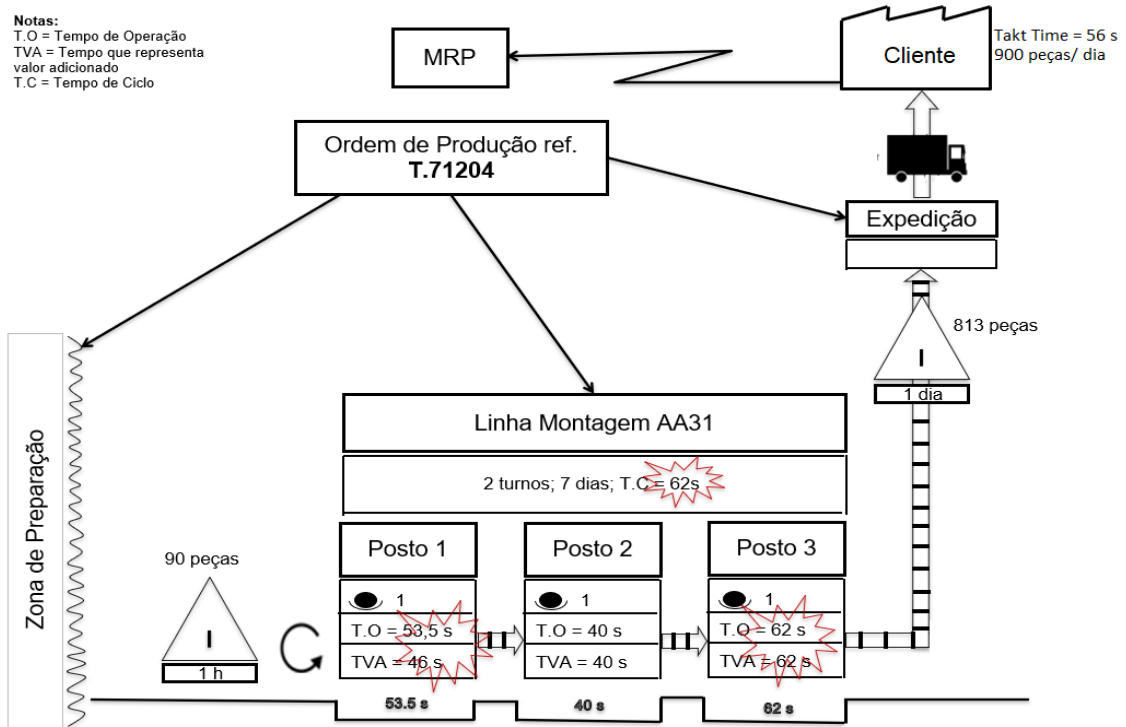


Figura 39 - VSM: Situação Inicial para a referência T.71204

Com a Figura 39 é possível identificar pontos críticos, para a referência T.71204, relacionados com os TC superiores ao TT, bem como tempos de atividades que representam valor adicionado (TVA) inferiores ao tempo de operação (TO), o que evidência a ocorrência de desperdícios.

3.4.2.2. Identificação de desperdícios e das suas causas

Na Tabela 18 é apresentada uma listagem dos desperdícios encontrados e das suas causas, para o produto T.71204. As causas podem ser divididas pelas categorias: *Standard Work*; Formação; Técnicas.

Tabela 18 - 1ª Iteração: Listagem de Causas de Desperdícios relativas ao produto T.71204

Causas de Desperdícios	
Standard Work	Falta de um balanceamento da linha coerente, devidamente sustentado e justificado. Falta de um gráfico de <i>standardized work</i> , o responsável não tem um standard de trabalho que permita a correta distribuição dos operadores pelas atividades desenvolvidas na linha.
Formação	Operador com tempo de espera devido à falta de conhecimento em relação aquilo que pode fazer para ser mais eficiente.
Técnicas	Curvadora CUM0017 desafinada.

3.4.2.3. Balanceamento da Linha e *Standard Work*

Relativamente à referência T.71204, considerando que o valor do número mínimo de postos (N) calculado na Tabela 13 é de N = 3, foi desenvolvido o balanceamento para N, N-1 e N+1.

Balanceamento para N = 3

As características do balanceamento para N = 3 são evidenciadas na Tabela 19. Através da Figura 40 e da Figura 41 pode ser comparado o antes e o depois, respetivamente.

Tabela 19 - 1ª Iteração: Balanceamento para N = 3 referência T.71204

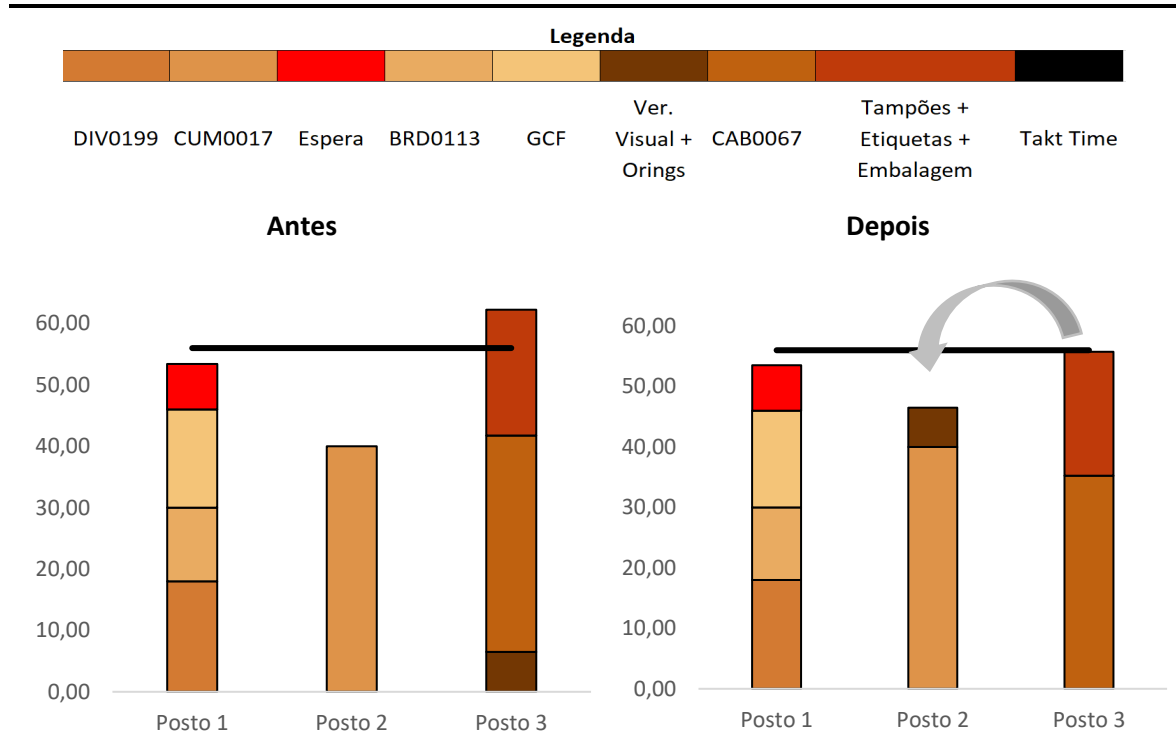


Figura 40 - 1ª Iteração: Linha em concordância com os tempos medidos (ref.T.71204, N=3)

Figura 41 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N=3)

Eficiência do Balanceamento:	83%	Eficiência do Balanceamento:	93%
Tempo de Ciclo:	62 s	Tempo de Ciclo:	56 s

Com a análise da Tabela 19 percebe-se que, a alocação da atividade de controlo visual e colocação de *oring* para o posto anterior provoca, não só, o aumento da eficiência do balanceamento como permite que a linha tenha capacidade de responder às necessidades do cliente (TC < TT).

O gráfico de *standardized work* resumido, representativo do balanceamento para N = 3, é ilustrado pela Figura 42.

Tabela 21 - 1ª Iteração: Balanceamento para N + 1=4 referência T.71204

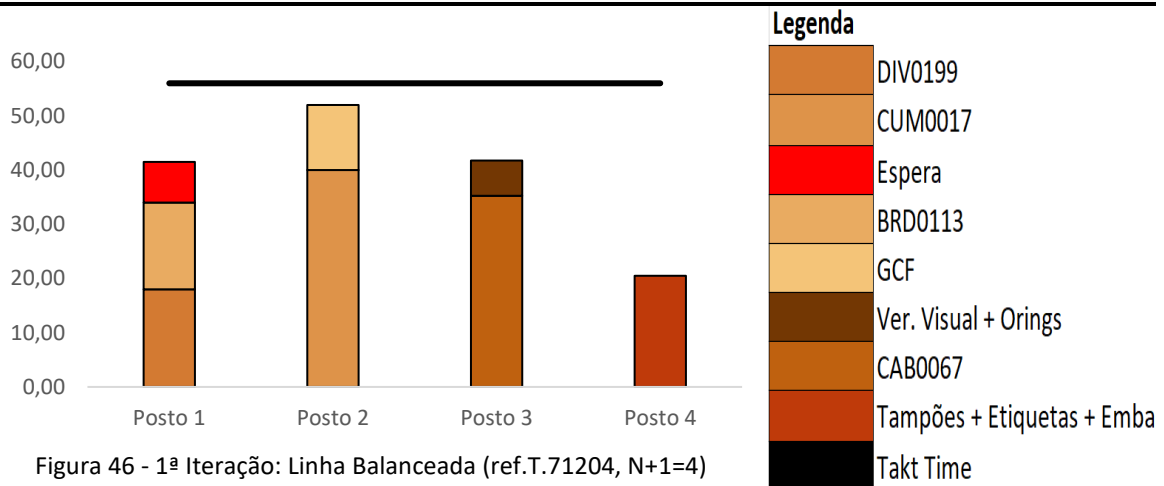
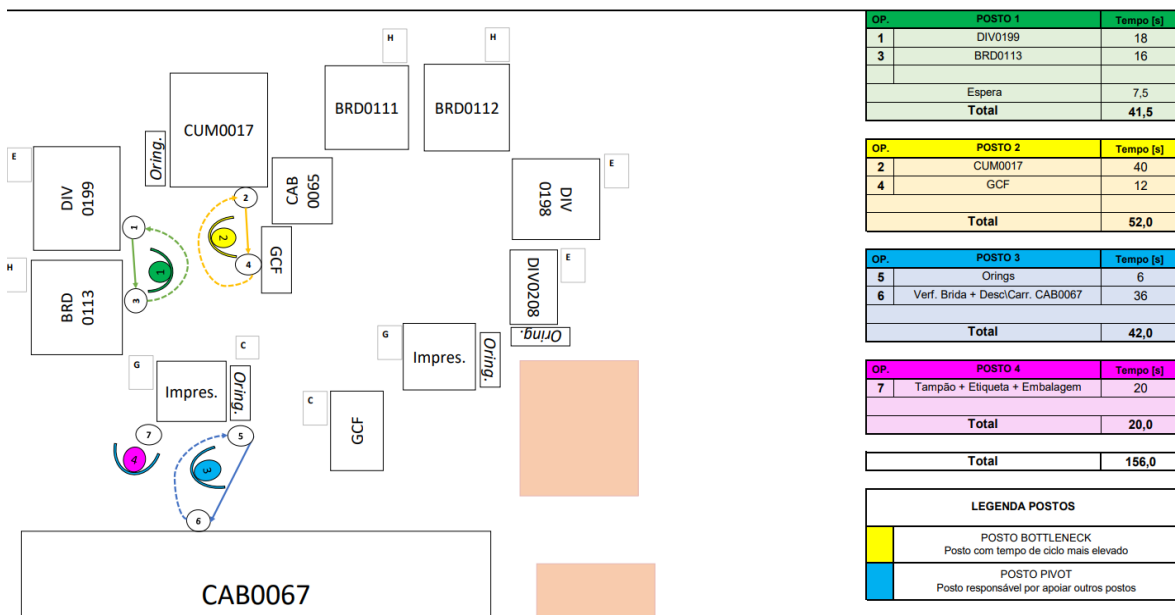


Figura 46 - 1ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N+1=4)

Eficiência do Balanceamento:	75%
Tempo de Ciclo:	52 s

Na Figura 47 é apresentado o gráfico de *standardized work* para o balanceamento N + 1 = 4.

Figura 47 - Gráfico *Standardized Work* resumido: 1ª Iteração para T.71204, N + 1 = 4

Melhorias Necessárias para o balanceamento da linha

À semelhança da referência T.81434, para a referência T.71204, a atividade de controlo visual + *orings* é uma das atividades que mais afeta o balanceamento da linha. De forma a tornar o balanceamento mais eficiente é, igualmente, necessária a instalação de lanças de *orings*.

A Figura 48 e a Figura 49 evidenciam o layout antes e depois do balanceamento, com as novas localizações das lanças de *orings*, para a referência T.71204.

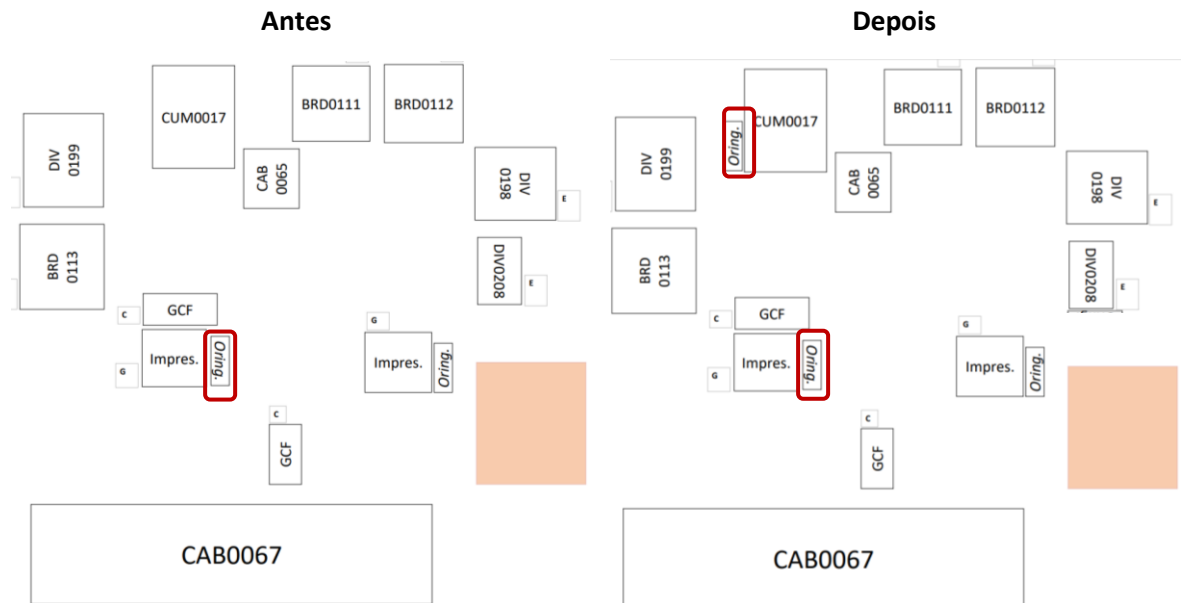


Figura 48 - 1ª Iteração: Layout antes do balanceamento, ref. T.71204

Figura 49 - 1ª Iteração: Layout depois do balanceamento, ref. T.71204

A referência T.71204 apresenta outra condição, para que o balanceamento proposto possa ser implementado é necessário que a atividade CGF seja móvel, tendo sido colocadas rodas no suporte, como evidencia a Figura 50.



Figura 50 - GCF com carrinho de suporte

A Figura 51 evidencia as diferentes posições da atividade GCF no layout, para os diferentes balanceamentos da linha, N, N-1 e N+1, para a referência T.71204.



Figura 51 - 1ª Iteração: Diferentes Localizações do GCF, ref. T.71204

3.4.2.4. Implementação de outras ações de melhoria

Os restantes desperdícios identificados, para o produto T.71204, podem ver as causas classificadas como, de categoria Formação e Técnica.

No que diz respeito, à causa de desperdício com categoria de Formação, da mesma forma, que na referência T.81434, foi solucionada com uma conversa com o operador.

Relativamente à causa de desperdício de categoria Técnica - Curvadora CUM0017 desafinada:

O facto da curvadora CUM0017, uma máquina manual, ter a sua ferramenta com constantes desafinações, faz com que o curvado não se encontre dentro das tolerâncias exigidas para o tubo. Com o objetivo de resolver o problema, os responsáveis de manutenção e de engenharia, realizaram um conjunto de afinações, passando, as afinações, a ser realizadas periodicamente.

3.4.3. Desperdícios e Melhorias gerais

Durante a *gemba walk* e o levantamento dos tempos foram identificados outros desperdícios gerais à linha AA31. Na Tabela 22 são apresentadas as causas de desperdícios gerais ao trabalho desenvolvido na linha AA31.

Tabela 22 - 1ª Iteração: Listagem das Causas de Desperdícios Gerais à linha AA31

Causas de Desperdícios	
	<i>Shop Stock</i> desorganizado.
6S	Falta de suporte para garrafa de água.
	Falta de pistola de ar para limpar CAB0067
Formação	Operador não trabalha em <i>one-piece flow</i> , agrega um conjunto de peças por cada atividade feita no posto de trabalho.

No que respeita à resolução das causas de desperdício de categoria 6S:

i. *Shop Stock* desorganizado

Quando na linha termina o material necessário para a produção dos tubos de ar condicionado, o operador dirige-se ao *shop stock* para recolher material. O operador despende **113 s** para voltar ao seu posto de trabalho e retomar a produção, tal ocorre porque a marcação do *shop stock* existente é incorreta e/ou não é respeitada.

Na Figura 52 é exposta a situação inicial e na Figura 53 é apresentada a solução encontrada.

Antes

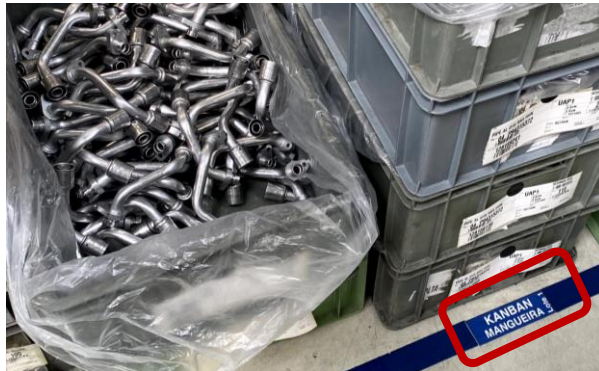


Figura 52 - *Shop Stock* Desorganizado

Depois



Figura 53 - *Shop Stock* Organizado

ii. Falta de suporte de garrafa de água e de pistola de ar para limpeza

Por questões de limpeza e organização foram implementados suportes para as garrafas de água e para a pistola de ar, como demonstra a Figura 54.



Figura 54 - Suporte de Água e Pistola de ar

Em relação à causa de desperdício, por falta de formação o operador não trabalha em *one-piece flow* e agrega um conjunto de peças por cada atividade desenvolvida no posto de trabalho, foi realizada uma sessão de formação relativamente à importância de trabalhar em *one-piece-flow*.

3.4.4. Impacto e Resultados da 1ª Iteração

As ações de melhoria impactaram o funcionamento da linha. Com o balanceamento da linha e com a implementação do *standard work*, para as condições iniciais da linha, são notadas melhorias ao nível do equilíbrio da carga em cada posto de trabalho, bem como no número de peças/hora produzidas.

Na Tabela 23 é evidenciado o impacto do balanceamento e do *standard work*, na produção das diferentes referências, por peça/hora, peça/turno e peça/operador/hora. Sabe-se que o TT é de 56 s, ou seja, 64 peças/hora.

Tabela 23 - 1ª Iteração: Impacto do balanceamento da linha na produção de peças

			Situação Inicial	1ª Iteração
T.81434	N=4	Peças/h	-----	64
		Peças/Turno	-----	514
		Peças/Op/h	-----	16
		Cumprir com o TT	-----	Sim
	N-1=3	Peças/h	43	55
		Peças/Turno	344	440
		Peças/Op/h	14	18
		Cumprir com o TT	Não	Não
	N-2=2	Peças/h	-----	36
		Peças/Turno	-----	288
		Peças/Op/h	-----	18
		Cumprir com o TT	-----	Não
T.71204	N=3	Peças/h	58	64
		Peças/Turno	464	514
		Peças/Op/h	19	21
		Cumprir com o TT	Não	Sim
	N-1=2	Peças/h	38	44
		Peças/Turno	304	352
		Peças/Op/h	19	22
		Cumprir com o TT	Não	Não

Tabela 23 - 1ª Iteração: Impacto do balanceamento da linha na produção de peças (cont.)

N+1=4	Peças/h	-----	69
	Peças/Turno	-----	552
	Peças/Op/h	-----	17
	Cumpre com o TT	-----	Sim

Através da análise da Tabela 23 é possível compreender que, para a referência T.81434, o balanceamento da linha para três operadores permite um ganho de 12 peças/hora, passando a produção de 43 peças/hora para 55 peças/hora. O balanceamento, ainda, permite que se cumpra com o TT, utilizando quatro operadores.

Na produção da referência T.71204 o balanceamento para o trabalho com três operadores permite que se consiga atingir o TT, o que previamente não era possível, além de permitir a produção de mais 6 peças/hora em relação à forma de trabalho anterior.

É importante destacar que, a adaptação do balanceamento às propostas de alteração de layout e a implementação do *standard work*, são o que, realmente, permite que os valores descritos acima possam ser atingidos.

Na Tabela 24 é evidenciado o impacto que cada ação implementada, para a referência de produto T.81434, tem na redução/eliminação dos desperdícios encontrados.

Tabela 24 - 1ª Iteração: Impacto das ações de melhoria na referência T.81434

Causa de Desperdício	Ação	Antes	Depois
Falta de varão de suporte para WIP	Colocação do varão	25 s/peça	20 s/peça
Falta de carrinho de suporte para caixote em constituição	Colocação do carrinho	31 s/peça	25 s/peça
Operador com tempo de espera devido à falta de conhecimento em relação aquilo que pode fazer para ser mais eficiente.	Formação do operador	9 s/peça	0 s/peça
Tubos com problemas de solda	Correção técnica/Formação do operador	17,75 s/peça	12,5 s/peça
Teste de Obstrução da CAB0065 (ref. T.81434) não é fiável sem a presença de <i>ôbus</i> : Erros Constantes.	Alteração do Layout	20 s/peça	10 s/peça

Com a análise da Tabela 24 compreende-se que, a implementação de um varão de suporte para WIP e de um carrinho de suporte para o caixote em constituição, representam uma melhoria de 5 e 6 s/peça, respetivamente.

Por sua vez, a alteração do layout, devido a problemas na fiabilidade do teste, e a correção do problema de solda, permitem, respetivamente, uma melhoria de 10 e 5,25 s/peça.

A formação do operador relativamente a tempos de espera desnecessários, resultou numa melhoria de 9 s/peça, somando com as outras alterações, representam uma diminuição de 35 s no WC, passando de 182 s para 147 s, o que evidencia que um N=3 poderá ser suficiente para satisfazer o TT, concluindo-se que, as alterações podem permitir a redução de um operador na linha.

No que respeita à referência T.71204, a Tabela 25 mostra o impacto das ações de melhoria implementadas no processo produtivo.

Tabela 25 - 1ª Iteração: Impacto das ações de melhoria na referência T.71204

Causa de Desperdício	Ação	Antes	Depois
Operador com tempo de espera devido à falta de conhecimento em relação aquilo que pode fazer para ser mais eficiente.	Formação do operador	8 s/peça	0 s/peça
Curvadora CUM0017 desafinada	Correção técnica	40 s/peça	31 s/peça

Ao analisar a Tabela 25 entende-se que, o valor do WC, para a referência T.71204, sofre uma redução de no mínimo 17 s, devido aos 8 s ganhos com a formação do operador e aos 9 s ganhos com a correção do problema técnico.

Em relação às melhorias gerais, na Tabela 26 é apresentado o impacto das melhorias ao nível de tempo ganho.

Tabela 26 - 1ª Iteração: Impacto das ações de melhoria gerais à linha AA31

Causa de Desperdício	Ação	Antes	Depois
Shop Stock desorganizado	Marcação do Shop Stock	131 s	33 s
Falta de suporte para garrafa de água	Colocação do suporte	-----	-----
Falta de pistola de ar para limpar CAB0067	Colocação da pistola	-----	-----
Operador não trabalha em <i>one-piece flow</i> , agrega um conjunto de peças por cada atividade feita no posto de trabalho.	Formação do operador	-----	-----

A Tabela 26 demonstra o ganho de $131 - 33 = 98$ s, resultante da organização do *shop stock*. Como o operador realiza a atividade de procurar o material a cada 50 peças e precisa de, aproximadamente, 39 minutos para a produção dessa quantidade, significa que durante um turno, efetua a atividade 12 vezes, representando a melhoria de 98 s um ganho de 20 min por turno.

As restantes melhorias não provocam alterações nos tempos, mas impactam positivamente a qualidade das peças.

3.5. Situação Intermédia

As diversas alterações efetuadas na 1ª Iteração implicam mudanças significativas na linha AA31, como tal, existem novos valores de eficiência e de sucata, bem como, existe a necessidade de ter em atenção o fluxo produtivo, os novos tempos, o modo de trabalho e as novas variabilidades. Também é previsível que o valor da procura aumente, impactando o valor do TT.

3.5.1. Eficiência e Sucata

A evolução da eficiência ao longo da 1ª iteração é representada na Figura 55. Situando a situação intermédia em janeiro, o valor da eficiência é de 52%.

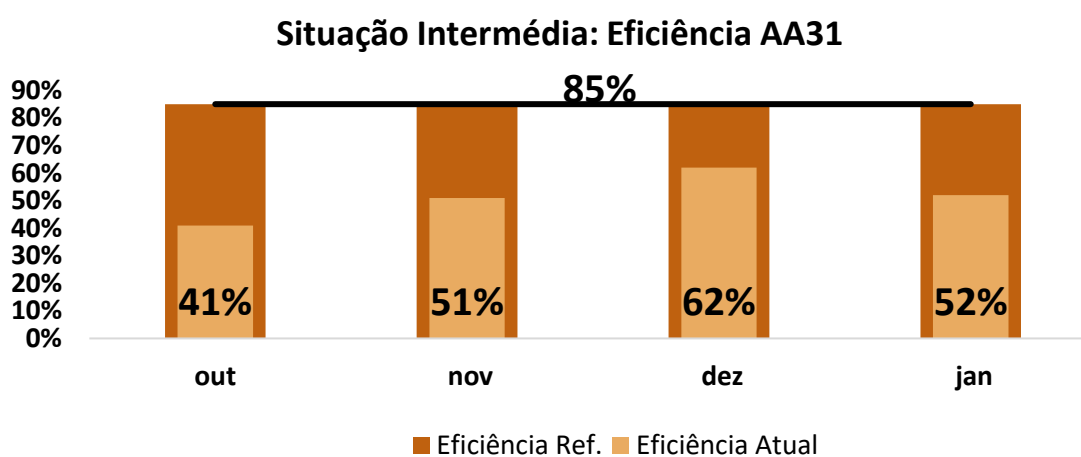


Figura 55 - Situação Intermédia: Gráfico da Eficiência

Ao analisar o gráfico representado na Figura 55 é possível observar um aumento de 21% no valor da eficiência, entre outubro e dezembro. O valor de 62%, em dezembro, é o reflexo das alterações realizadas durante a 1ª iteração, sendo expectável um contínuo aumento da eficiência ao longo do tempo, porém, em janeiro, existiu um decréscimo de 10% devido a, maioritariamente, limitações técnicas na cabine de teste CAB0067, à entrada de novos operadores na linha e ao facto de o balanceamento da linha ter sido elaborado antes da resolução dos desperdícios.

A Figura 56 evidencia o impacto das alterações no valor da sucata mensal. Aquando da análise intermédia o valor da percentagem de sucata é de 5,1%.

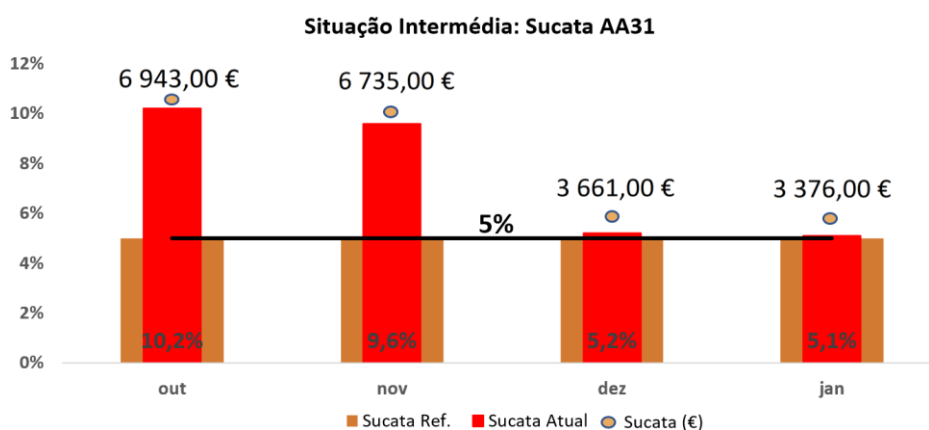


Figura 56 - Situação Intermédia: Gráfico da Sucata

Através da Figura 56 é compreendido que, as alterações realizadas têm impacto imediato no valor da percentagem de sucata e, conseqüentemente, nos custos de sucatar as peças, todavia em nenhum momento foi atingido um valor inferior a 5% que é o valor objetivo.

3.5.2. Novo Diagrama de Fluxo

A Figura 57 representa o novo diagrama de fluxo da linha. A alteração destacada é referente à alteração do layout devido aos problemas técnicos encontrados no teste de obstrução da referência T.81434.

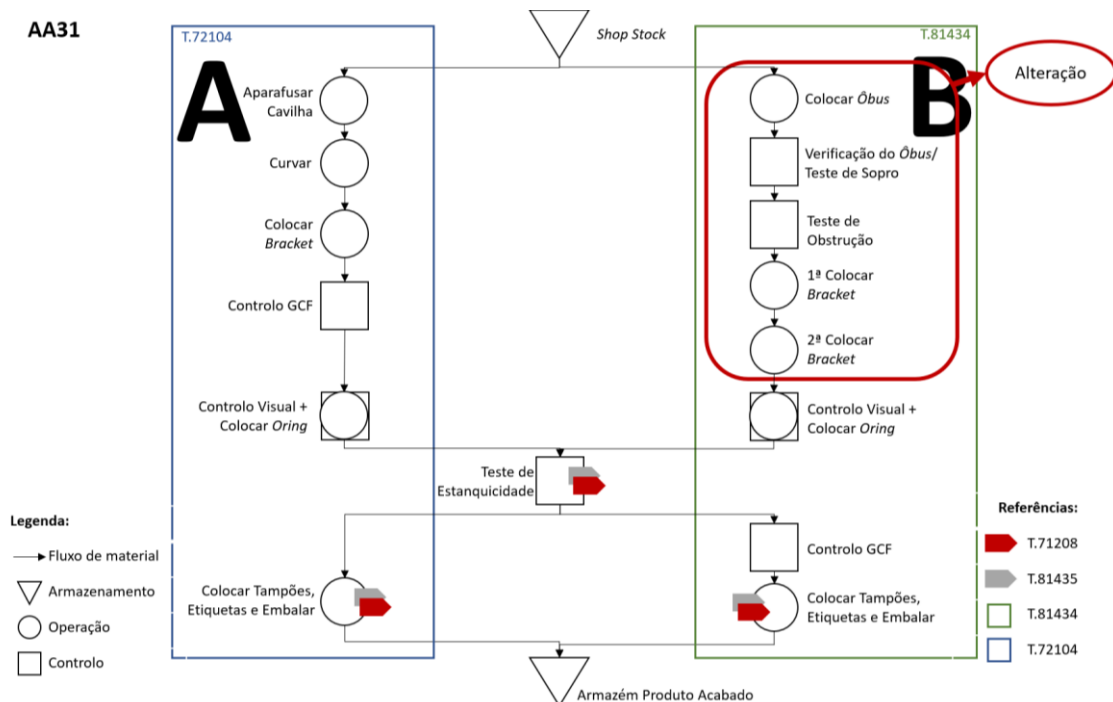


Figura 57 - Situação Intermédia: Diagrama de fluxo do processo produtivo da linha AA31

3.5.3. Takt Time (TT)

Habitualmente, a linha AA31 funciona, a dois turnos de 8h, durante 7 dias por semana, onde cada turno tem 1h de pausa. Entretanto, o valor da procura passou para, em média, 1350 peças por dia, o que leva a empresa a equacionar a possibilidade de trabalhar com três turnos.

Com base nos dados descritos, é possível definir o valor do TT, para um kit de quatro referências de produto, em:

- Dois turnos, em **37 s**.

$$TT (s) = \frac{\text{Disponibilidade efetiva de produção}}{\text{Procura do cliente}} = \frac{(8 - 1) * 3600 * 2}{1350} = 37 s$$

- Três turnos, em **56 s**.

$$TT (s) = \frac{\text{Disponibilidade efetiva de produção}}{\text{Procura do cliente}} = \frac{(8 - 1) * 3600 * 3}{1350} = 56 s$$

3.5.4. Tempos das Atividades

As alterações efetuadas, impactaram os tempos inicialmente levantados, o que leva a um novo levantamento de tempos, que tem por base a metodologia seguida na situação inicial.

Apesar de nenhuma das ações de melhoria desenvolvidas na 1ª iteração ter visado as referências T.71208 e T.81435 é necessário confirmar se não existiram variações nos tempos. Por isso, foram levantados os tempos para as quatro referências, podendo ser resumidos pelos dados seguintes:

- **T.81434**

Os tempos para a referência T.81434 foram levantados com os operadores dispostos da forma representada na Figura 58.

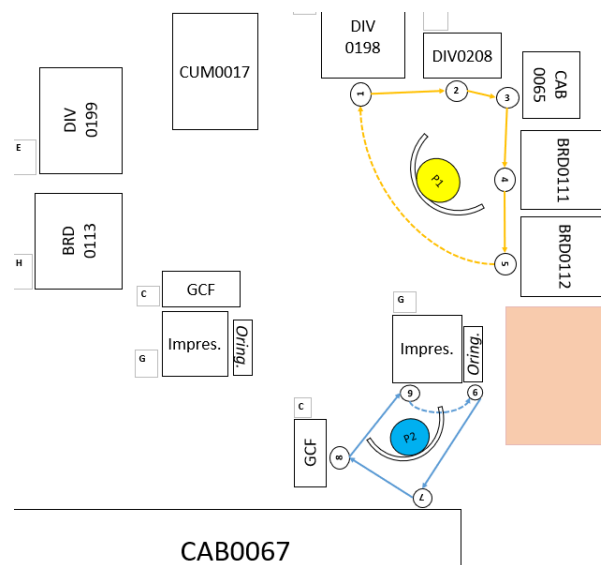


Figura 58 - Situação Intermédia: Disposição dos operadores na linha (T.81434)

Na Tabela 27 é possível analisar os tempos levantados.

Tabela 27 - Situação Intermédia: Tempo de Ciclo da referência T.81434

Tempos Medidos T.81434 (em s)							Tempo Total
P1	DIV0198	DIV0208		CAB0065	BRD0111	BRD0112	84s
	Preparação	Ver. Válvula	Sopro				
	12s	5s	5s	20s	20s	22s	
P2	Ver. Visual + Oring		CAB0067	GCF	Tampões + Etiquetas + Embalar		63s
	13s		15s	12s	23s		
Tempo de Ciclo			84s				147s

Com a Tabela 27 é fácil de perceber que, trabalhando com dois operadores, o valor do TC de 84 s é bastante superior ao valor de TT para 2 ou 3 turnos, 37 s e 56 s, respetivamente, o que indica que apesar das alterações e das melhorias implementadas, trabalhar com 2 operadores não permitirá cumprir com as necessidades do cliente.

- **T.71208**

A referência T.71208 trabalha num único posto de trabalho, permitindo, a Tabela 28, a compreensão detalhada dos tempos.

Tabela 28 - Situação Intermédia: Tempo de Ciclo da referência T.71208

Tempos Medidos T.71208 (em s)			Tempo Total
P1	Ver. Visual + Oring	CAB0067	Tampões + Etiquetas + Embalar
	5s	5s	12s
Tempo de Ciclo			22s

- **T.81435**

Os tempos para a referência T.81435 são refletidos na Tabela 29.

Tabela 29 - Situação Intermédia: Tempo de Ciclo da referência T.81435

Tempos Medidos T.81435 (em s)			Tempo Total
P1	Ver. Visual + Oring	CAB0067	Tampões + Etiquetas + Embalar
	10s	13s	15s
Tempo de Ciclo			38s

A Tabela 29 evidencia um valor de 38 s para o TC, que é ligeiramente superior ao valor de 37 s do TT para 2 turnos, o que indica que com melhorias, ou com um aumento do ritmo de trabalho, trabalhar em 2 turnos poderá ser suficiente para suprir as necessidades do cliente.

- **T.71204**

Para a referência T.71204, os tempos foram levantados com a linha a trabalhar com três operadores, estando posicionados na linha como na Figura 59.

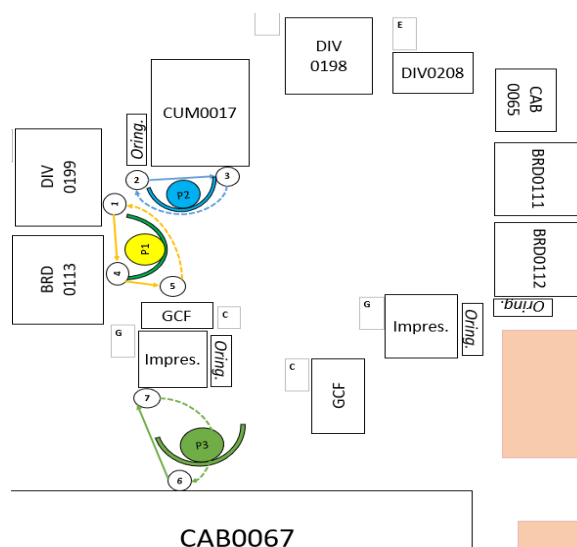


Figura 59 - Situação Intermédia: Disposição dos operadores na linha (T.71204)

Na Tabela 30 podem ser observados os tempos.

Tabela 30 - Situação Intermédia: Tempo de Ciclo da referência T.71204

Tempos Medidos T.71204 (em s)			Tempo Total	
P1	DIV0199	BRD0113	GCF	44s
	18s	17s	9s	
P2	CUM0017		Ver.Visual + Oring	37s
	31s		6s	
P3	Ver. Brida + CAB0067		Tampões+ Etiq.+Embalar	38s
	17s		21s	
Tempo de Ciclo			44s	119s

Com a Tabela 30 pode-se perceber que, trabalhar a 3 turnos permite servir o cliente com folga. No entanto, trabalhar a 2 turnos apresenta um valor de 44 s para o TC, que é superior ao valor de 37 s do TT, o que indica a impossibilidade de cumprir com as necessidades do cliente.

3.5.5. Work Content (WC)

Como é representado na Tabela 31, com os novos tempos, foi calculado o WC para as diferentes referências.

Tabela 31 - Situação Intermédia: Cálculo do *Work Content* (WC)

	Referências			
	T.81434	T.71208	T.81435	T.71204
P1	84	22	38	44
P2	63			37
P3				38
WC (s)	147 s	22 s	38 s	119 s

3.5.6. Número Mínimo de Postos de Trabalho (N)

Na Tabela 32 é evidenciado o cálculo do N para cada uma das referências, tendo em consideração os valores de WC calculados e o valor do TT para 2 e 3 turnos.

Tabela 32 - Situação Intermédia: Cálculo do Número Mínimo de Postos de Trabalho (N)

	Referências				Média	Média
	T.81434	T.71208	T.81435	T.71204	Lado A	Lado B
WC (s)	147	22	38	119	179	207
TT (s)						
2 Turnos	37	37	37	37	111	111
TT (s)						
3 Turnos	56	56	56	56	168	168
N						
2 turnos	4	1	1	4	1,6	1,9
N						
3 turnos	3	1	1	3	1,1	1,2

Através da Tabela 32 percebe-se que, quer para 2 ou 3 turnos, o N médio para linha é de 4 operadores no total da linha, ou seja, 2 operadores por cada um dos lados.

3.6. 2ª Iteração de Melhoria

A 2ª Iteração tem por base as alterações efetuadas anteriormente e tem como objetivo a validação e a organização do trabalho, após as alterações. A iteração foi iniciada pela identificação e resolução de desperdícios, seguindo-se do balanceamento da linha e da standardização do trabalho. Por fim, são apresentados e analisados os resultados da 2ª iteração.

À semelhança da 1ª iteração, o balanceamento da linha, para as referências de produto T.71208 e T.81435, não foram considerados, apresentando, tempos de ciclo de 22 s e de 38 s, respetivamente.

3.6.1. Desperdícios e Melhorias gerais

Apesar de na 1ª iteração terem sido solucionados um conjunto de desperdícios, na 2ª iteração foram identificados novos e diferentes desperdícios que afetam negativamente a performance da linha.

Os desperdícios encontrados na 2ª iteração afetam a linha em geral, podendo ser associados a todas as referências produzidas na linha.

Na Tabela 33 são sintetizadas as causas dos desperdícios encontrados, estando, como na 1ª iteração, divididas em categorias, sendo nesta análise: *Standard Work*; Formação; Técnicas.

Tabela 33 - 2ª Iteração: Listagem das Causas de Desperdícios Gerais à linha AA31

Causas de Desperdícios	
Standard Work	O balanceamento da linha com as alterações efetuadas ficou desatualizado. Os gráficos de <i>standardized work</i> desenvolvidos com as alterações efetuadas ficaram desatualizados.
Formação	Pessoas sem formação para interpretar um gráfico de <i>standardized work</i> e para analisarem os tempos com criticidade.
	Máquina CAB0067 com Fugas Falsas.
Técnicas	Máquina CAB0067 constantemente contaminada. Tubos de passagem do ar da máquina CAB0067 deteriorados.

Considerando a Tabela 33, no que diz respeito às causas de desperdício devido à falta de formação, foi desenvolvida uma ação de formação, relativamente ao que é o *standard work* e aos gráficos de *standardized work*.

Foi, também, criada uma auditoria *standard work*, que visa controlar o cumprimento da linha em relação aos standards de trabalho definidos. A auditoria *standard work* pode ser encontrada no Apêndice F.

Na Figura 60 é possível ver alguns excertos do ficheiro desenvolvido.

Conformidade com o Gráfico de Standardized Work						
		Resposta: OK/ NOK	Caso Resposta NOK: Qual o motivo?			
	O layout da linha está em conformidade com o gráfico?	NOK				
	A distribuição dos postos de trabalho está em conformidade com o gráfico?	NOK				
	Os operadores respeitam a sequência de trabalho?	NOK				

Capacidade de atingir o Tempo de Ciclo (T.C) Standard							
Posto Bottleneck							Objetivo Peças/hora
Posto Crítico							
	Tempos de Ciclo (T.C) Medidos						
P (Posto de Trabalho)	T.C da FOS	T.C 1	T.C 2	T.C 3	T.C 4	T.C 5	
P1							
Obs.							
P2							
Obs.							
P3							
Obs.							

Cálculo: (T.C X 0,05)	Resultado: OK/ NOK
±5% de Tolerância	Nº de Ciclos OK, com ±5% de tolerância
	3 ou mais T.C fora da tolerância? NOK

cronómetro. Todas as medições

Figura 60 - Excerto da Auditoria *Standard Work*

A auditoria, apresentada na Figura 60, tem por base a validação dos tempos e a identificação de irregularidades no método de trabalho dos operadores.

Em relação aos desperdícios de categoria técnica, apresentados na Tabela 33, que têm por base o equipamento CAB0067, foram desenvolvidas ações de melhoria pela equipa de manutenção. No entanto, a CAB0067 é apresentada como um ponto limitador no valor da eficiência, uma vez que as ações de melhoria não têm conseguido dar resposta aos problemas e o investimento de 800 000€ necessário para a aquisição de uma nova máquina não é considerado pela empresa.

3.6.2. Produto 1 – T.81434

Na 2ª iteração, para a referência T.81434, foi elaborado um novo balanceamento da linha e adequado o *standard work* desenvolvido na 1ª iteração ao novo balanceamento.

3.6.2.1. Balanceamento da Linha e *Standard Work*

Para o balanceamento da linha são considerados os tempos levantados na segunda fase do trabalho e o número mínimo de postos (N) calculado para as diferentes referências e para 3 turnos. Todavia, nos gráficos de balanceamento é possível comparar o valor do TT para dois turnos com os TC apresentados.

O balanceamento da linha tem por base as tabelas de combinação de *standardized work* apresentadas no Apêndice D. A cada balanceamento está associado um gráfico de *standardized work* representado no Apêndice E.

O balanceamento da linha para a referência T.81434 foi realizado para 3 turnos, considerando N, N-1 e N+1. Não é considerado a linha trabalhar com N-2 e N+2 operadores, uma vez que equivalem a que se trabalhe com 1 e 5 operadores respetivamente, o que para a referência em questão não é considerado aceitável pela empresa, devido à especificidade do produto, bem como ao espaço disponível na linha.

Balanceamento para N = 3 (3 Turnos)

O balanceamento da linha para N = 3 operadores é apresentado na Tabela 34. Através da Figura 61 e da Figura 62 é possível analisar o impacto do balanceamento.

O balanceamento representado na Figura 62, teve por base a troca da operação CAB0065 para o posto 1 e a operação de colocar *Orings* para o posto 2.

Tabela 34 - 2ª Iteração: Balanceamento para N = 3 referência T.81434

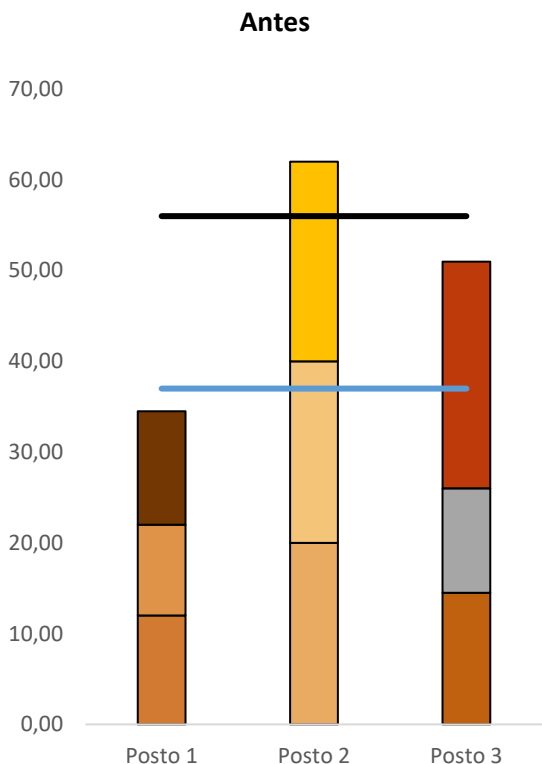
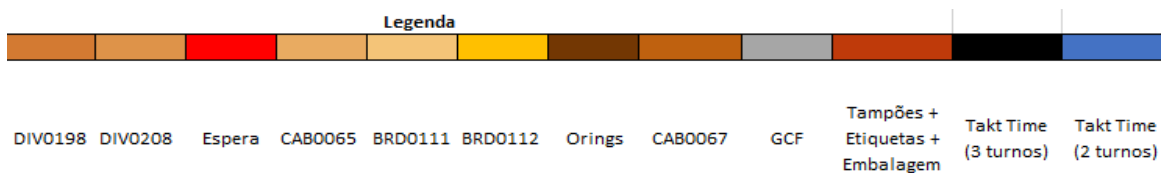


Figura 61 - 2ª Iteração: Linha em concordância com os tempos medidos (ref.T.81434, N=3, 3 turnos)

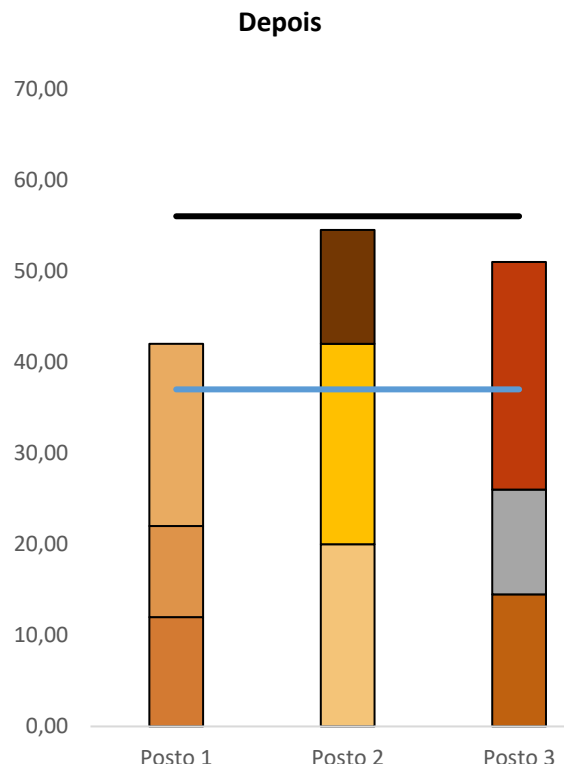


Figura 62 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N=3, 3 turnos)

Eficiência do Balanceamento:	79%	Eficiência do Balanceamento:	90%
Tempo de Ciclo:	62 s	Tempo de Ciclo:	55 s

O balanceamento da linha permite responder às necessidades do cliente quando se trabalha a 3 turnos, uma vez que o TC passa a ser inferior ao TT. Relativamente a trabalhar em 2 turnos, para N=3 não se consegue corresponder às necessidades do cliente.

Na Figura 63 é apresentado o gráfico de *standardized work* para o balanceamento N = 3.

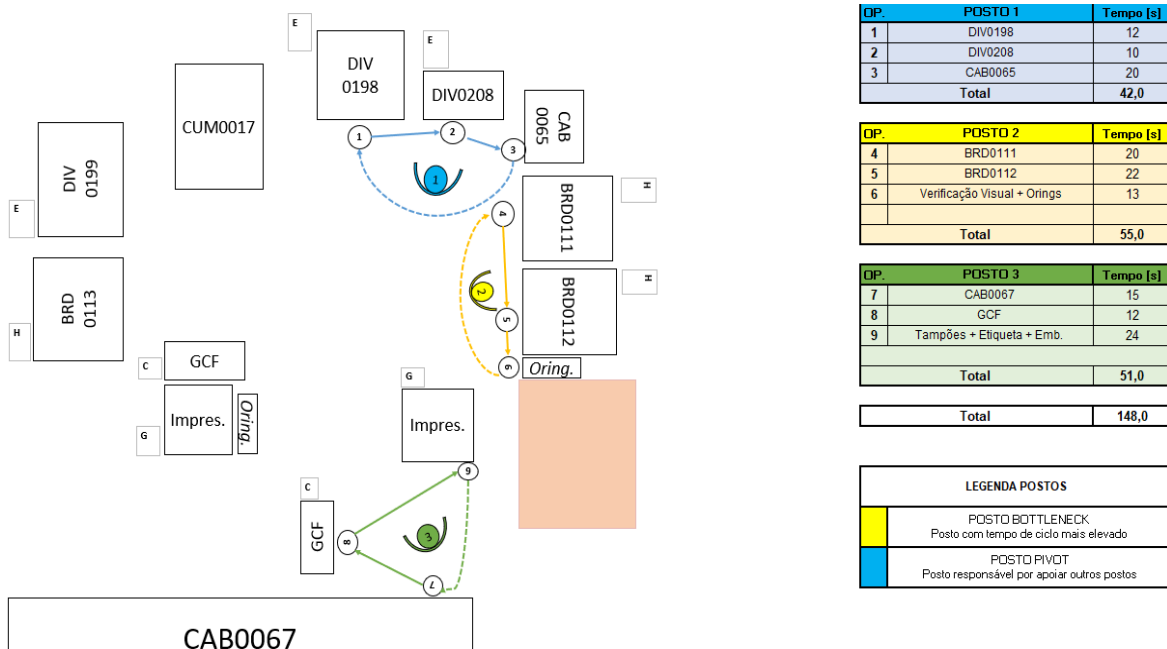


Figura 63 - Gráfico Standardized Work resumido: 2ª Iteração para T.81434, N = 3

Balanceamento para N - 1 = 2

O balanceamento da linha para N-1 operadores é semelhante ao da 1ª iteração, conseguindo-se visualizar as características do balanceamento na Tabela 35 e na Figura 64.

Tabela 35 - 2ª Iteração: Balanceamento para N-1=2 referência T.81434

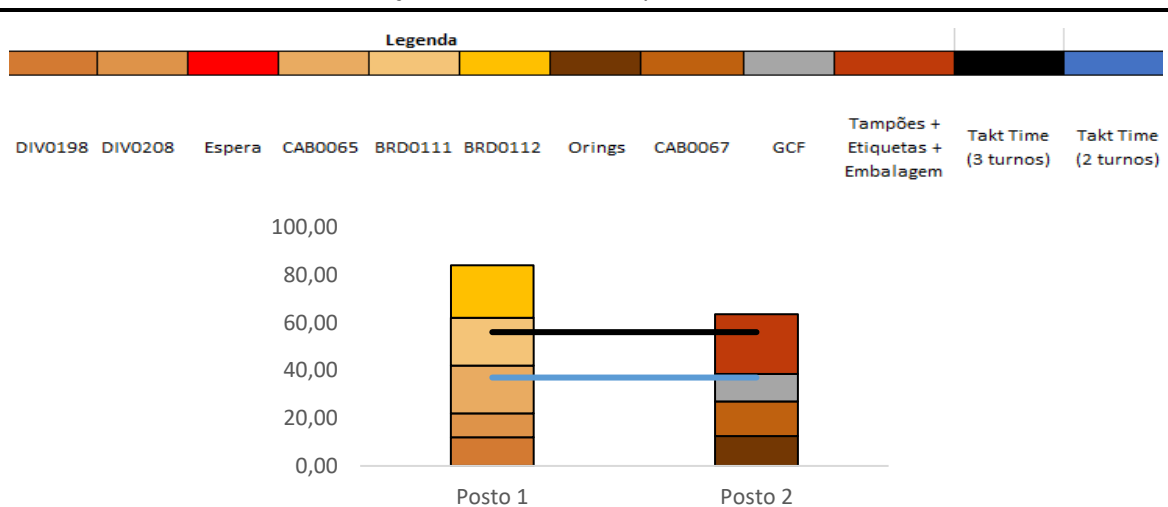


Figura 64 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N-1=2, 3 turnos)

Eficiência do Balanceamento:	88%
Tempo de Ciclo:	84 s

Como se pode constatar através da Figura 64, o balanceamento para N-1, mesmo com as melhorias efetuadas, não consegue cumprir com as necessidades do cliente, quer o trabalho seja com 2 ou 3 turnos. Trabalhar com N-1 poderá ser solução em dias que exista falta de operadores.

O balanceamento para N-1=2 é representado pelo gráfico de *standardized work* resumido da Figura 65.

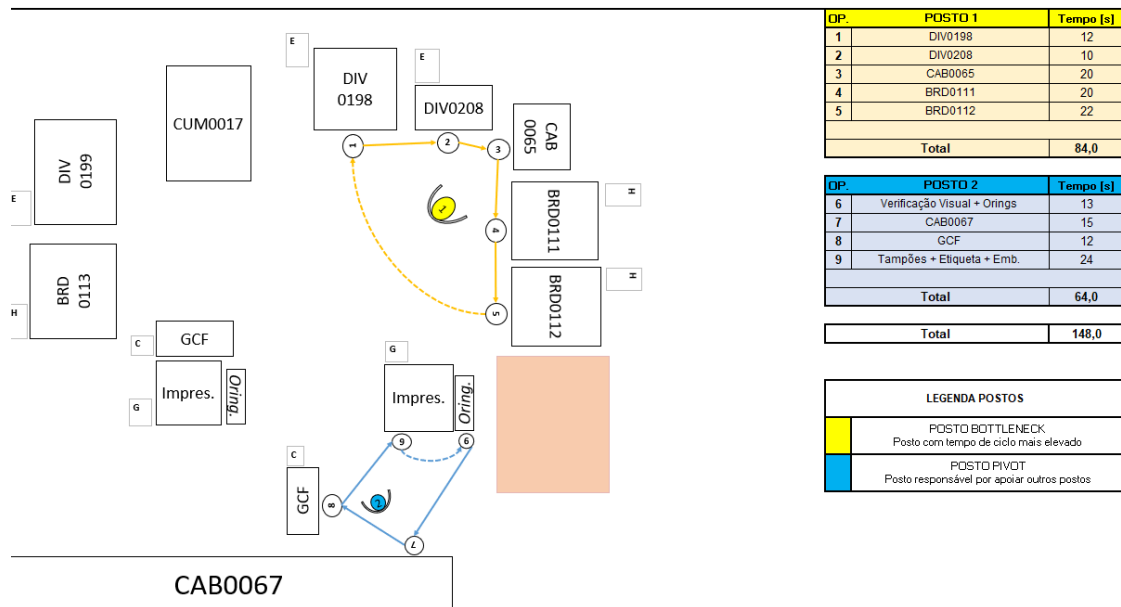


Figura 65 - Gráfico *Standardized Work* resumido: 2ª Iteração para T.81434, N - 1 = 2

Balanceamento para N + 1 = 4

Através da Tabela 36 pode ser analisado o balanceamento para N + 1 = 4 operadores. A Figura 66 representa o diagrama de *yamazumi* do balanceamento.

Tabela 36 - 2ª Iteração: Balanceamento para N+1=4 referência T.81434

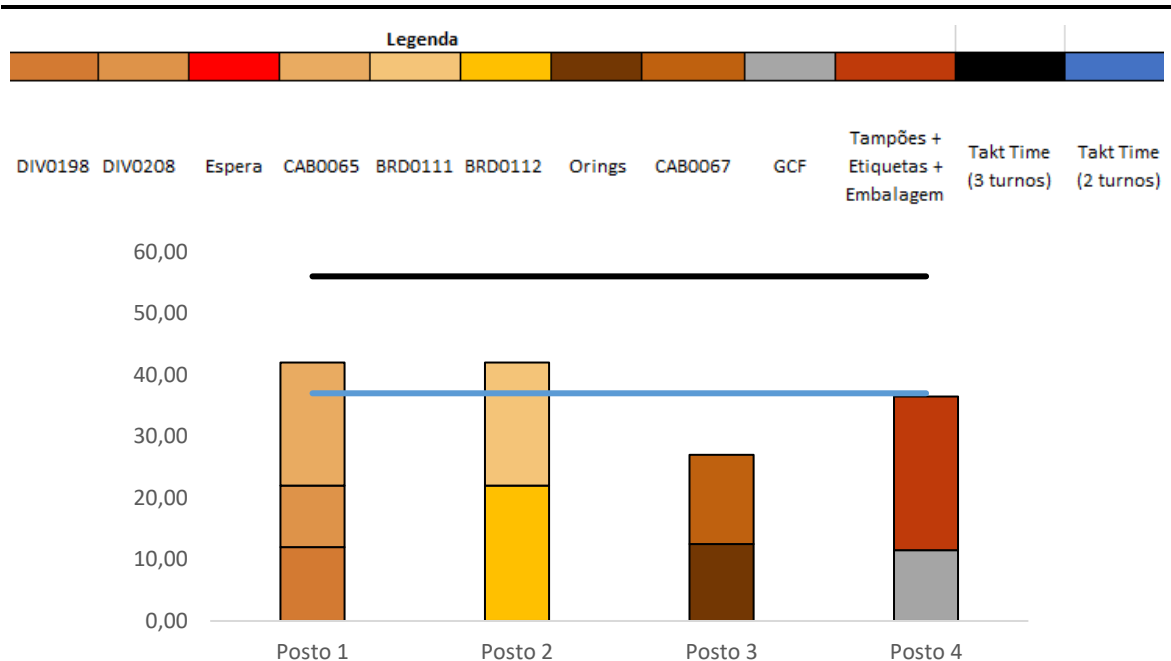


Figura 66 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.81434, N+1=4, 3 turnos)

Eficiência do Balanceamento:	84%
Tempo de Ciclo:	42 s

O balanceamento para $N+1=4$, apesar das melhorias efetuadas, mantém-se igual ao balanceamento da 1ª iteração. Atualmente, trabalhar com 3 turnos é o mais seguro para garantir que o cliente veja as suas necessidades supridas

A disposição dos operadores na linha é representada pela Figura 67.

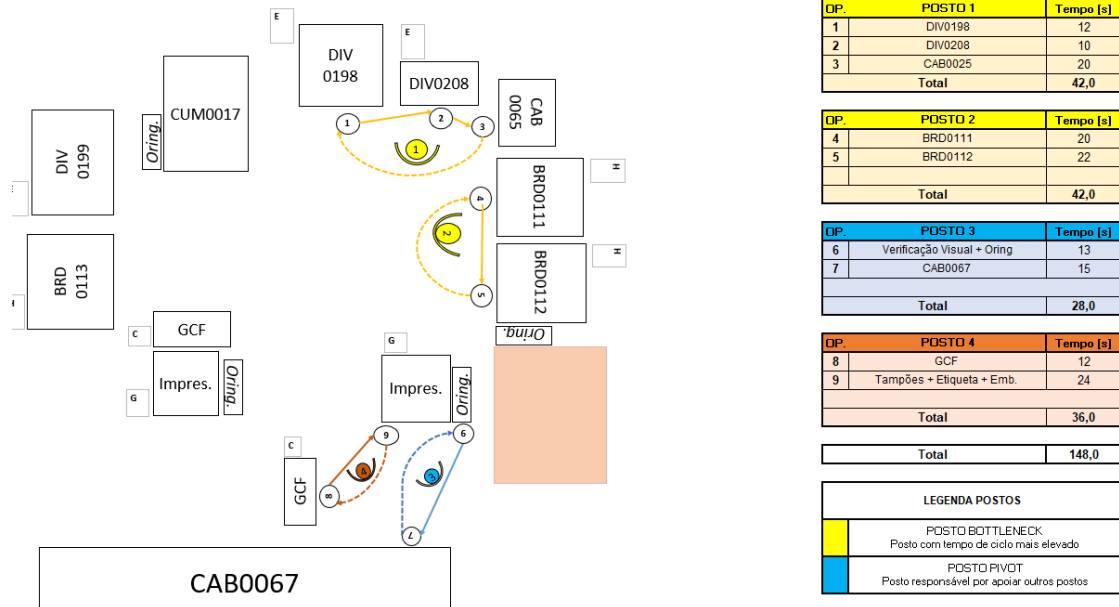


Figura 67 - Gráfico *Standardized Work* resumido: 2ª iteração para T.81434, $N + 1 = 4$

3.6.3. Produto 2 – T.71204

Tal como para a referência T.81434, para a referência de produto T.71204, foi desenvolvido um novo balanceamento da linha e elaborado um novo *standard work*.

3.6.3.1. Balanceamento da Linha e *Standard Work*

Relativamente à referência T.71204, considerando que para 3 turnos o valor do N calculado é 3, foi elaborado um balanceamento para N , $N-1$ e $N+1$. O balanceamento para $N-2$ e $N+2$ não foi realizado pelos mesmos motivos da referência de produto T.81434.

As alterações efetuadas na 1ª iteração provocaram alteração nos tempos, porém, não provocaram alterações acentuadas no balanceamento inicialmente desenvolvido.

Balanceamento para $N = 3$ (3 Turnos)

O balanceamento para $N=3$ operadores é apresentado na Tabela 37 e representado pela Figura 68.

Tabela 37 - 2ª Iteração: Balanceamento para N=3 referência T.71204

Legenda									
DIV0199	CUM0017	Espera	BRD0113	GCF	Ver. Visual + Orings	CAB0067	Tampões + Etiquetas + Embalagem	Takt Time (3 Turnos)	Takt Time (2 Turnos)

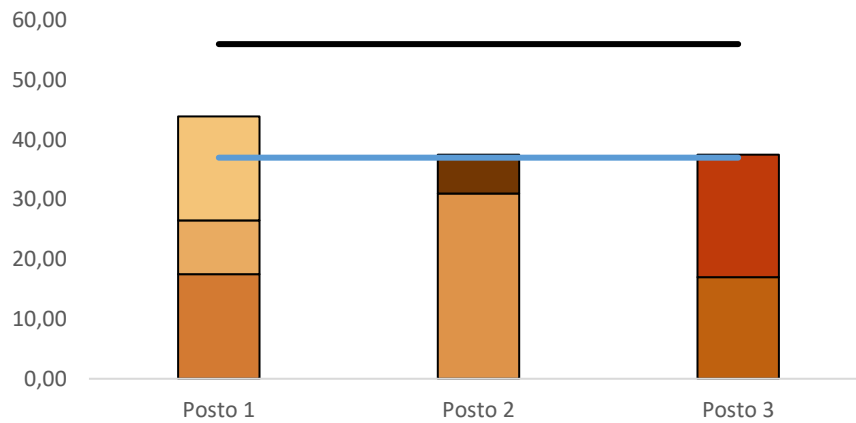


Figura 68 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N=3, 3 turnos)

Eficiência do Balanceamento:	90%
Tempo de Ciclo:	44 s

O diagrama de *yamazumi* representado na Figura 68, mostra que o funcionamento a 3 turnos permite cumprir com o requisitado pelo cliente. Contudo, a 2 turnos a diferença do TC (44s) para o TT (37s) é de 7s, o que evidencia a incapacidade de cumprir com as necessidades do cliente.

A Figura 69 representa, de forma resumida, o gráfico de *standardized work* para o balanceamento N = 3.

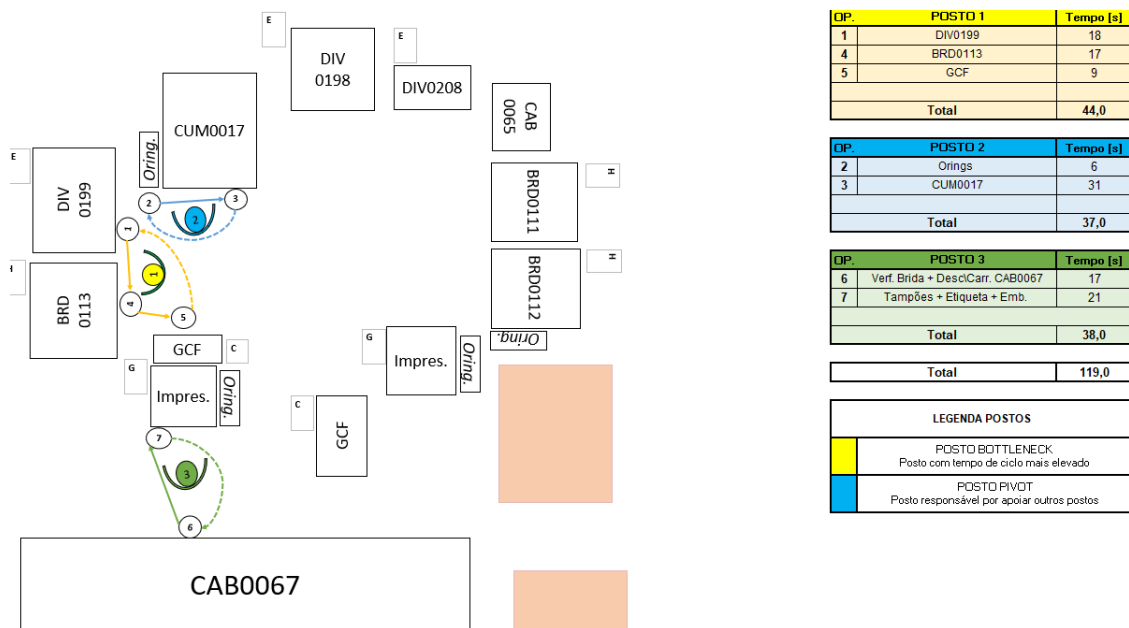


Figura 69 - Gráfico *Standardized Work* resumido: 2ª Iteração para T.71204, N = 3

Balanceamento para N - 1 = 2

A Tabela 38 e a Figura 70 são representativas do balanceamento para N-1=2 operadores.

Tabela 38 - 2ª Iteração: Balanceamento para N-1=2 referência T.71204

Legenda									
DIV0199	CUM0017	Espera	BRD0113	GCF	Ver. Visual + Orings	CAB0067	Tampões + Etiquetas + Embalagem	Takt Time (3 Turnos)	Takt Time (2 Turnos)

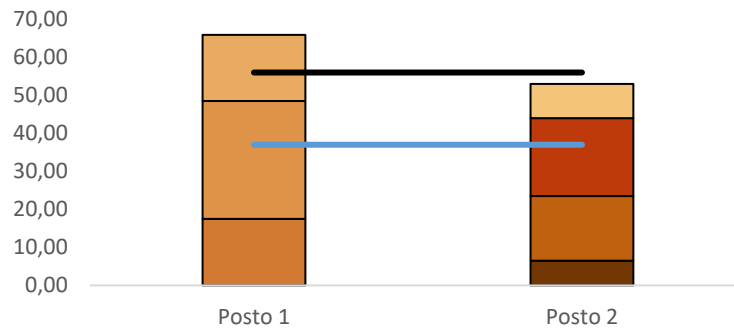


Figura 70 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N-1=2, 3 turnos)

Eficiência do Balanceamento:	90%
Tempo de Ciclo:	66 s

A solução de trabalhar com 2 operadores não permite, em nenhuma situação, cumprir com as necessidades do cliente, mas, por exemplo, poderá ser necessária em situações de falta de operadores.

Na Figura 71 está representado como o balanceamento desenvolvido é aplicado na linha.

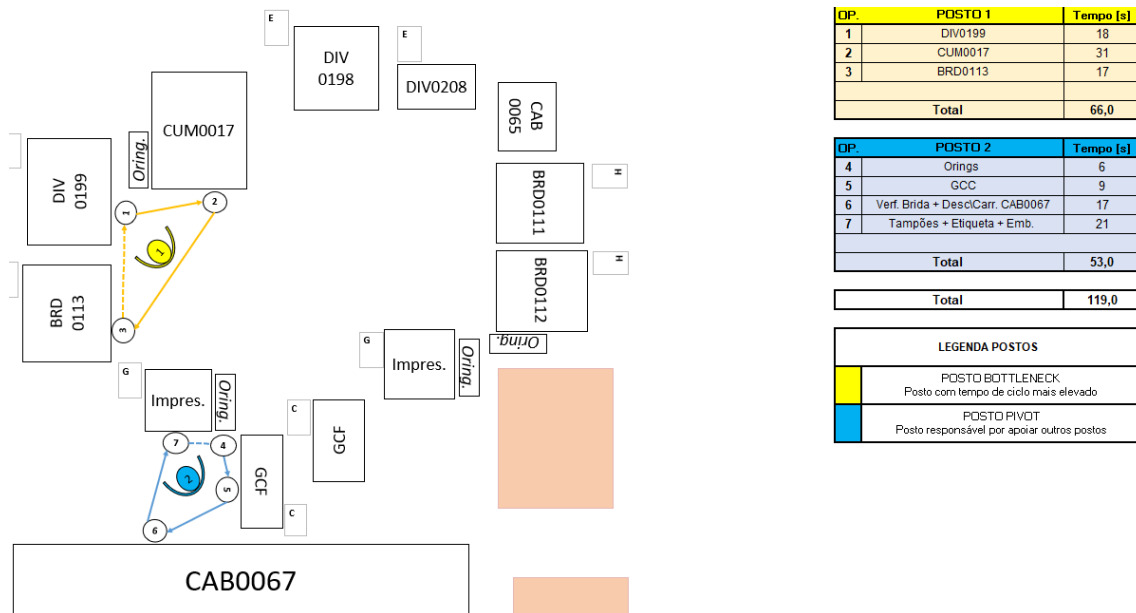


Figura 71 - Gráfico Standardized Work resumido: 2ª Iteração para T.71204, N - 1 = 2

Balaceamento para N + 1 = 4

Na Tabela 39 e na Figura 72 são apresentados os dados do balanceamento para N + 1 = 4.

Tabela 39 - 2ª Iteração: Balanceamento para N+1=4 referência T.71204

Legenda									
DIV0199	CUM0017	Espera	BRD0113	GCF	Ver. Visual + Orings	CAB0067	Tampões + Etiquetas + Embalagem	Takt Time (3 Turnos)	Takt Time (2 Turnos)

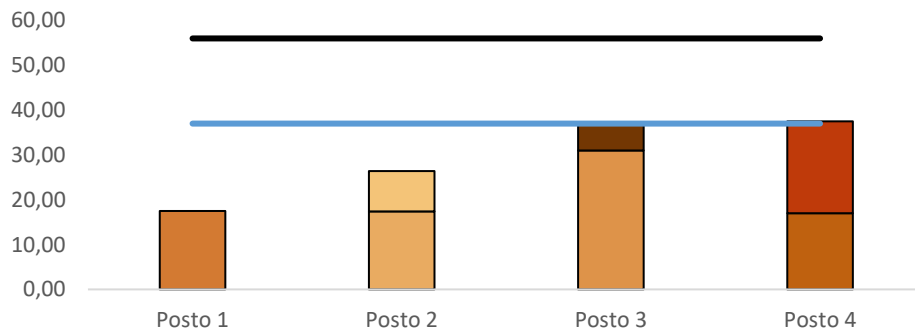


Figura 72 - 2ª Iteração: Linha Balanceada (ref.T.71204, N+1=4, 3 turnos)

Eficiência do Balanceamento:	79%
Tempo de Ciclo:	38 s

Com a análise da Tabela 39 e da Figura 72, pode ser compreendido que, trabalhar com 4 operadores poderá tornar a opção de trabalho a 2 turnos suficiente para cumprir com as necessidades do cliente, uma vez que o TC é superior em, apenas, 1 s em relação ao TT.

Na Figura 73 é representado o gráfico de *standardized work* resumido para o balanceamento N+1=4.

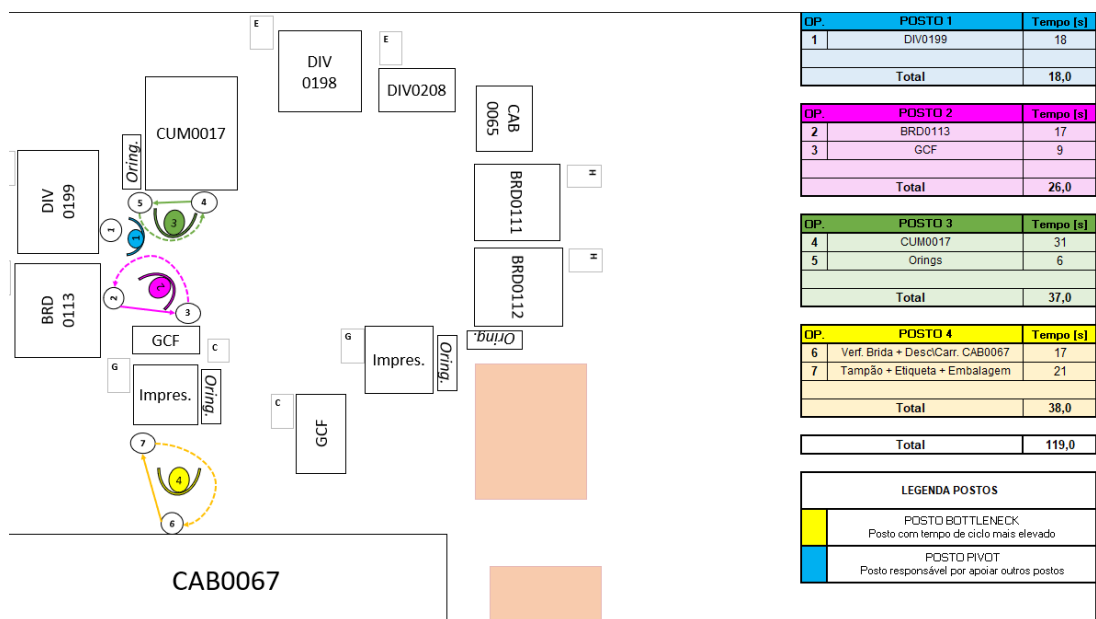


Figura 73 - Gráfico *Standardized Work* resumido: 2ª Iteração para T.71204, N + 1 = 4

3.6.4. Impacto e Resultados da 2ª Iteração

Com base nas alterações realizadas e nos novos tempos, foi desenvolvido o balanceamento da linha que, aliado à implementação de *standard work*, impacta diretamente a produção, afetando os valores de peças/hora produzidas.

Na Tabela 40, é demonstrado o impacto do balanceamento e do *standard work* na produção das diferentes referências, por peça/h, peça/turno e peça/operador/hora. Os valores TT, de referência, para dois e três turnos são, respectivamente, 97 peças/hora (TT=37s) e 64 peças/hora (TT=56s).

Tabela 40 - 2ª Iteração: Impacto do balanceamento da linha na produção de peças

			1ª Iteração	2ª Iteração
T.81434	N=3	Peças/h	58	65
		Peças/Turno	464	520
		Peças/Op/h	19	21
		Cumprir com o TT (2 turnos)	Não	Não
		Cumprir com o TT (3 turnos)	Não	Sim
	N+1=4	Peças/h	64	85
		Peças/Turno	514	685
		Peças/Op/h	16	21
		Cumprir com o TT (2 turnos)	Não	Não
		Cumprir com o TT (3 turnos)	Sim	Sim
	N-1=2	Peças/h	36	42
		Peças/Turno	288	336
		Peças/Op/h	18	21
		Cumprir com o TT (2 turnos)	Não	Não
		Cumprir com o TT (3 turnos)	Não	Não

Tabela 40 - 2ª Iteração: Impacto do balanceamento da linha na produção de peças (cont.)

T.71204	N=3	Peças/h	64	81
		Peças/Turno	514	648
		Peças/Op/h	21	27
		Cumpra com o TT (2 turnos)	Não	Não
		Cumpra com o TT (3 turnos)	Sim	Sim
	N+1=4	Peças/h	69	94
		Peças/Turno	552	752
		Peças/Op/h	17	23
		Cumpra com o TT (2 turnos)	Não	Não
		Cumpra com o TT (3 turnos)	Sim	Sim
	N-1=2	Peças/h	44	54
		Peças/Turno	352	432
		Peças/Op/h	22	27
		Cumpra com o TT (2 turnos)	Não	Não
		Cumpra com o TT (3 turnos)	Não	Não

Quando a Tabela 40 é analisada, torna-se perceptível a importância de uma 2ª iteração e de um novo balanceamento da linha. O balanceamento para a referência T.81434, possibilita para N=3 operadores, não só, cumprir com o TT para três turnos, como um ganho de 7 peças/hora, o que num turno de 7h corresponde a um ganho de 49 peças/turno.

O balanceamento da linha para a referência T.71204, para N=3 e N+1=4, permite com que se cumpra com o TT, sendo, ainda, importante destacar que da 1ª para a 2ª iteração é conseguido um ganho de 17 peças/hora para N=3 e de 25 peças/hora para N+1= 4.

As restantes alterações como, as correções técnicas da CAB0067 e a implementação da auditoria *standard work* não apresentam benefícios diretos ao nível de produção ou de tempos.

3.7. Situação Final

As alterações efetuadas na 1ª e na 2ª iteração refletem-se nos valores de indicadores importantes para a empresa, como a eficiência e a sucata. Os valores de sucata e eficiência refletem-se no valor do OEE.

3.7.1. Eficiência e Sucata

Na Figura 74 é apresentada a evolução da eficiência ao longo da 2ª iteração, alcançando no final do trabalho uma eficiência de 63%.

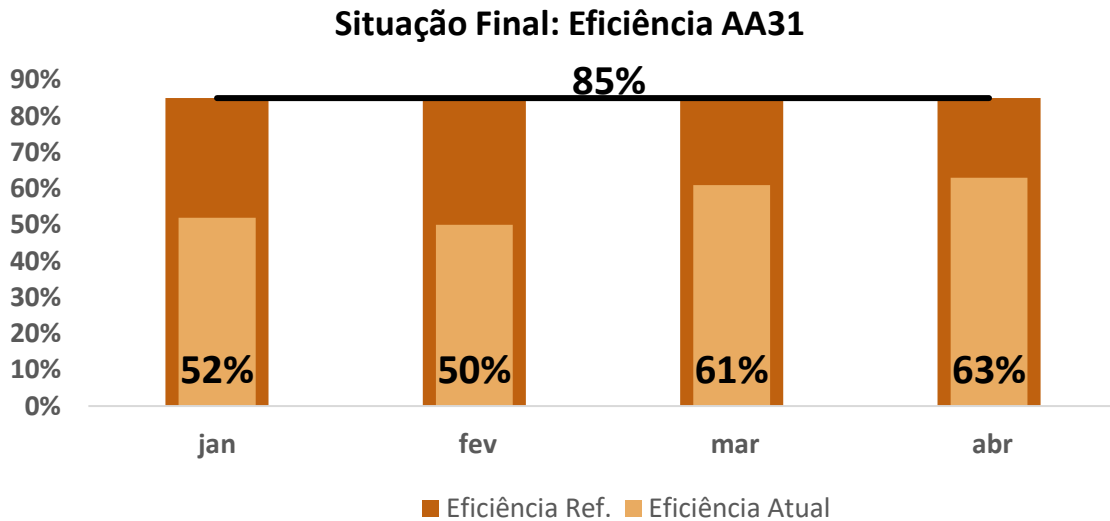


Figura 74 - Situação Final: Gráfico da Eficiência

O gráfico da Figura 74 demonstra uma evolução de 11% entre janeiro e abril, tal acontece devido à consolidação das alterações realizadas. O valor de 63%, do final do trabalho, é bastante inferior ao valor de 85%, uma vez que os problemas técnicos relacionados com o equipamento CAB0067, último equipamento da linha, são constantes e não conseguiram ser, totalmente, solucionados.

A Figura 75 evidencia a evolução do valor da sucata mensal ao longo da 2ª iteração. A percentagem de sucata com que se finalizou o trabalho é de 3,30%.

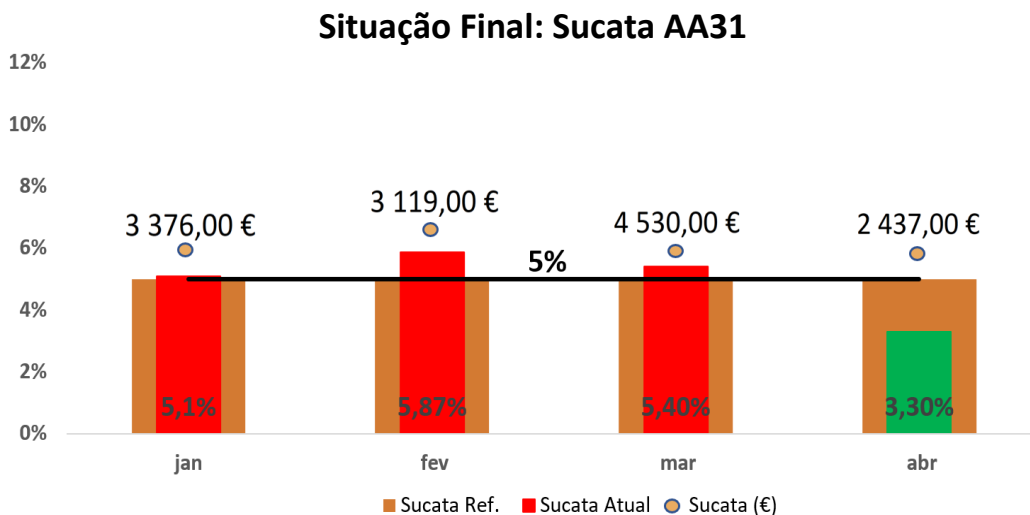


Figura 75 - Situação Final: Gráfico da Sucata

A análise do gráfico da Figura 75 possibilita compreender que, durante janeiro e abril o valor da sucata se encontra sempre à volta dos 5% existindo algumas variações, sendo abril o único mês onde o objetivo é alcançado.

No mês de abril são atingidos valores considerados positivos, devido às melhorias feitas ao longo do tempo, bem como a adaptação dos operadores a essas alterações.

3.7.2. OEE

Os indicadores de eficiência e sucata são refletidos no valor do OEE, por isso, de forma a resumir os dois indicadores, é calculado o valor do OEE final para a linha AA31.

As expressões seguintes refletem o cálculo dos parâmetros que definem o OEE.

O valor de disponibilidade é de 96,5%.

$$D(\%) = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo Disponível}} \times 100 = \frac{1189(h)}{1232(h)} \times 100 = 96,5\%$$

O valor da eficiência é de 63%, tal como demonstrado anteriormente.

$$E(\%) = \frac{TC. Ideal \times Uni. Produzidas}{T. de Operação} \times 100 = \frac{O que foi produzido}{O que se deveria de produzir} \times 100$$

$$= \frac{21427}{34013} \times 100 = 63\%$$

O valor da qualidade é de 95,7%.

$$Q(\%) = \frac{Uni. Produzidas - Uni. Defeituosas}{Uni. Produzidas} \times 100 = \frac{21427 - 915}{21427} \times 100 = 95,7\%$$

É importante clarificar que o valor da qualidade (Q) não é o valor de sucata, pois, para o cálculo da qualidade são apenas consideradas peças produzidas não conformes, enquanto o valor de sucata, também engloba, peças usadas em testes e *setups*.

O valor final do OEE é de 58,2% e pode ser representado pela expressão seguinte:

$$OEE (\%) = D(\%) \times E(\%) \times Q(\%) = 96,5\% \times 63\% \times 95,7\% = 58,2\%$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo do capítulo, são apresentados e discutidos os resultados globais do trabalho desenvolvido e são analisados e comentados os métodos de trabalho.

4.1. Apresentação de Resultados

A eficiência inicial da linha era de 41%, no final do trabalho é de 63%. A Figura 76 permite observar a evolução da eficiência ao longo do tempo de trabalho.

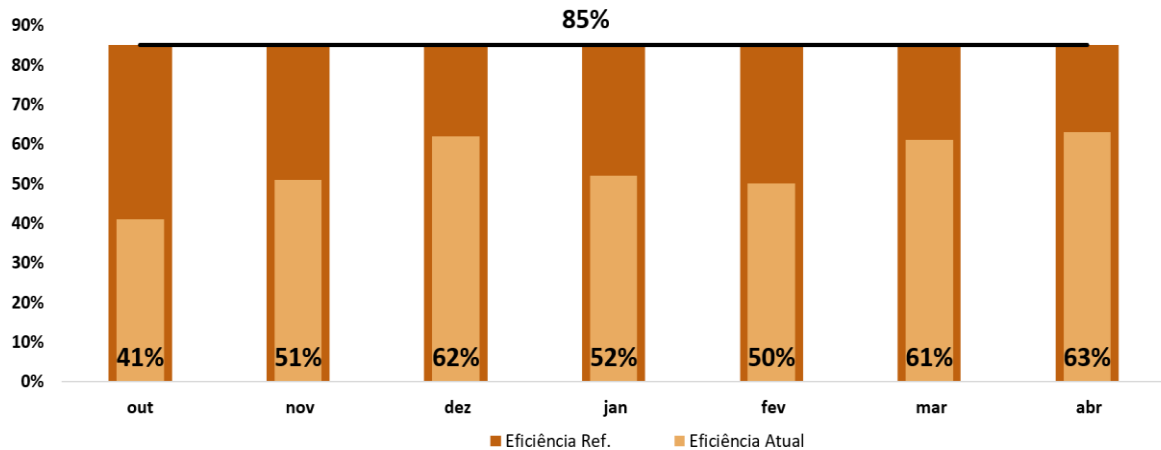


Figura 76 - Gráfico de Evolução da Eficiência ao longo do trabalho

A percentagem de sucata, inicialmente, era de 10,2%, porém, foi conseguida uma melhoria de 6,90%, finalizando o trabalho com 3,30% de sucata. Na Figura 77 podem ser analisados os diferentes valores da percentagem de sucata ao longo do trabalho.

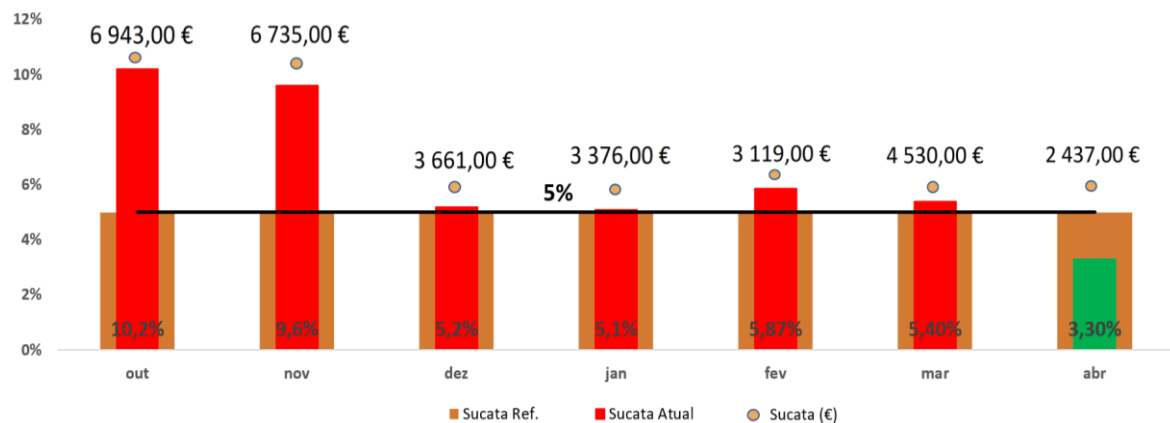


Figura 77 - Gráfico de Evolução da Sucata ao longo do trabalho

Na Figura 78 é apresentado um gráfico do OEE ao longo do tempo. O gráfico mostra que o OEE segue a tendência dos indicadores, eficiência e sucata.

O OEE inicial da linha era de 36,5%, terminando o trabalho com um OEE de 58,2%, o que representa um ganho de 22,6% no valor final do OEE.

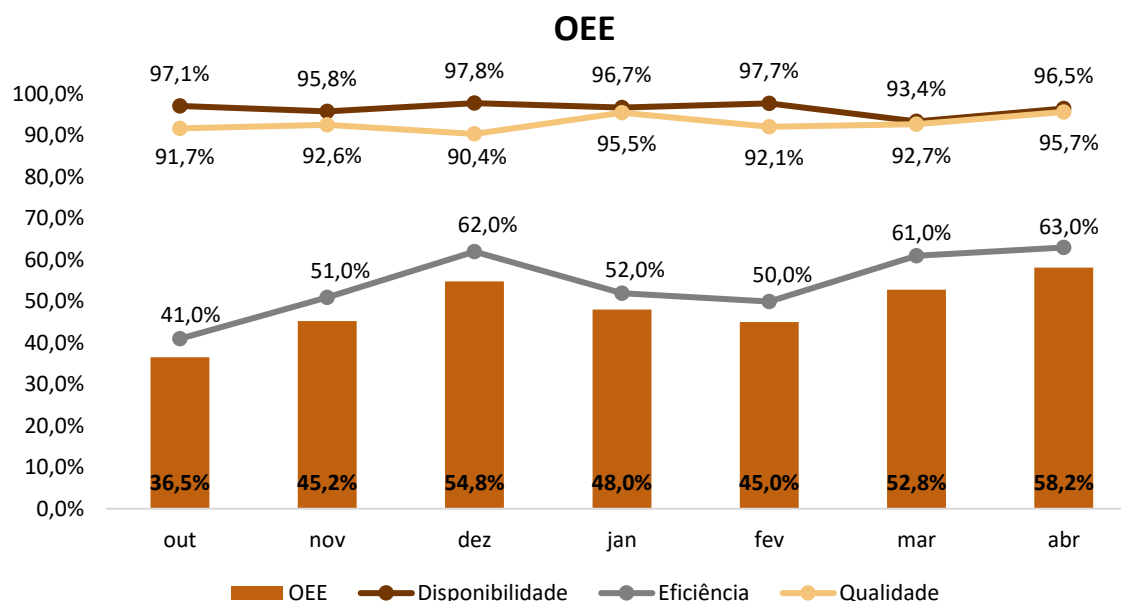


Figura 78 - Gráfico da Evolução do OEE ao longo do trabalho

Na Tabela 41 é apresentado um resumo dos resultados obtidos para os indicadores de eficiência, sucata e OEE.

Tabela 41 - Resumo dos resultados obtidos

Indicador	Objetivo	Valor Inicial	Valor Final
Eficiência	85%	41%	63%
Sucata	5%	10,2%	3,3%
OEE	-----	36,5%	58,2%

4.2. Discussão de Resultados

Através da análise dos resultados apresentados, é fácil de compreender que existiram melhorias e resultados positivos. Para que tal fosse possível, foi necessário seguir determinados passos e metodologias.

Nos meses de janeiro e fevereiro, é detetado um decréscimo no valor da eficiência e do OEE, e um aumento no valor da percentagem sucata, em relação aos meses anteriores, tal acontece, pois, o balanceamento da linha foi realizado antes da implementação das ações de melhoria.

Implementar ações de melhoria depois do balanceamento da linha faz com que exista a possibilidade do balanceamento se tornar incompatível com a real situação da linha. Contudo, devido à resolução dos desperdícios ser demorada e à necessidade de ter algo que consiga dar alguma definição à linha, foram implementados o balanceamento e o *standard work*, apesar de não ser o mais aconselhável.

Na Figura 79 é apresentada, em fluxogramas, a comparação entre a abordagem ao trabalho e como se deve, idealmente, abordar o mesmo tipo de problemas.

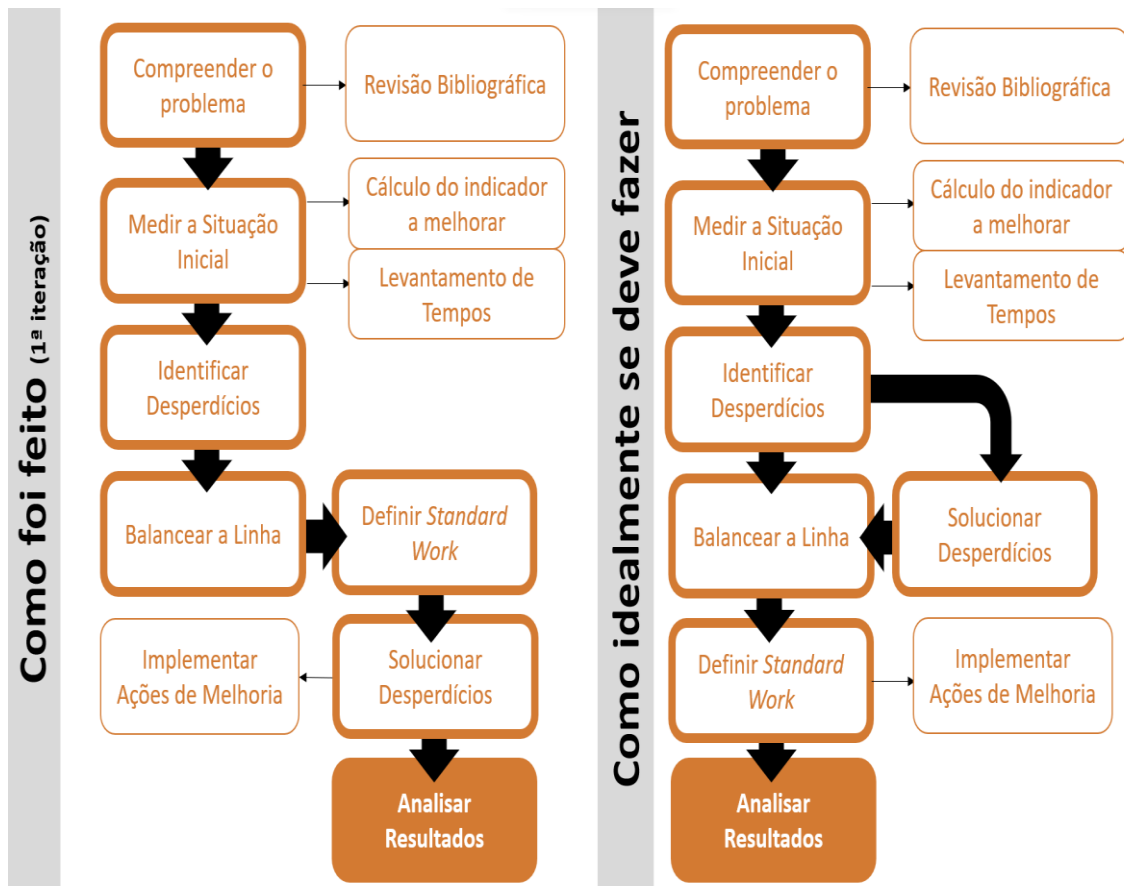


Figura 79 - Sequência de Trabalho Seguida vs Sequência de Trabalho Ideal

A análise da Figura 79 permite compreender que é mais adequado realizar o balanceamento da linha depois ou em paralelo com as ações de melhoria, de forma a evitar possíveis incoerências e, conseqüentemente, levar a que possa não existir necessidade de uma 2ª iteração.

Para balancear a linha e implementar o *standard work*, também foi seguida uma seqüência de trabalho, que é representada na Figura 80.

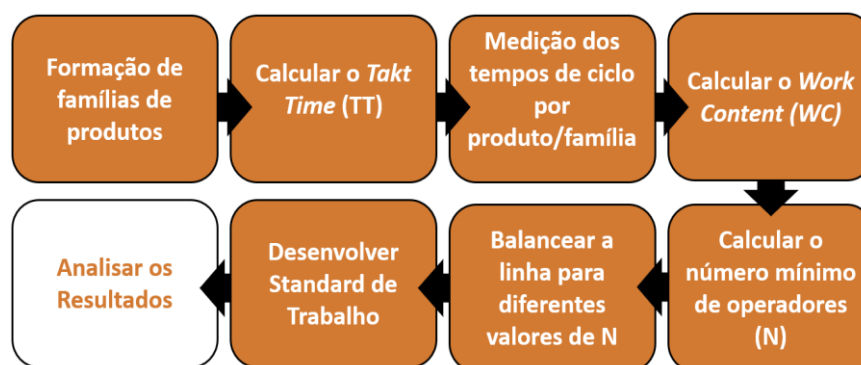


Figura 80 - Sequência de trabalho a seguir para implementar o *Standard Work*

Seguir a seqüência apresentada, na Figura 80, não é regra, podendo, por exemplo, o TT ser calculado antes ou depois da medição de tempos.

Na globalidade, os resultados obtidos podem ser considerados positivos, contudo o valor da eficiência de 85% não é atingido, tal acontece porque, as melhorias implementadas estão sujeitas à capacidade humana, bem como à capacidade das máquinas.

A influência humana é refletida através da implementação de uma auditoria *standard work*. Quando uma melhoria é implementada é presumido que as pessoas cumpram com a melhoria e que, os tempos e o balanceamento sejam atualizados. Porém, como não é cumprido, foi implementada a auditoria *standard work* que, não sendo a solução ideal, é apresentada como uma solução imediata que permite identificar e solucionar incoerências rapidamente.

A influência das máquinas é evidenciada através dos problemas técnicos com a CAB0067, que afetam negativamente o valor da eficiência, sendo, até, considerados os principais limitadores do valor da eficiência.

5. CONCLUSÃO

Neste capítulo são apresentadas as conclusões finais relativamente ao trabalho desenvolvido, onde é destacada a importância da revisão bibliográfica, das metodologias e ferramentas utilizadas e onde é realizada uma análise final ao trabalho elaborado. No fim do capítulo são abordadas as limitações que existiram e os trabalhos futuros.

5.1. Conclusões finais

O trabalho realizado teve como foco melhorar a eficiência da linha AA31 através do balanceamento e da análise de desperdícios. A eficiência inicial era de 41%, com o balanceamento da linha e com a minimização dos desperdícios, o trabalho foi finalizado com uma eficiência de 63%, o que se considera positivo, embora distante dos 85% estabelecidos como objetivo.

O sucesso do trabalho dependeu de um conjunto fatores. Um dos fatores é a pesquisa e a revisão bibliográfica, que permitem perceber que melhorar a eficiência está diretamente relacionado com o aumento da produtividade e com a redução de custos, podendo ser encontrados diversos casos de estudo com o mesmo foco. A análise dos casos de estudo permite o levantamento de quais as ferramentas e metodologias mais adequadas para melhorar a eficiência.

Outro fator, é a capacidade de compreender a situação inicial da linha. Compreender o funcionamento da linha, os produtos desenvolvidos e identificar os desperdícios, são pontos-chave para o trabalho e permitem a caracterização da linha. Um exemplo de uma atividade para compreender a situação inicial da linha, é a criação de famílias de produtos que, no caso específico do trabalho desenvolvido, não teve grande impacto, pois os produtos são todos distintos. Contudo, a divisão dos produtos por famílias poderá ser interessante, pois produtos da mesma família podem apresentar desperdícios iguais, o que permitirá desenvolver ações de resolução de desperdícios gerais e não especificamente por produto.

A complexidade dos desperdícios encontrados é apresentada como outro fator que afeta o sucesso do trabalho, sendo importante compreender e priorizar os desperdícios de maior impacto.

A capacidade de adequar as ferramentas e os conceitos ao problema em específico e à realidade da empresa, também influencia o trabalho, na medida em que a ideia é adequar sempre os conceitos ao modo de trabalhar da empresa e nunca procurar adequar a empresa àquilo que são os conceitos. Por exemplo, o VSM é descrito nos artigos pesquisados como uma ferramenta essencial para se definir um fluxo de trabalho e para a identificação de desperdícios, porém, ao longo do trabalho desenvolvido, foi possível perceber que o VSM, para este trabalho em específico, não traria tanto valor acrescentado, tendo sido realizado apenas na 1ª iteração.

O desenvolvimento de um balanceamento da linha coerente e robusto revelou-se essencial para obter resultados positivos. O balanceamento da linha possibilita uma carga de trabalho mais equilibrada pelos operadores, permitindo extrair o máximo da produção. No entanto, o balanceamento é afetado pelas características do produto, que pode apresentar requisitos que não permitam que certas atividades possam ser alocadas a determinados postos, bem como, pela eficiência do balanceamento mínima que a empresa considera aceitável, que no caso deste trabalho, é de 75%.

O *diagrama de yamazumi* apresenta-se como um elemento importante nos balanceamentos, uma vez que permite uma análise precisa de cada balanceamento.

O *standard work* aparece de mãos dadas com o balanceamento, revelando-se importante, visto que a não existência de trabalho standardizado, leva a que não se rentabilize ao máximo os recursos disponíveis e que o modo de trabalhar não seja o mais eficiente.

Um último fator, com grande influência, é a aceitação das pessoas para com as melhorias propostas. Tão importante como o trabalho prático desenvolvido é a capacidade de mostrar às pessoas o impacto que o cumprimento das ações implementadas pode ter no seu trabalho.

Numa análise global, valores como o aumento da eficiência em 22%, a redução da percentagem de sucata em 6,9% e o aumento do OEE em 21,7%, retratam o sucesso geral do trabalho.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento do trabalho existiram algumas limitações, desde logo, de carácter mais técnico como as limitações devido à máquina CAB0067. A CAB0067 é a grande limitadora da eficiência e, com base nesta informação, surgem oportunidades de trabalhos futuros, uma vez que a aquisição de um equipamento novo, ou uma alteração mais considerável no equipamento levará a que seja necessária uma nova análise da linha e, conseqüentemente, criado um novo balanceamento e um novo standard de trabalho.

Outra limitação, foi o não cumprimento do standard de trabalho que, em certas situações, levou à criação de uma auditoria *standard work*. Como a auditoria *standard work* não é a solução ideal, para trabalhos futuros, tem-se a ideia de criar ações de sensibilização que mostrem ao trabalhador a importância de cumprir com o standard de trabalho.

Outra oportunidade de trabalho futuro é a implementação de um documento para registo e validação das alterações efetuadas na linha ou nos equipamentos. As alterações técnicas nos equipamentos são recorrentes, e por vezes, são realizadas sem a validação de todos os interessados. A criação de um documento para que todos validem as alterações, não só permite um maior conhecimento em relação à situação da linha, como permite que mais facilmente o balanceamento da linha e o standard de trabalho implementado se mantenham coerentes e atualizados.

Por fim, a transversalização para as restantes linhas e UAP'S da auditoria e do trabalho em geral, como o balanceamento da linha e a criação de standards de trabalho, é vista com bons olhos e como uma grande oportunidade de trabalho futuro, uma vez que existe essa carência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Arbulu, R., Ballard, G., & Harper, N. (2003). *KANBAN IN CONSTRUCTION*.
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of Production Line in the Automotive Industry Through Lean Philosophy. *Procedia Manufacturing*, 41, 1023–1030. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919311916>
- Azizi, A., & Manoharan, T. a/p. (2015). Designing a Future Value Stream Mapping to Reduce Lead Time Using SMED-A Case Study. *Procedia Manufacturing*, 2, 153–158. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.027>
- Brito, M. (2020). *Processos Produtivos e Logística Balanceamento Linhas de Produção*.
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2, 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- Costa, L. G., & Arezes, P. M. (2003). Introdução ao estudo do trabalho. Guimarães
- Dailey, K. W. (2003). *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. DW Publishing.
- de Ron, A. J., & Rooda, J. E. (2006). OEE and equipment effectiveness: An evaluation. *International Journal of Production Research*, 44(23), 4987–5003. <https://doi.org/10.1080/00207540600573402>
- Dhouchak, D. (2017). REVIEW OF 6S METHODOLOGY. *International Journal of Development Research*, 07(08), 14455–14457. <http://www.journalijdr.com>
- Feld, W.M. (2000). *Lean Manufacturing Tools, Techniques, and How To Use Them* (1 st). <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781420025538>
- Freire, J., & Alarcón, L. F. (2002). Achieving Lean Design Process: Improvement Methodology. *Journal of Construction Engineering and Management*, 128(3), 248–246.
- Gonzalez, M. E., Quesada, G., Mora-Monge, C. A., & Barton, M. E. (2019). An empirical study of the application of lean tools in U.S. industry. *Quality Management Journal*, 26(4), 174–190. <https://doi.org/10.1080/10686967.2019.1647769>
- Health, Security, Environment, D. (2018). Manual de Segurança e Ambiente. Hutchinson Porto Hutchinson. (2022). *Hutchinson*. www.hutchinson.com
- Jonsson, P., & Lesshammar, M. (1999). Evaluation and improvement of manufacturing performance measurement systems - The role of OEE. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 19, Issue 1, pp. 55–78). <https://doi.org/10.1108/01443579910244223>
- Júnior, I. B. T. (1987). *Balanceamento de Linhas* (4ª). Direitos Reservados.
- Kracik, J. F. (1988). Triumph of the Lean Production System. *MITSloan Management Review*, 30(1).
- Kumar, N., & Mahto, D. (2013). *Assembly Line Balancing: A Review of Developments and Trends in Approach to Industrial Application*.
- Kumar, S. S., & Kumar, M. P. (2014). Cycle Time Reduction of a Truck Body Assembly in an Automobile Industry by Lean Principles. *Procedia Materials Science*, 5, 1853–1862. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.493>
- Lean Enterprise Institute. (2022a, December). Takt Time. <https://www.lean.org/lexicon-terms/takt-time/>
- Lean Enterprise Institute. (2022b, December 22). Standardized Work. <https://www.lean.org/lexicon-terms/standardized-work/>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.

- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development. *Academy of Management Perspectives*. *Academy of Management*, 20(2), 5–20.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Pereira, A. M. H., Silva, M. R., Domingues, M. A. G., & Sá, J. C. (2019). Lean six sigma approach to improve the production process in the mould industry: A case study. *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 103–121. <https://doi.org/10.12776/QIP.V23I3.1334>
- Pinho, M. P. B. F. (2015). *Otimização de Processos em Linha de Montagem*.
- Pinto, J. P. (2009). *Pensamento Lean-A filosofia das organizações vencedoras* (4a ed.). Lidel - Edições técnicas.
- Rohani, J. M., & Zahraee, S. M. (2015). Production Line Analysis via Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing*, 2, 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., & Ferreira, L. P. (2017). Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, 11, 1035–1042. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.214>
- Rosa, M. (2017). *MAPEAMENTO E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS NA EMPRESA FICOCABLES*.
- Rother, M., & Shook, J. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute.
- Sabadka, D., Molnar, V., Fedorko, G., & Jachowicz, T. (2017). Optimization of Production Processes Using the Yamazumi Method. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11(4), 175–182. <https://doi.org/10.12913/22998624/80921>
- Schneider, U., Friedli, T., Basu, P., & Werani, J. (2015). Operational Excellence in Practice—the Application of a Takt-Time Analysis in Pharmaceutical Manufacturing. *Journal of Pharmaceutical Innovation*, 10(2), 99–108. <https://doi.org/10.1007/s12247-014-9210-5>
- Scott-Grant Limited. (2022, December). Work Content. <https://scott-grant.co.uk/terms-and-techniques/work-content/>
- Silveira, C. (2012). *OEE, cálculo de eficiência da planta e integração de sistemas*. Citisystems. <http://www.citisystems.com.br/oeo-calculo-eficiencia-equipamentos-integracao-sistemas/>
- Sivaraman, P., Nithyanandhan, T., Lakshminarasimhan, S., Manikandan, S., & Saifudheen, M. (2020). Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*, 33, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.010>
- Sukdeo, N. (2017). The Application of 6S Methodology as a Lean Improvement Tool in an Ink Manufacturing Company. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1666–1671. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2017.8290176>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Talapatra, S., & Kabir, I. (2019). *Overall Efficiency Improvement of a Production Line by Using Yamazumi Chart: A Case Study*. <https://www.researchgate.net/publication/332866349>
- TPS, Manual (1973), edited and annotated version— Mark Warren, 2017, acedido em 2023/06/07, https://paulakers.net/wp-content/uploads/dlm_uploads/2020/03/1973-TPS-handbook-Complete.pdf
- Vieira, A.M., Silva, F.J.G., Campilho, Raul, Ferreira, L.P. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*. 51, 1416–1422.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking*. Free Press.
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Ross, D. (1992). *The Machine That Changed the World* (Bus. Horiz, Ed.; 3rd ed., Vol. 35).

APÊNDICE A – TEMPOS MEDIDOS

Medição de tempo de ciclo

Produto / Referência: T.81434		Posto: 1																		AA31						
Processo: CAB0065 + BRD0111 + BRD0112		Análise efectuada por: João																								
Data: 18/10/2022 - manhã																										
Nr.	Operação elementar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min/Rep	Média	mini	Maxi	V %
1	Desc/Carr CAB0065	17,6	16,7	20,4	17,8	14,3	18,7	63,8	17,9	21,9	22	27,4	28	24	16	24	20	18	18	17	18					
	Pousar peça anterior							B														17,8	18,3	14,3	63,8	77,6
2	BRD0111 + Carr CAB0065	26,3	24,3	40,0	40,0	25,9	26,1	28,2	25,1	26,5	32,0	25	24	30	24	33	25	25	25	25	25					
	START Flow Test			A	A											C						25	25,5	23,9	40	40,3
3	BRD0112	20	22	30	32	30	20	23	22	23	20	25	25	19	19	29	26	20	20	20	20					
	Fecho do suporte																					20	22,1	18,7	32,1	41,7
4																										
5																										
6																										
7																										
8																										
9																										
Tempo de ciclo com espera																							65,9		135,9	
Tempo operatório sem espera		64	63	91	90	70	65	115	65	71	74	77	78	72	59	86	71					62,8		56,9		
Observações												f														
a	Problema no encaixe, erro na máquina											g														
b	Fuga											h														
c	Formação											i														
d												j														
e												k														

Figura 81 - Folha de Medição de Tempo de Ciclo: Posto de trabalho 1- Ref. T.81434

APÊNDICE B – 1ª ITERAÇÃO: TABELAS DE COMBINAÇÃO DE STANDARD WORK

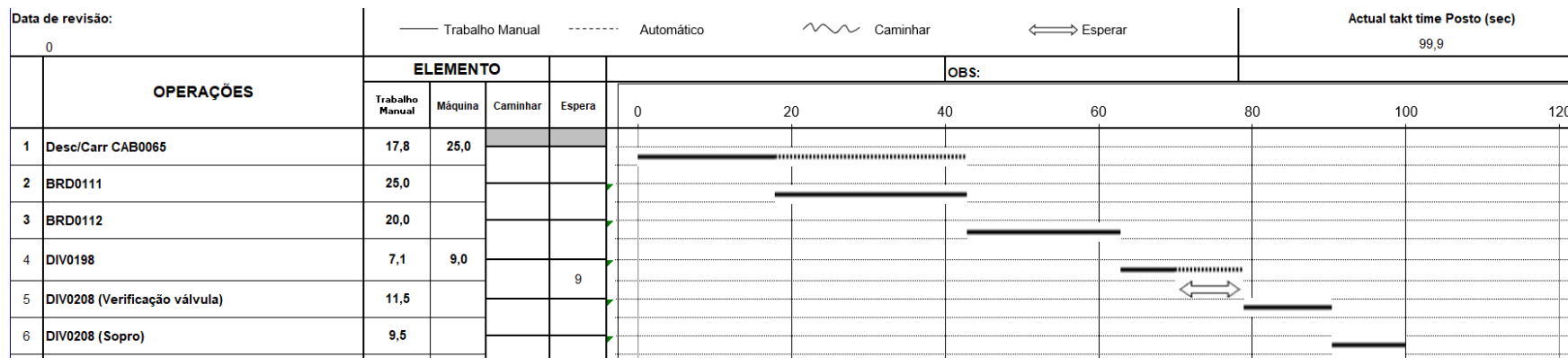


Figura 82 - 1ª Iteração: Tabela de Combinação de *Standard Work*: Ref.T.81434, Posto 1

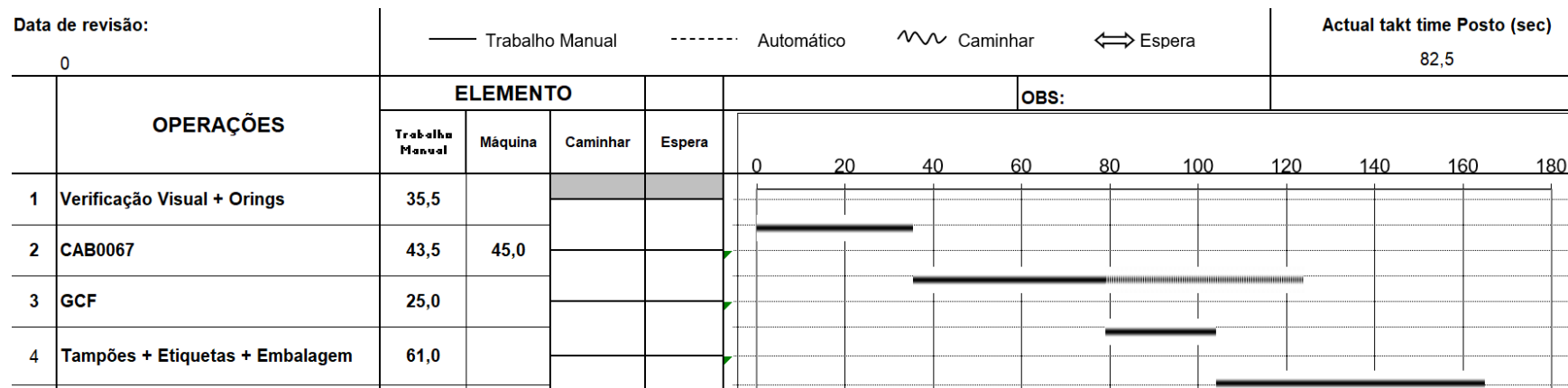


Figura 83 - 1ª Iteração: Tabela de Combinação de *Standard Work*: Ref.T.81434, Posto 2

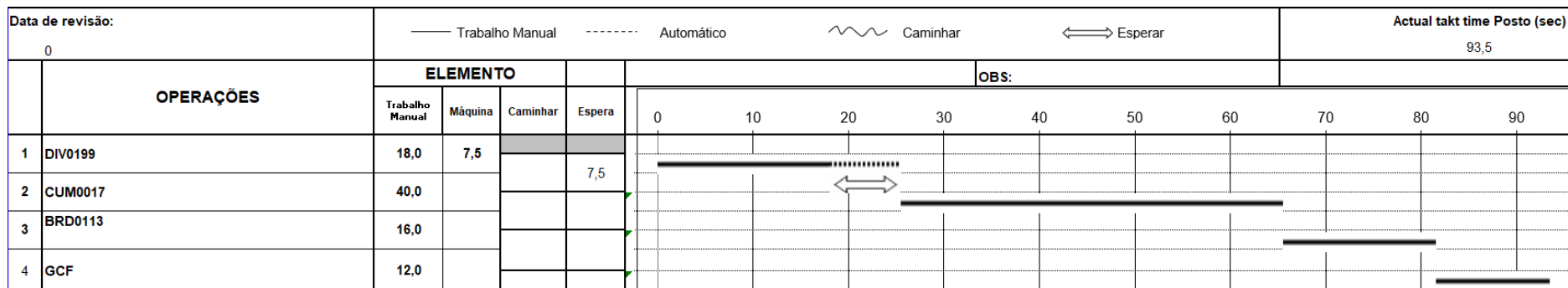


Figura 84 - 1ª Iteração: Tabela de Combinação de *Standard Work*: Ref.T71204, Posto 1

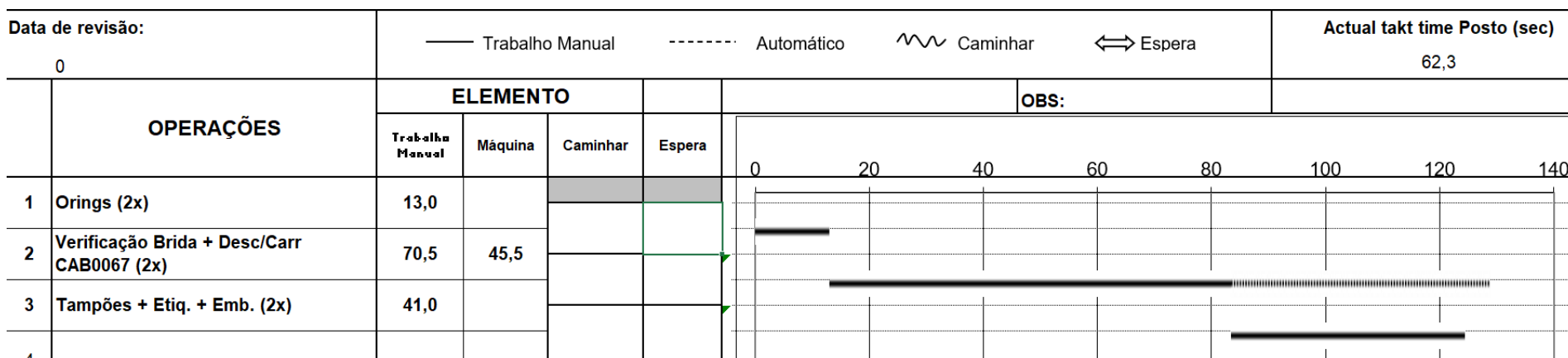


Figura 85 - 1ª Iteração: Tabela de Combinação de *Standard Work*: Ref.T.71204, Posto 2

APÊNDICE C – 1ª ITERAÇÃO: GRÁFICOS DE STANDARDIZED WORK

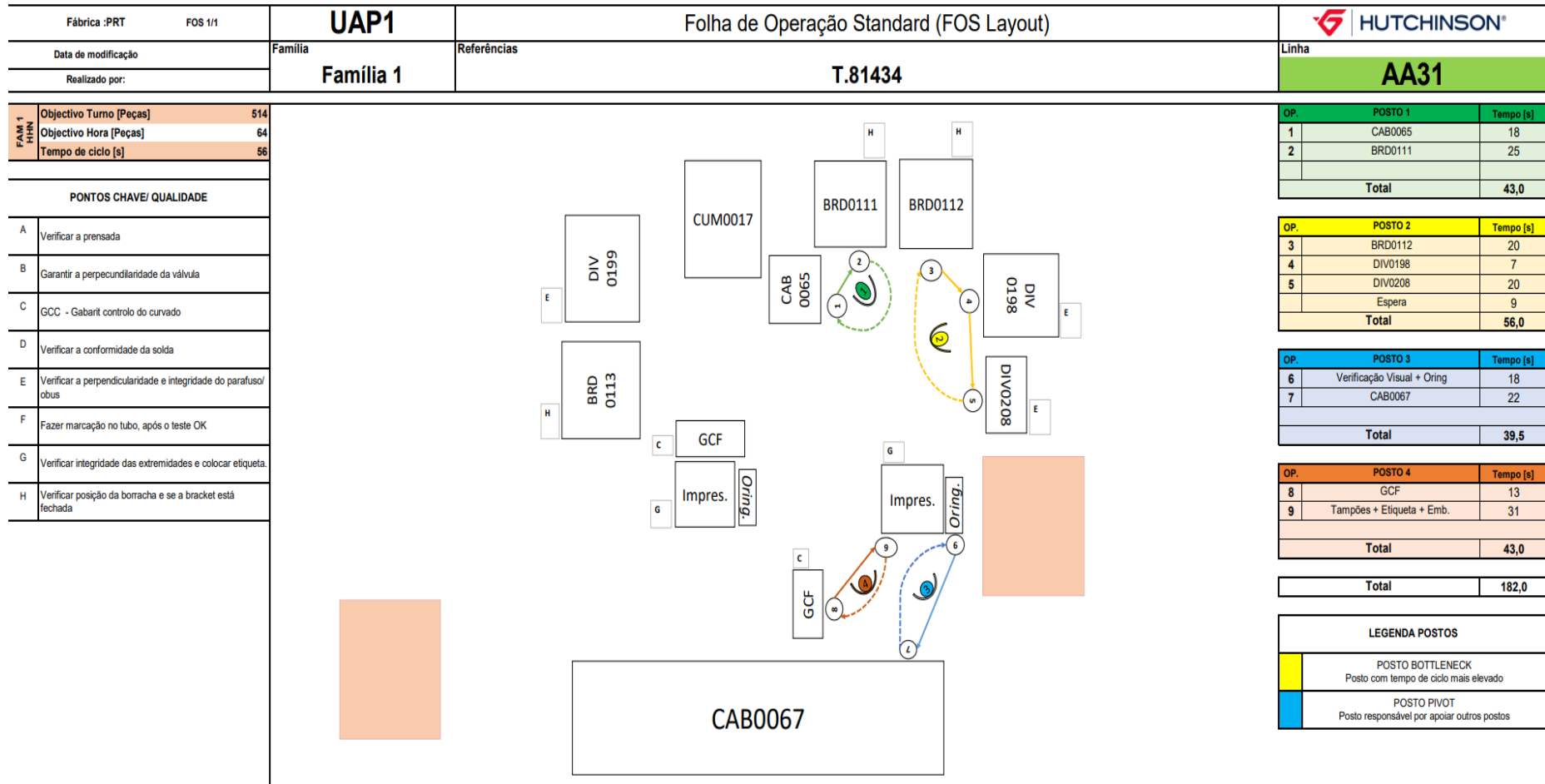


Figura 86 - Gráfico Standardized Work: 1ª Iteração para T.81434, N=4

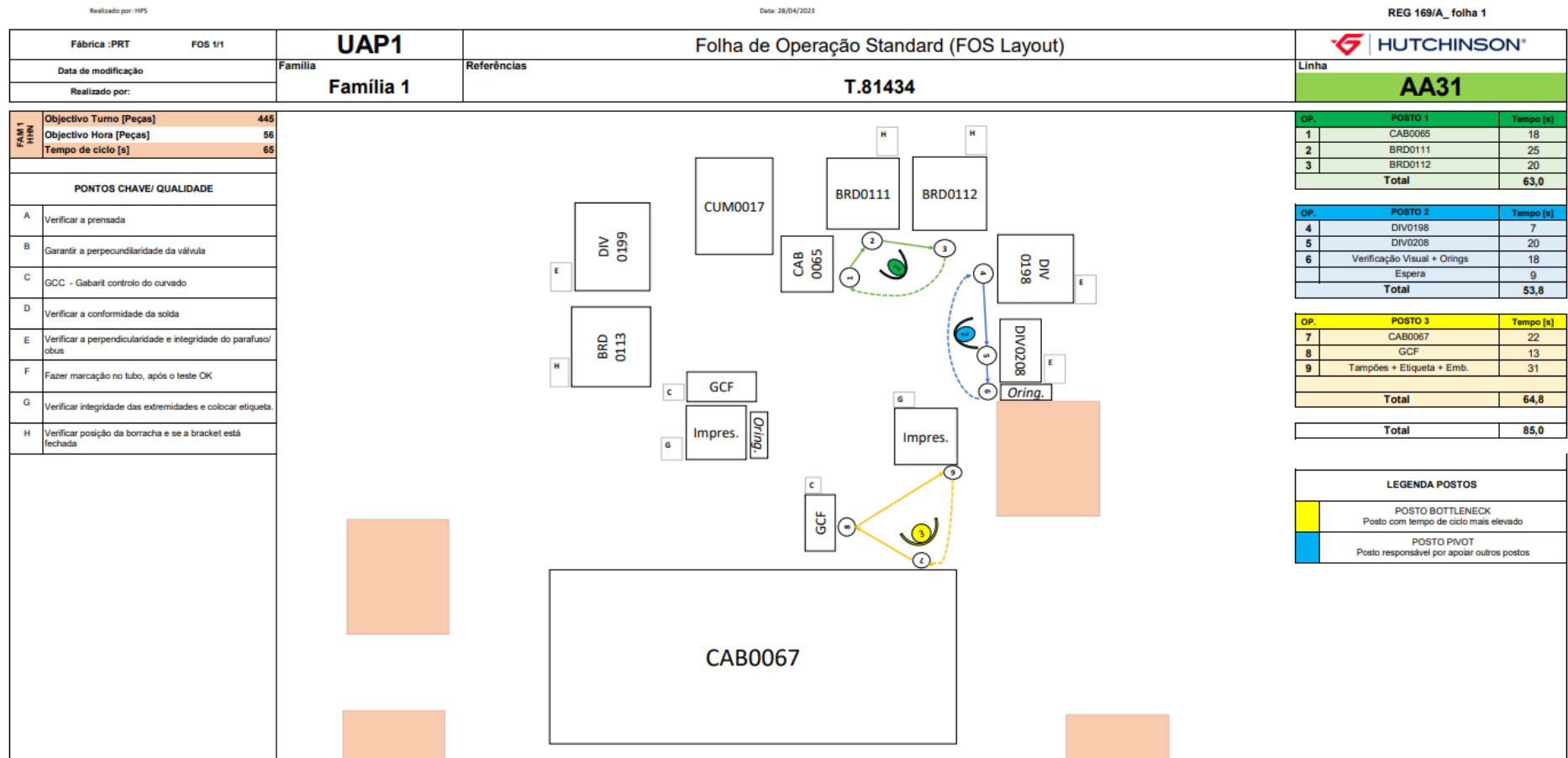


Figura 87 - Gráfico Standardized Work: 1ª Iteração para T.81434, N-1=3

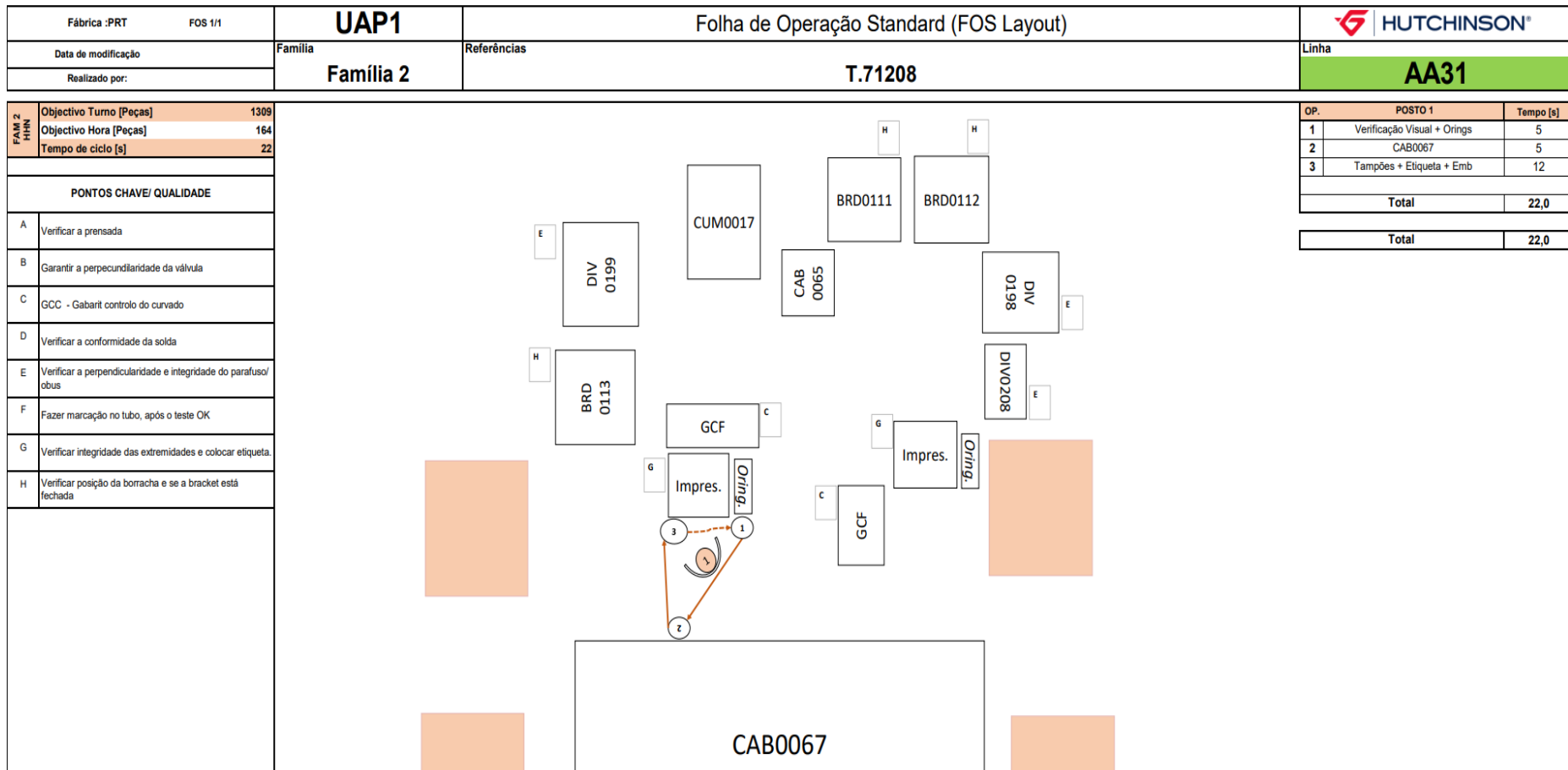


Figura 89 - Gráfico Standardized Work: 1ª Iteração para T.71208, N=1

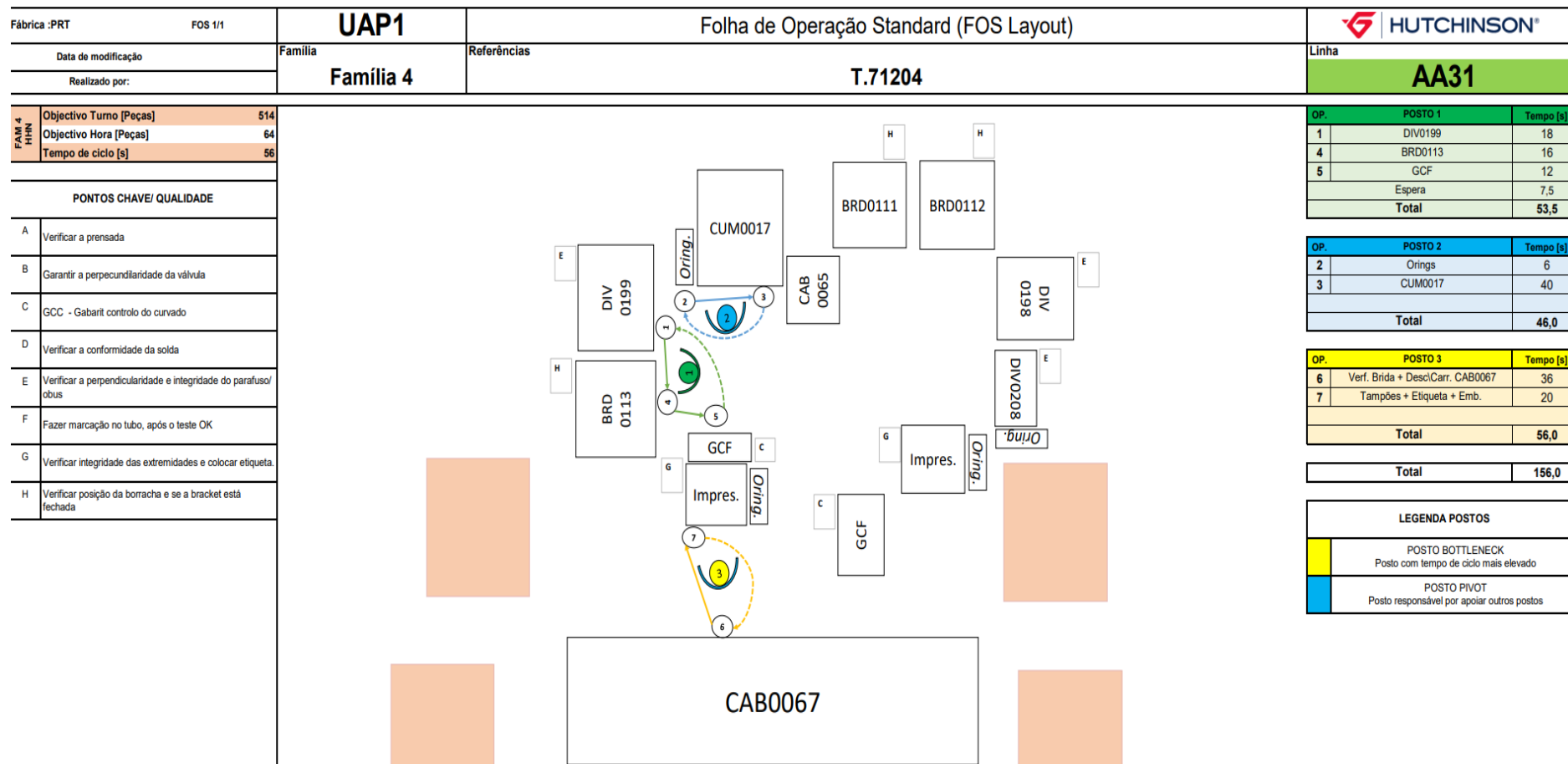


Figura 91 - Gráfico Standardized Work: 1ª Iteração para T.71204, N=3

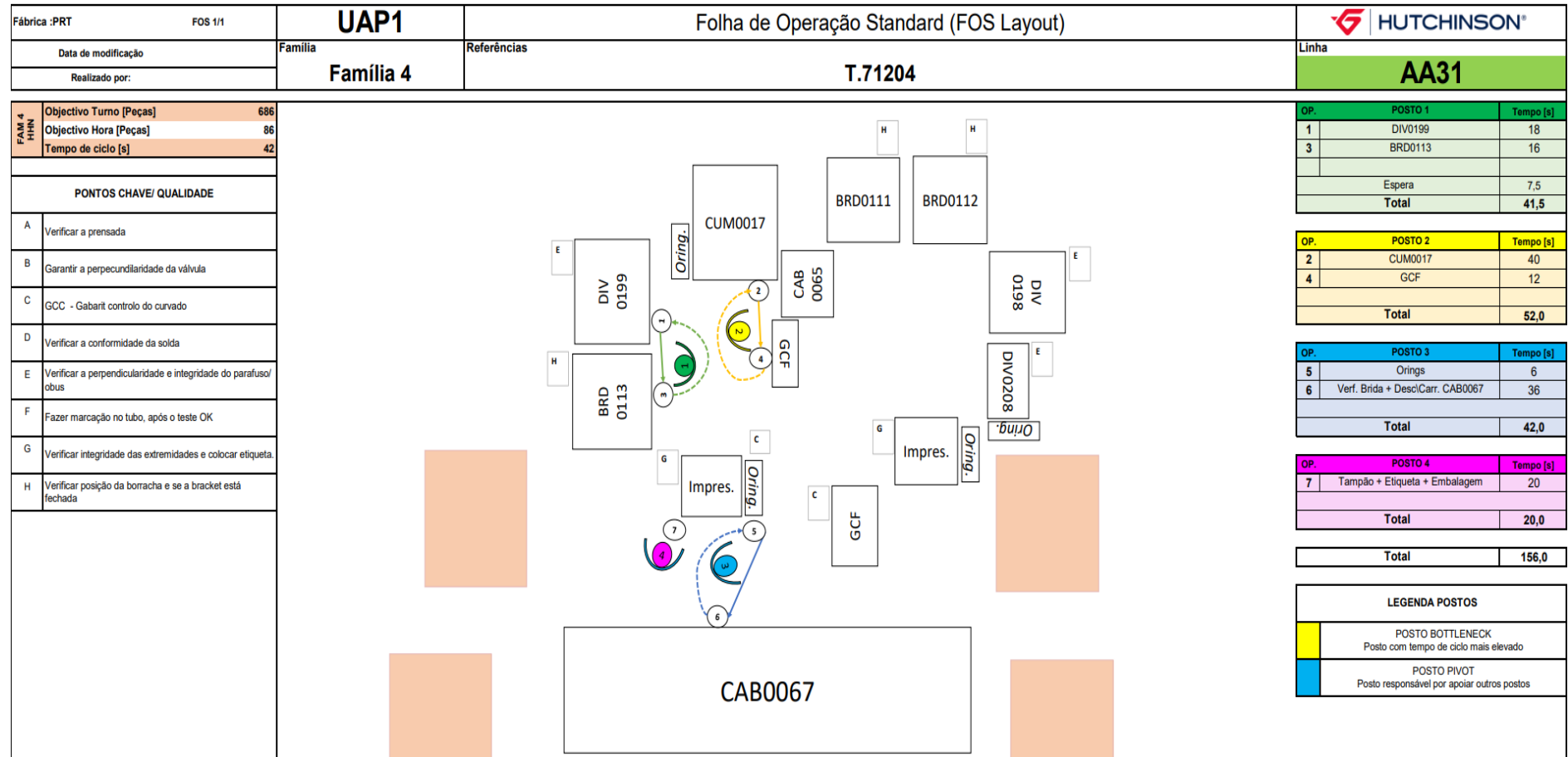


Figura 93 - Gráfico Standardized Work: 1ª Iteração para T.71204, N+1=4

APÊNDICE D – 2ª ITERAÇÃO: TABELAS DE COMBINAÇÃO DE STANDARD WORK

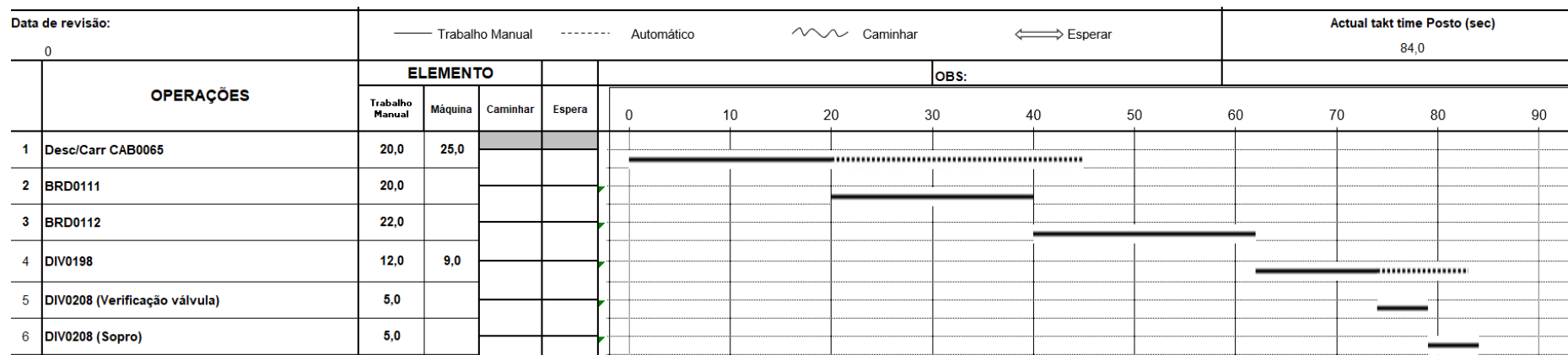


Figura 94 - 2ª Iteração: Tabela de Combinação de Standard Work: Ref.T.81434, Posto 1

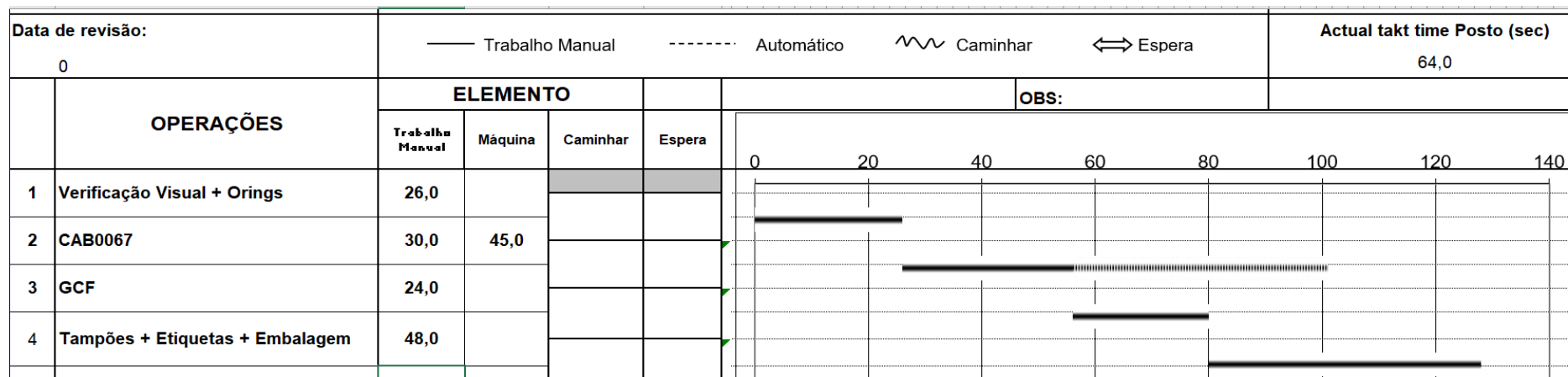


Figura 95 - 2ª Iteração: Tabela de Combinação de Standard Work: Ref.T.81434, Posto 2

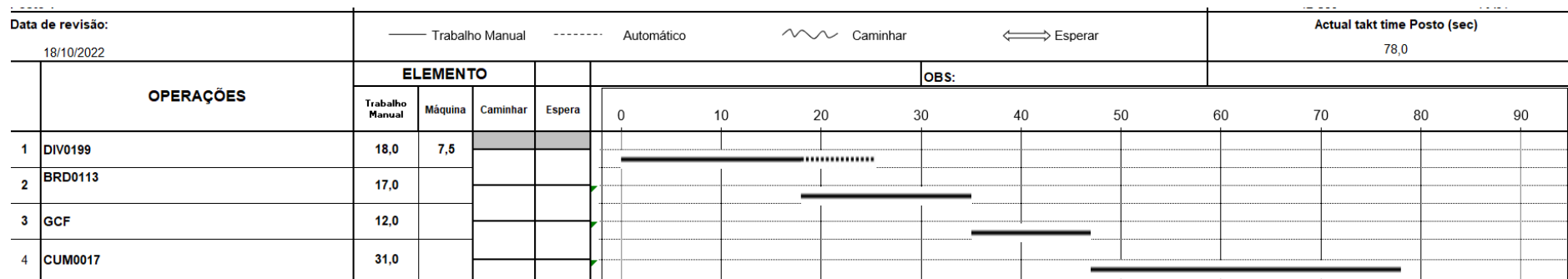


Figura 96 - 2ª Iteração: Tabela de Combinação Standard Work: Ref.T.71204, Posto 1

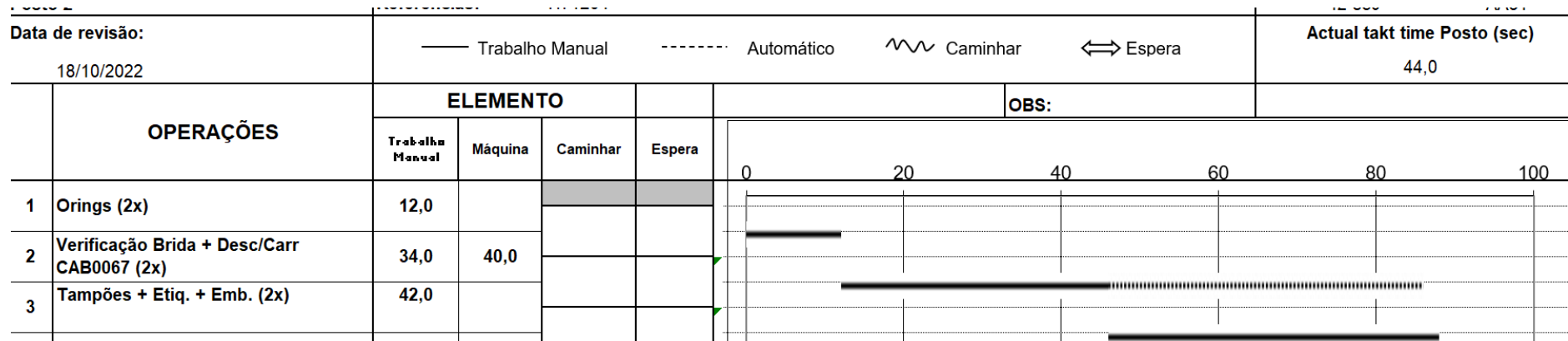


Figura 97 - 2ª Iteração: Tabela de Combinação Standard Work: Ref.T.71204, Posto 2

APÊNDICE E – 2ª ITERAÇÃO: GRÁFICOS DE STANDARDIZED WORK

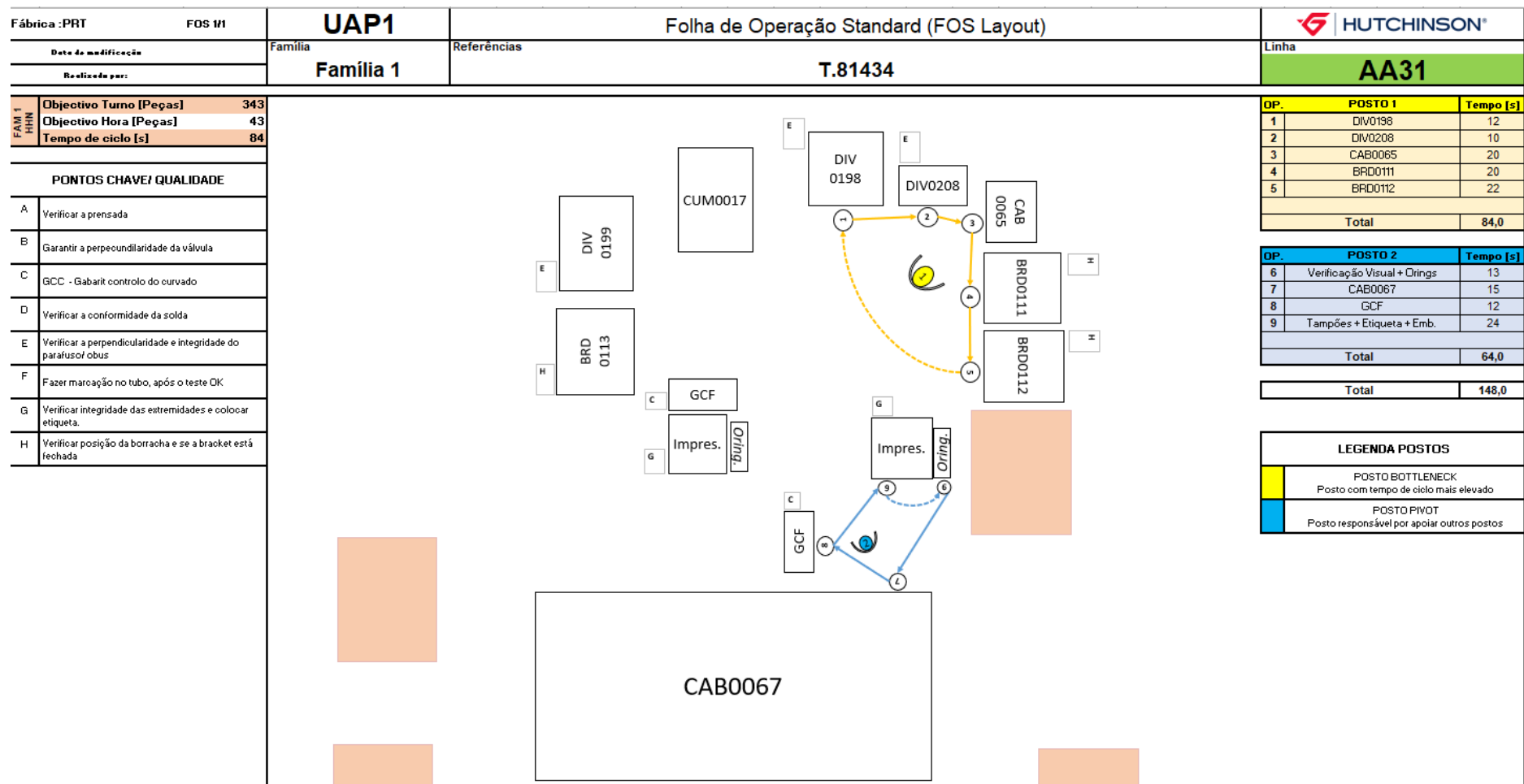


Figura 98 - Gráfico Standardized Work: 2ª Iteração para T.81434, N-1=2

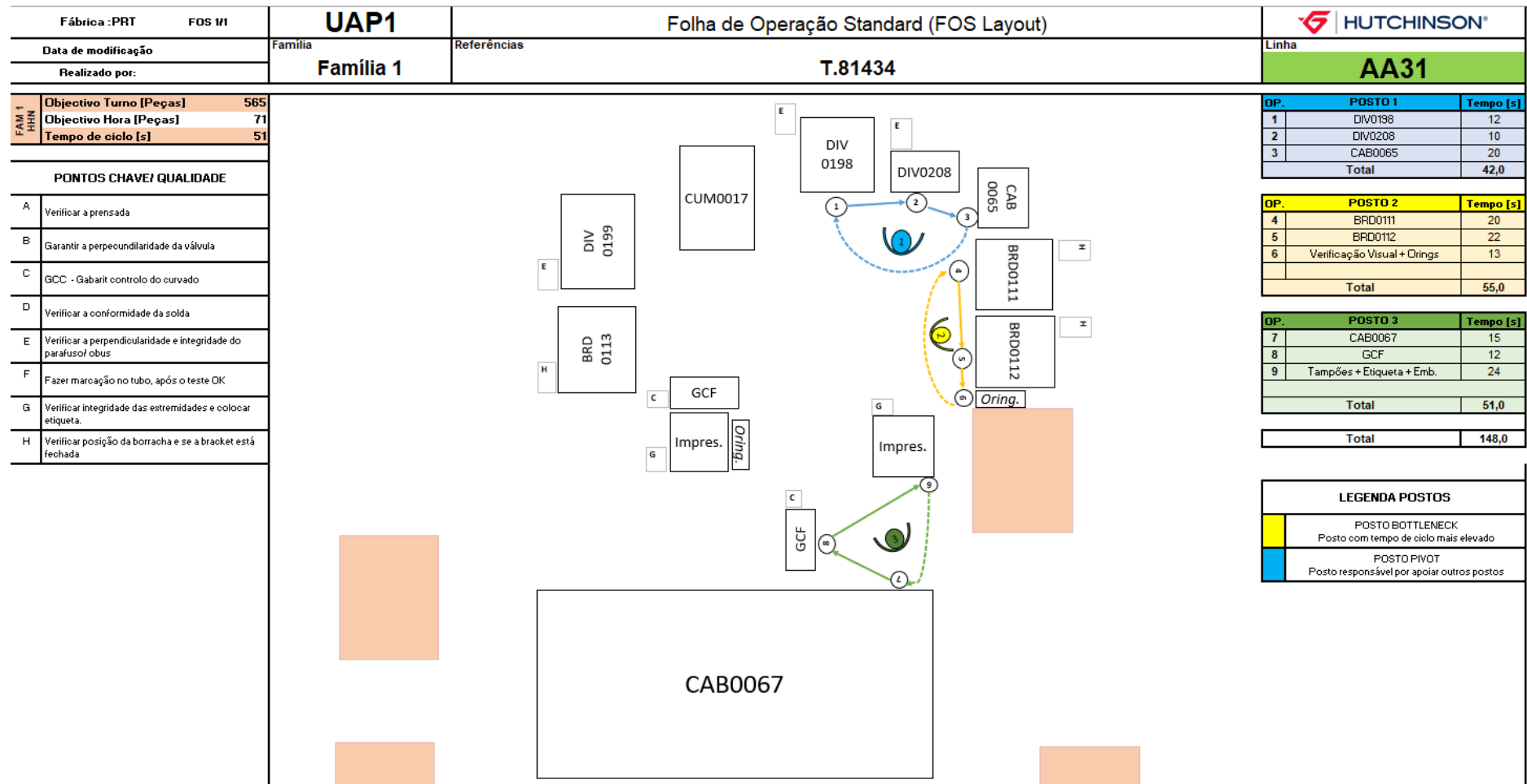


Figura 99 - Gráfico Standardized Work: 2ª Iteração para T.81434, N=3

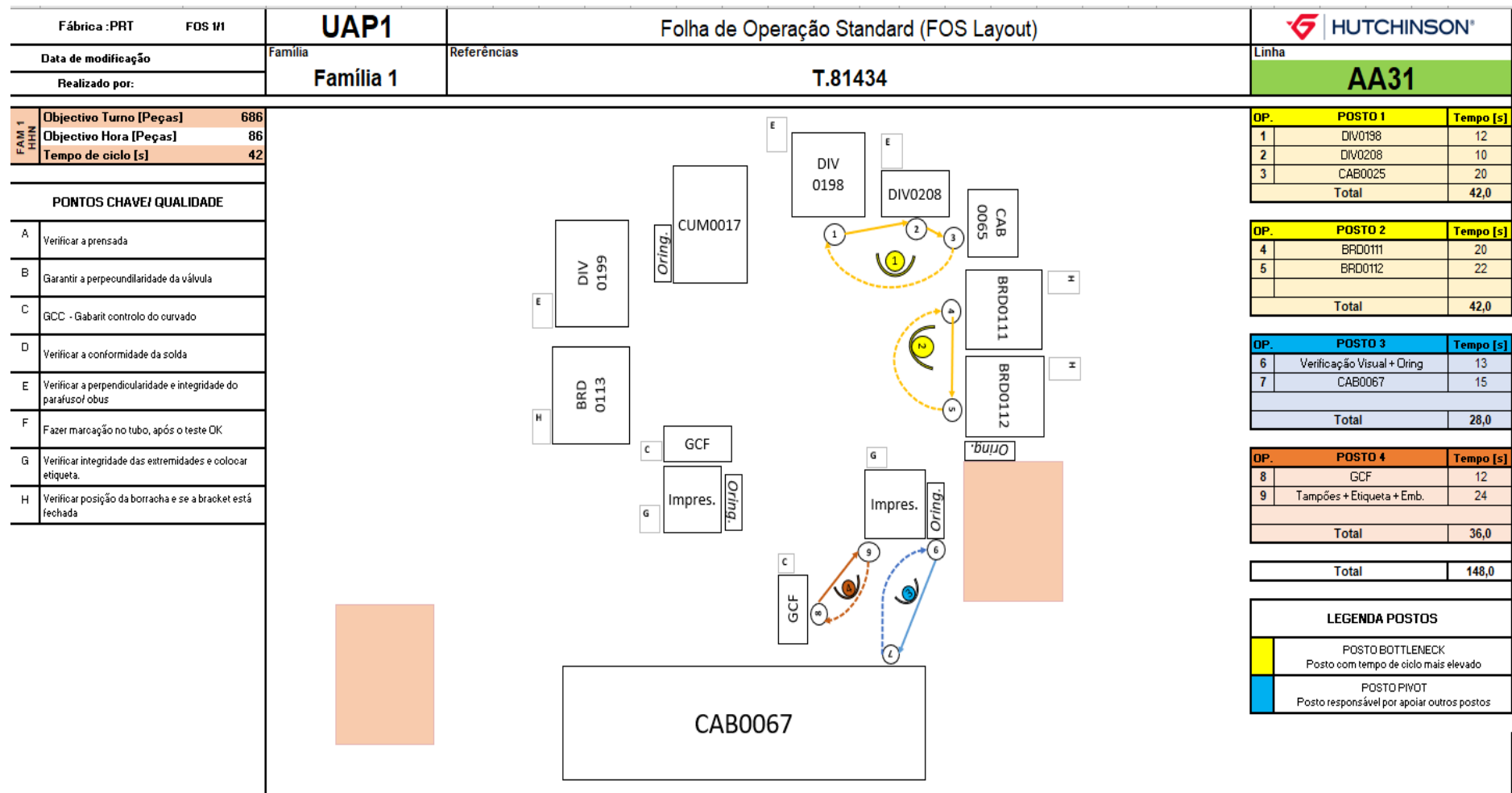


Figura 100 - Gráfico Standardized Work: 2ª Iteração para T.81434, N+1=4

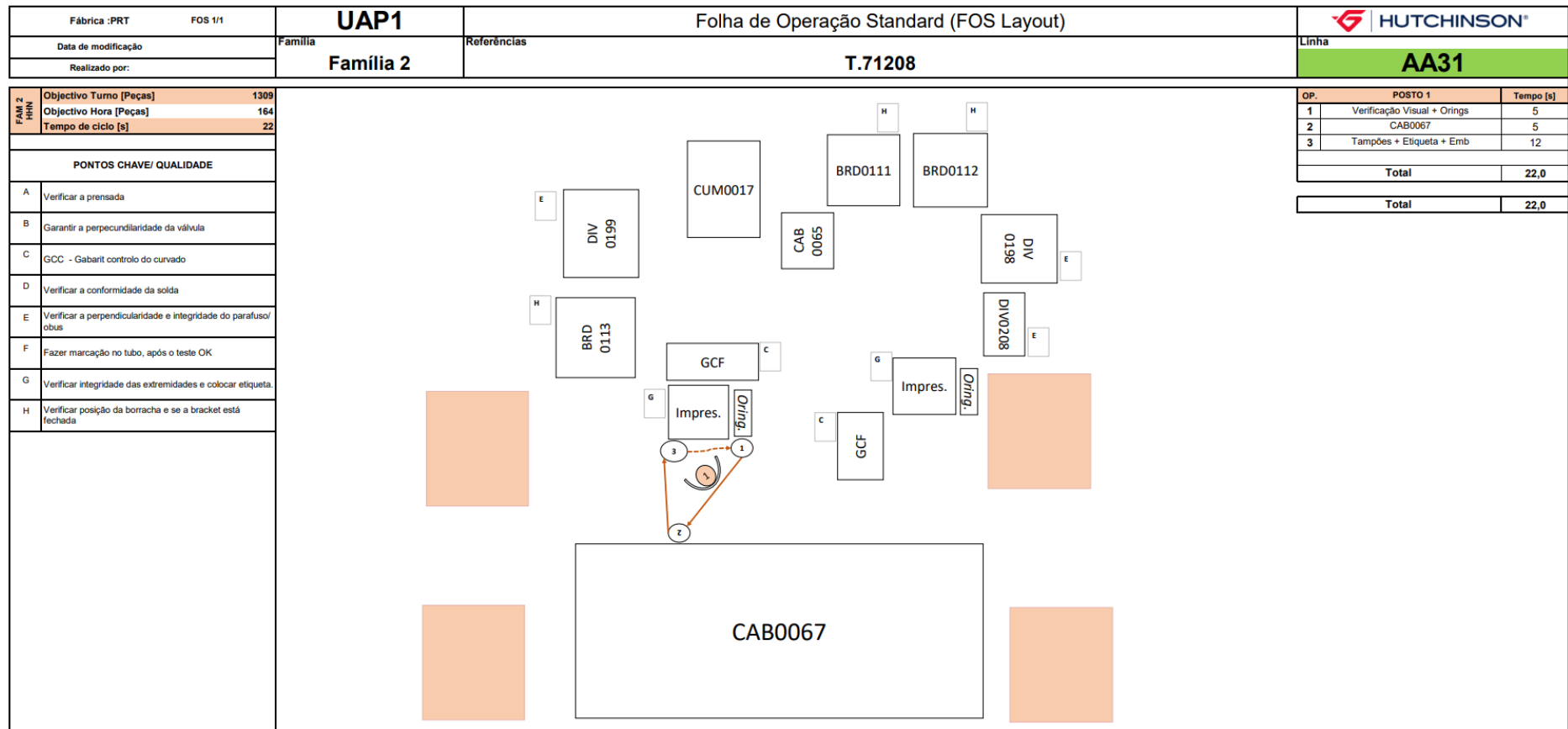


Figura 101 - Gráfico *Standardized Work*: 2ª Iteração para T.71208, N=1

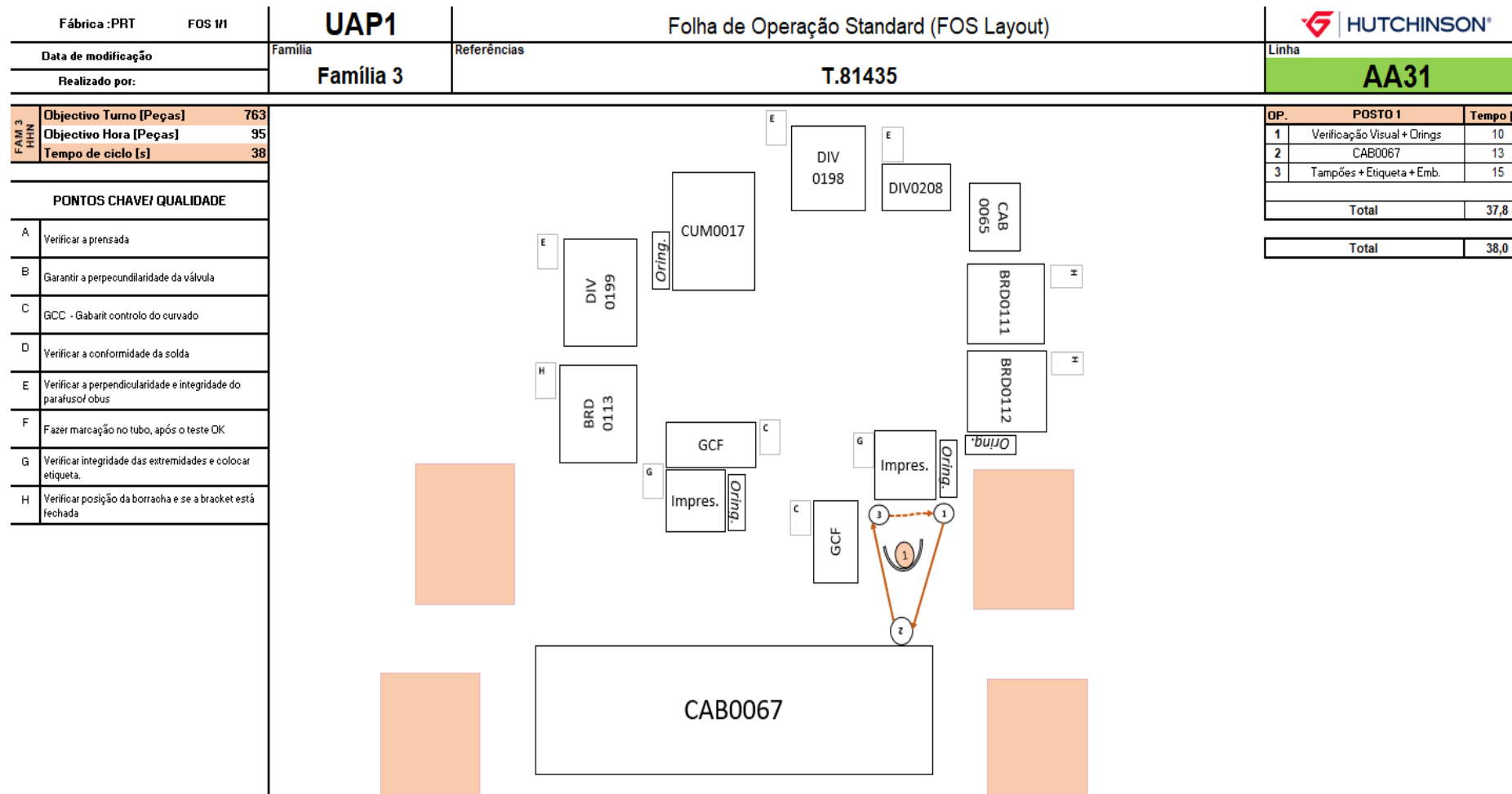


Figura 102 - Gráfico *Standardized Work*:2ª Iteração para T.81435, N=1

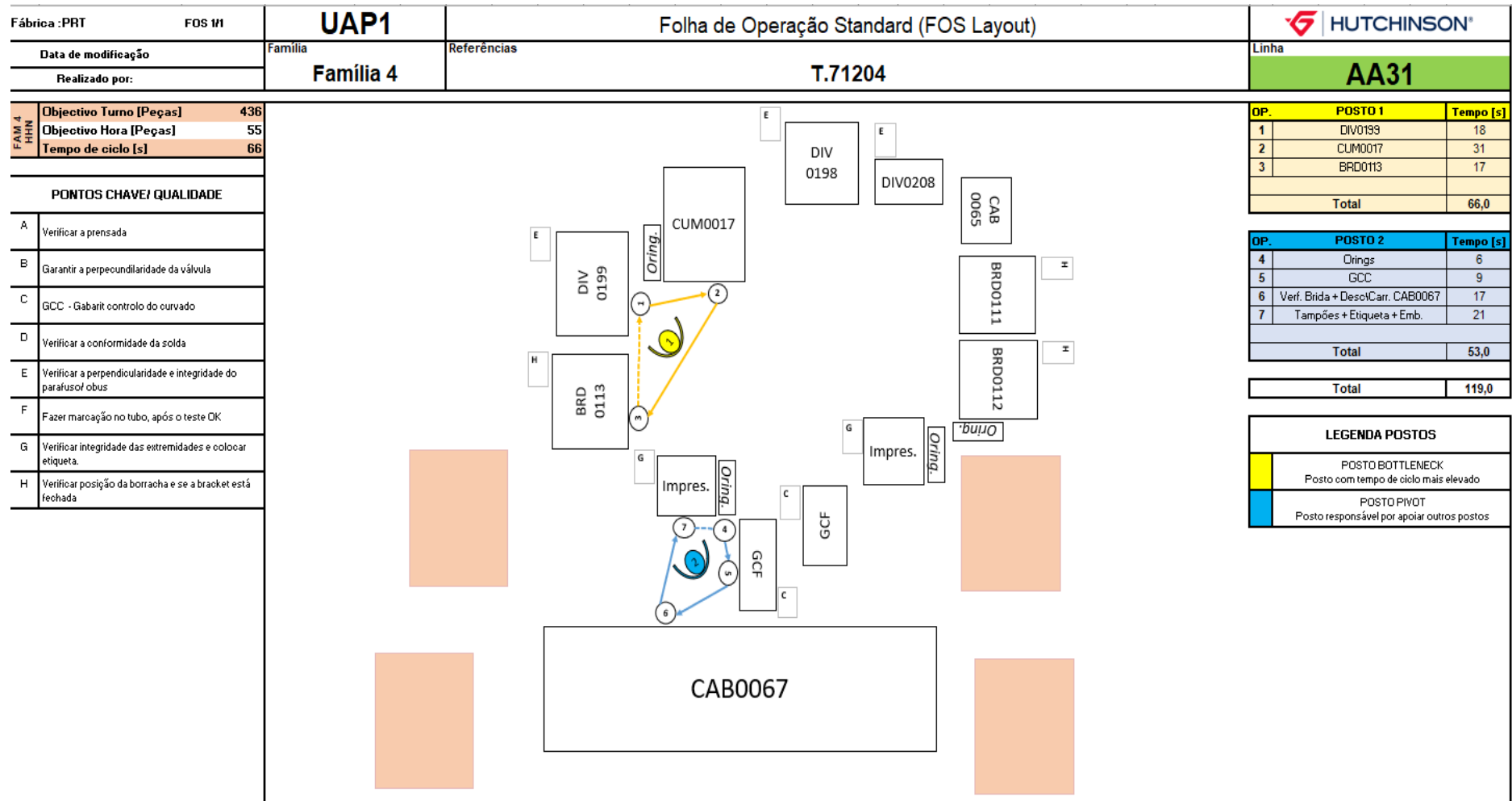


Figura 103 - Gráfico Standardized Work: 2ª Iteração para T.71204, N-1=2

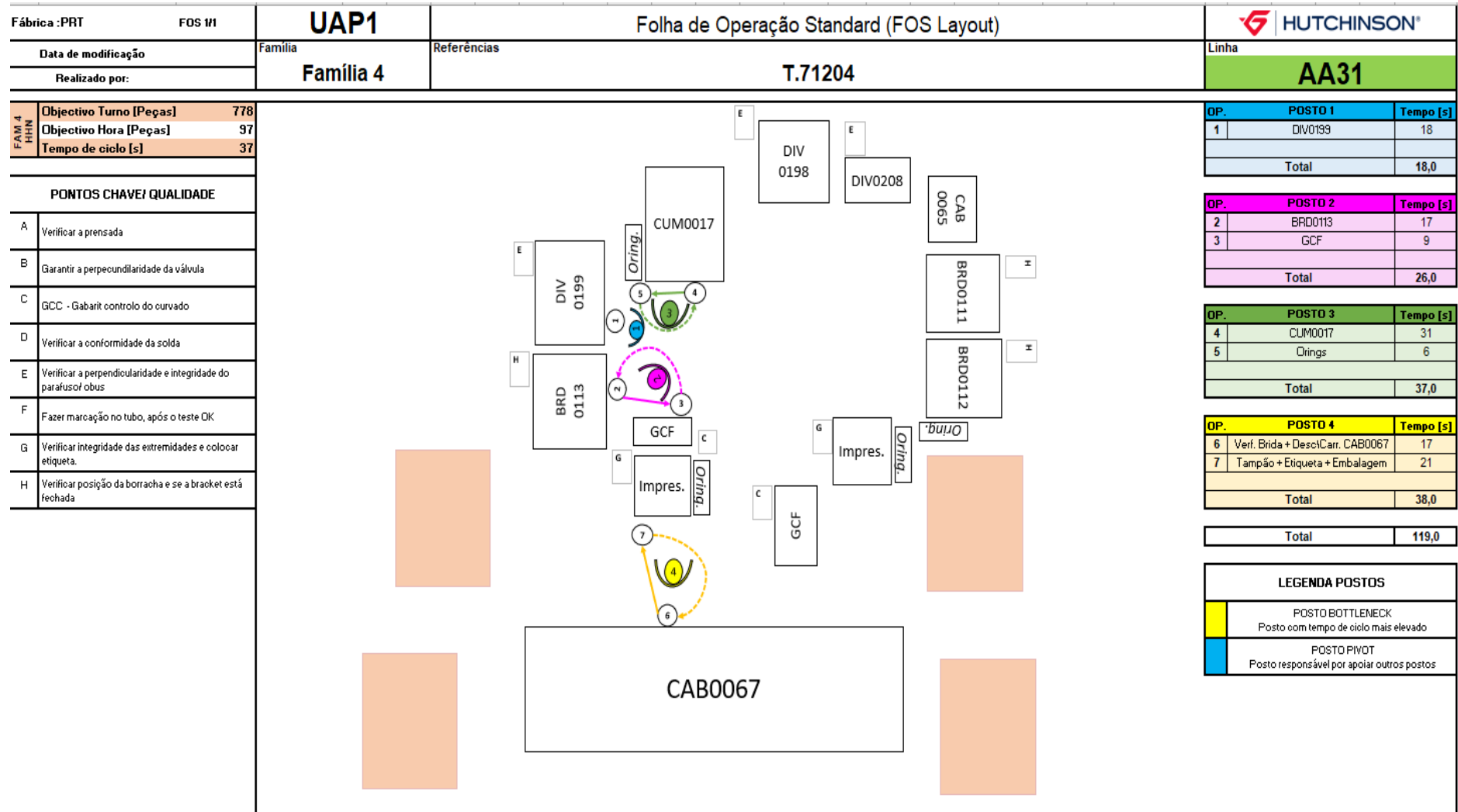


Figura 105 - Gráfico Standardized Work: 2ª Iteração para T.71204, N+1=4

ANEXO A – FORMAS DE APLICAR O STANDARD WORK

Process Capacity Sheet

Process Capacity Sheet		Approved by:	Part #			Application		Entered by:
			Part name			Line		
#	Process name	Machine #	BASIC TIME			TOOL CHANGE		Processing capacity per shift
			MANUAL	AUTO	COMPLETION	CHANGE	TIME	
1	Cut	cc100	5	25	30	500	2 min.	896
2	Rough Grind	gg200	5	12	17	1000	5 min.	1570
3	Fine Grind	gg300	5	27	32	300	5 min.	823

Figura 107 - Folha de Capacidade de Processo (Lean Enterprise Institute, 2022b)

Standardized Work Combination Table




Standardized Work Combination Table		From: Get SG tube (raw)		Date: June 8, 2004	Needed units per shift: 600	 Hand  Walk  Auto																		
		To: Place finished line to container		Area: Truck Cell	Takt Time: 40 sec.																			
Work Elements	Time (sec.)	Seconds													2x Takt									
		hand	auto	walk	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85			
1	Get SG tube, place to bender	3																						
2	Get bent tube, place to Assembly I	3		1																				
3	Get connector, place and clamp	4																						
4	Get hose, place	4																						
5	Start Assembly I cycle	1																						
6	Get finished piece, attach convolute	6		1																				
7	Place to Assembly I fixture	5																						
8	Get hose, LH female, assemble	4																						
9	Place to fixture, clamp	3																						
10	Get RH female, assemble to hose	3																						
11	Place and clamp	3																						
12	Get valve, place to fixture	3																						
13	Start Assembly II cycle	1																						
14	Get finished piece, place to fixture	5		1																				
(and so on)																								
Totals																								

Figura 108 - Tabela de Combinação de Standard Work (Lean Enterprise Institute, 2022b)

Standardized Work Chart

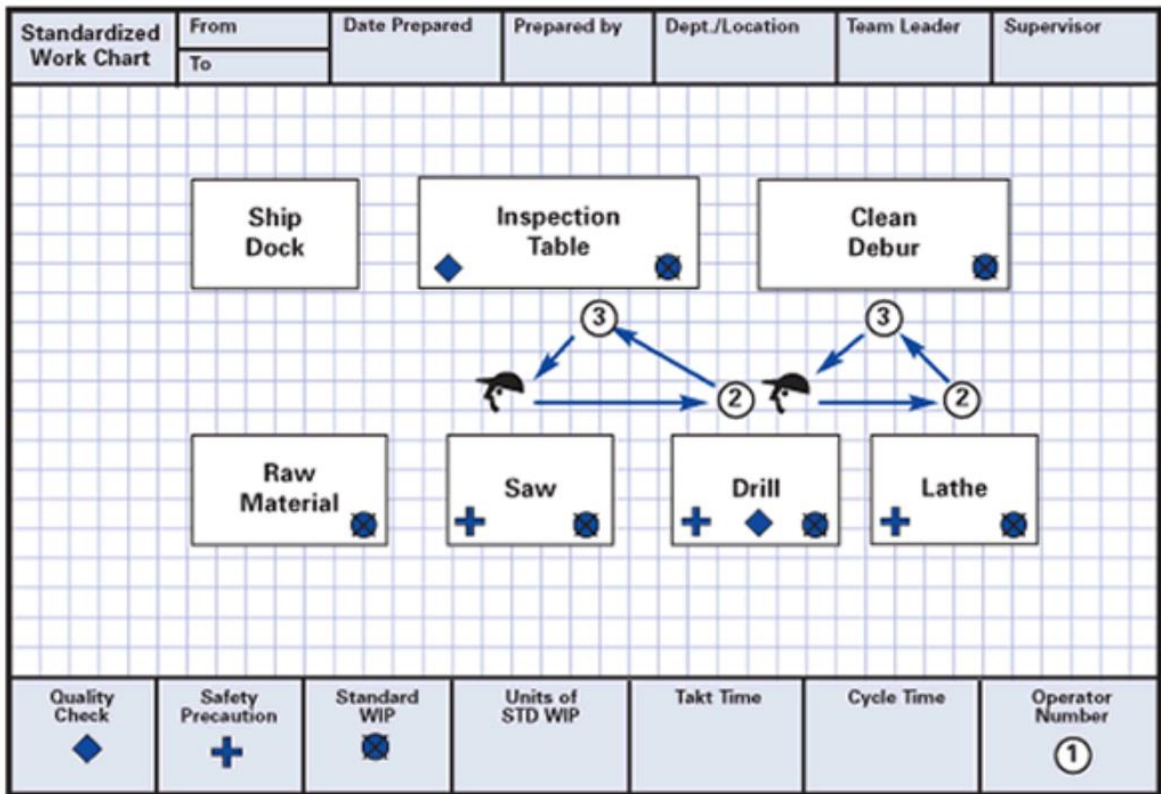


Figura 109 - Gráfico de *Standardized Work* (Lean Enterprise Institute, 2022b)