



Otimização de uma linha de produção na indústria automóvel

PAULO CÉSAR MACHADO DIAS

novembro de 2018

ANÁLISE E MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Paulo César Machado Dias

1160027

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

ANÁLISE E MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

Paulo César Machado Dias

1160027

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 Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Professor Doutor Raúl Duarte Salgueiral Gomes Campilho, Professores Adjuntos do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2018

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutor Raúl Duarte Salgueiral Gomes Campilho
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor Radu Godina
Investigador, Universidade da Beira Interior

AGRADECIMENTOS

À minha família, especialmente aos meus pais.

Ao ISEP, a todos os professores, e todos os colegas e amigos com quem tive o privilégio de partilhar a sala de aula.

À Hutchinson Porto, pela oportunidade de integração na empresa, e em particular as equipas da UAP 2 e melhoria contínua.

E por último, mas não menos importante, um agradecimento especial à Joana Sousa e ao professor Francisco Silva, pela orientação de ambos, que foi determinante no desenvolvimento desta dissertação.

PALAVRAS CHAVE

Indústria Automóvel, *Lean*, *Kaizen*, Balanceamento de Linhas, *SMED*, *Standard Work*, 5 S, Gestão Visual.

RESUMO

Num mercado tão competitivo como a indústria automóvel, torna-se cada vez mais importante para as organizações a implementação de uma cultura de melhoria contínua, transversal a todas as partes interessadas da organização. A melhoria contínua dos processos, o aumento da eficiência, e a eliminação dos desperdícios, leva a um aumento considerável da competitividade face ao mercado, não só económica, mas também tecnologicamente.

A dissertação apresentada, retrata um trabalho realizado num estágio curricular, em contexto industrial, na área da melhoria contínua de processos produtivos. O estágio foi realizado numa empresa pertencente à indústria de componentes para automóvel, e decorreu entre os meses de Janeiro e Julho de 2018. Neste estágio, surgiu a oportunidade de integrar a equipa de melhoria contínua e QRQC (*Quick Response to Quality Control*) num novo projeto da empresa, designado por VS30. Neste projeto existem três linhas de produção, e uma zona de preparação que abastece a montagem final.

O foco deste trabalho passou pela otimização de uma linha de produção, designada por AA20, tendo como objetivo principal aumentar a capacidade produtiva da linha, de forma a que esta seja capaz de cumprir com os pedidos do cliente. Assim, foram definidos como objetivos deste trabalho: aumentar a capacidade produtiva de 1200 peças/dia para 1800 peças/dia, e a redução do tempo médio de *setup* em pelo menos 20%, de forma a possibilitar o aumento da disponibilidade da linha.

As metodologias utilizadas baseiam-se em várias técnicas e metodologias *lean* e de melhoria contínua, tais como balanceamento de linhas, *SMED*, *standard work*, gestão visual e 5 S. O trabalho desenvolvido permitiu aumentar em 37% a capacidade produtiva da linha, e uma redução de 34% no tempo médio de *setup*. Através de todas as melhorias implementadas, e do trabalho desenvolvido por toda a equipa envolvida no projeto, foi possível aumentar o OEE da linha de 53% para 74%.

KEYWORDS

Automotive Industry, Lean, Kaizen, Line Balancing, SMED, Standard Work, 5 S, Visual Management.

ABSTRACT

In a market as competitive as the automotive industry, it becomes increasingly important for the organizations to adopt a culture of continuous improvement, which should cross-over all stakeholders in the organization. The continuous improvement of the processes, the increase in efficiency, and the elimination of waste, leads to a considerable increase in market competitiveness, not only economically, but also technologically.

The dissertation presented, portrays the work carried out in an internship, in industrial context, in the field of continuous improvement of the productive processes. The internship was carried out in a company belonging to the automotive component industry and took place between January and July of 2018. There was the opportunity to integrate the continuous improvement and QRQC (Quick Response to Quality Control) team in a new project of the company, designated by VS30. In this project there are three production lines, and a preparation area that supplies the final assembly.

The focus of this work was the optimization of a production line, designated by AA20, with the main goal being the increase of the productive capacity of the line, so that it can comply with the customer's requests. Thus, they were defined as goals of this project: to increase the productive capacity to 1800 parts/day, and the reduction of the average setup by at least 20%, to increase the availability of the production line.

The methodologies used are based on several continuous improvement and lean techniques, such as line balancing, SMED, standard work, visual management and 5 S. The work developed allowed an increase of 37% of the production line capacity, and a reduction of 34% in the average setup time. Through all the improvements implemented, and the work developed by the entire team involved in the project, it was possible to increase the OEE of the production line from 53% to 74%.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AA	Linha de produção de Ar Condicionado
AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
BOM	<i>Bill Of Materials</i>
FOS	Folha Operação <i>Standard</i>
GCC	<i>Gabarit</i> de Controlo Curvado
GCF	<i>Gabarit</i> de Controlo Final
HP	<i>High Pressure</i> (Alta Pressão)
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>
IPS	Instrução de Preparação <i>Standard</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
JIT	<i>Just-In-Time</i>
LP	<i>Low Pressure</i> (Baixa Pressão)
MP	Matéria-Prima
MTO	<i>Make To Order</i>
MTS	<i>Make To Stock</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OP	Operador
PA	Produto Acabado
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PPH	Peças/Operador/Hora
PREP	Zona de Preparação
QRQC	<i>Quick Response to Quality Control</i>
QTD	Quantidade
SEQ	Sequência
SMED	<i>Single-Minute Exchange of Die</i>
TC	Tempo de Ciclo
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TT	<i>Takt Time</i>
VSM	<i>Virtual Stream Mapping</i>
WC	<i>Work Content</i>
WIP	<i>Work In Progress</i>

Lista de Unidades

h	Horas
m	Metros
mm	Milímetros
min	Minutos
s	Segundos

Lista de Símbolos

∅	Diâmetro
€	Euro
%	Porcentagem
∑	Somatório

GLOSSÁRIO DE TERMOS

5 M	Método de resolução de problemas através das relações causa-efeito.
5 S	Metodologia de organização do ambiente de trabalho.
5 Why	Ferramenta metódica para identificar a causa-raiz ou defeito de um problema.
<i>Bracket</i>	Componente que auxilia a montagem do tubo no veículo.
Flange	Componente embutido ou soldado, utilizado para fazer a união entre tubos.
<i>Gabarit</i>	Ferramenta padrão para controlo da geometria/montagem final.
<i>Jidoka</i>	Significa autonomia (automação com características humanas) e é um dos pilares do TPS.
<i>Lead-Time</i>	Período de tempo entre o início de uma atividade e o seu término.
Metodologia A3	Metodologia assente em formulários A3 usada na caracterização e resolução de problemas (oportunidades).
<i>Mix</i>	Combinação de referências produzidas na mesma linha de produção.
<i>O-ring</i>	Anel de vedação, utilizado para vedar as extremidades dos tubos.
<i>Poka Yoke</i>	Expressão japonesa que significa sistema à prova de erro.
<i>Setup</i>	Refere-se às atividades de mudança, ajuste e preparação do equipamento para o fabrico de um novo lote ou produto.
<i>Shop Stock</i>	“Supermercado” de material (local onde são armazenados os produtos semielaborados).
<i>Soft Nose</i>	Componente de plástico que protege a flange.
<i>Standard Work</i>	Documentação e padronização do trabalho.
<i>Stud</i>	Componente colocado na flange, para auxiliar a montagem.
<i>Bottleneck</i>	Gargalo de uma linha de produção/montagem (ou a estação com tempo de ciclo mais elevado).
<i>Prensada</i>	Expressão que se refere à peça semielaborada após a operação de prensar.
<i>Six Sigma</i>	Metodologia desenvolvida pela Motorola para o controlo da variabilidade nos processos.
TOP	Início do ciclo de uma operação.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - FORD <i>MODEL T</i> [2].	7
FIGURA 2 - VENDAS ANUAIS DE AUTOMÓVEIS EM TODO O MUNDO [3]	8
FIGURA 3 - PESO DA INDÚSTRIA DE COMPONENTES PARA AUTOMÓVEIS NA ECONOMIA NACIONAL EM 2017 [4]	8
FIGURA 4 - PILARES DO TPS [10]	10
FIGURA 5 - OS OITO DESPERDÍCIOS [8]	11
FIGURA 6 - PROPORÇÃO DAS ATIVIDADES PRODUTIVAS [8]	12
FIGURA 7 - BENEFÍCIOS DA FILOSOFIA <i>LEAN</i> [8]	12
FIGURA 8 - PERDAS ASSOCIADAS AO OEE [28]	15
FIGURA 9 - MODELOS DE LINHAS DE MONTAGEM [31]	17
FIGURA 10 - NIVELAMENTO DAS ESTAÇÕES DE TRABALHO NUMA LINHA DE MONTAGEM [16]	18
FIGURA 11 - PRINCIPAIS ETAPAS DO <i>SETUP</i> [34]	19
FIGURA 12 - ESTÁGIOS DA METODOLOGIA SMED [35]	20
FIGURA 13 - SISTEMA DE AR CONDICIONADO	25
FIGURA 14 - ESQUEMA DO CHÃO DE FÁBRICA	26
FIGURA 15 - MERCEDES-BENZ SPRINTER [37]	27
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO DAIMLER VS30	28
FIGURA 17 - DIAGRAMA DE FLUXO DO PROCESSO PRODUTIVO DA LINHA AA20	29
FIGURA 18 - ÁRVORE DE PRODUTO DA REFERÊNCIA T.80932	30
FIGURA 21 - ESQUEMA DA REFERÊNCIA T.80932	30
FIGURA 20 - TUBO EMBUTIDO (ROLINADO)	31
FIGURA 21 - TUBO EMBUTIDO (FLANGE)	31
FIGURA 22 - FLANGE SOLDADA (SOLDADURA POR CHAMA)	31
FIGURA 23 - VÁLVULA SOLDADA (SOLDADURA POR CHAMA)	32
FIGURA 24 - VÁLVULA SOLDADA (SOLDADURA POR INDUÇÃO)	32
FIGURA 25 - VÁLVULA APARAFUSADA	32
FIGURA 26 - FLANGE COM CAVILHA	32
FIGURA 27 - FLANGE COM <i>STUD</i>	32
FIGURA 28 - TUBO P34312668 CURVADO	33
FIGURA 29 - TUBO P33312289 CURVADO	33
FIGURA 30 - T.80932 APÓS 1ª PRENSADA	33
FIGURA 31 - T.80932 APÓS 2ª PRENSADA	33
FIGURA 32 - <i>SOFT NOSE</i>	34

FIGURA 33 - <i>SEAL WASHER</i>	34
FIGURA 34 - T.80932 COM TAMPÕES E ETIQUETA.....	34
FIGURA 35 - OEE DA LINHA AA20 NO MÊS DE MARÇO DE 2018.....	35
FIGURA 36 - INDISPONIBILIDADE MÉDIA DA LINHA AA20	35
FIGURA 37 - MOTIVOS DE PARAGEM POR SEMANA	36
FIGURA 38 - TEMPO MÉDIO DE <i>SETUP</i>	36
FIGURA 39 - PROCEDIMENTO PARA EFETUAR O BALANCEAMENTO DA LINHA.....	37
FIGURA 40 - PREVISÃO DE PROCURA DA LINHA AA20 EM 2018	37
FIGURA 41 - PLANO DIRETOR DE PRODUÇÃO DA LINHA AA20 EM 2018.....	38
FIGURA 42 - BALANCEAMENTO DOS POSTOS DA LINHA (SITUAÇÃO INICIAL)	40
FIGURA 43 - EXEMPLO DA FOLHA DE MEDIÇÃO DO TEMPO DE CICLO	42
FIGURA 44 - BALANCEAMENTO DA LINHA PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM QUATRO OP. (1ª IT.)	44
FIGURA 45 - BALANCEAMENTO DA LINHA PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM TRÊS OP. (1ª IT.).....	45
FIGURA 46 - BALANCEAMENTO DA LINHA PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM CINCO OP. (1ª IT.)	46
FIGURA 47 - EFICIÊNCIA DO BALANCEAMENTO (1ª ITERAÇÃO)	46
FIGURA 48 - FOS PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM QUATRO OP. (1ª IT.)	47
FIGURA 49 - RESULTADOS DA 1ª ITERAÇÃO DO BALANCEAMENTO	48
FIGURA 50 - TT VS TC (1ª ITERAÇÃO).....	48
FIGURA 51 - FLUXOGRAMA DAS OPERAÇÕES NO POSTO DE EMBALAGEM	50
FIGURA 52 - BALANCEAMENTO DA LINHA PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM QUATRO OP. (2ª IT.)	52
FIGURA 53 - BALANCEAMENTO DA LINHA PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM TRÊS OP. (2ª IT.).....	52
FIGURA 54 - BALANCEAMENTO DA LINHA PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM CINCO OP. (2ª IT.)	53
FIGURA 55 - FOS PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM QUATRO OP. (2ª IT.)	54
FIGURA 56 - EFICIÊNCIA DO BALANCEAMENTO (2ª IT.)	54
FIGURA 57 - RESULTADOS DA 2ª ITERAÇÃO DO BALANCEAMENTO	55
FIGURA 58 - TT VS TC (2ª ITERAÇÃO).....	55
FIGURA 59 - PROCEDIMENTO PARA IMPLEMENTAÇÃO SMED	56
FIGURA 60 - MÁQUINA CURVADORA	57
FIGURA 61 - FERRAMENTAS DE CURVAR (MATRIZ, GUIA E BLOCAGE)	57
FIGURA 62 - FERRAMENTAS DE CURVAR (PINÇAS)	57
FIGURA 63 - PRENSA.....	57
FIGURA 64 - MESA <i>SOFT NOSE</i>	57
FIGURA 65 - MESA <i>BRACKET</i>	57
FIGURA 66 - CABINE DE TESTE DE ESTANQUIDADE.....	58
FIGURA 67 - COLOCADORES DE TESTE	58
FIGURA 68 - MARCADOR DE TESTE	58

FIGURA 69 - TAREFAS DE <i>SETUP</i> DO POSTO 1 (SITUAÇÃO INICIAL)	59
FIGURA 70 - TAREFAS DE <i>SETUP</i> DO POSTO 2 (SITUAÇÃO INICIAL)	60
FIGURA 71 - TAREFAS DE <i>SETUP</i> DO POSTO 3 (SITUAÇÃO INICIAL)	60
FIGURA 72 - DIAGRAMA <i>SPAGHETTI</i> DO <i>SETUP</i> DA LINHA (SITUAÇÃO INICIAL)	61
FIGURA 73 - TEMPO DE <i>SETUP</i> DA LINHA (SITUAÇÃO INICIAL)	62
FIGURA 74 - <i>SHOP STOCK</i> DE SEMIELABORADOS IDENTIFICADO	63
FIGURA 75 - ESTANTE PARA FERRAMENTAS DE CURVAR	63
FIGURA 76 - ESTANTES PARA CALIBRES.....	63
FIGURA 77 - CARRO DE FERRAMENTAS DE PRENSA.....	64
FIGURA 78 - FERRAMENTAS DE PRENSA IDENTIFICADAS.....	64
FIGURA 79 - LANÇAS DE O-RING EM CAIXA (ANTES).....	65
FIGURA 80 - SUPORTE PARA LANÇAS DE O-RING (DEPOIS).....	65
FIGURA 81 - ZONA PARA COLOCAR MATERIAL PARA PRODUÇÃO	65
FIGURA 82 - MANÍPULO DE AJUSTE SEM IDENTIFICAÇÃO (ANTES)	66
FIGURA 83 - MANÍPULO DE AJUSTE COM IDENTIFICAÇÃO (DEPOIS)	66
FIGURA 84 - MESA 1ª PEÇA OK.....	66
FIGURA 85 - ORGANIZAÇÃO DOS COLOCADORES DE TESTE	67
FIGURA 86 - CRONOGRAMA DAS TAREFAS DE <i>SETUP</i> NO POSTO 1.....	68
FIGURA 87 - CRONOGRAMA DAS TAREFAS DE <i>SETUP</i> NO POSTO 2.....	69
FIGURA 88 - CRONOGRAMA DAS TAREFAS DE <i>SETUP</i> NO POSTO 3.....	70
FIGURA 89 - DIAGRAMA <i>SPAGHETTI</i> DO <i>SETUP</i> (APÓS MELHORIAS).....	71
FIGURA 90 - TEMPO DE <i>SETUP</i> DA LINHA (APÓS MELHORIAS)	72
FIGURA 91 - COMPARAÇÃO DE RESULTADOS DO BALANCEAMENTO DA LINHA AA20	75
FIGURA 92 - EVOLUÇÃO MENSAL DO TEMPO MÉDIO DE <i>SETUP</i>	76
FIGURA 93 - EVOLUÇÃO DO OEE DA LINHA AA20	77
FIGURA 94 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 3 OP. (1ª IT.).....	93
FIGURA 95 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 4 OP. (1ª IT.).....	94
FIGURA 96 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 5 OP. (1ª IT.).....	95
FIGURA 97 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 3 OP. (1ª IT.).....	96
FIGURA 98 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 4 OP. (1ª IT.).....	97
FIGURA 99 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 5 OP. (1ª IT.).....	98
FIGURA 100 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F4 COM 3 OP. (1ª IT.)	99
FIGURA 101 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F4 COM 4 OP. (1ª IT.)	100
FIGURA 102 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 3 OP. (2ª IT.)	102
FIGURA 103 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 4 OP. (2ª IT.)	103
FIGURA 104 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 5 OP. (2ª IT.)	104

FIGURA 105 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 3 OP. (2ª IT.)	105
FIGURA 106 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 4 OP. (2ª IT.)	106
FIGURA 107 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 5 OP. (2ª IT.)	107
FIGURA 108 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F4 COM 3 OP. (2ª IT.)	108
FIGURA 109 - FOS PARA FAMÍLIAS F1+F4 COM 4 OP. (2ª IT.)	109
FIGURA 110 - AJUDA VISUAL: FERRAMENTAS DE PRENSA DA LINHA AA20	110
FIGURA 111 - AJUDA VISUAL: ESPECIFICAÇÃO DIÂMETRO E ALTURA PRENSADOS DAIMLER VS30	111
FIGURA 112 - AJUDA VISUAL: CÁLCULO DE OVALIZAÇÃO	112
FIGURA 113 - AJUDA VISUAL: CORRESPONDÊNCIA ENTRE REFERÊNCIAS E COLOCADORES DE TESTE	113
FIGURA 114 - IPS DO POSTO 1 (CURVADORA).....	114
FIGURA 115 - IPS DO POSTO 2 (PRENSA).....	115
FIGURA 116 - IPS DO POSTO 3 (CABINE DE TESTE).....	116

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - COMPARAÇÃO DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO [8]	9
TABELA 2 - DESCRIÇÃO DOS SETE DESPERDÍCIOS [15]	11
TABELA 3 - DEFINIÇÃO DOS TERMOS DA FERRAMENTA 5 S [15]	13
TABELA 4 - CASOS DE ESTUDO COM APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	14
TABELA 5 - LEGENDA DA FIGURA 21	31
TABELA 6 - OPERAÇÕES REALIZADAS NA ZONA DE PREPARAÇÃO	31
TABELA 7 - OPERAÇÕES REALIZADAS NA LINHA AA20	33
TABELA 8 - MATRIZ DO PROCESSO PRODUTIVO DAS REFERÊNCIAS DA LINHA AA20	38
TABELA 9 - FAMÍLIAS DE REFERÊNCIAS DA LINHA AA20	39
TABELA 10 - PROPORÇÃO DE CADA FAMÍLIA DA LINHA AA20	39
TABELA 11 - FAMÍLIAS PRODUZIDAS NO LADO HP E NO LADO LP DA LINHA AA20	40
TABELA 12 - RESULTADOS DO BALANCEAMENTO (SITUAÇÃO INICIAL)	41
TABELA 13 - TEMPOS DE CICLO DAS OPERAÇÕES REALIZADAS POR FAMÍLIA (1ª ITERAÇÃO)	42
TABELA 14 - <i>WORK CONTENT</i> DE CADA FAMÍLIA (1ª ITERAÇÃO)	43
TABELA 15 - DISPONIBILIDADE SEMANAL DE CADA TURNO	43
TABELA 16 - RESULTADOS DO BALANCEAMENTO PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM QUATRO OP. (1ª IT.) ..	45
TABELA 17 - RESULTADOS DO BALANCEAMENTO PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM TRÊS OP. (1ª IT.) ..	45
TABELA 18 - RESULTADOS DO BALANCEAMENTO PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM CINCO OP. (1ª IT.) ..	46
TABELA 19 - TEMPOS DE CICLO DAS OPERAÇÕES REALIZADAS POR FAMÍLIA (2ª IT.)	50
TABELA 20 - <i>WORK CONTENT</i> DE CADA FAMÍLIA (2ª IT.)	50
TABELA 21 - RESULTADOS DO BALANCEAMENTO PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM QUATRO OP. (2ª IT.) ..	52
TABELA 22 - RESULTADOS DO BALANCEAMENTO PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM TRÊS OP. (2ª IT.) ..	53
TABELA 23 - RESULTADOS DO BALANCEAMENTO PARA AS FAMÍLIAS F1+F2 COM CINCO OP. (2ª IT.) ..	53
TABELA 24 - MÁQUINAS UTILIZADAS EM CADA POSTO DA LINHA	56
TABELA 25 - TAREFAS REALIZADAS NO <i>SETUP</i> DO POSTO 1	58
TABELA 26 - TAREFAS REALIZADAS NO <i>SETUP</i> DO POSTO 2	59
TABELA 27 - TAREFAS REALIZADAS NO <i>SETUP</i> DO POSTO 3	60
TABELA 28 - LEGENDA DA FIGURA 72 E FIGURA 89	61
TABELA 29 - DISTÂNCIA PERCORRIDA NO <i>SETUP</i> (SITUAÇÃO INICIAL)	62
TABELA 30 - TAREFAS DE <i>SETUP</i> REALIZADAS NO POSTO 1 (APÓS MELHORIAS)	68
TABELA 31 - COMPARAÇÃO DE TEMPOS DE <i>SETUP</i> NO POSTO 1	68
TABELA 32 - TAREFAS DE <i>SETUP</i> REALIZADAS NO POSTO 2 (APÓS MELHORIAS)	69
TABELA 33 - COMPARAÇÃO DE TEMPOS DE <i>SETUP</i> NO POSTO 2	70

TABELA 34 - TAREFAS DE <i>SETUP</i> REALIZADAS NO POSTO 3 (APÓS MELHORIAS).....	70
TABELA 35 - COMPARAÇÃO DE TEMPOS DE <i>SETUP</i> NO POSTO 3	70
TABELA 36 - DISTÂNCIA PERCORRIDA NO <i>SETUP</i> (APÓS MELHORIAS).....	71
TABELA 37 - COMPARAÇÃO INDICADORES <i>SETUP</i> (SITUAÇÃO INICIAL E PROPOSTA DE MELHORIA).....	72
TABELA 38 - MATRIZ DE FERRAMENTAS UTILIZADAS EM CADA REFERÊNCIA.....	73
TABELA 39 - SEQUÊNCIA ÓTIMA DE PRODUÇÃO	73
TABELA 40 - OBJETIVO E DESCRIÇÃO DE CADA TIPO DE <i>SETUP</i>	74
TABELA 41 - MATRIZ DE OBJETIVOS DE <i>SETUP</i> DA LINHA AA20.....	74
TABELA 42 - COMPARAÇÃO DE PRODUTIVIDADE COM O MESMO NÚMERO DE OPERADORES	75
TABELA 43 - COMPARAÇÃO DE PRODUTIVIDADE COM MAIS UM OPERADOR.....	75
TABELA 44 - COMPARAÇÃO DO TEMPO MÉDIO DE <i>SETUP</i>	76
TABELA 45 - COMPARAÇÃO DO OEE	77
TABELA 46 - COMPARAÇÃO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS E RESULTADOS OBTIDOS	81
TABELA 47 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO (SITUAÇÃO INICIAL).....	91
TABELA 48 - <i>WORK CONTENT</i> DE CADA FAMÍLIA (1ª ITERAÇÃO).....	92
TABELA 49 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 3 OP. (1ª IT.)	93
TABELA 50 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 4 OP. (1ª IT.)	94
TABELA 51 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 5 OP. (1ª IT.)	95
TABELA 52 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 3 OP. (1ª IT.)	96
TABELA 53 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 4 OP. (1ª IT.)	97
TABELA 54 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 5 OP. (1ª IT.)	98
TABELA 55 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F4 COM 3 OP. (1ª IT.)	99
TABELA 56 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F4 COM 4 OP. (1ª IT.)	100
TABELA 57 - <i>WORK CONTENT</i> DE CADA FAMÍLIA (2ª ITERAÇÃO).....	101
TABELA 58 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 3 OP. (2ª IT.)	102
TABELA 59 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 4 OP. (2ª IT.)	103
TABELA 60 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F2 COM 5 OP. (2ª IT.)	104
TABELA 61 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 3 OP. (2ª IT.)	105
TABELA 62 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 4 OP. (2ª IT.)	106
TABELA 63 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F3 COM 5 OP. (2ª IT.)	107
TABELA 64 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F4 COM 3 OP. (2ª IT.)	108
TABELA 65 - OPERAÇÕES REALIZADAS EM CADA POSTO PARA FAMÍLIAS F1+F4 COM 4 OP. (2ª IT.)	109

ÍNDICE

RESUMO.....	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.....	XIII
GLOSSÁRIO DE TERMOS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XXI
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Contextualização	3
1.2 Objetivos	3
1.3 Metodologia.....	3
1.4 Estrutura do relatório.....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1 Indústria automóvel.....	7
2.2 Filosofia <i>lean</i>	9
2.3 Ferramentas <i>lean</i>	13
2.3.1 <i>Standard work</i>	13
2.3.2 5 S.....	13
2.3.3 Gestão visual	14
2.3.4 Trabalhos práticos baseados em ferramentas <i>lean</i>	14
2.4 OEE - <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	15
2.5 Balanceamento de linhas	17
2.6 SMED – <i>Single-Minute Exchange of Die</i>	19

3	DESENVOLVIMENTO	25
3.1	Descrição da empresa de acolhimento	25
3.2	Descrição do processo produtivo	27
3.2.1	Diagrama de Fluxo	28
3.2.2	Árvore de produto	30
3.2.3	Gama operatória	31
3.3	Análise inicial	34
3.3.1	OEE	34
3.3.2	Registo de paragens	35
3.3.3	Tempos de <i>setup</i>	36
3.4	Balanceamento da linha AA20	37
3.4.1	Situação Inicial	40
3.4.2	1ª iteração do balanceamento da linha AA20	41
3.4.3	2ª iteração do balanceamento da linha AA20	49
3.5	Implementação da metodologia SMED	56
3.5.1	Descrição do <i>setup</i>	56
3.5.2	Estado inicial do <i>setup</i>	58
3.5.3	Ações de melhoria implementadas	62
3.5.4	Proposta de <i>setup</i> após melhorias e realocação das tarefas	67
3.5.5	Instrução Preparação <i>Standard</i>	72
3.5.6	Sequência Ótima de Produção	72
3.5.7	Objetivos de <i>setup</i>	74
3.6	Análise de resultados	75
3.6.1	Capacidade Produtiva	75
3.6.2	Tempos de <i>setup</i>	76
3.6.3	OEE	77
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	81
4.1	Conclusões	81
4.2	Proposta de trabalhos futuros	81
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	85
6	ANEXOS	91

6.1	Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20	91
6.1.1	Situação Inicial.....	91
6.1.2	1ª iteração	92
6.1.3	2ª iteração	101
6.2	Anexo B – Documentação utilizada na implementação da metodologia SMED.....	110
6.2.1	Ajudas Visuais.....	110
6.2.2	Instruções de Preparação <i>Standard</i>	114

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA DO RELATÓRIO

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Esta dissertação descreve o trabalho realizado no âmbito do estágio curricular do Mestrado em Engenharia Mecânica – Gestão Industrial, que decorreu entre os meses de Janeiro e Julho de 2018. O estágio foi realizado na empresa Hutchinson Porto, sediada no concelho de Valongo, distrito do Porto. A empresa pertence ao setor da indústria de componentes automóvel, e dedica-se à produção de tubos para sistemas de ar condicionado e direção assistida para alguns dos principais construtores de automóveis a nível global.

A oportunidade de realização do estágio, surgiu a partir de um novo projeto de produção série na empresa. O novo projeto é designado por VS30, e tem a sua produção dedicada ao modelo Sprinter do construtor alemão Mercedes-Benz, do grupo Daimler. O setor VS30 é composto por três linhas de produção (AA19, AA20 e AA23) e ainda uma zona de preparação (que alimenta as linhas de produção). O desafio proposto para este trabalho foi a otimização da linha de produção AA20, através da implementação de técnicas de melhoria continua.

1.2 Objetivos

O objetivo do trabalho é garantir que a linha de produção AA20 tem capacidade produtiva para responder aos pedidos do cliente. A capacidade produtiva da linha no inicio deste trabalho era de 1200 peças/dia, contabilizando já uma disponibilidade com três turnos rotativos, a laborar durante 24 h/dia. No entanto esta capacidade era insuficiente para fazer face ao aumento de pedidos do cliente, que seria gradual (tendo em conta o início do projeto) até atingir as 1800 peças/dia. Por outro lado, verificou-se ainda que a produtividade da linha era bastante afetada pelos numerosos e elevados tempos de *setup*, revelando assim a necessidade da implementação de melhorias para reduzir o tempo de *setup* da linha.

Então, foram definidos como objetivos para este trabalho os seguintes:

- Aumentar a capacidade produtiva da linha AA20 para 1800 peças/dia;
- Reduzir os tempos de *setup* da linha AA20 em 20%.

1.3 Metodologia

O trabalho foi desenvolvido segundo a seguinte metodologia:

1. Integração na equipa de trabalho e observação do processo produtivo;

A primeira fase consistiu na integração na empresa e equipa de melhoria contínua, seguindo-se a observação e familiarização com os processos produtivos.

2. Análise e descrição do problema e definição de objetivos;

Após a integração na empresa, foram analisados os indicadores de *performance* da linha de produção AA20, de forma a identificar os problemas e definir os objetivos do trabalho.

3. Pesquisa bibliográfica das metodologias e técnicas a implementar;

Após a definição dos objetivos, foi realizada a pesquisa bibliográfica das técnicas e metodologias a implementar. Foram utilizadas as seguintes ferramentas *lean*: balanceamento de linha, SMED, *standard work*, gestão visual e 5 S.

4. Implementação das técnicas e metodologias;

Para aumentar a capacidade produtiva da linha, colocou-se em prática a metodologia de balanceamento de linhas, através do nivelamento da carga entre postos. O balanceamento permitiu definir objetivos de produção, definir o *standard* de trabalho e analisar a capacidade produtiva da linha. Para aumentar a disponibilidade da linha, foi implementada a metodologia SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) para reduzir os tempos de *setup*. Este estudo permitiu também definir objetivos de *setup* para todas as mudanças de referência da linha, e ainda, uma sequência ótima de produção, minimizando as trocas de ferramenta.

5. Monitorização e análise de resultados.

Após a implementação de melhorias, os indicadores de *performance* da linha foram acompanhados e monitorizados de forma pormenorizada. Concluiu-se que seria necessário fazer um novo balanceamento, devido à redução do *takt time* da linha e dos tempos de ciclo das operações, o que originou uma revisão dos objetivos de produção.

1.4 Estrutura do relatório

O relatório está dividido em seis capítulos.

No primeiro capítulo é feita a contextualização do trabalho e são apresentados os objetivos definidos, a metodologia utilizada e a estrutura do relatório.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica realizada, para a elaboração do trabalho, contendo detalhes teóricos sobre as técnicas e metodologias utilizadas.

O terceiro capítulo é composto pelo desenvolvimento, apresentando todas as técnicas e melhorias implementadas, assim como os resultados obtidos.

No quarto capítulo, apresentam-se as conclusões e reflexões de todo o trabalho desenvolvido, assim como algumas considerações para trabalhos futuros.

O quinto capítulo contém as referências bibliográficas e outras fontes de informação utilizadas para desenvolver o trabalho.

Finalmente, no sexto e último capítulo, é apresentada a informação adicional, ao nível de cálculos auxiliares e toda a documentação que surgiu do trabalho elaborado.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA AUTOMÓVEL

2.2 FILOSOFIA *LEAN*

2.3 FERRAMENTAS *LEAN*

2.4 OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

2.5 BALANCEAMENTO DE LINHAS

2.6 SMED – *Single-Minute Exchange of Die*

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria automóvel

A grande revolução na indústria automóvel nasceu nos Estados Unidos da América, no início dos anos 1900, quando Henry Ford aplicou o conceito da linha de montagem à produção de veículos. Isto permitiu um enorme aumento da capacidade produtiva, possibilitando o fabrico massivo de automóveis, reduzindo drasticamente o preço de cada automóvel, tornando-o acessível a um grande número de pessoas.

O primeiro modelo produzido na linha de montagem da Ford foi o *Model T* (Figura 1), que inicialmente tinha um preço de 850 dólares, e através de melhorias implementadas no processo produtivo, foi reduzido para 300 dólares. Eventualmente, a linha de montagem da Ford produzia um *Model T* a cada 24 segundos, tendo vendido mais de 15 milhões de unidades até 1927, representando à data, metade do total de vendas de automóveis em todo o mundo[1].



Figura 1 - Ford *Model T* [2].

Impacto na economia global

Hoje em dia, a indústria automóvel é uma das indústrias com mais impacto económico a nível mundial. A produção e venda de automóveis teve um crescimento muito elevado neste milénio, e continua com um crescimento anual constante, havendo uma previsão de vendas de quase 82 milhões de veículos para o ano de 2018 (Figura 2) [3].

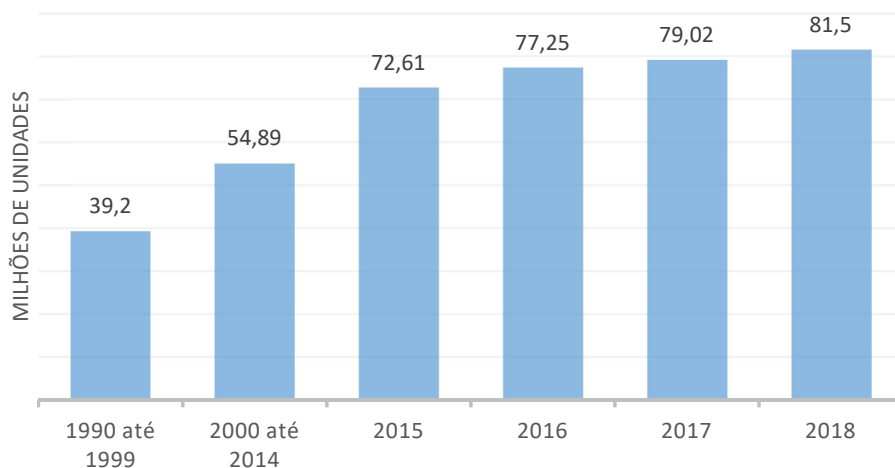


Figura 2 - Vendas anuais de automóveis em todo o mundo [3]

Impacto na economia nacional

A indústria automóvel em Portugal é particularmente significativa, tendo um forte contributo no emprego e no PIB (Produto Interno Bruto) português. As suas três principais áreas de atividade são o fabrico de moldes, o fabrico de componentes, e o fabrico de viaturas automóveis. Segundo a AFIA (Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel) [4], o setor de componentes para automóveis é o mais significativo, agregando cerca de 230 empresas, o que representa aproximadamente 51000 postos de trabalho. O volume de negócios da indústria representa cerca de 5% do PIB nacional, e 16% das exportações (Figura 3).



Figura 3 - Peso da indústria de componentes para automóveis na economia nacional em 2017 [4]

Norma IATF 16949:2016

A IATF (*International Automotive Task Force*) [5] é um grupo formado por fabricantes da indústria automóvel e as respetivas associações, e foi criado para garantir a qualidade melhorada dos seus produtos a nível global. Os membros da IATF incluem os fabricantes de veículos: BMW, Daimler AG, Fiat, Ford Motor Company, General Motors Company, Grupo PSA, Renault, Volkswagen AG; e as respetivas associações industriais dos fabricantes de veículos: AIAG (EUA), ANFIA (Itália), FIEV (França), SMMT (RU) e VDA (Alemanha).

As empresas do setor automóvel devem implementar a norma IATF 16949:2016 como forma de garantia do atendimento dos requisitos internacionais de qualidade. Esta norma abre caminhos para novas oportunidades de negócio (pois representa um selo de qualidade perante o cliente), e contribuiu para o desenvolvimento de uma organização, maximizando a produtividade e faturação através de um controlo mais abrangente dos processos. É um sistema de gestão da qualidade que, quando devidamente implementado e monitorizado, transmite maior confiabilidade dos produtos aos clientes, valorizando uma organização e as próprias relações comerciais [6].

2.2 Filosofia *lean*

O *lean* nasceu no Japão, e foi desenvolvido por Taiichi Ohno na Toyota, na década de 1940. Esta filosofia deu origem ao TPS (*Toyota Production System*), baseado no desejo de uma produção com fluxo contínuo e eficiente, e do reconhecimento que apenas uma pequena fração do processo produtivo contribui para o valor acrescentado ao cliente. Esta filosofia contrastava com a produção ocidental, baseada na produção em massa de grandes volumes com pouca variedade de produtos, desenvolvida inicialmente por Henry Ford [7]. A Tabela 1 compara o sistema de produção *lean* utilizado no Japão, com os sistemas de produção ocidentais, praticados na Europa e nos Estados Unidos da América.

Tabela 1 - Comparação dos sistemas de produção [8]

	Produção em massa	Produção <i>lean</i>
Origem	Henry Ford	Toyota
Pessoas	Mão-de-obra pouco qualificada	Equipas de trabalho multidisciplinares
Equipamentos	Dispendiosos e dedicados a apenas um fim	Sistemas manuais e automáticos com capacidade para produzir grandes volumes, com grande variedade
Método produtivo	Grandes volumes com pouca variedade	Produzir apenas as necessidades do cliente
Organização	Hierárquica - o gestor toma as decisões	Responsabilidade delegada às pessoas
Filosofia	Atingir o "suficientemente bom"	Atingir a perfeição

Toyota Production System

O TPS foi o ponto de partida, e é considerado como a base de toda a filosofia *lean*. Este sistema de produção assenta em dois pilares fundamentais: JIT (*Just-In-Time*) e *Jidoka* (Figura 4) [9].

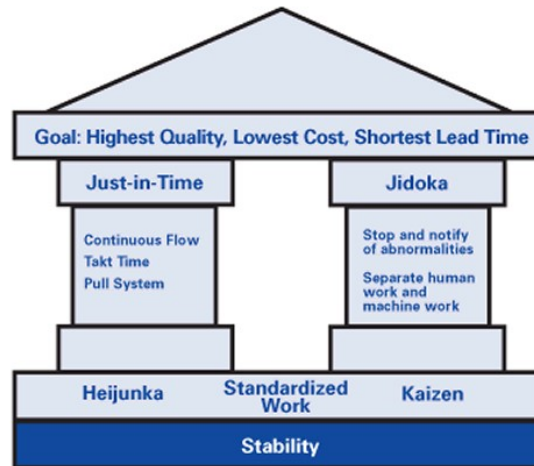


Figura 4 - Pilares do TPS [10].

O JIT significa que, num processo com fluxo contínuo, os componentes certos são recebidos na linha de montagem, no momento certo, e nas quantidades certas. Através do JIT, espera-se que o inventário seja zero. Do ponto de vista da gestão da produção, esta abordagem representa o estado ideal. No entanto, quando um produto é feito de milhares de componentes, como um automóvel, torna-se extremamente difícil aplicar o conceito em todos os processos [11].

O termo *Jidoka* significa autonomação (automação com um toque humano) e consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia para parar o processo sempre que é detetada alguma anomalia [12]. Este conceito surgiu na Toyota, a partir dos esforços de Taiichi Ohno, para que um trabalhador pudesse operar simultaneamente em mais do que uma máquina, aumentando assim a eficiência da produção. A ideia central é impedir a geração e propagação de defeitos, e eliminar assim qualquer anormalidade ao processo produtivo. A paralisação da máquina ou da linha, e a imediata análise ao problema, é o procedimento chave para a obtenção dos índices de qualidade superiores das fábricas da Toyota [13].

O que é o pensamento lean?

Segundo Womack e Jones [14], o pensamento *lean* baseia-se nos seguintes princípios:

- Identificação do valor;
- Eliminação do desperdício;
- Geração de um fluxo (de valor para o cliente).

O sucesso da implementação da filosofia *lean*, depende da compreensão e do envolvimento de todos os colaboradores da empresa. Todas as pessoas devem ser formadas para eliminar os desperdícios do seu trabalho, pois o desperdício está presente em todos os postos e níveis de organização da empresa. A eficácia do *lean* resulta da integração de: Pessoas, Métodos, Materiais e Máquinas [15].

Desperdício

O conceito de desperdício (ou *muda* em japonês) é definido como toda a atividade que não acrescenta valor ao produto na perspectiva do cliente, e como tal deve ser eliminada do processo [11]. Na literatura é consensual a identificação dos sete desperdícios mais comuns, e são descritos por Dailey [15] como indicado na Tabela 2.

Tabela 2 - Descrição dos sete desperdícios [15]

Desperdício	Descrição
Sobre produção	Ocorre quando se produz mais do que é necessário e/ou antes de ser necessário.
Esperas	Verifica-se quando materiais, recursos ou informações não estão disponíveis quando precisos, criando-se paragens ou tempos de espera.
Sobre processamento	Refere-se às operações e processos que não são necessários e pelos quais o cliente não está disposto a pagar.
Transportes	Corresponde ao transporte de material que não acrescenta valor ao produto;
Inventário	Excesso de inventário representa a acumulação de matérias-primas, de produtos semiacabados e de produtos acabados à espera de serem expedidos;
Movimentações	Representa as movimentações de pessoas e equipamentos que não acrescentam valor ao produto
Defeitos	Este desperdício é atribuído aos defeitos relacionados com os problemas de qualidade que os produtos apresentam

Segundo Womack e Jones [14] existe ainda o oitavo desperdício: talento e conhecimento. Este desperdício está relacionado com o subaproveitamento dos recursos humanos, e das suas ideias e criatividade. A Figura 5 ilustra os sete desperdícios mais comuns, identificados por Melton [8], e ainda o oitavo desperdício identificado por Womack e Jones [14].



Figura 5 - Os oito desperdícios [8]

Na maior parte dos processos produtivos, apenas 5% das atividades acrescentam valor ao produto (Figura 6). Dos restantes, apenas 35% são atividades necessárias ao processo, sendo os restantes 60% consideradas atividades desnecessárias [8].

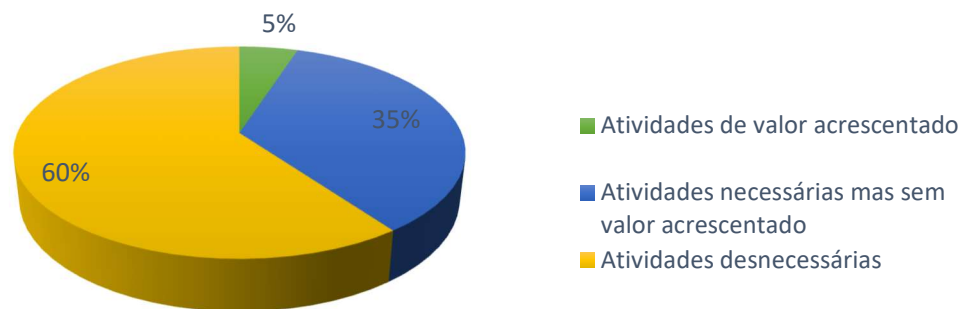


Figura 6 - Proporção das atividades produtivas [8]

Os benefícios de ser *lean*

A Figura 7 ilustra os principais benefícios de uma correta implementação da filosofia *lean*. Melton [8] descreve como principais benefícios: a redução do *lead-time* e inventário, e o aumento do conhecimento e robustez do processo produtivo (menos erros e menos retrabalho).

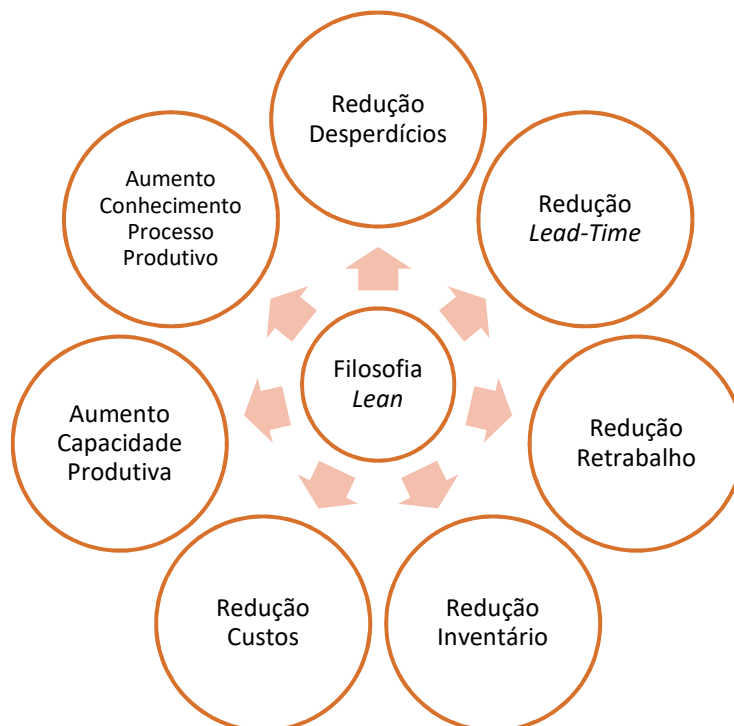


Figura 7 - Benefícios da filosofia *lean* [8]

2.3 Ferramentas *lean*

Associadas à filosofia *lean*, existe um leque de metodologias, técnicas e ferramentas. Entre estas, Melton [8] destaca as seguintes:

- *Kanban* – cartão visual que suporta o fluxo do processo produtivo numa produção “puxada”;
- 5 S – técnica de gestão do chão de fábrica;
- Gestão visual – método para medir o desempenho no chão de fábrica (gerido pelos operadores)
- *Poka-Yoke* – sistema à prova de erro;
- SMED – técnica de redução do tempo de *setup*.

Neste capítulo são descritas com mais detalhe as ferramentas utilizadas no trabalho: *standard work*, 5 S e gestão visual. No Cap. 2.6 é descrita de forma mais pormenorizada a metodologia SMED.

2.3.1 Standard work

O *standard work* consiste no processo de documentação e padronização de todas as tarefas. Estes procedimentos permitem a uniformização das tarefas e dos processos em todos os turnos, e por todos os trabalhadores [16]. Alguns exemplos da utilização desta ferramenta são as fichas técnicas dos produtos, instruções de trabalho ou instruções de preparação e manutenção de máquinas. Esta ferramenta permite aumentar a eficiência do processo produtivo e reduzir a variabilidade nos produtos [15].

2.3.2 5 S

Os 5 S são uma das ferramentas *lean* mais utilizadas no chão de fábrica. Esta ferramenta tem como objetivo criar um ambiente de trabalho saudável e aumentar a produtividade. De acordo com Dayley [15] a definição de cada termo desta ferramenta é indicada na Tabela 3.

Tabela 3 - Definição dos termos da ferramenta 5 S [15]

Termo	Tradução	Definição
Seiri	Triagem	Distinção dos materiais e ferramentas que são necessários dos que são dispensáveis para a realização das tarefas no posto de trabalho.
Seiton	Organização	Identificação e ordenação de todos os materiais para que a sua visualização seja rápida e fácil, devendo os objetos ser colocados próximo dos locais onde são mais precisos e devidamente assinalados e identificados.
Seiso	Limpeza	Limpeza dos postos de trabalho e do ambiente envolvente de forma a aumentar a qualidade, segurança e facilidade de deteção de alguma anomalia no equipamento.
Seiketsu	Normalização	Após a implementação das três etapas anteriores é necessário mantê-las, criando normas, procedimentos e planos de ação a serem cumpridos.
Shitsuke	Autodisciplina	Manutenção de todas as outras etapas e criação de hábitos, de forma a ser possível implementar a mentalidade dos 5 S como um modo de vida.

2.3.3 Gestão visual

A gestão visual consiste em informação presente no chão de fábrica relativa aos processos produtivos. Esta deve conter informações relativas às atividades diárias, devendo ser visualmente acessível a todas as pessoas, e atualizada regularmente. Geralmente, a informação é relativa aos indicadores de segurança, qualidade, produtividade, formação e limpeza, entre outros. Os principais benefícios desta ferramenta são as melhorias de comunicação entre turnos e departamentos, uma resposta mais rápida a anomalias, e uma maior percepção acerca dos indicadores de qualidade (sucata) e produtividade [15].

2.3.4 Trabalhos práticos baseados em ferramentas *lean*

Neste subcapítulo são apresentados diversos casos de estudo, com exemplos reais da aplicação das ferramentas *lean*, e dos resultados obtidos através destas (Tabela 4).

Tabela 4 - Casos de estudo com aplicação das ferramentas *lean*

Autor	Caso de Estudo
Rosa <i>et al.</i> [17]	Foi desenvolvido um projeto piloto para a implementação da metodologia SMED, complementada por outras ferramentas <i>lean</i> , com o objetivo de reduzir os desperdícios inerentes à troca de referências numa linha de montagem de cablagens na indústria de componentes para automóvel. As soluções implementadas atingiram uma redução de aproximadamente 58,3% no tempo de <i>setup</i> , contribuindo assim para o aumento da disponibilidade e da capacidade produtiva da linha de montagem.
Rosa <i>et al.</i> [18]	Foi desenvolvido um estudo com o objetivo de melhorar as linhas de montagem dos cabos de aço utilizados para controlar algumas funções básicas de automóveis, como a elevação das janelas da porta do carro. Aplicando metodologias <i>lean</i> e PDCA como base para um plano de ação, foi possível garantir a implementação das soluções desenvolvidas, e assim aumentar a produtividade da linha de montagem em 41%.
Antoniolli <i>et al.</i> [19]	Neste estudo desenvolvido numa linha de produção na indústria de componentes para automóvel, foi aplicada a ferramenta <i>standard work</i> , inserida na filosofia <i>lean</i> e <i>kaizen</i> , com o objetivo de padronizar operações, eliminar atividades sem valor acrescentado, e eliminar desperdícios. Através da eliminação do desperdício, o OEE da linha em estudo aumentou 16%, de 70% para 86%.
Guariente <i>et al.</i> [20]	Neste caso de estudo, foram desenvolvidos procedimentos de manutenção de 1º nível para uma linha de produção na indústria de componentes para automóvel, com o objetivo de aumentar a disponibilidade dos equipamentos. Através das melhorias implementadas, a disponibilidade aumentou em 10%, resultando num aumento de 8% do indicador OEE.
Costa <i>et al.</i> [21]	Numa empresa de produção de pneus, foi desenvolvido um estudo para melhorar o processo de extrusão de borracha. Adotando a metodologia <i>Six Sigma</i> , foram implementadas melhorias no processo, reduzindo desperdícios em 0,89%, o que resulta numa poupança de 165 000 €/ano, em custos de não qualidade.
Barbosa <i>et al.</i> [22]	Neste trabalho, foi definido o objetivo de aumentar a <i>performance</i> e qualidade produtiva dos equipamentos, numa fábrica de pneus. Foi utilizada a metodologia <i>Six Sigma</i> para desenvolver uma série de experiências para aumentar a taxa de qualidade e controlo do processo produtivo.

Autor	Caso de Estudo
Rosa <i>et al.</i> [23]	Através da utilização das técnicas e metodologias <i>lean</i> , mapeamento dos processos e análise de ineficiências, foi possível aumentar em 43% a produtividade de uma linha de montagem de cablagens na indústria de componentes automóvel.
Correia <i>et al.</i> [24]	Num estudo aplicado a uma linha de montagem de componentes eletrónicos, foram utilizadas as técnicas de mapeamento de processos VSM (<i>Virtual Stream Mapping</i>) e balanceamento de linhas, com o objetivo de reduzir o <i>bottleneck</i> da linha, aumentando assim a sua capacidade produtiva.
Sousa <i>et al.</i> [25]	Estudo desenvolvido numa indústria de cortiça, com o objetivo de reduzir o tempo entre troca de referências. Foram utilizadas ferramentas <i>lean</i> , como a metodologia SMED e o VSM para identificar atividades sem valor acrescentado. Foi obtida uma redução no tempo de <i>setup</i> de 43%.
Rocha <i>et al.</i> [26]	Foi desenvolvido um estudo numa empresa da indústria joalheira, com o objetivo de analisar e melhorar a gestão e controlo dos processos. Foram adotadas ferramentas ligadas à filosofia <i>lean</i> , com o propósito de eliminar os desperdícios identificados e assegurar a melhoria contínua dos processos. Como resultado deste trabalho, foram visíveis melhorias de produtividade, envolvimento das pessoas, e um maior controlo de todo o processo produtivo.

2.4 OEE - Overall Equipment Effectiveness

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) teve origem na TPM (*Total Productive Maintenance*), parte integrante do TPS, e o seu criador, Seiichi Nakajima, desenvolveu-o como meio de quantificar não apenas o desempenho dos equipamentos, mas também como métrica da melhoria contínua dos equipamentos e processos produtivos [27].

Através do OEE, pretende-se quantificar as perdas associadas aos equipamentos, como ilustra a Figura 8.



Figura 8 - Perdas associadas ao OEE [28]

O indicador OEE resulta assim da combinação de três indicadores: disponibilidade, eficiência e qualidade, como indicado na Equação 1 [9].

$$OEE (\%) = Disponibilidade \times Eficiência \times Qualidade \quad (1)$$

A disponibilidade do equipamento relaciona o tempo total disponível para operação, com o tempo efetivo que o equipamento esteve a produzir (Equação 2 [9]). Este tempo de inatividade engloba as paragens devido a avarias, *setups*, ajustes, entre outros [29].

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ disponível - Tempo\ de\ paragem}{Tempo\ disponível} \quad (2)$$

A eficiência do equipamento relaciona a quantidade produzida, com a quantidade que deveria ter sido produzida (Equação 3 [9]). Neste indicador, são contabilizadas as perdas de velocidade de funcionamento do equipamento, tais como as pequenas paragens ou redução de velocidade de operação [29].

$$Eficiência = \frac{Tempo\ de\ ciclo\ ideal \times Unidades\ produzidas}{Tempo\ de\ operação} \quad (3)$$

E por último, o indicador de qualidade compara o número de unidades produzidas, com o número de unidades defeituosas (Equação 4 [9]). São contabilizadas as perdas devido a sucata e retrabalho, e ainda perdas associadas ao arranque após paragens (sucata devido a ajustes e afinações) [29].

$$Qualidade = \frac{Unidades\ produzidas - Unidades\ defeituosas}{Unidades\ produzidas} \quad (4)$$

2.5 Balanceamento de linhas

A linha de montagem

A linha de montagem é um tipo de sistema de produção, onde as estações de trabalho são dispostas de forma sequencial (em linha), e as operações de fabrico são executadas num produto, à medida que este se movimenta pelas diferentes estações. O tempo total necessário para produzir um produto é dividido em pequenas frações, respeitando a ordem das operações, atribuídas a cada estação de trabalho [30].

De acordo com o tipo e número de artigos produzidos, uma linha de montagem pode ser classificada de acordo com os seguintes modelos (Figura 9):

- Modelo singular – apenas um tipo de produto;
- Modelo misto – diferentes tipos de produtos, produzidos de forma arbitrária (sem sequência);
- Modelo múltiplo – diferentes tipos de produto, produzidos em lotes com uma sequência de fabrico.

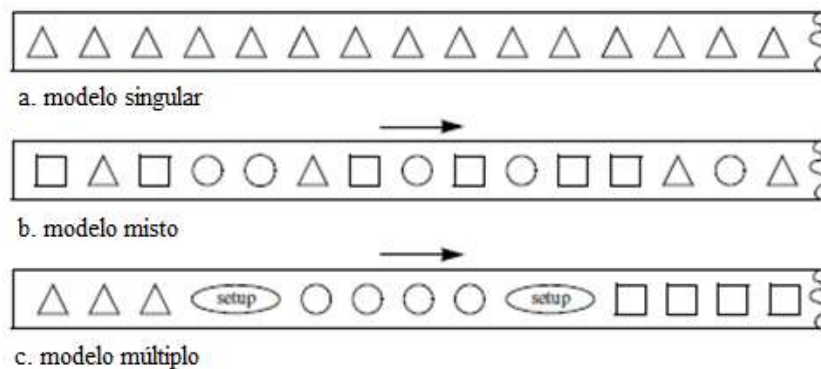


Figura 9 - Modelos de linhas de montagem [31]

Balanceamento de linha

O balanceamento de linha consiste no procedimento de afetar as operações nas várias estações de trabalho (respeitando a ordem de precedência das operações), nivelando a carga entre estações. O balanceamento da linha pode ter dois objetivos diferentes [32]:

- Reduzir o número de estações (ou pessoas) necessárias;
- Reduzir o tempo de ciclo da linha.

Takt Time vs Tempo de Ciclo

A palavra “*takt*” tem origem alemã e significa ritmo [16]. Numa orquestra, o *takt* é a batida ou o ritmo em que os músicos tocam, e o que o maestro controla. Por analogia, num ambiente de produção *lean*, o *takt* é a cadência de produção necessária para fazer face à procura do cliente [33]. O *takt time* é um termo bastante conhecido na indústria, no entanto, a sua definição tende a variar de empresa para empresa. O seu cálculo baseia-se no volume de produção e na disponibilidade de uma célula ou linha de produção (Equação 5) [16].

$$Takt\ Time = \frac{Disponibilidade\ efetiva\ de\ produção\ (tempo)}{Procura\ do\ cliente\ (unidades)} \quad (5)$$

O tempo de ciclo é muitas vezes confundido com o *takt time*. O tempo de ciclo corresponde ao tempo necessário para completar uma operação, ou um conjunto de operações numa estação de uma linha de montagem. O tempo de ciclo da linha é dado pelo ponto de estrangulamento, ou seja, a estação com o tempo de ciclo superior [16].

Segundo Ortiz [16], num balanceamento de linha deve ser utilizada a regra dos 85%. Isto significa que o tempo de ciclo da uma linha deve ser 15% inferior ao *takt time*, pelo facto de os operadores não trabalharem com um ritmo ótimo durante todo o dia de trabalho. De outra forma, vão aumentar os problemas relacionados com produção e qualidade, e aumentar o risco de acidentes e abstinência ao trabalho. Para garantir um fluxo de produção constante e eficiente, é mais prudente e realístico estabelecer um tempo de ciclo da linha a 85% do *takt time*. A Figura 10 ilustra um exemplo de uma linha produção balanceada, com o tempo de ciclo de todas as estações inferior a 85% do *tack time*.

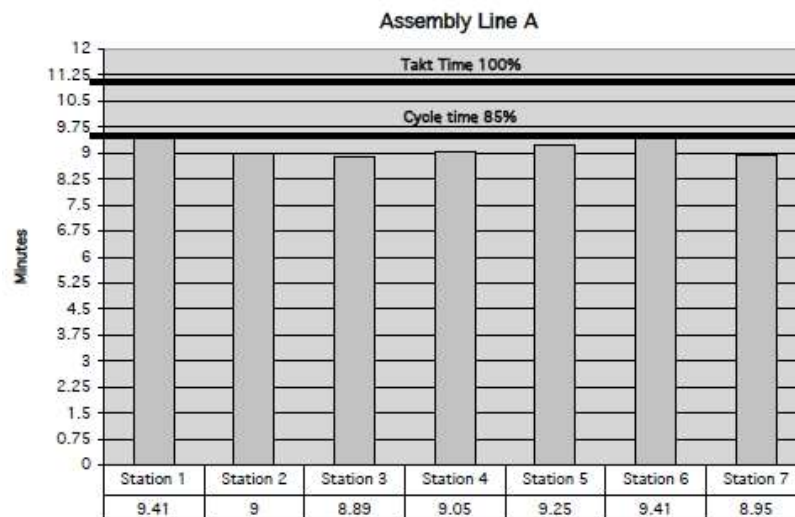


Figura 10 - Nivelamento das estações de trabalho numa linha de montagem [16]

2.6 SMED – Single-Minute Exchange of Die

A história do SMED

Em 1950, Shigeo Shingo [34] foi convidado para melhorar a eficiência de um processo na fábrica da Mazda, em Hiroshima. Foi-lhe pedido para eliminar o gargalo na montagem de prensas de 350, 750 e 800 toneladas, que não estavam a trabalhar à sua capacidade máxima. A única forma para aumentar a produtividade, passava pela aquisição de mais máquinas. Shingo pediu para inspecionar e analisar a produção durante uma semana, percebendo que durante a mudança de ferramentas de uma máquina, os operadores passavam mais de uma hora a procurar os parafusos corretos. Então, Shingo apercebeu-se que as operações de um *setup* se dividem fundamentalmente em dois tipos:

- Operações internas – só podem ser efetuadas com a máquina parada, como apertar e desapertar parafusos.
- Operações externas – podem ser feitas enquanto a máquina está a produzir, como transportar as ferramentas até à máquina.

A preparação dos parafusos era uma tarefa externa, como tal, não fazia sentido parar uma prensa de 800 toneladas por faltar um parafuso. Foi então estabelecido como procedimento de *setup* externo: a verificação de todos os parafusos necessários para o *setup* seguinte. Para além disto, foi revisto todo o procedimento, realizando todas operações possíveis em *setup* externo. Isto aumentou a eficiência em 50%, eliminando o gargalo no processo [34].

O conceito do SMED surgiu apenas em 1969, numa visita de Shingo à fábrica da Toyota, onde existia uma prensa de 1000 toneladas, que necessitava de quatro horas para cada *setup*. Através da conversão de tarefas internas em tarefas externas, foi possível reduzir o tempo de *setup* para apenas 3 minutos! Shingo idealizou então que todos os *setups* fossem efetuados em menos de dez minutos, nomeando este conceito de “*single-minute exchange of die*” ou SMED. O SMED foi então adotado em todas as fábricas da Toyota, e desenvolveu-se como um dos elementos fundamentais do famoso *Toyota Production System* [34].

Principais etapas do *setup*

De acordo com Shingo [34], geralmente o tempo do *setup* é constituído pelas várias etapas ilustradas na Figura 11. A troca de ferramentas da máquina demora apenas 5% do tempo de *setup*, sendo os testes e afinações responsáveis por cerca de 50% do tempo total, normalmente devido à falta de rigor e precisão na etapa anterior (medições e calibrações).

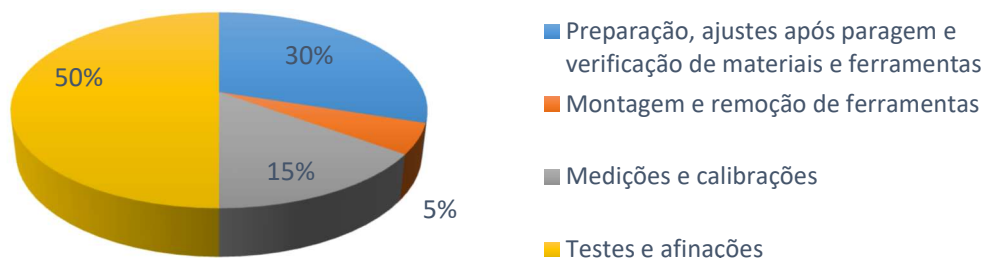


Figura 11 - Principais etapas do *setup* [34]

Estágios conceptuais do SMED

A metodologia desenvolvida por Shingo [34] pode ser decomposta em quatro estágios conceptuais (Figura 12), ordenados da seguinte forma:

- **Estágio Preliminar** – Não existe distinção entre atividades internas e externas;

Na fase inicial, não se conseguem distinguir as tarefas internas e externas, existindo tarefas que podiam ser executadas com máquina em funcionamento, mas são realizadas com a máquina parada. É necessário observar e analisar com atenção as atividades realizadas no chão de fábrica, recorrendo ao uso de um cronómetro, entrevistas com os operadores, e se possível, filmagens.

- **Estágio 1** – Atividades internas e externas;

Este é considerado o estágio mais importante da implementação do SMED. Através das observações realizadas no estágio anterior, devem ser classificadas todas as tarefas como externas ou internas. As atividades externas devem passar a ser realizadas antes ou após a paragem da máquina. Estima-se que apenas neste estágio sejam obtidas reduções entre 30% e 50% do tempo de *setup*.

- **Estágio 2** – Conversão das atividades internas em externas;

A realização deste estágio envolve duas importantes noções: reexaminar as operações para garantir que nenhuma tarefa foi erradamente assumida como interna, e encontrar soluções para converter as tarefas internas em externas. É importante analisar a verdadeira função de cada tarefa, e adotar novas perspetivas.

- **Estágio 3** – Implementação de melhorias nas operações.

O último estágio consiste na melhoria de todas as operações de *setup*, internas ou externas, analisando ao pormenor cada elemento que constitui uma operação. Por fim, devem ser elaboradas normalizações (*standards*) de trabalho que definam exatamente como, quando e onde cada operação deve ser realizada. Os estágios 2 e 3 não precisam de ser implementados de forma sequencial, podendo ser executados em simultâneo.

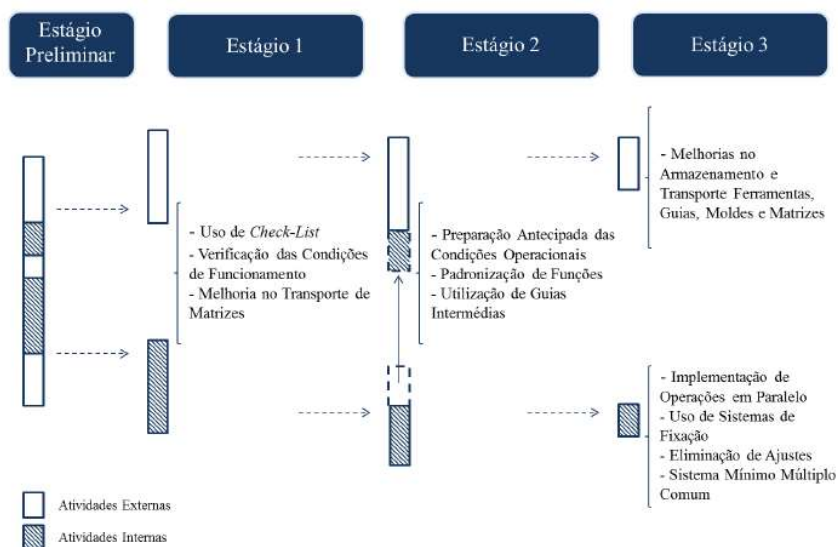


Figura 12 - Estágios da metodologia SMED [35]

Benefícios do SMED

O impacto da aplicação da metodologia SMED traduz-se, visivelmente, num aumento considerável da flexibilidade e da capacidade produtiva dos equipamentos. A redução dos tempos de mudança entre produtos permite reduzir o tamanho dos lotes, reduzindo assim o *lead-time* e os custos com inventário. Para além disso, aumenta também a capacidade de resposta à variabilidade de procura do cliente. Por outro lado, a implementação do SMED origina a normalização e documentação de todos os processos [15].

DESENVOLVIMENTO

3.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA DE ACOLHIMENTO

3.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

3.3 ANÁLISE INICIAL

3.4 BALANCEAMENTO DA LINHA AA20

3.5 IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA SMED

3.6 ANÁLISE DE RESULTADOS

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Descrição da empresa de acolhimento

A Hutchinson Porto é uma empresa multinacional, que faz parte do grupo Hutchinson, líder em diversas áreas, como vibrações, fluídos, isolamentos, entre outros. O grupo emprega cerca de 43000 pessoas em 24 países e gerou um volume de receitas de 4,115 mil milhões de euros em 2017 [36].

Em Portugal, conta com duas unidades de produção (Porto e Portalegre), dedicadas à indústria de componentes para a indústria automóvel. A unidade do Porto está sediada no concelho de Valongo, distrito do Porto, e conta atualmente com cerca de 750 colaboradores. Esta unidade fabril dedica-se à produção de tubos para sistemas de ar condicionado e direção assistida no setor automóvel.

A Hutchinson Porto fornece alguns dos maiores construtores de automóveis a nível mundial. Atualmente, a produção de tubos para sistemas de ar condicionado representa cerca de 75% do volume total da produção, sendo os restantes 25% dedicados à direção assistida.

A Figura 13 ilustra um exemplo de um dos seus produtos. Neste exemplo está representado um sistema de ar condicionado utilizado no automóvel.



Figura 13 - Sistema de ar condicionado

A gestão no chão de fábrica está dividida em três UAPs (Unidade Autónoma de Produção). Cada UAP tem um responsável de produção, e uma equipa de QRQC (*Quick Response to Quality Control*) composta por elementos dos departamentos de segurança, qualidade, produção, melhoria contínua, logística e manutenção. As equipas de QRQC reúnem-se diariamente para discutir os problemas do dia anterior.

Estes problemas podem ser tratados de três formas:

- *Just do it* – problemas com resolução fácil e imediata;
- Problema do dia – problema que requer uma análise pormenorizada recorrendo às ferramentas da qualidade 5 M e 5 Why, de forma a encontrar a(s) causa-raiz do problema e eliminá-la(s);
- *QC Story* – quando é recorrente um problema já abordado como problema do dia. Neste caso o problema deve ser analisado segundo uma Metodologia A3.

Na Figura 14 está representado o esquema do chão de fábrica, onde se pode visualizar as áreas de cada UAP com as seguintes cores:

- UAP 1: Azul Escuro
- UAP 2: Laranja
- UAP 3: Azul Claro

Existem também dois armazéns: o Armazém MP (Matéria-Prima) e o Armazém PA (Produto Acabado), a zona de corte de alumínio e mangueira (ou tubagem), e o Muro da Qualidade, onde são controlados alguns produtos antes de serem armazenados.

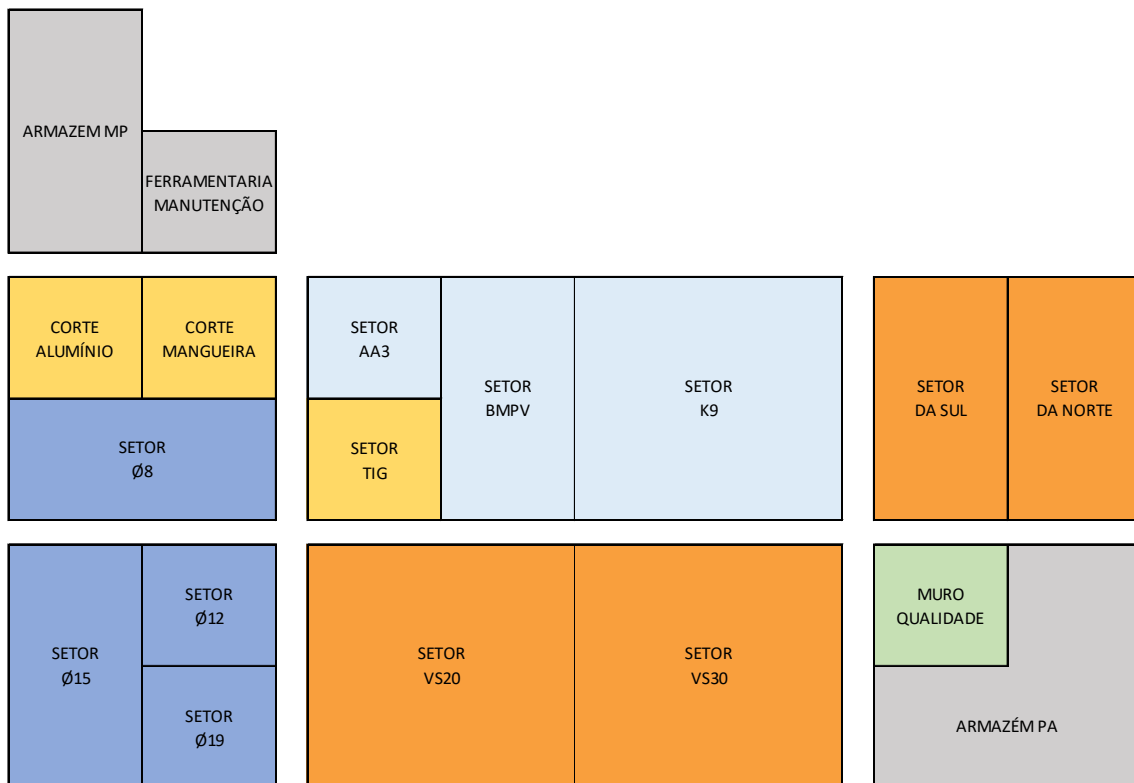


Figura 14 - Esquema do chão de fábrica

A produção labora durante 24 horas por dia, 7 dias por semana. Dependendo da procura e da capacidade das linhas, existem linhas que laboram de segunda a sexta em turnos 8 horas, e outras linhas que laboram de segunda a domingo, em turnos de 12 horas.

Existem três tipos de produção, dependendo da procura de cada referência:

- MTS (*Make To Stock*) – referências com uma cadência alta de pedidos, tornando-se necessário fazer *stock* para garantir um elevado nível de serviço.
- MTO (*Make To Order*) – referências com uma cadência baixa de pedidos. Só são produzidas quando existe pedido.
- Recâmbios – referências que já não são produzidas, mas pode haver pedido do cliente para reposição de peças em veículos antigos.

3.2 Descrição do processo produtivo

A linha de produção em foco neste trabalho é designada por AA20 e integra o projeto VS30. Este projeto tem toda a sua produção dedicada ao modelo Sprinter da marca alemã Mercedes-Benz (Figura 15).



Figura 15 - Mercedes-Benz Sprinter [37].

Neste setor de produção (VS30), incluem-se as linhas de produção AA19, AA20, AA23, e uma zona de preparação designada PREP.

A PREP recebe a matéria-prima, tubos de alumínio, e é responsável pelas operações (por esta ordem) de embutição, lavagem e soldadura. Existem referências que contêm válvulas, parafusos e/ou cavilhas, e, portanto, as operações de furar, cravar e aparafusar são também realizadas na PREP.

As linhas são abastecidas com tubos de alumínio semielaborados da PREP, e todos os restantes componentes (tubagem, tampões, etc.) que compõe uma referência, são abastecidos pelo comboio logístico, em sistema *kanban*.

A linha AA20 tem capacidade para produzir duas referências de forma paralela, produzindo de um lado tubos de alta pressão (HP) e do outro lado tubos de baixa pressão (LP). Nesta linha, os tubos HP tem diâmetro exterior de 12 mm, e os tubos LP tem diâmetro exterior de 13, 16, 18 e 19 mm.

3.2.1 Diagrama de Fluxo

Setor Daimler VS30

O fluxo dos processos no setor VS30 é ilustrado pela Figura 16. O armazém MP recebe todos os componentes e é responsável por abastecer as linhas e as zonas de preparação. A tubagem é adquirida em rolos, que são enviados para o Corte de Tubagem onde é efetuado o corte com as dimensões de cada referência. Após o corte da tubagem, o comboio logístico leva as tubagens até às linhas de produção. Os tubos de alumínio vêm do fornecedor já com as dimensões corretas, e abastecem a zona de preparação em sistema *kanban*.

Na PREP são efetuadas as operações de embutição, lavagem, soldadura e aparafusar. Na embutição é embutido o tubo (rolinado) e/ou uma flange. Após a embutição é necessário fazer a lavagem dos tubos para retirar o óleo utilizado neste processo. Existem dois processos de soldadura, chama e indução, onde são soldadas as válvulas e/ou flanges. O último processo na PREP é aparafusar a válvula e pode ser colocada uma cavilha ou *stud* (componentes que auxiliam a montagem das peças no veículo).

No final do processo, as referências são enviadas para o *shop stock*, local onde são armazenados os tubos de alumínio semielaborados que abastecem as linhas de produção.

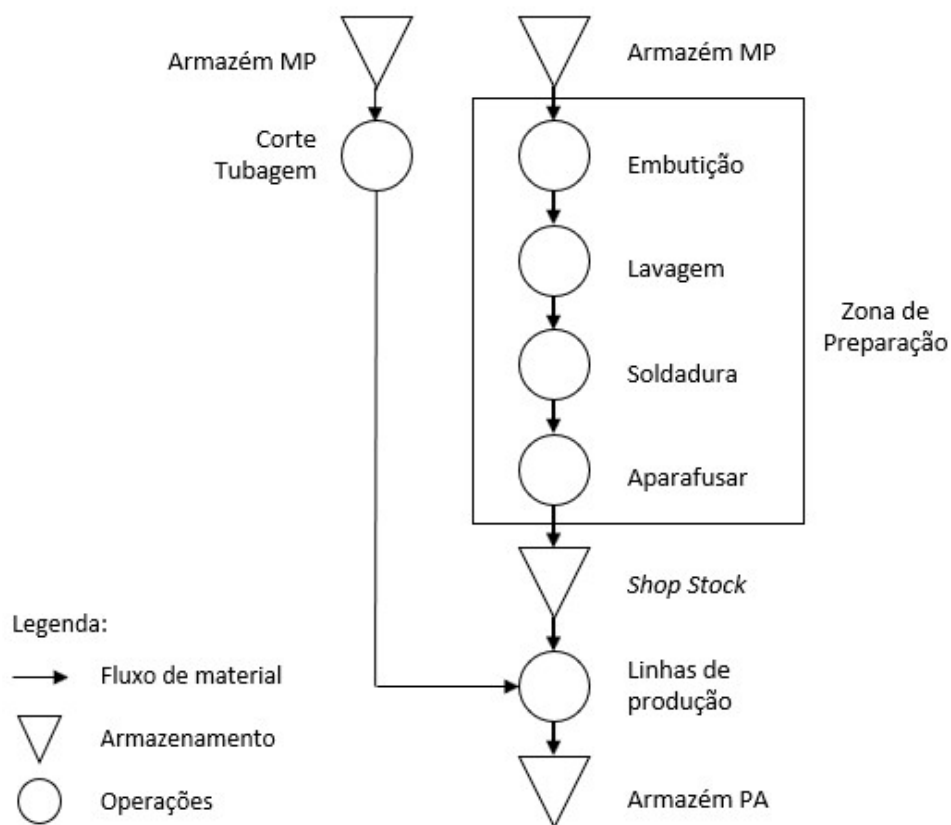


Figura 16 - Diagrama de fluxo do processo produtivo Daimler VS30

Linha AA20

A Figura 17 ilustra o diagrama de processo da linha AA20. Os tubos de alumínio semielaborados das linhas são abastecidos pela PREP através do *Shop Stock*. Os restantes componentes são abastecidos pelo comboio logístico em *kanban*.

Dentro da linha, são efetuadas as operações de curvar, prensar e embalar. Existem também os controlos de qualidade: verificar a geometria no GCC (*Gabarit* de Controlado Curvado), teste de obstrução e teste de estanquidade. Todas estas operações são efetuadas de forma paralela nos dois lados da linha (LP e HP).

Após as operações e controlos, as referências são enviadas para o Armazém PA, podendo existir ainda um controlo final no Muro da Qualidade. Aqui, as referências são verificadas por operadores especializados, para garantir a presença de todos os componentes e que a peça não apresenta danos. É também controlada a geometria final da peça no GCF (*Gabarit* de Controlado Final).

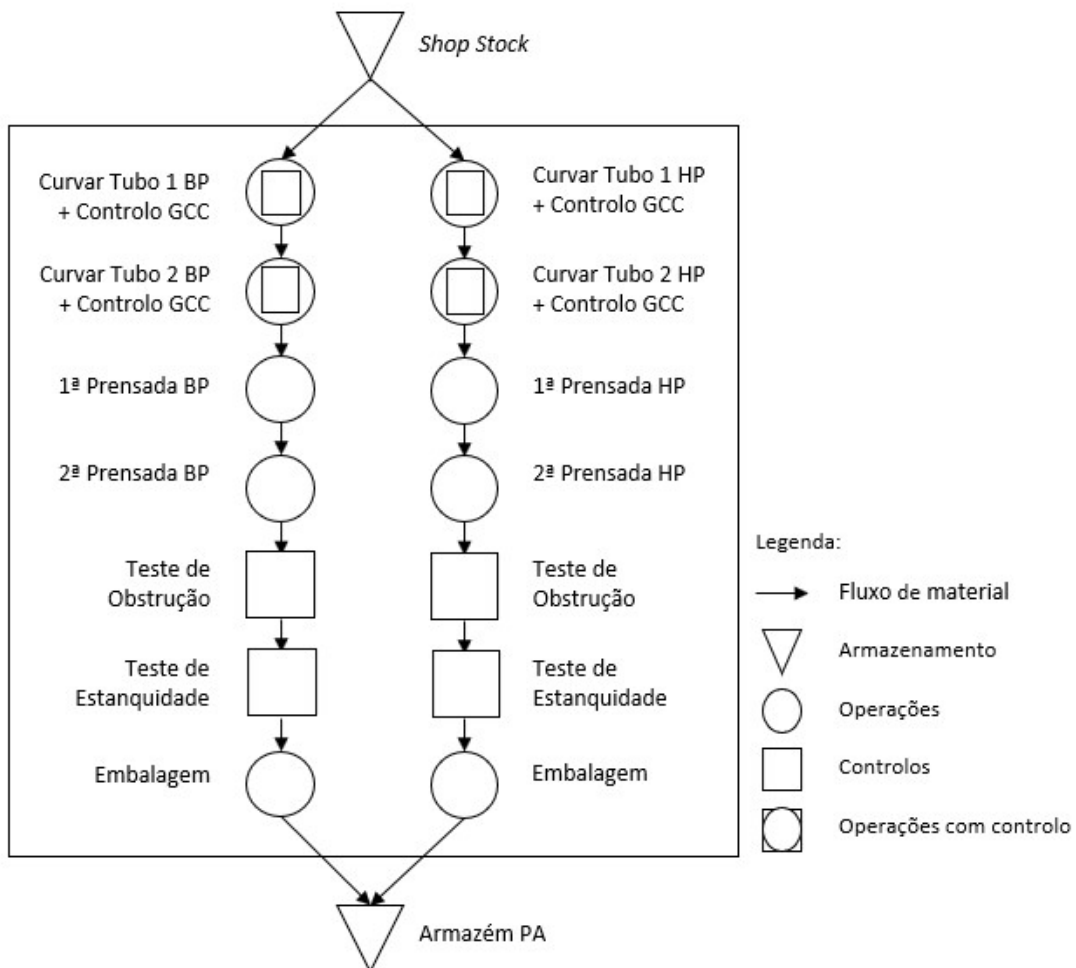


Figura 17 - Diagrama de fluxo do processo produtivo da linha AA20

3.2.2 Árvore de produto

A Figura 18 mostra a árvore de produto ou BOM (*Bill of Materials*) da referência T.80932. Esta é uma típica BOM que representa a generalidade das referências de ar condicionado. Apenas os tubos de alumínio e a tubagem têm operações realizadas antes da linha de produção. Os restantes componentes são adquiridos a fornecedores externos e abastecidos diretamente na linha, através do comboio logístico.

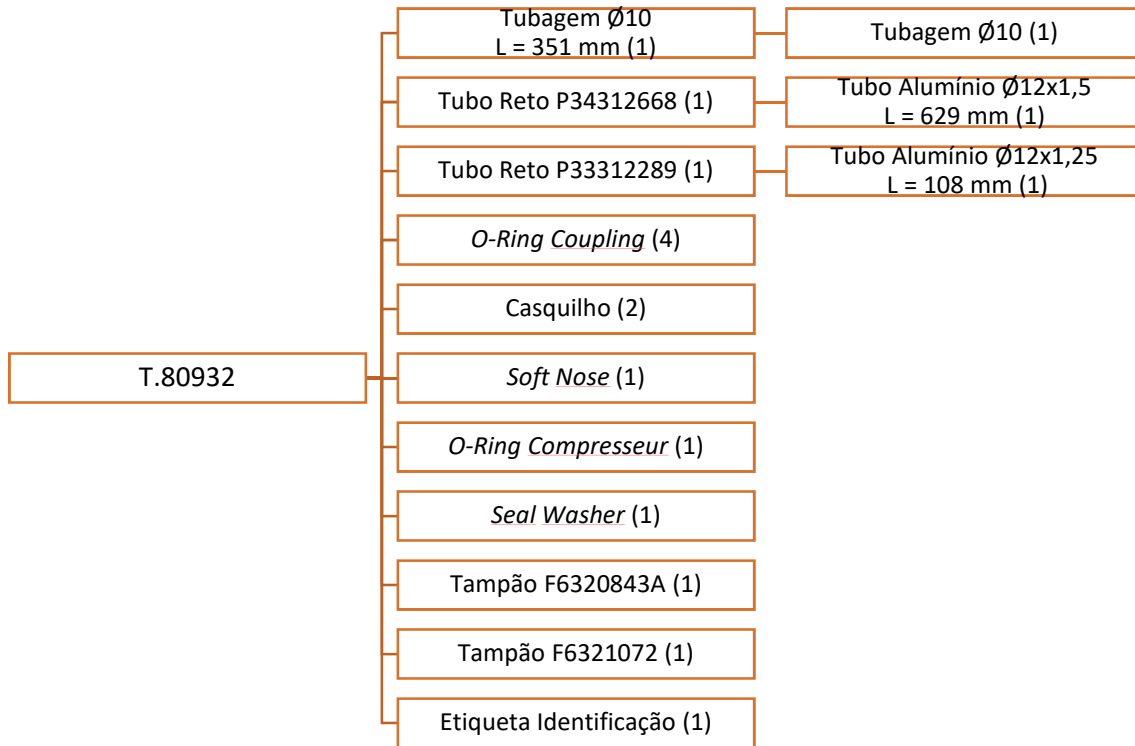


Figura 18 - Árvore de produto da referência T.80932

A Figura 19 ilustra a referência T.80932 e todos os seus componentes. A legenda da figura pode ser consultada na Tabela 5.

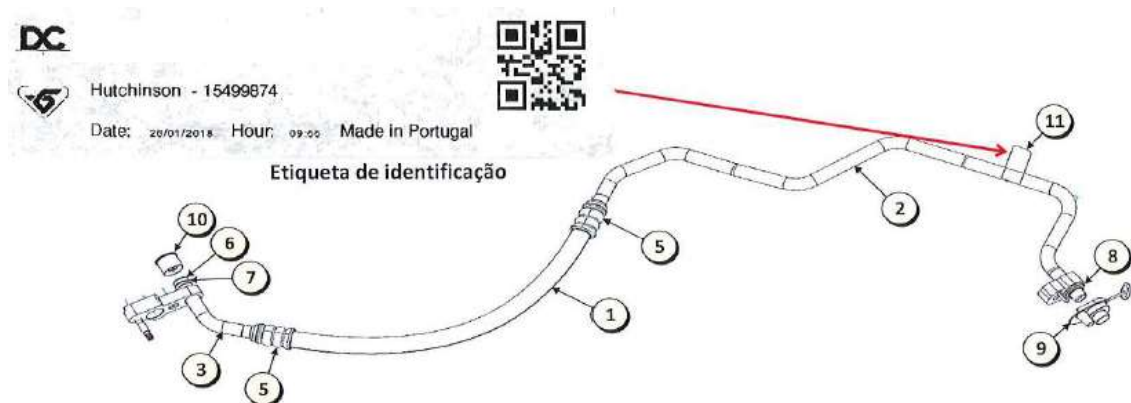


Figura 19 - Esquema da referência T.80932

Tabela 5 - Legenda da Figura 19




Designação	Referência	Legenda
Tubagem Ø10 mm	F1341011L351	1
Tubo alumínio Ø12x1,5 mm	P34312668	2
Tubo alumínio Ø12x1,25 mm	P33312289	3
<i>O-Ring Coupling</i> Ø10 mm	F6110712	4
Casquilho Ø10 mm	F2841806	5
<i>Soft Nose</i> Ø16 mm	F6940143	6
<i>O-Ring Compresseur</i>	F6110911	7
<i>Seal Washer</i>	F6180112	8
Tampão	F6320843A	9
Tampão	F6321072	10
Etiqueta Identificação	F6542511	11

3.2.3 Gama operatória

Zona de Preparação

Na Tabela 6 são enunciadas as operações realizadas na PREP, assim como os componentes utilizados em cada processo.

Tabela 6 - Operações realizadas na zona de preparação





Processo	Componente	Figura
Embutição (Rolinado)	-	 Figura 20 - Tubo embutido (rolinado)
Embutição	Flange	 Figura 21 - Tubo embutido (flange)
Soldadura por Chama	Flange	 Figura 22 - Flange soldada (soldadura por chama)




Processo	Componente	Figura
	Válvula	 <p>Figura 23 - Válvula soldada (soldadura por chama)</p>
Soldadura por Indução	Válvula	 <p>Figura 24 - Válvula soldada (soldadura por indução)</p>
	Válvula	 <p>Figura 25 - Válvula aparafusada</p>
Aparafusar	Cavilha	 <p>Figura 26 - Flange com cavilha</p>
	<i>Stud</i>	 <p>Figura 27 - Flange com <i>stud</i></p>

Linha AA20

A Tabela 7 enuncia as operações realizadas na linha AA20, ilustrando cada processo com a figura correspondente.

Tabela 7 - Operações realizadas na linha AA20

Processo	Componente	Figura
Curvar	Tubo Alumínio P34312668	
Curvar	Tubo Alumínio P33312289	
Prensar (1ª Prensada)	Tubo Alumínio P34312668 + Tubagem + Casquilho + O-ring Coupling	
Prensar (2ª Prensada)	Tubo Alumínio P33312289 + Tubagem + Casquilho + O-ring Coupling	

Processo	Componente	Figura
Colocar Soft Nose	Soft Nose + O-ring Compresseur + Seal Washer	 
Embalagem	Tampões + Etiqueta de identificação	

3.3 Análise inicial

Tendo em conta que se tratava de um projeto em arranque de produção em série, não havia ainda um conhecimento sobre as causas que mais afetavam a produção. Desta forma, foi necessário fazer uma recolha de dados, convertendo-os em indicadores, de forma a ser possível analisá-los.

Foram recolhidos diariamente dados de produção/eficiência, disponibilidade e qualidade, obtendo-se desta forma o OEE. Para além disto, foi colocada na linha uma folha de registo de paragens, para analisar os motivos que originavam as paragens da linha, e as suas durações.

3.3.1 OEE

O projeto passou no mês de Março de 2018 de forma oficial da fase de industrialização para a produção em série. Foi considerado como “situação inicial” os dados referentes ao 1º mês de produção série. A Figura 35 mostra os dados dos indicadores de disponibilidade, eficiência, qualidade e OEE relativos ao mês de Março.

Durante este mês, a disponibilidade da linha teve um valor médio de 79%. A partir da folha de registo de paragens, foram analisados os motivos que originavam as mesmas.

Em relação à *performance* ou eficiência da linha, esta ficou-se com um valor médio de 72%. Este valor reflete não só a inexperiência e falta de formação dos operadores, mas também a falta de objetivos de produção e FOS (Folha de Operação *Standard*). Desta forma, foi definido como objetivo do trabalho a definição dos objetivos de produção. Isto implica fazer um balanceamento da linha, a partir do qual é criado um *standard*, de forma a padronizar o fluxo das operações da linha.

O indicador de qualidade teve o valor mais elevado, com uma média de 94%. Ainda assim, este valor representa uma percentagem de não qualidade de 6%, valor acima do objetivo da linha: 4%.

Tendo em conta os três indicadores, o OEE da linha AA20 no mês de Março teve um valor médio de apenas 54%. Este é um valor demasiado baixo, mas compreensível devido ao facto do projeto estar numa fase de arranque e com muitos problemas a nível de industrialização.

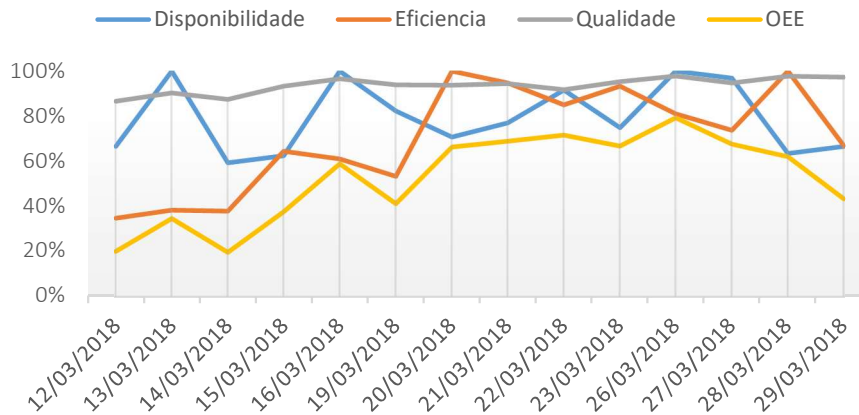


Figura 35 - OEE da linha AA20 no mês de Março de 2018

3.3.2 Registo de paragens

Devido à baixa disponibilidade da linha, houve a necessidade de colocar na mesma, uma folha de registo de paragens para ser preenchida pelos operadores. Desta forma, passou a existir um registo com todos os dados relativos às paragens, facilitando a sua análise, de forma a identificar e eliminar as suas causas-raiz.

Este registo começou a ser realizado na semana nº 13, considerando-se a situação inicial o período até à semana nº 16. Como ilustra a Figura 36, neste período a linha teve uma indisponibilidade média de 31%, atingindo um pico de 44% na semana nº 15, devido a um elevado número de *setups* realizado nessa semana.

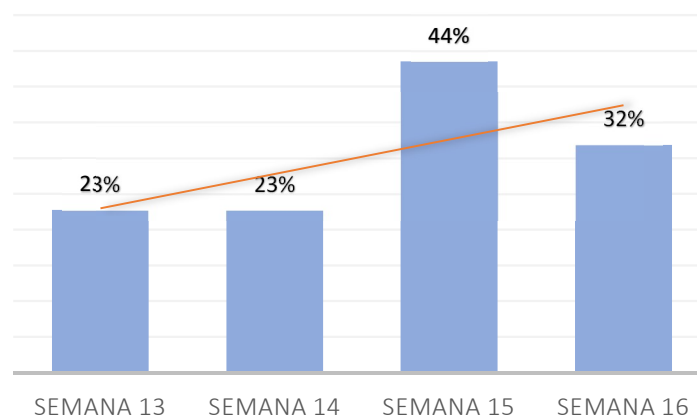


Figura 36 - Indisponibilidade média da linha AA20

Foram contabilizados os motivos das paragens (Figura 37), concluindo-se que o principal motivo eram os *setups* (média de 5 por semana), seguindo-se afinações (média de 4) e avarias (média de 3). Existiam também paragens devido a faltas de matéria-prima ou ferramentas que,

ao contrário de *setups*, afinações e avarias, não são paragens inevitáveis e devem ser eliminadas através da análise às suas causas-raiz.

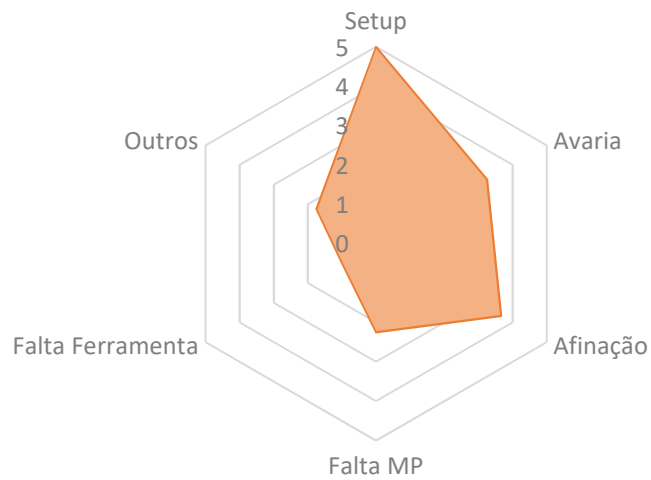


Figura 37 - Motivos de paragem por semana

3.3.3 Tempos de *setup*

Foram analisados individualmente os tempos de *setup*, por ser o tipo de paragem mais frequente na linha (mas inevitável), e por apresentar valores muito elevados. Através desta análise, verificou-se a necessidade de implementar a metodologia SMED, de forma a reduzir os tempos de *setup*.

Até à semana nº 16, o tempo de *setup* médio era de 107 minutos, tendo atingido nessa semana um pico de 129 minutos (Figura 38). Estes valores eram demasiado elevados, comparados com outras linhas (de outros projetos), cujos tempos médios variam entre os 20 e 30 minutos.

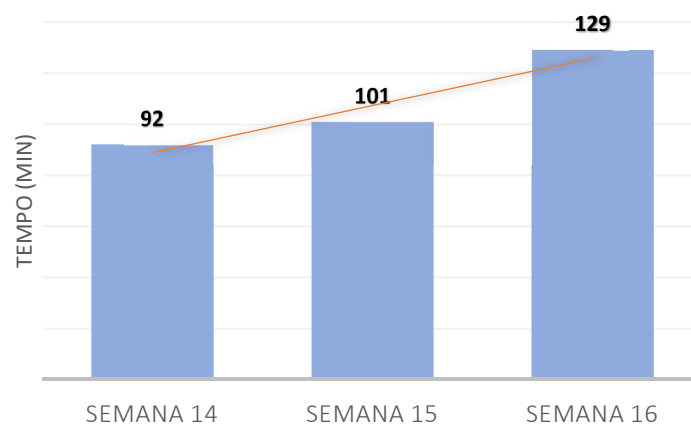


Figura 38 - Tempo médio de *setup*

3.4 Balanceamento da linha AA20

Para se efetuar o balanceamento da linha, existe na empresa um procedimento interno, para que este seja feito de forma padronizada. O diagrama da Figura 39 ilustra este procedimento.

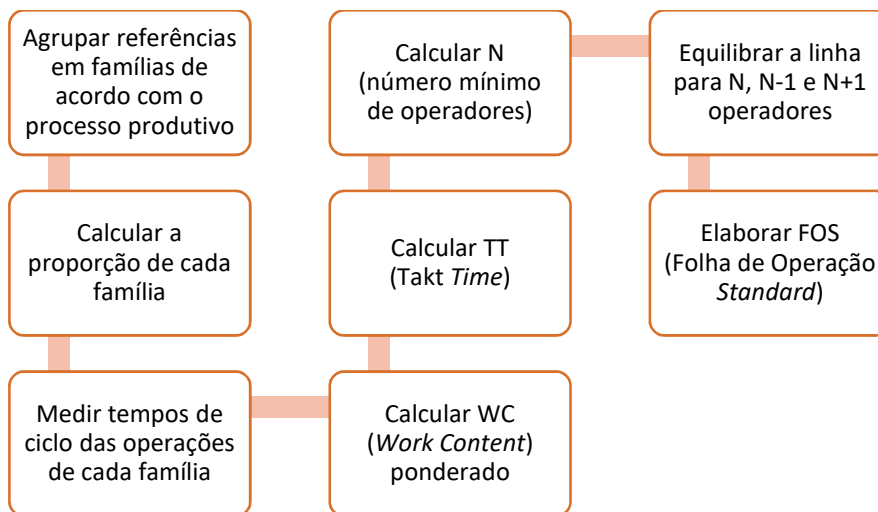


Figura 39 - Procedimento para efetuar o balanceamento da linha

Previsão de Procura Anual

Analisando a previsão de procura mensal da linha AA20 através da Figura 40, percebe-se que existe uma tendência crescente, espelhando o facto do projeto estar numa fase inicial. Verifica-se que existe um aumento constante todos os meses, verificando-se um maior aumento entre os meses de Maio e Junho (aumento de 43%) e entre os meses de Agosto e Setembro (aumento de 28%).

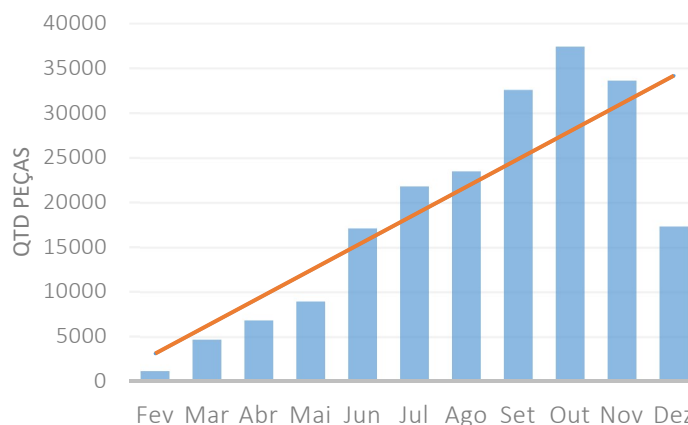


Figura 40 - Previsão de procura da linha AA20 em 2018

Plano Diretor Produção

Para fazer face à previsão de procura da linha AA20, o PDP (Plano Diretor de Produção) tem planeada uma produção de 500 peças/dia (ou 10000 peças/mês) até ao mês de Maio, subindo para 900 peças/dia (ou 18000/mês) a partir de Junho, e até Setembro, no mês em que sobe para o objetivo do projeto: 1800 peças/dia (ou 36000 peças/mês), como ilustra a Figura 41.

O balanceamento da linha e a definição dos objetivos de produção são fundamentais para analisar a capacidade produtiva da linha, e avaliar a necessidade de introdução de turnos adicionais para cumprir o planejamento do PDP.

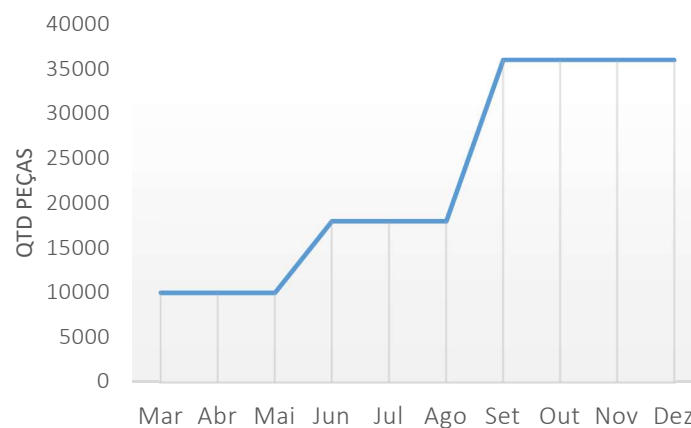


Figura 41 - Plano Diretor de Produção da linha AA20 em 2018

Famílias de referências

Na linha AA20 são produzidas diversas referências, no entanto, existem bastantes similaridades entre algumas destas a nível do processo produtivo. Então, antes de se efetuar o balanceamento da linha para todas as referências, estas são agrupadas de acordo com o seu processo produtivo.

Para agrupar as famílias, foi construída uma matriz com o processo produtivo de cada referência (Tabela 8). Foram agrupadas na mesma família as referências com o mesmo processo produtivo, ou seja, com operações nas mesmas máquinas. Foi feita uma exceção nas referências com Ø12 mm, uma vez que a referência T.80932 tem o componente *soft nose*, e a referência T.80937 tem o componente *bracket*. No entanto, o tempo de ciclo destas operações é idêntico e, portanto, estas duas referências foram agrupadas na mesma família.

Tabela 8 - Matriz do processo produtivo das referências da linha AA20

AA20	Curvadora	Prensa	Prensa Manual	Soft Nose	Bracket	Teste Obstrução	Teste Estanquidade	Família
T.80932	X	X		X		X	X	1
T.80937	X	X			X	X	X	1
T.80930	X	X		X		X	X	2
T.80931	X	X		X		X	X	2
T.80933	X	X		X		X	X	2
T.80939	X	X		X		X	X	2
T.80935	X	X				X	X	3
T.81095	X	X				X	X	3
T.70766	X	X				X	X	3
T.70927	X	X				X	X	3
T.70764	X	X	X	X		X	X	4

Após a análise da matriz do processo produtivo, as referências foram agrupadas de acordo com o indicado na Tabela 9.

Tabela 9 - Famílias de referências da linha AA20

Família	Referência
F1	T.80932
	T.80937
F2	T.80933
	T.80931
	T.80930
	T.80939
F3	T.80935
	T.81095
	T.70766
F4	T.70927
	T.70764

Proporção de cada família

Após o agrupamento das famílias, é calculada a quantidade de peças a produzir de cada família e através desta quantidade, é possível calcular a proporção de cada família (Tabela 10). Esta proporção representa o *mix* produtivo da linha. Devido às diferenças dos tempos de ciclo de cada família, esta proporção permite calcular o tempo de ciclo ponderado, que deve ser inferior ao *takt time* da linha.

Tabela 10 - Proporção de cada família da linha AA20

Família	Procura Anual (Qtd Peças)	Proporção (%)
F1	112781	56%
F2	65226	32%
F3	6369	3%
F4	16502	8%
Total	200878	100%

Combinação de famílias

Como já foi referido na descrição do processo produtivo (Cap. 3.2), a linha AA20 produz em simultâneo uma referência no lado HP e outra no lado LP. Contudo, alguns postos da linha produzem as duas referências, logo torna-se necessário efetuar o balanceamento da linha com as possíveis combinações dos dois lados. Tal como indicado na Tabela 11, no lado HP só é produzida a família 1, mas no lado LP são produzidas as famílias F2, F3 e F4.

Tabela 11 - Famílias produzidas no lado HP e no lado LP da linha AA20

Lado HP	Lado LP
	F2
F1	F3
	F4

Então, é necessário efetuar o balanceamento da linha para as seguintes combinações:

- F1 + F2;
- F1 + F3;
- F1 + F4.

3.4.1 Situação Inicial

Inicialmente, a linha AA20 começou a trabalhar com quatro operadores. As operações realizadas em cada posto podem ser consultadas na Tabela 47 no Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20. Como ilustra a Figura 42, o ponto de estrangulamento da linha era o Posto 1, com um tempo de ciclo de 114 s.

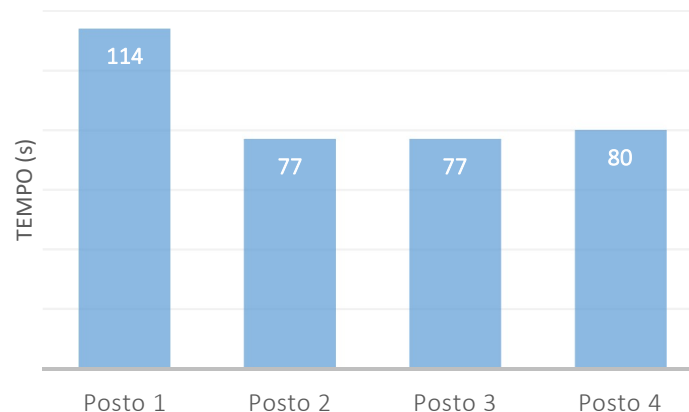


Figura 42 - Balanceamento dos postos da linha (situação inicial)

O objetivo de produção (Equação 6) é calculado através do tempo de ciclo do ponto de estrangulamento da linha. O objetivo é calculado a 90% (regra interna), para haver uma margem de 10% para concessões, *setups* e flutuações no ritmo dos operadores. No caso da linha AA20, como produz em simultâneo duas referências, o objetivo é também multiplicado por dois, pois o tempo de ciclo da linha corresponde ao tempo necessário para produzir as duas referências.

$$\begin{aligned}
 \text{Objetivo Produção} &= \frac{60 \times 60}{TC} \times 2 \times 90\% = \frac{3600}{114} \times 2 \times 90\% \\
 &= 57 \text{ peças/hora}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

O coeficiente PPH (peças/op./h.) é calculado através da Equação 7. Este indicador é utilizado para comparar a eficiência dos vários balanceamentos. O balanceamento para um maior número operadores pode resultar numa maior produtividade, mas com menor eficiência, ou seja, um menor número de peças produzidas por cada operador.

$$PPH = \frac{\text{Objetivo Produção}}{N} = \frac{57}{4} = 18,9 \text{ peças/op./hora} \quad (7)$$

Como indicado na Tabela 12, inicialmente a linha tinha capacidade (a 90%) para produzir 57 peças/hora, com uma eficiência de 18,9 peças/op./h.

Tabela 12 - Resultados do balanceamento (situação inicial)

Tempo de Ciclo (s)	114
Produção 90% (peças/h)	57
PPH (peças/op./h)	18,9

3.4.2 1ª iteração do balanceamento da linha AA20

O primeiro balanceamento da linha foi efetuado no início do projeto, no mês de Março. Este balanceamento era necessário para definir os objetivos de produção, e definir o *standard* de trabalho para N, N-1 e N+1 operadores. Isto permite a linha ter flexibilidade para trabalhar com um variado número de operadores, e estar preparada para trabalhar na ausência de algum operador, ou produzir a uma cadência mais alta no caso de algum atraso da produção.

Medição dos tempos de ciclo

Após a definição de famílias, segue-se a cronometragem dos tempos de cada operação. Uma vez que as referências estão agrupadas por família, é desnecessário cronometrar tempos de todas as referências. Sendo assim, é necessário cronometrar os tempos das operações apenas de uma referência por família.

A medição do tempo de ciclo deve seguir os seguintes pressupostos:

- Operador deve trabalhar a um ritmo normal;
- Operador deve estar habilitado para o posto;
- Definir muito bem os TOPs (tempo de início e fim de ciclo);
- Registrar 10 a 20 ciclos iguais e repetitivos;
- Filmar pelo menos 4 ciclos;
- Calcular nº de passos do operador;
- Registrar tempos de espera;
- Registrar tempos de máquina;
- Selecionar o tempo mínimo repetido por operação;
- Se não existir tempo repetido, selecionar o 3º tempo mais baixo;
- Apontar razão de ciclos com anomalias (máximos);
- Ter em atenção possíveis melhorias;
- Registrar melhorias em PDCA (*Plan Do Check Act*);
- Analisar todas as dependências das máquinas (*Poka yokes*).

A Figura 43 ilustra a folha standard utilizada para fazer a medição dos tempos de ciclo de cada operação.

Medição de tempo de ciclo																											
Produto / Referência: T.80932 + T.80933												Posto: 2						Linha: AA20									
Processo: PSL0030 + Soft Nose												Análise efectuada por: Paulo Dias															
Nr.	Operação elementar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Min/Freq	Média	mini	Maxi	V%	
1	1ª Prensada	25	24	22	24	26	23	23	24	22	24	24	23	23	24	22	24	25	23	23	24	23	24	22	26	15	
2	2ª Prensada	25	23	24	24	23	24	24	23	24	24	23	24	24	23	24	24	23	24	24	24	23	24	23	25	8	
3	Soft Nose	15	14	14	15	14	16	14	14	14	13	14	15	16	14	14	14	12	15	14	14	14	14	12	16	25	
4	Top:																										
5	Top:																										
6	Top:																										
7	Top:																										
8	Top:																										
9	Top:																										
Tempo de ciclo com espera																						60,0	62,0		67,0		
Tempo por atarização com espera		65	61	60	63	63	63	61	61	60	61	61	62	63	61	60	62	60	62	61	63			57,0			
Observações																											
a												f															
b												g															
c												h															
d												i															
e												j															
												k															

Figura 43 - Exemplo da folha de medição do tempo de ciclo

Foram efetuadas as medições dos tempos de ciclo das operações de cada família, obtendo-se os resultados indicados na Tabela 13.

Tabela 13 - Tempos de ciclo das operações realizadas por família (1ª iteração)

Operações	F1	F2	F3	F4
Curvar (tubo 1) + controlo (s)	26	26	26	26
Curvar (tubo 2) + controlo (s)	42	20	20	-
Prensar (1ª prensada) (s)	25	25	25	25
Prensar (2ª prensada) (s)	28	28	28	28
Prensa Manual (s)	-	-	-	14
Colocar <i>soft nose</i> / <i>bracket</i> (s)	14	14	-	14
Teste de obstrução (s)	10	10	10	10
Teste de estanquidade (s)	35	45	45	45
Embalagem (s)	45	35	35	35

Work Content ponderado

O WC (*Work Content*) representa o tempo total necessário para produzir uma referência. Como são produzidas duas referências em simultâneo, este valor deve representar o tempo total das operações realizadas na linha. A Tabela 14 indica o WC de cada família.

Na Tabela 48 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20, podem ser consultados os cálculos que permitiram obter a estes resultados.

Tabela 14 - *Work content* de cada família (1ª iteração)

Família	WC (s)	Proporção (%)
F1	348	56%
F2	348	32%
F3	334	3%
F4	342	8%

O WC ponderado é calculado segundo a Equação 8.

$$\begin{aligned}
 WC \text{ ponderado} &= \sum WC_i \times \text{Proporção } (\%)_i = \\
 &= 348 \times 56\% + 348 \times 32\% + 334 \times 3\% + 342 \times 8\% = \\
 &= 347 \text{ s}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Takt Time

O TT (*Takt Time*) corresponde ao ritmo de produção necessário para responder ao pedido do cliente.

Para o cálculo do TT, a procura é dada pelo PDP, que dita as quantidades a produzir de forma a nivelar os *stocks* e dar resposta aos pedidos do cliente, mantendo uma produção constante.

A disponibilidade corresponde ao tempo útil de produção, excluindo-se os intervalos e paragens planeadas. A disponibilidade semanal de cada turno é dada pela Tabela 15.

Tabela 15 - Disponibilidade semanal de cada turno

Nº de turnos	Disponibilidade Semanal (h)
1 Turno	38,75
2 Turnos	77,5
3 Turnos	111,5

Como a linha produz duas referências em simultâneo, para efeitos de cálculo, considera-se o dobro da disponibilidade, representando desta forma a disponibilidade dos dois lados (HP e LP) da linha.

Na fase inicial do projeto a linha tinha apenas um turno, logo foi considerada a disponibilidade de 38,75 horas semanais, e o PDP, ou seja, a procura era de 500 peças/dia ou 2500 peças/semana.

O *takt time* é calculado segundo a Equação 9.

$$TT = \frac{\text{Disponibilidade}}{\text{Procura}} = \frac{38.75 \text{ h} \times 3600 \text{ s} \times 2}{500 \text{ peças} \times 5 \text{ dias}} = 112 \text{ s} \tag{9}$$

Número mínimo de postos – N

O valor de N representa o número mínimo de postos necessários para que o TC (tempo de ciclo) da linha seja inferior ao TT.

O valor de N foi calculado a partir da Equação 10, obtendo-se o resultado de 3,1 postos de trabalho, o que significa que são necessários no mínimo 4 postos.

No entanto, o número mínimo de postos não garante a maior eficiência do balanceamento. É utilizado o indicador PPH (peças/op./h) para comparar a eficiência entre o balanceamento para vários operadores.

$$N = \frac{Work\ Content}{Tack\ Time} = \frac{347\ s}{112\ s} = 3,1 = 4 \quad (10)$$

Balanceamento dos postos

Tendo em conta o N obtido, o balanceamento da linha deve ser efetuado para a N, N-1 e N+1, ou seja, para três, quatro e cinco operadores. Desta forma, a linha tem a flexibilidade para a trabalhar com um variado número de operadores, e diferentes tempos de ciclo, de acordo com as necessidades.

- N – Quatro operadores

Após o balanceamento da linha para N operadores, foi obtido o resultado ilustrado na Figura 44. As operações efetuadas em cada posto podem ser consultadas na Tabela 50 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

Através do balanceamento foi possível reduzir o ponto de estrangulamento de 114 s para 97 s, e, desta forma, obter um TC inferior ao TT de 112 s.

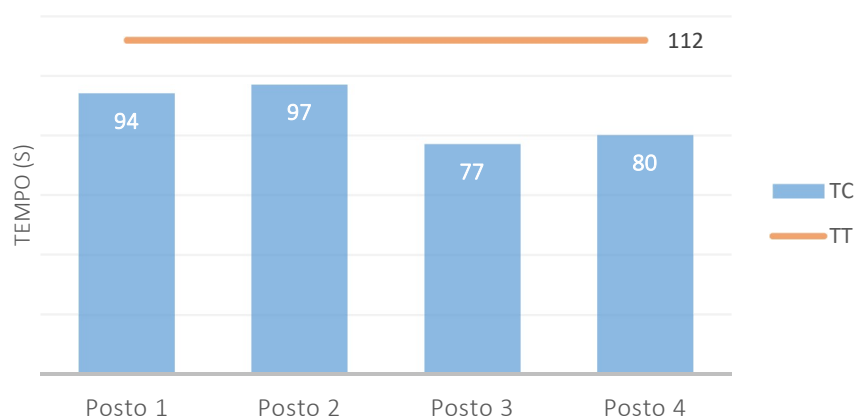


Figura 44 - Balanceamento da linha para as famílias F1+F2 com quatro op. (1ª it.)

Os resultados do balanceamento da linha com quatro operadores são apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados do balanceamento para as famílias F1+F2 com quatro op. (1ª it.)

Tempo de Ciclo (s)	97
Produção 90% (peças/h)	67
PPH (peças/op./h)	22,3

- N-1 – Três operadores

A Figura 45 ilustra o balanceamento efetuado para três operadores. Este balanceamento tem um TC superior ao TT, mas é necessário para que exista um *standard* de trabalho na ausência de algum operador. As operações efetuadas em cada posto podem ser consultadas na Tabela 49 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

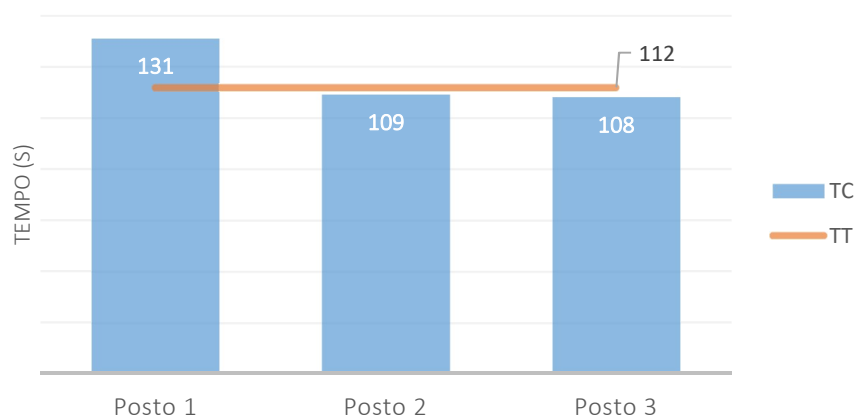


Figura 45 - Balanceamento da linha para as famílias F1+F2 com três op. (1ª it.)

Os resultados do balanceamento da linha com três operadores são apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Resultados do balanceamento para as famílias F1+F2 com três op. (1ª it.)

Tempo de Ciclo (s)	131
Produção 90% (peças/h)	55
PPH (peças/op./h)	16,5

- N+1 – Cinco operadores

A Figura 46 ilustra o balanceamento efetuado para 5 operadores. Através deste balanceamento foi possível reduzir o TC para 80 s. As operações efetuadas em cada posto podem ser consultadas na Tabela 51 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

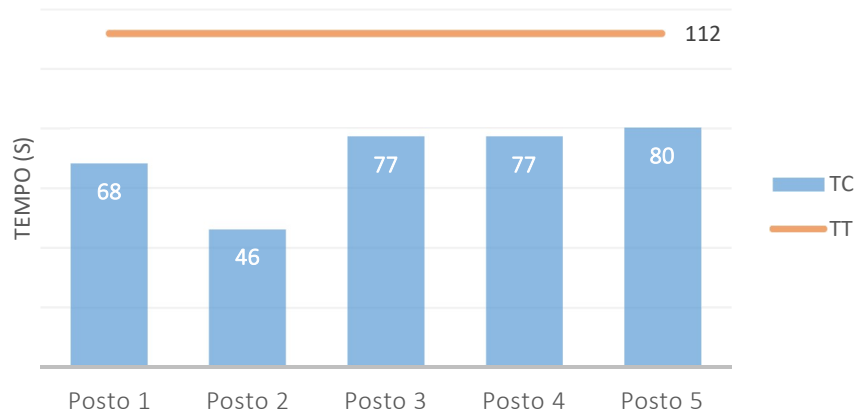


Figura 46 - Balanceamento da linha para as famílias F1+F2 com cinco op. (1ª it.)

Os resultados do balanceamento da linha com cinco operadores são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Resultados do balanceamento para as famílias F1+F2 com cinco op. (1ª it.)

Tempo de Ciclo (s)	80
Produção 90% (peças/h)	81
PPH (peças/op./h)	27,0

O balanceamento foi também efetuado para as combinações das famílias “F1 + F3” e “F1 + F4” com três, quatro e cinco operadores. Os resultados podem ser consultados no Cap. 6.1.2 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

Eficiência do balanceamento

A Figura 47 ilustra graficamente a eficiência do balanceamento realizado para três, quatro e cinco operadores. Verifica-se que o balanceamento com cinco operadores, para além de garantir uma maior cadência de produção, é também o mais eficiente.

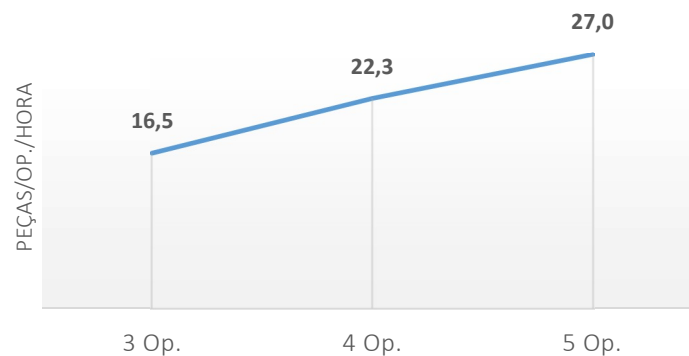


Figura 47 - Eficiência do balanceamento (1ª iteração)

Folha de Operação Standard

A FOS (Folha de Operação *Standard*) é o documento *standard* que é colocado na linha para consulta dos operadores e monitor. Este documento é o resultado de todo o balanceamento da linha e contém as seguintes informações:

- Operações a executar em cada posto;
- Pontos-chave e pontos de segurança de cada operação;
- Tempo de cada operação;
- *Work content*;
- *Takt time*;
- Tempo de ciclo;
- Objetivos de produção (hora e turno).

A Figura 48 ilustra a FOS elaborada na 1ª iteração do balanceamento para as famílias F1+F2 com quatro operadores.

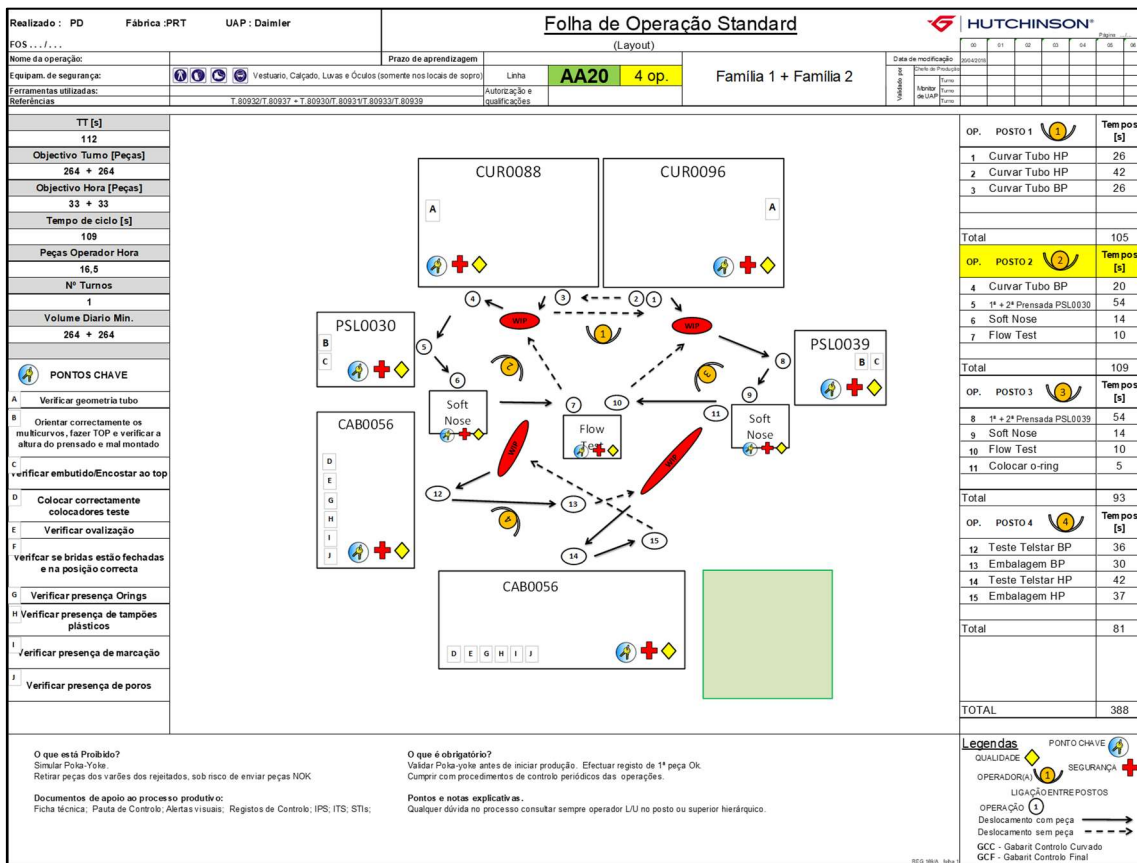


Figura 48 - FOS para as famílias F1+F2 com quatro op. (1ª it.)

No Cap. 6.1.2 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20 podem ser consultadas as FOS para todas as famílias, com três, quatro e cinco operadores.

Resultado do balanceamento

A Figura 49 ilustra graficamente o resultado da 1ª iteração do balanceamento. Comparando com a situação inicial, existe um aumento de produção de 15% com quatro operadores, e um aumento de 30% com cinco operadores.

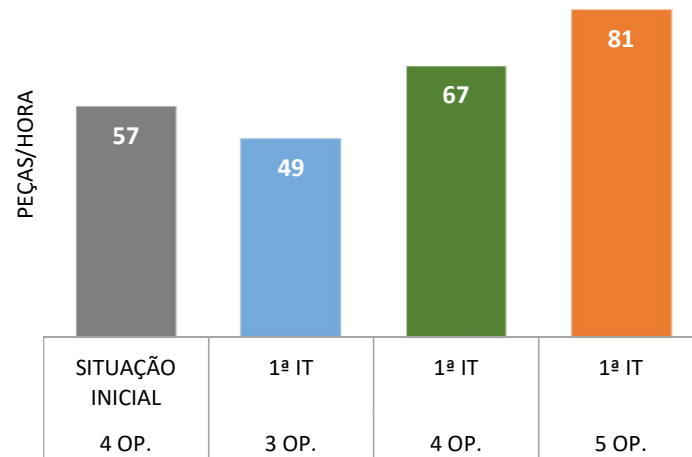


Figura 49 - Resultados da 1ª iteração do balanceamento

Capacidade da Linha

Para analisar a capacidade da linha, é necessário comparar o tempo de ciclo da linha com o *takt time*. Verifica-se, através da Figura 50, que a linha tem capacidade para cumprir o TT com quatro e cinco operadores, uma vez que ambos os TC (97 s e 80 s) são inferiores ao TT de 112 s.

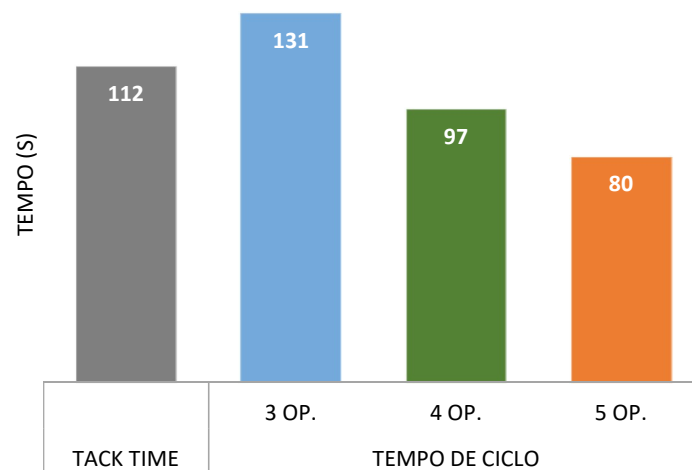


Figura 50 - TT vs TC (1ª iteração)

3.4.3 2ª iteração do balanceamento da linha AA20

Após a 1ª iteração do balanceamento da linha, verificou-se que inicialmente existia alguma dificuldade por parte dos operadores para atingir os objetivos de produção, o que se espelhava na baixa eficiência da linha. Contudo, após um período de adaptação ao processo produtivo, verificou-se um aumento considerável na eficiência, revelando a adaptação e maturidade por parte dos operadores.

Com o aumento da experiência dos operadores, os TC das operações foram diminuindo, revelando a necessidade de se efetuar um novo balanceamento e análise da capacidade da linha. Para além disso, foi implementada uma melhoria na operação de embalagem (o gargalo do balanceamento com cinco operadores), o que também obriga a uma nova definição de objetivos de produção.

O novo balanceamento foi efetuado em Junho, no mês em que entrou em produção o 2º turno, para fazer face ao aumento do PDP para 900 peças/dia. Contudo, este balanceamento foi efetuado já a ter em conta a entrada do 3º turno e o aumento do PDP para 1800 peças/dia (no mês de Setembro).

Melhoria na operação de embalagem

A operação de embalagem tem dependência de vários *poka yokes*, para garantir que a peça é embalada com todos os componentes e marcações: marcação mecânica, tampões e etiqueta de identificação.

Estes *poka yokes* funcionam através de sensores para garantir que:

- A peça é colocada no marcador para efetuar marcação mecânica;
- O operador retira os tampões das caixas corretas;
- O operador retira a etiqueta de identificação da impressora.

Os sensores estão ligados à cabine de teste, que só permite iniciar um novo ciclo após a ativação de todos os sensores.

A Figura 51 ilustra o fluxograma das operações no posto de embalagem. A cabine de teste permite testar duas peças de cada vez, e o processo inicia-se com o teste que estandardidade. Caso o resultado do teste seja negativo, as peças são rejeitadas e, no final do turno, são testadas individualmente (uma das peças pode ter fuga e a outra não). Caso o resultado do teste seja positivo, o processo avança para a embalagem: marcação de teste OK, colocação de tampões e etiqueta. Como são testadas duas peças, este processo tem de ser repetido para a segunda peça.

A programação do autómato (que faz a ligação dos sensores à cabine de teste) foi alterada, de modo a permitir que o processo de embalagem seja realizado para as duas peças de forma agrupada. Desta forma, o operador executa as operações de seguida nas duas peças, e evita ter de se deslocar desnecessariamente para embalar as duas peças de forma individual.

Para além da diminuição do deslocamento do operador, esta alteração permite uma diminuição no TC para a operação de embalagem. O TC da operação era de 35 s, e passou a ser de 29 s. Uma diminuição de 6 s, que poderá ser ainda superior no futuro (após a adaptação dos operadores à alteração do processo).

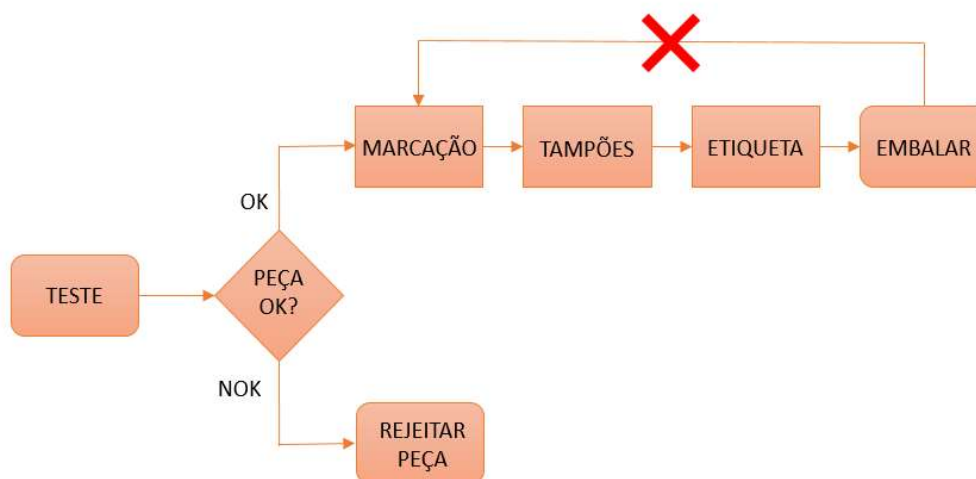


Figura 51 - Fluxograma das operações no posto de embalagem

Medição dos tempos de ciclo

Para a 2ª iteração, foram medidos novamente os tempos de ciclo de todas as operações, obtendo-se os resultados expostos na Tabela 19.

Tabela 19 - Tempos de ciclo das operações realizadas por família (2ª it.)

Operações	F1	F2	F3	F4
Curvar (tubo 1) + controlo (s)	23	25	25	25
Curvar (tubo 2) + controlo (s)	40	23	23	-
Prensar (1ª prensada) (s)	22	22	22	22
Prensar (2ª prensada) (s)	25	25	25	25
Prensa Manual (s)	-	-	-	14
Colocar <i>soft nose / bracket</i> (s)	14	14	-	14
Teste de obstrução (s)	10	10	10	10
Teste de estanquidade (s)	35	35	35	35
Embalagem (s)	29	29	29	29

Work Content ponderado

O WC de cada família é indicado na Tabela 20. O cálculo do WC de cada família pode ser consultado na Tabela 57 no Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

Tabela 20 - Work content de cada família (2ª it.)

Família	WC (s)	Proporção (%)
F1	317	56%
F2	317	32%
F3	314	3%
F4	319	8%

O WC da 2ª iteração foi calculado segundo a Equação 11.

$$\begin{aligned} WC \text{ ponderado} &= \sum WC_i \times \text{Proporção (\%)}_i = \\ &= 317 \times 56\% + 317 \times 32\% + 314 \times 3\% + 319 \times 8\% = \\ &= 317 \text{ s} \end{aligned} \quad (11)$$

Takt Time

A 2ª iteração do balanceamento coincidiu com a entrada do 2º turno (no mês de Junho). Contudo, foi calculado o TT com a previsão da entrada do 3º turno (no mês de Julho). Por esse motivo, foi considerada a disponibilidade de 3 turnos (Tabela 15) e foi também considerado o PDP planeado para o mês de Setembro, de 1800 peças/dia. O cálculo do TT é dado pela Equação 12, com o resultado de 89 s.

$$TT = \frac{\text{Disponibilidade}}{\text{Procura}} = \frac{111,5 \text{ h} \times 3600 \text{ s} \times 2}{1800 \text{ peças} \times 5 \text{ dias}} = 89 \text{ s} \quad (12)$$

Número mínimo de postos – N

O valor de N é calculado a partir da Equação 13. Na 2ª iteração obteve-se o valor de 3,6 postos, sendo novamente necessários no mínimo quatro postos para cumprir o TT.

$$N = \frac{\text{Work Content}}{\text{Tack Time}} = \frac{317 \text{ s}}{89 \text{ s}} = 3,6 = 4 \quad (13)$$

Balanceamento dos postos

- N – Quatro operadores

O balanceamento para quatro operadores é ilustrado na Figura 52. Na 2ª iteração não existem muitas diferenças para o balanceamento de quatro operadores. O TC é um pouco inferior, devido à formação e experiência dos operadores. As operações efetuadas em cada posto podem ser consultadas na Tabela 59 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

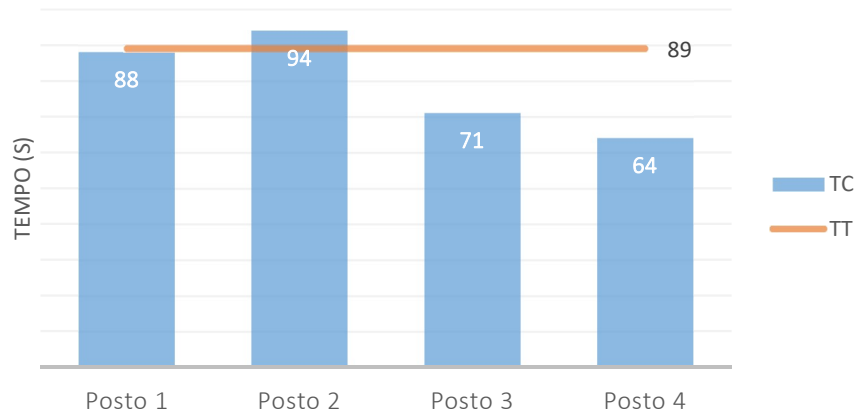


Figura 52 - Balanceamento da linha para famílias F1+F2 com quatro op. (2ª it.)

Os resultados do balanceamento da linha com quatro operadores são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Resultados do balanceamento para as famílias F1+F2 com quatro op. (2ª it.)

Tempo de Ciclo (s)	94
Produção 90% (peças/h)	69
PPH (peças/op./h)	23,0

- N-1 – Três operadores

O balanceamento para três operadores é ilustrado na Figura 53. O resultado do balanceamento é também similar à 1ª iteração. Neste caso, a redução do TC também se deve à experiência dos operadores no processo produtivo. As operações efetuadas em cada posto podem ser consultadas na Tabela 58 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

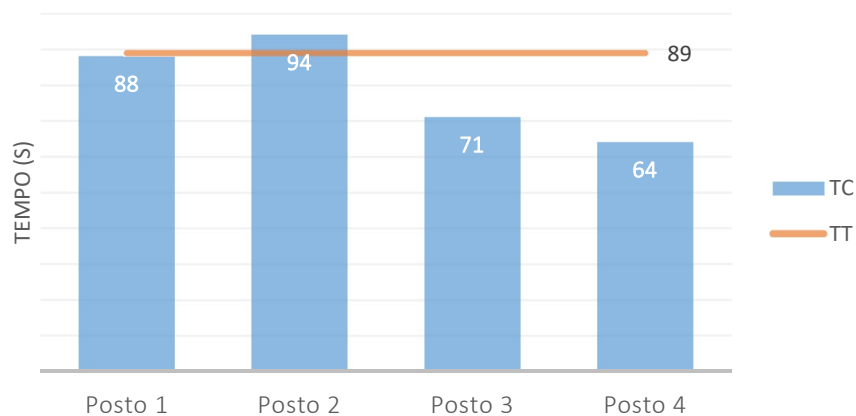


Figura 53 - Balanceamento da linha para famílias F1+F2 com três op. (2ª it.)

Os resultados do balanceamento da linha com três operadores são apresentados na Tabela 22.

Tabela 22 - Resultados do balanceamento para as famílias F1+F2 com três op. (2ª it.)

Tempo de Ciclo (s)	120
Produção 90% (peças/h)	60
PPH (peças/op./h)	18,0

- N+1 – Cinco operadores

Como já foi referido, foi implementada uma melhoria no Posto 5, o gargalo da linha. Após a melhoria na operação de embalagem, aliada ao aumento da experiência dos operadores, este posto deixou de ser o gargalo. O TC da linha foi reduzido de 80 s para 64 s (Figura 54). As operações efetuadas em cada posto podem ser consultadas na Tabela 60 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

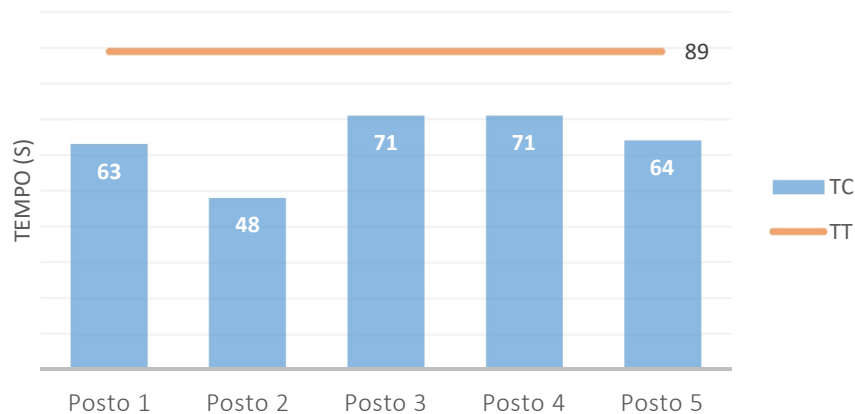


Figura 54 - Balanceamento da linha para famílias F1+F2 com cinco op. (2ª it.)

Os resultados do balanceamento da linha com cinco operadores são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 - Resultados do balanceamento para as famílias F1+F2 com cinco op. (2ª it.)

Tempo de Ciclo (s)	71
Produção 90% (peças/h)	91
PPH (peças/op./h)	30,4

O balanceamento foi também efetuado para as combinações das famílias “F1 + F3” e “F1 + F4” com três, quatro e cinco operadores. Os resultados podem ser consultados no Cap. 6.1.3 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20.

Folha de Operação Standard

A Figura 55 ilustra a FOS elaborada na 2ª iteração do balanceamento para as famílias F1+F2 com quatro operadores.

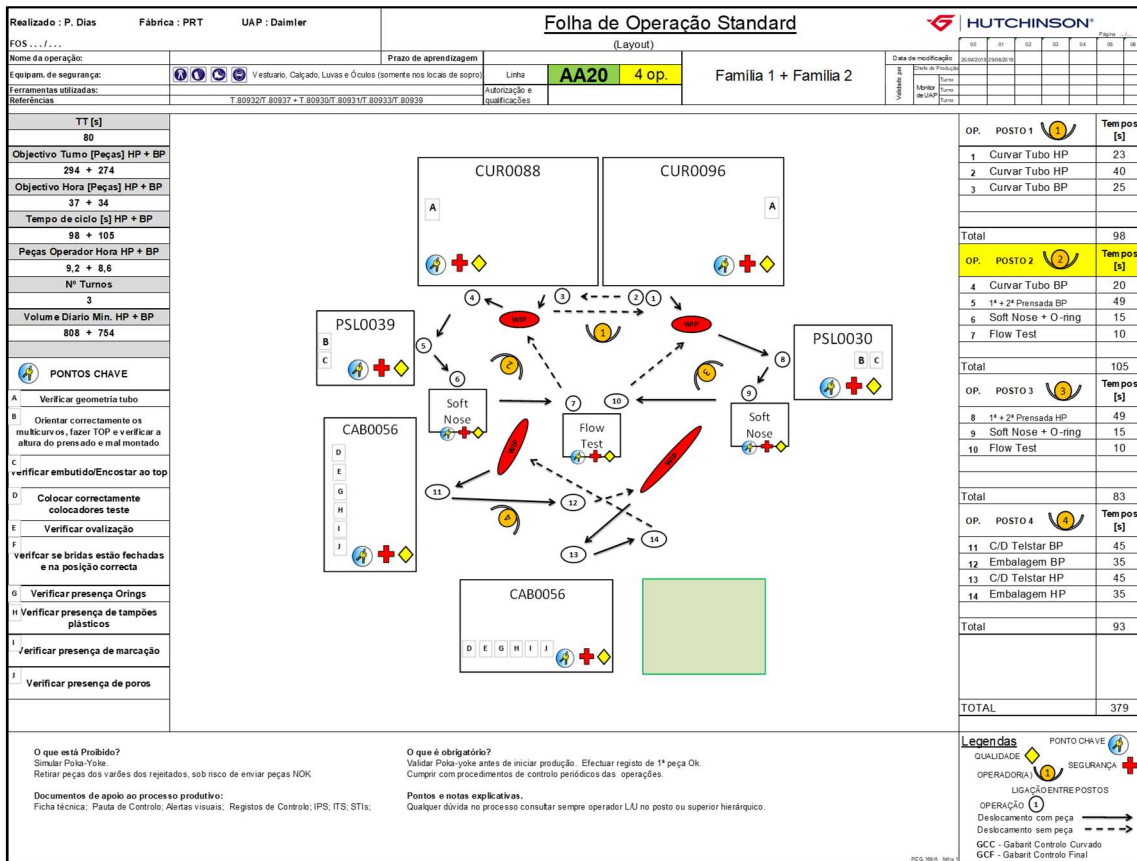


Figura 55 - FOS para as famílias F1+F2 com quatro op. (2ª it.)

No Cap. 6.1.3 do Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20 podem ser consultadas todas as FOS para todas as famílias com três, quatro e cinco operadores.

Eficiência do balanceamento

A Figura 56 ilustra graficamente a eficiência do balanceamento realizado para três, quatro e cinco operadores. Tal como na 1ª iteração, o balanceamento com cinco operadores é o mais eficiente.

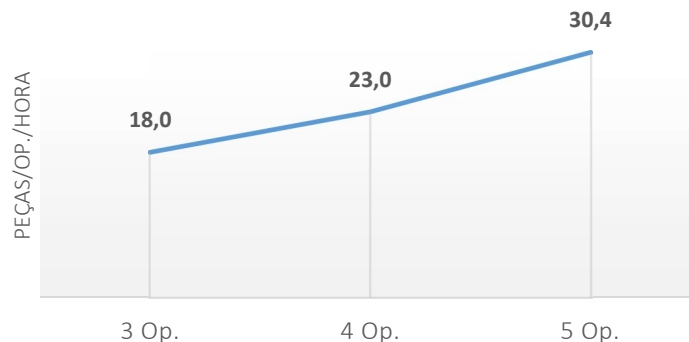


Figura 56 - Eficiência do balanceamento (2ª it.)

Resultado do balanceamento

A Figura 57 ilustra graficamente o resultado da 2ª iteração do balanceamento. Comparando com a situação inicial, existe um aumento de produção de 17% com quatro operadores, e um aumento de 37% com cinco operadores.

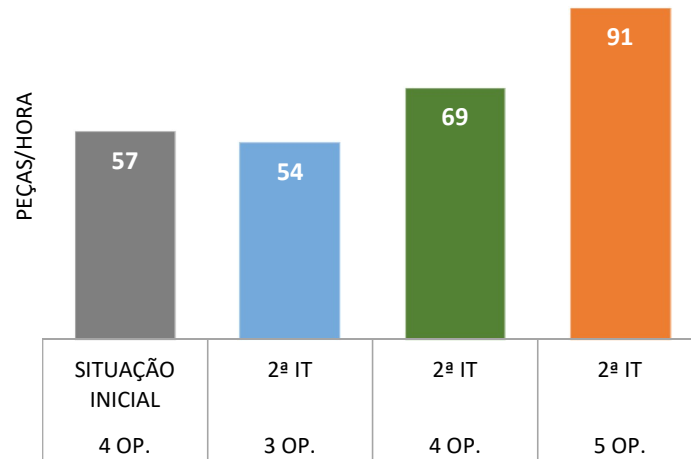


Figura 57 - Resultados da 2ª iteração do balanceamento

Capacidade da Linha

Verifica-se através da Figura 58 que a linha apenas tem capacidade para cumprir o TT de 89 s com cinco operadores em linha, cujo TC é de 71 s.

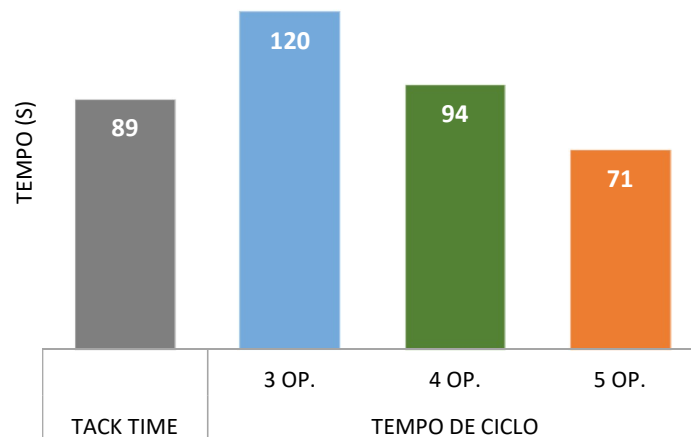


Figura 58 - TT vs TC (2ª iteração)

3.5 Implementação da metodologia SMED

A análise inicial ao indicador de disponibilidade da linha e número de paragens, permitiram perceber que os elevados tempos de *setup* tinham um grande impacto negativo neste indicador.

Foi então proposto mais um desafio para este trabalho: reduzir os tempos de *setup* da linha. O desafio proposto foi fazer a implementação da metodologia SMED na linha AA20, com objetivo de redução de, pelo menos, 20% no tempo de *setup*.

Para implementar a metodologia SMED foi utilizado o procedimento ilustrado na Figura 59.

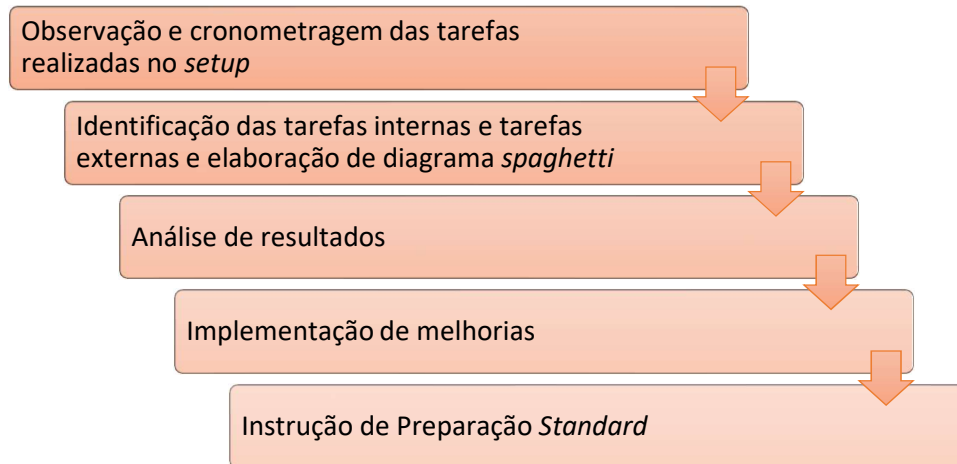


Figura 59 - Procedimento para implementação SMED

Para além da redução dos tempos de *setup*, este estudo foi também utilizado para:

- Definir objetivos de *setup*;
- Definir uma sequência ótima de produção (minimizar a troca de ferramentas).

3.5.1 Descrição do *setup*

Devido à complexidade das máquinas, para efetuar a mudança de ferramentas e ajustes são necessários operadores especializados, denominados de preparadores. A principal função dos preparadores é efetuar as mudanças de ferramenta, assim como efetuar a limpeza e manutenção das mesmas.

Na linha AA20, o *setup* pode ser efetuado no lado LP ou HP de forma independente. Cada lado da linha é composto por três postos, como descrito na Tabela 24, e as máquinas utilizadas nos dois lados são iguais.

Tabela 24 - Máquinas utilizadas em cada posto da linha

Posto	Máquina
Posto 1	Curvadora
Posto 2	Prensa
	Mesa Externa
Posto 3	Cabine de teste de estanquidade

Posto 1

Este posto é composto pela máquina curvadora (Figura 60). Esta é a máquina mais complexa a nível de *setup* e, por isso mesmo, apenas o preparador pode efetuar a mudança de ferramentas ou fazer ajustes no programa. Cada referência utiliza um conjunto de ferramentas (Figura 61 e Figura 62) diferente, havendo referências que utilizam o mesmo conjunto.



Figura 60 - Máquina curvadora



Figura 61 - Ferramentas de curvar (matriz, guia e bloqueio)



Figura 62 - Ferramentas de curvar (pinças)

Posto 2

O posto 2 é composto pela prensa (Figura 63) e uma mesa externa (Figura 64 e Figura 65) onde é colocado um componente (*bracket* ou *soft nose*, dependendo da referência). Na prensa é necessário um conjunto de ferramentas para produzir cada referência. A mudança destas ferramentas não é complexa e pode ser efetuada pelo operador do posto, no entanto os ajustes e afinações devem ser efetuados pelo preparador.



Figura 63 - Prensa



Figura 64 - Mesa *soft nose*



Figura 65 - Mesa *bracket*

Posto 3

Este posto é composto pela cabine de teste de estanquidade (Figura 66). Neste posto não é necessário o auxílio do preparador, devido à simplicidade da mudança de ferramentas. Apenas é necessário substituir os colocadores de teste (Figura 67) e o marcador de teste (Figura 68). O operador do posto é responsável por efetuar o *setup*.



Figura 66 - Cabine de teste de estanquidade



Figura 67 - Colocadores de teste



Figura 68 - Marcador de teste

3.5.2 Estado inicial do *setup*

O *setup* foi analisado em cada posto individualmente. Para cada posto, foi elaborada uma tabela com as tarefas realizadas e identificação da tarefa como interna ou externa. É de notar que todas as tarefas observadas foram realizadas de forma interna, ou seja, com a máquina parada. No entanto, as tarefas foram classificadas (internas ou externas) como ponto de partida para a melhoria do processo, ou seja, todas as tarefas classificadas como externas têm obrigatoriamente de passar a ser efetuados antes ou após o *setup*.

Após esta análise, foi também elaborado um diagrama *spaghetti* para analisar todas as movimentações e transportes realizados durante o *setup*.

Posto 1

Na Tabela 25 estão as tarefas realizadas no *setup* do Posto 1. Foram identificadas três tarefas como externas: “Procura de ferramentas de curvar”, “Procura de material” e “Preencher folha da 1ª peça OK”. Estas tarefas devem passar a ser realizadas antes ou após o *setup*. O tempo total medido neste *setup* foi de 18,5 minutos.

Tabela 25 - Tarefas realizadas no *setup* do Posto 1

Descrição da tarefa	Tempo (min)	Tempo Acumulado (min)	Tipo
Procura de ferramentas de curvar	2	2	Externa
Troca de ferramentas da máquina	5	7	Interna
Selecionar programa	0,5	7,5	Interna
Troca de GCC	4	11,5	Interna
Procura de material	4	15,5	Externa
Produzir 1ª peça OK	0,5	16	Interna
Verificar 1ª peça OK no GCC	0,5	16,5	Interna
Preencher folha 1ª peça OK	2	18,5	Externa

A Figura 69 ilustra a duração de cada tarefa realizada no *setup* do Posto 1. A figura ajuda a perceber que praticamente metade do tempo de *setup* é utilizado com tarefas que podem ser feitas de forma externa.

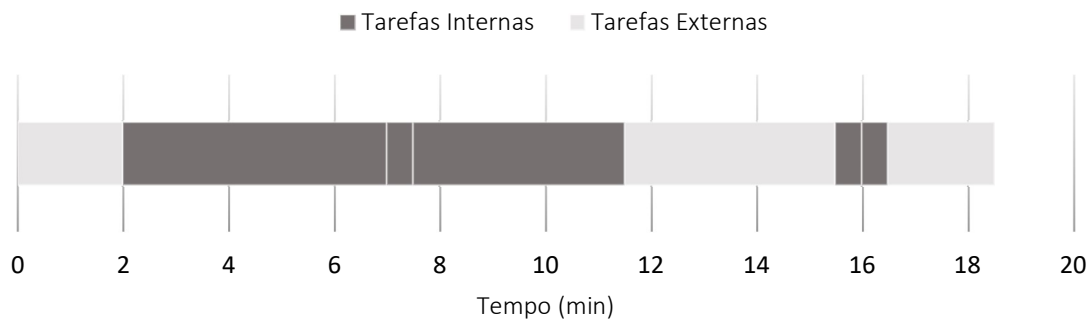


Figura 69 - Tarefas de *setup* do Posto 1 (situação inicial)

Posto 2

Na Tabela 26 estão as tarefas realizadas no *setup* do Posto 2. Este é o posto crítico durante o *setup*, pois é o posto onde são necessárias efetuar mais tarefas. No entanto, foram identificadas várias tarefas como externas, e foram também identificados vários desperdícios que podem ser eliminados. O tempo total de *setup* neste posto foi de 42,5 minutos.

Tabela 26 - Tarefas realizadas no *setup* do Posto 2

Descrição da tarefa	Tempo (min)	Tempo Acumulado (min)	Tipo
Troca de mesas externas	2	2	Interna
Procurar chaves de ferramentas	3,5	5,5	Externa
Troca de ferramentas da prensa	9	14,5	Interna
Troca de lanças de o-rings	5,75	20,25	Interna
Troca de componentes	3,75	24	Externa
Selecionar programa	1	25	Interna
Produzir 1ª peça OK	0,5	25,5	Interna
Medição da 1ª peça OK	1	26,5	Interna
Efetuar ajustes na máquina	1	27,5	Interna
Produzir 1ª peça OK	0,5	28	Interna
Medição da 1ª peça OK	1	29	Interna
Efetuar ajustes na máquina	1	30	Interna
Produzir 1ª peça OK	0,5	30,5	Interna
Medição da 1ª peça OK	1	31,5	Interna
Procurar GCF e verificar 1ª peça OK	4	35,5	Externa
Arrumar ferramentas e GCF	4	39,5	Externa
Preencher folha 1ª peça OK	3	42,5	Externa

A Figura 70 ilustra a duração das tarefas efetuadas no *setup* do Posto 2. Verifica-se que existem várias tarefas externas que aumentam substancialmente o tempo total do *setup*.

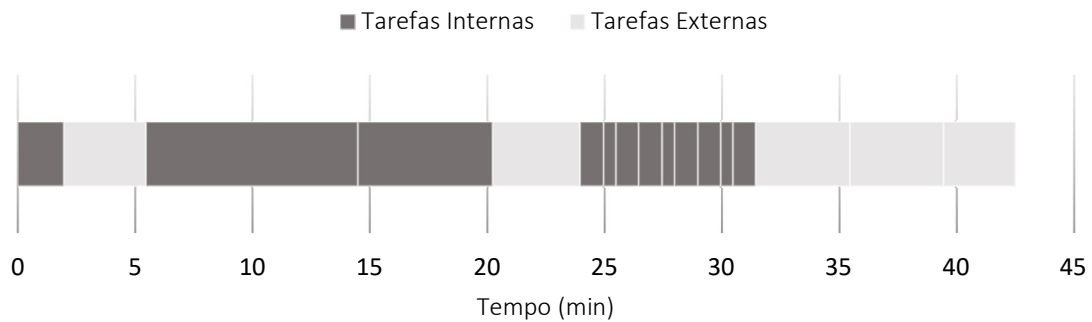


Figura 70 - Tarefas de *setup* do Posto 2 (situação inicial)

Posto 3

Na Tabela 27 estão as tarefas realizadas no *setup* do Posto 3. Este posto não é crítico no *setup* da linha, mas verificam-se ineficiências que podem ser eliminadas. A tarefa “Troca de colocadores de teste” tem uma duração muito elevada e a tarefa “Procura de chaves de ferramentas” deve ser eliminada.

Tabela 27 – Tarefas realizadas no *setup* do Posto 3

Descrição da tarefa	Tempo (min)	Tempo Acumulado (min)	Tipo
Troca de colocadores de teste	4	4	Interna
Procura de chaves de ferramentas	3	7	Externa
Troca de marcador de teste	2	9	Interna
Selecionar programa	1	10	Interna

A Figura 71 ilustra graficamente a duração de cada tarefa do *setup* no Posto 3.

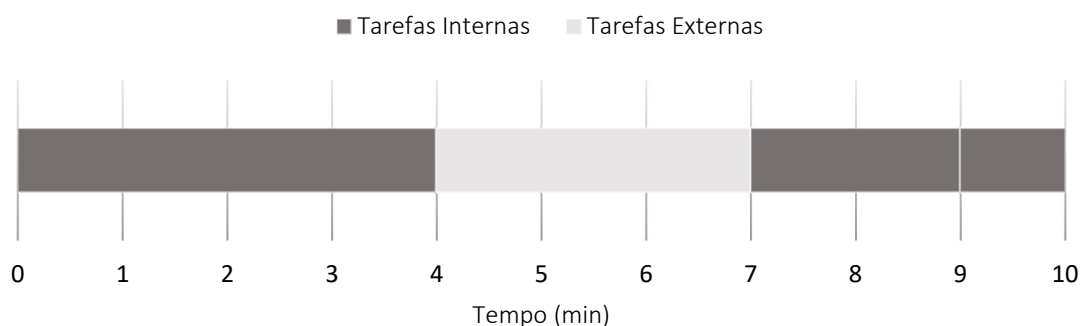


Figura 71 - Tarefas de *setup* do Posto 3 (situação inicial)

Linha

Foram analisadas todas as movimentações e transportes realizados no *setup* dos três postos da linha. Os resultados são demonstrados pela Figura 72. Nesta figura está esquematizada a linha AA20, cuja legenda é dada na Tabela 28.

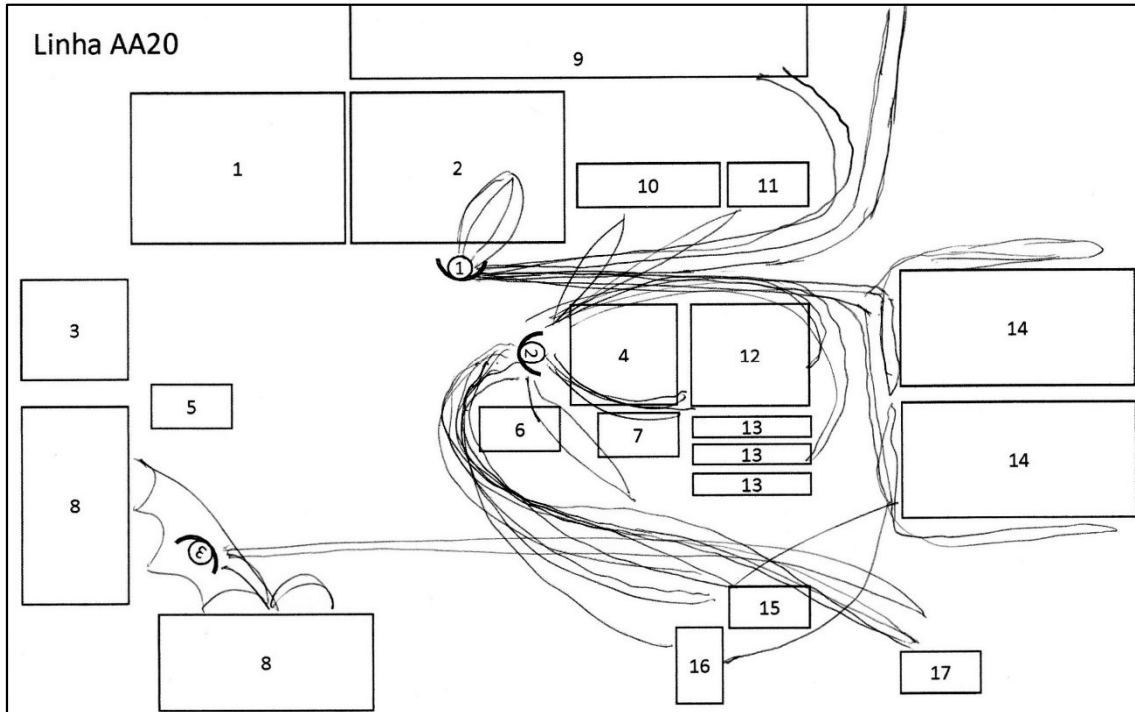


Figura 72 - Diagrama spaghetti do setup da linha (situação inicial)

Tabela 28 - Legenda da Figura 72 e Figura 89

1	Curvadora LP
2	Curvadora HP
3	Prensa LP
4	Prensa HP
5	Cabine de teste
6	Shop Stock PREP
7	Estantes ferramentas prensas
8	Estante orientadores
9	Local armazenamento mangueira
10	Estante <i>kanban</i> componentes
11	Estantes GCC e GCF
12	Mesa 1ª Peça OK
13	Mesa verificação GCF
14	Mesa monitor (<i>team leader</i>)

Através do diagrama é evidenciado um grande número de deslocações, principalmente nos Postos 1 e 2. Estas deslocações devem-se sobretudo ao transporte de material, ferramentas e calibres. São estes desperdícios que afetam de forma muito negativa os tempos de *setup*. A distância total percorrida para efetuar o *setup* da linha foi de 515 metros (Tabela 29).

Tabela 29 - Distância percorrida no *setup* (situação inicial)

Posto	Distância Percorrida (m)
1	135
2	350
3	30
Total	515

O *setup* na linha pode ser efetuado em todos os postos de forma paralela (Figura 73). Assim, o tempo de *setup* da linha é dado pelo posto com o tempo máximo, neste caso o Posto 2. O tempo de *setup* da linha observado foi, portanto, de 42,5 minutos.

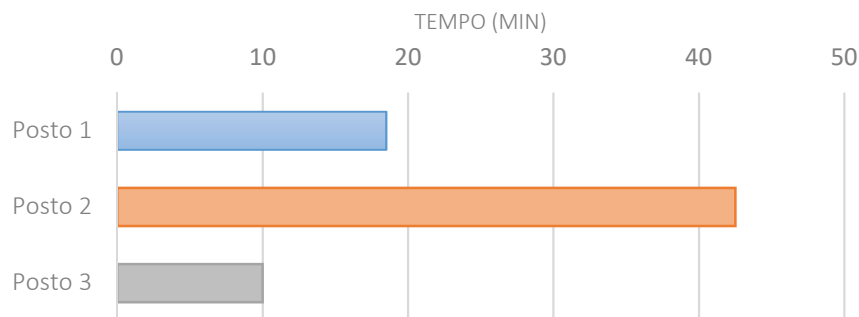


Figura 73 - Tempo de *setup* da linha (situação inicial)

3.5.3 Ações de melhoria implementadas

Grande parte dos desperdícios identificados estão ligados a deslocamentos, transportes e procura de material e ferramentas. De forma a eliminar estes desperdícios, foram realizadas diversas ações 5 S para melhorar a organização da linha. A seguir apresentam-se as melhorias implementadas em cada posto.

Posto 1

- Identificação da zona de *shop stock*

Um dos desperdícios identificados foi o tempo que os operadores perdiam à procura de material no *shop stock*. Para eliminar este desperdício, a zona de *shop stock* foi identificada (Figura 74), de forma a existir um local para os semielaborados de cada referência. Para além de eliminar o desperdício da procura de material, esta ação foi muito importante a nível de PREP, pois funciona também como uma gestão visual de *stock*. Desta forma, o monitor da linha consegue identificar rapidamente o *stock* existente de cada semielaborado.



Figura 74 - Shop stock de semielaborados identificado

- Colocação de estantes para ferramentas de curvar

As ferramentas de curvar eram armazenadas num carrinho que os preparadores colocavam perto da sua mala de ferramentas. Para fazer um *setup*, tinham que se deslocar com o carrinho até à linha. Para eliminar este desperdício, foram colocadas estantes (Figura 75) no gradeamento de segurança das curvadoras, de forma a armazenar as ferramentas no local onde são utilizadas.



Figura 75 - Estante para ferramentas de curvar

- Colocação de estantes para calibres

Foram colocadas estantes (Figura 76) no gradeamento das curvadoras para armazenar o GCC no local onde é utilizado. Desta forma, não é necessário o operador ou preparador deslocar-se às estantes de calibres para procurar o GCC.



Figura 76 - Estantes para calibres

Posto 2

- Jogo de chaves de ferramentas exclusivo para a linha

Existem tarefas de mudança de ferramentas que podem ser efetuadas pelos operadores, para evitar tempos de espera pelo preparador. Foi disponibilizado um jogo de chaves de ferramentas para cada linha, para eliminar o tempo perdido pelos operadores à procura de chaves, ou à espera que o preparador pudesse disponibilizar as suas.

- Ajuda visual com tabela de ferramentas de prensa a utilizar em cada referência

Para facilitar e agilizar o processo de mudança de ferramentas, foi colocada uma ajuda visual nas prensas, para que o operador identifique facilmente quais as ferramentas necessárias para a referência a produzir. A ajuda visual pode ser consultada no Anexo B – Documentação utilizada na implementação da metodologia SMED.

- Identificação dos carros de ferramentas da prensa

Foram identificados os carros onde são armazenadas as ferramentas da prensa (Figura 77), para que cada ferramenta seja colocada sempre no mesmo lugar.



Figura 77 - Carro de ferramentas de prensa

- Identificação ferramentas da prensa

As ferramentas da prensa não tinham identificação, o que causava a troca de ferramentas entre máquinas. As ferramentas foram todas identificadas (Figura 78), para que cada posto tenha ferramentas dedicadas, e assim evitar trocas de ferramenta e tempos em ajustes e afinações.

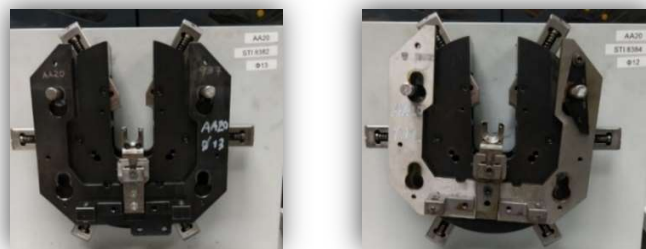


Figura 78 - Ferramentas de prensa identificadas

- Retificação de ponteiros das lanças de o-ring

Quando é necessário fazer a mudança das lanças de o-ring, é preciso também mudar a ponteira que é utilizada para colocar a lança no suporte. Inicialmente esta mudança era prolongada devido ao diâmetro da ponteira ser demasiado elevado, provocando dificuldade na remoção do suporte. Foi necessário reduzir 1 mm no diâmetro de todas as ponteiros.

- Colocação de suportes para lanças de o-ring no posto

Um dos grandes desperdícios evidenciados na observação do *setup* foi a quantidade de tempo utilizado para fazer a troca das lanças de o-ring. As lanças de o-ring das três linhas do setor estavam armazenadas na mesa do monitor sem qualquer tipo de organização (Figura 79). Na hora do *setup*, o operador tinha de procurar pelas lanças e pelas ponteiros na caixa. A solução encontrada foi colocar um suporte, para que cada posto tivesse sempre disponível as ferramentas necessárias (Figura 80). Em cada prensa são produzidos dois diâmetros diferentes, portanto, cada prensa tem um conjunto de lanças a ser utilizado, e outro conjunto de lanças e ponteiros armazenado no próprio posto. Desta forma, evita-se que exista a troca de ferramentas entre postos, deslocamentos e transportes, e desperdícios à procura de ferramentas.



Figura 79 - Lanças de o-ring em caixa (antes)



Figura 80 - Suporte para lanças de o-ring (depois)

- Marcação de zona para material a entrar em produção

Para transformar a tarefa da mudança de componentes de interna para externa, foi marcada uma zona para colocar o material para produção ao lado do posto (Figura 81). Antes do *setup*, o preparador ou monitor deve colocar nesta zona os componentes necessários para a referência seguinte. Da mesma forma, no final do *setup* são colocados nesta zona os componentes utilizados na referência anterior e o preparador ou monitor deve armazená-los no local correto, enquanto o operador já está a produzir.



Figura 81 - Zona para colocar material para produção

- Identificação do manípulo de ajuste de diâmetro da prensa (aumentar e diminuir)

Para fazer o ajuste do diâmetro da prensada, é necessário girar um manípulo (Figura 82). Como não existia indicação para que lado o diâmetro sobe ou desce, muitas vezes este era girado para o lado errado, obrigando a ajustes adicionais e mais sucata de preparação. Para evitar esta confusão, foi identificado o manípulo (Figura 83).



Figura 82 - Manípulo de ajuste sem identificação (antes)

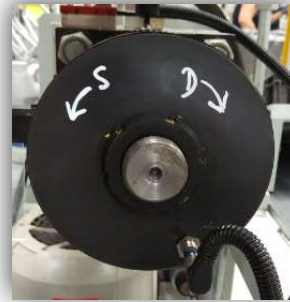


Figura 83 - Manípulo de ajuste com identificação (depois)

- Mesa 1ª Peça OK com ajudas visuais (dimensões de prensada e ovalização de curvado)

Foi colocada uma mesa para auxiliar e facilitar a medição da 1ª peça OK (Figura 84). A mesa tem as ferramentas necessárias à medição (dois paquímetros) e foram colocadas ajudas visuais com as dimensões que devem ser verificadas. Sem as ajudas visuais, os operadores tinham de consultar o dossier de documentação para ver os planos de controlo, sempre que efetuavam uma medição (1ª peça OK). As ajudas visuais podem ser consultadas no Anexo B – Documentação utilizada na implementação da metodologia SMED.



Figura 84 - Mesa 1ª Peça OK

- Identificação das estantes de calibres

Outro dos grandes desperdícios detetados foi o tempo necessário para encontrar um GCF nas estantes de calibres. Os calibres de todas as referências (das três linhas do setor), são armazenados nas mesmas estantes. Para solucionar este problema, foram identificadas as estantes com o local para calibre, para que cada calibre seja colocado sempre no mesmo local.

Posto 3

- Ajuda visual com colocadores de teste que devem ser utilizados em cada referência

Inicialmente, os operadores não tinham qualquer informação relativamente aos colocadores de teste que deviam utilizar em cada referência. Os colocadores têm um código de identificação, mas não existia nenhuma correspondência entre o código do colocador e a referência. Sempre que havia uma mudança de referência, o operador do posto da cabine era obrigado a experimentar os colocadores um a um, até que algum encaixasse sem folga. Para solucionar este problema, foi criada uma ajuda visual com uma tabela com a correspondência entre cada referência e o colocador. A ajuda visual pode ser consultada no Anexo B – Documentação utilizada na implementação da metodologia SMED.

- Identificação das caixas de armazenamento dos colocadores de teste

Foram também identificadas as caixas onde são armazenados os colocadores, para evitar perdas de tempo à procura dos colocadores corretos (Figura 85).



Figura 85 - Organização dos colocadores de teste

3.5.4 Proposta de *setup* após melhorias e realocação das tarefas

Para além das melhorias implementadas na linha, sobretudo a nível de organização, existem diversas tarefas que eram realizadas de forma interna, ou seja, quando a máquina está parada, mas que podiam ser efetuadas antes ou após o *setup*, reduzindo assim os tempos de *setup*.

Foram analisadas todas as tarefas que podiam ser realizadas de forma externa e foi atribuída a cada tarefa uma pessoa responsável, assim como o momento em que esta deve ser realizada (antes, durante ou após o *setup*).

A partir desta análise, foram criadas IPS (Instrução de Preparação *Standard*) para cada posto, identificando as tarefas, tempo de cada tarefa, e o responsável pela sua realização.

Posto 1

A Tabela 30 descreve as atividades de *setup* realizadas no Posto 1, assim como o seu responsável, a duração da tarefa e o momento em que deve ser efetuada (antes, durante ou após *setup*).

As tarefas classificadas como externas (“Preparação e verificação de ferramentas”, “Preencher folha 1ª peça OK” e “Arrumar ferramentas”), passam a ser feitas antes e após o *setup*.

A organização das ferramentas de curvar no posto, permitiu eliminar a tarefa “Procura ferramentas de curvar”, e a organização dos GCC reduziu de 4 para 1 minuto a tarefa “Troca de GCC”.

A tarefa “Procura de material” é uma tarefa externa, mas pode ser feita durante o *setup* (de forma paralela) pelo operador do posto, enquanto o preparador faz a mudança de ferramentas. Deste modo, é uma tarefa que não acrescenta tempo ao *setup*.

Contabilizando apenas as operações efetuadas no *setup* com a máquina parada, o novo tempo de *setup* para o Posto 1 é de 7,5 minutos.

Tabela 30 - Tarefas de *setup* realizadas no Posto 1 (após melhorias)

Op.	Descrição da operação	Responsável	Tempo (min)	Momento
1	Preparação e verificação de ferramentas	Preparador	5	Antes
2	Troca de ferramentas da máquina	Preparador	5	Setup
3	Selecionar programa	Preparador	0,5	Setup
4	Troca de GCC	Preparador	1	Setup
5	Procura de material	Operador	5	Setup Paralelo
6	Produzir 1ª peça OK	Operador	1	Setup
7	Preencher folha 1ª peça OK	Monitor	2	Após
8	Arrumar ferramentas (efetuar limpeza se necessário)	Preparador	5	Após

O cronograma de *setup* do Posto 1 (Figura 86) ilustra o tempo total das tarefas de pré *setup*, *setup* e após *setup*. As tarefas efetuadas antes e após o *setup* têm a duração de 5 minutos, e as tarefas de *setup* tem a duração de 7,5 minutos.

CRONOGRAMA SETUP POSTO 1

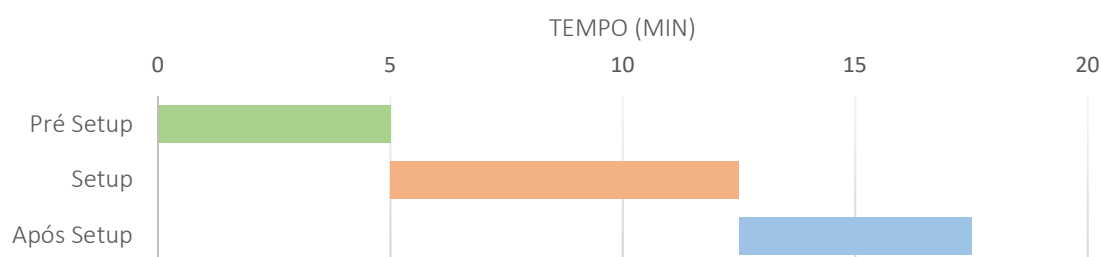


Figura 86 - Cronograma das tarefas de *setup* no Posto 1

Comparando os resultados da proposta de *setup* com as observações realizadas (Tabela 31), verifica-se uma redução de 59% no tempo de *setup* do Posto 1.

Tabela 31 - Comparação de tempos de *setup* no Posto 1

Setup Observado (min)	18,5
Setup Proposto (min)	7,5
Melhoria (%)	59%

Posto 2

A Tabela 32 descreve as atividades de *setup* realizadas no Posto 2. Neste posto, todas as atividades classificadas como externas na fase de observação foram realocadas para ser efetuadas antes ou após o *setup*. Em relação às tarefas internas, foram atribuídas ao operador do posto e ao preparador, para que possam ser feitas de forma paralela.

Para além da realocação das tarefas, as ações implementadas a nível de organização, reduziram bastante o tempo das tarefas internas: “Troca de ferramentas”, “Troca de lanças de o-ring” e “Troca de componentes”. Foi eliminada a tarefa “Procura de chaves de ferramentas” e tarefas relativas a ajustes e afinações.

Contabilizando apenas as operações efetuadas no *setup* com a máquina parada, o novo tempo de *setup* para o Posto 2 é de 10 minutos.

Tabela 32 - Tarefas de *setup* realizadas no Posto 2 (após melhorias)

Op.	Descrição da operação	Responsável	Tempo (min)	Momento
1	Preparação e verificação de ferramentas	Preparador	5	Antes
2	Preparação componentes (mangueira, casquilho, o-ring)	Preparador	5	Antes
3	Preparação GCF (Gabarit Controlo Final)	Monitor	5	Antes
4	Troca de ferramentas da prensa	Preparador	5	Setup
5	Troca de mesas externas	Operador	2	Setup Paralelo
6	Troca de lanças de o-rings	Operador	1	Setup Paralelo
7	Troca de componentes	Operador	1	Setup Paralelo
8	Selecionar programa	Operador	1	Setup Paralelo
9	Produzir 1ª peça OK	Operador	1	Setup
10	Medição da 1ª peça OK	Operador	1	Setup
11	Efetuar ajustes (se necessário)	Preparador	1	Setup
12	Verificar peça no GCF	Operador	1	Setup
13	Preencher folha 1ª peça OK	Monitor	5	Após
14	Arrumar ferramentas (efetuar limpeza se necessário)	Preparador	5	Após

O cronograma de *setup* do Posto 2 (Figura 87) ilustra o tempo total do conjunto de tarefas pré *setup*, *setup* e após *setup*. As tarefas efetuadas antes e durante o *setup* têm a duração de 10 minutos, e as tarefas realizadas após *setup* tem a duração de 5 minutos.

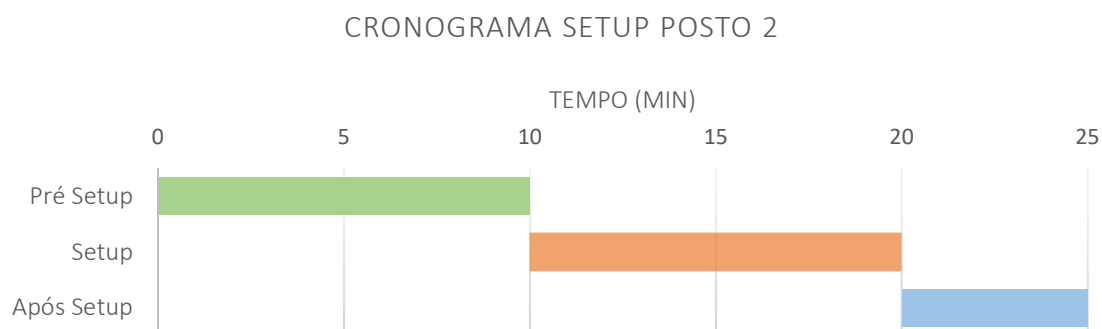


Figura 87 - Cronograma das tarefas de *setup* no Posto 2

Comparando os resultados da proposta de *setup* com as observações realizadas (Tabela 33), verifica-se uma redução de 76% no tempo de *setup* do Posto 2.

Tabela 33 - Comparação de tempos de *setup* no Posto 2

Setup Observado (min)	42,5
Setup Proposto (min)	10
Melhoria (%)	76%

Posto 3

A Tabela 34 descreve as atividades de *setup* realizadas no Posto 3. Através da organização das ferramentas do posto, foi possível reduzir a duração da tarefa “Troca de colocadores de teste” de 4 para 1 minuto, e foi eliminada a tarefa “Procura de jogo de chaves de ferramentas”, pois foi disponibilizado um jogo de chaves de ferramentas para cada linha. O *setup* deste posto passou então a ter a duração de apenas 4 minutos.

Tabela 34 - Tarefas de *setup* realizadas no Posto 3 (após melhorias)

Op.	Descrição da operação	Responsável	Tempo (min)	Momento
1	Troca de colocadores de teste	Operador	1	Setup
2	Troca de marcador de teste	Operador	2	Setup
3	Selecionar programa	Operador	1	Setup

A Figura 88 ilustra a duração das atividades realizadas antes, durante e após o *setup* do Posto 3. Neste posto, não existem atividades efetuadas antes ou após o *setup*.

CRONOGRAMA SETUP POSTO 3

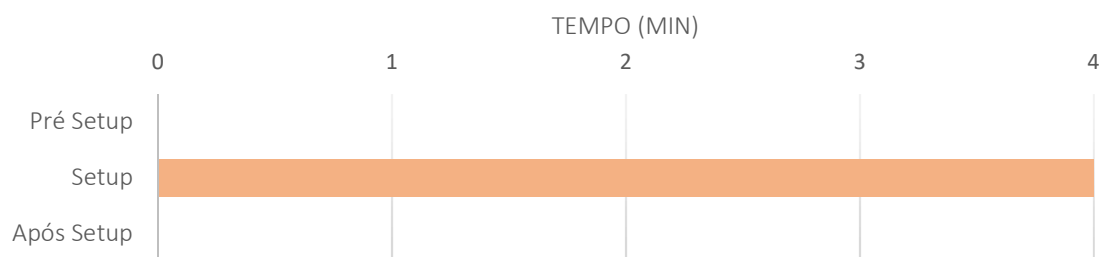


Figura 88 - Cronograma das tarefas de *setup* no Posto 3

Comparando os resultados da proposta de *setup* no Posto 2 com as observações realizadas (Tabela 35), verifica-se uma redução de 60% no tempo de *setup* do posto.

Tabela 35 - Comparação de tempos de *setup* no Posto 3

Setup Observado (min)	10
Setup Proposto (min)	4
Melhoria (%)	60%

Linha

Após as ações implementada a nível da organização da linha, é possível verificar as melhorias obtidas através da Figura 89. Neste momento, tanto os operadores como os preparadores não têm a necessidade de fazer muitas deslocações para obter as ferramentas e material necessário. Para além de existir menos deslocações e transportes, foi claramente minimizado o tempo que era gasto a procurar material, ferramentas ou calibres (todos os locais de armazenamento identificados). A legenda da Figura 89 é dada pela Tabela 28.

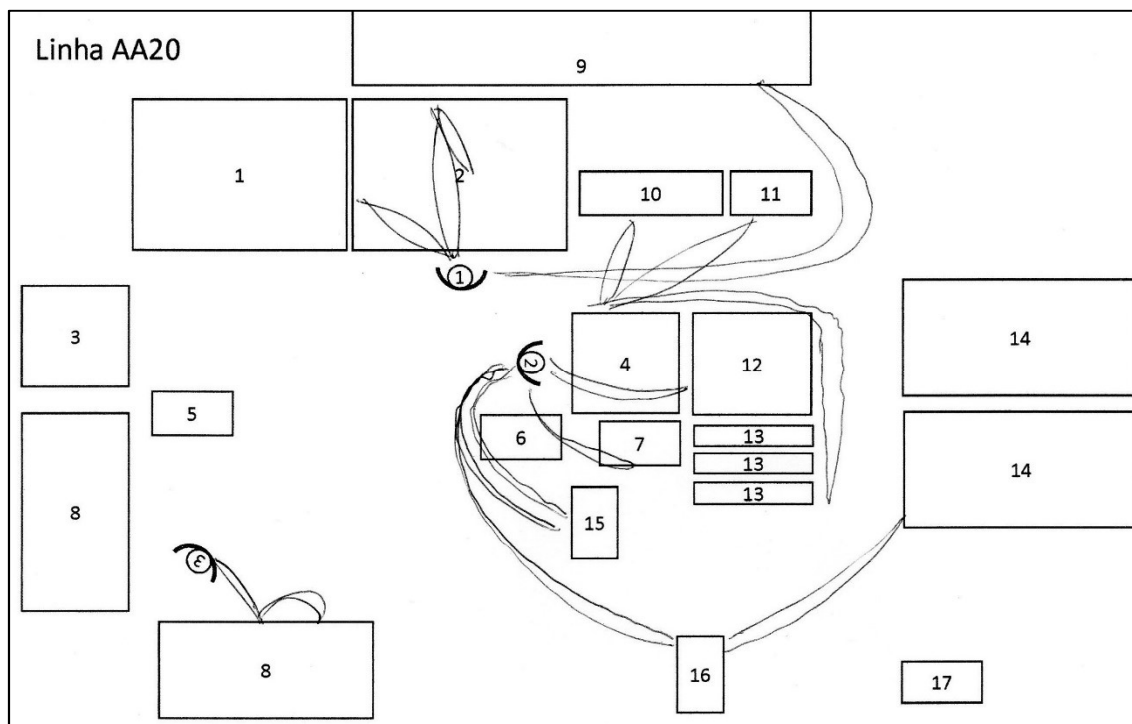


Figura 89 - Diagrama *spaghetti* do *setup* (após melhorias)

A distância total percorrida em todos os postos passou a ser de 145 m (Tabela 36), quando inicialmente era 515 m.

Tabela 36 - Distância percorrida no *setup* (após melhorias)

Posto	Distância Percorrida (m)
1	35
2	110
3	0
Total	145

Como já referido, o *setup* na linha é efetuado em todos os postos de forma paralela (Figura 90). O posto com tempo mais elevado continuou a ser o Posto 2, no entanto, o tempo de *setup* após as melhorias implementadas, passou a ser de 10 minutos, quando inicialmente era de 42,5 min.



Figura 90 - Tempo de *setup* da linha (após melhorias)

A proposta de *setup* para a linha permitiu uma redução de 76% no tempo de *setup*, e uma redução de 72% na distância total percorrida (Tabela 37).

Tabela 37 - Comparação indicadores *setup* (situação inicial e proposta de melhoria)

Indicador	Setup Observado	Setup Proposto	Melhoria
Tempo Setup (min)	42,5	10	76%
Distância Percorrida (m)	515	145	72%

É importante referir que os resultados apresentados da implementação da metodologia SMED não refletem observações reais. Estes resultados referem-se a uma proposta de melhoria que reflete o potencial do *setup* da linha, com os recursos humanos e tecnológicos que existem à data. As melhorias implementadas a nível de organização não garantem, por si só, a obtenção destes resultados no terreno. Para atingir e manter estes resultados, é necessário formar as pessoas que estão no terreno (operadores, preparadores e monitores), e garantir que são cumpridos os procedimentos estabelecidos, de uma forma contínua. Foram desenvolvidos esforços nesse sentido, com formação em sala e auxílio na preparação e acompanhamento dos *setups*, cujos resultados são apresentados no Cap. 3.6.

3.5.5 Instrução Preparação *Standard*

Após a elaboração da proposta de *setup*, foi necessário criar procedimentos para que possam ser atingidos os resultados pretendidos. E, portanto, foi criada uma IPS (Instrução de Preparação *Standard*) para cada posto. Nesta instrução de preparação são definidas todas as tarefas necessárias para efetuar o *setup*, a duração estabelecida para cada tarefa, e a pessoa responsável pela sua realização (operador, preparador ou monitor). As IPS elaboradas para cada posto podem ser consultadas no Anexo B – Documentação utilizada na implementação da metodologia SMED.

3.5.6 Sequência Ótima de Produção

Existem diversas referências produzidas na linha AA20, o que origina um número elevado de *setups*. Para além da aplicação da metodologia SMED para reduzir o tempo de *setup*, é importante analisar a mudança de ferramentas que existe entre cada referência. Desta forma, é possível construir uma sequência ótima de produção, minimizando as trocas de ferramentas.

Para criar a sequência ótima de produção, foi necessário primeiro agrupar as referências em famílias, de acordo com as ferramentas utilizadas em cada processo. Assim, é possível identificar o menor número de troca de ferramentas entre cada família.

As referências foram agrupadas como indicado na Tabela 38. Para cada referência, foram identificadas as ferramentas utilizadas em cada processo produtivo. As referências que utilizam as mesmas ferramentas foram agrupadas na mesma família.

No processo de curvar, para a máquina curvadora as ferramentas foram identificadas como um conjunto (C1, C2, etc.), pois cada conjunto é composto por várias ferramentas que são sempre utilizadas em simultâneo.

Tabela 38 - Matriz de ferramentas utilizadas em cada referência

Referência	Lado	Curvadora	Prensa		Mesa Externa	Colocadores de Teste	Família
			Ø	Orientador			
T.80932	HP	C1	Ø12	0267	Soft Nose	1283 / 3457	HP 1
T.80937	HP	C1	Ø13	0266	Bracket	1285 / 3471	HP 2
T.80930	LP	C2	Ø16	0291	Soft Nose	1284 / 1634	LP 1
T.80931	LP	C2	Ø16	0268	Soft Nose	1284 / 1634	LP 1
T.80933	LP	C2	Ø16	0269	Soft Nose	1284 / 1634	LP 1
T.80939	LP	C2	Ø16	0292	Soft Nose	1284 / 1634	LP 1
T.80935	LP	C3	Ø16	0290	-	1633 / 3459	LP 2
T.81095	LP	C3	Ø16	0290	-	1633 / 3459	LP 2
T.70764	LP	C4	Ø18	0289	Soft Nose	1818 / 3461	LP 3
T.70766	LP	C5	Ø19	0293	-	1901 / 3468	LP 4
T.70927	LP	C5	Ø19	0293	-	1901 / 3468	LP 4

Após a definição de famílias (agrupadas por ferramenta), foi definida a sequência ótima de produção (Tabela 39). A prioridade é que a mudança seja feita entre referências da mesma família, e entre famílias com ferramentas comuns. Foi definida uma sequência para cada lado da linha (HP e LP), pois o *setup* é feito de forma independente. Como no lado HP apenas existem duas referências, a sequência é sempre a mesma (não existe sequência ótima).

Tabela 39 - Sequência ótima de produção

LP			HP		
Seq.	Referência	Família	Seq.	Referência	Família
1	T.80930	LP 1	1	T.80932	HP 1
2	T.80931		2	T.80937	HP 2
3	T.80933				
4	T.80939	LP 2			
5	T.80935				
6	T.81095				
7	T.70764	LP 3			
8	T.70766	LP 4			
9	T.70927				

3.5.7 Objetivos de *setup*

De acordo com as mudanças de ferramentas entre famílias de referências, foram identificados três tipos de *setup* (Tabela 40). Para cada tipo de *setup* foi definido um objetivo de tempo para efetuar a mudança de ferramenta.

Tabela 40 - Objetivo e descrição de cada tipo de *setup*

Setup	Objetivo	Descrição
A	10	Mudança de ferramentas em todos os postos
B	5	Mudança de componentes e orientador na prensa
C	1	Não existe mudança de ferramentas

Após a definição de cada tipo de *setup*, foi elaborada uma matriz de objetivos de *setup* entre todos as referências da linha (Tabela 41). Todas as mudanças foram classificadas com o tipo de *setup*: A, B ou C.

Tabela 41 - Matriz de objetivos de *setup* da linha AA20

SETUP AA20	PARA										
	T.80932	T.80937	T.80935	T.81095	T.80933	T.80931	T.80930	T.80939	T.70764	T.70766	T.70927
T.80932	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T.80937	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T.80935	-	-	-	C	A	A	A	A	A	A	A
T.81095	-	-	C	-	A	A	A	A	A	A	A
T.80933	-	-	A	A	-	B	B	B	A	A	A
T.80931	-	-	A	A	B	-	B	B	A	A	A
T.80930	-	-	A	A	B	B	-	B	A	A	A
T.80939	-	-	A	A	B	B	B	-	A	A	A
T.70764	-	-	A	A	A	A	A	A	-	A	A
T.70766	-	-	A	A	A	A	A	A	A	-	C
T.70927	-	-	A	A	A	A	A	A	A	C	-

3.6 Análise de resultados

3.6.1 Capacidade Produtiva

A Figura 91 ilustra os resultados obtidos para ambas as iterações do balanceamento, comparando com a situação inicial.

Através do balanceamento e das melhorias implementadas na linha de produção, foi possível aumentar consideravelmente a sua capacidade produtiva. Inicialmente, a linha tinha capacidade para produzir 57 peças/hora, e após a 2ª iteração do balanceamento, a sua capacidade aumentou para 69 peças/hora (com o mesmo número de operadores) e 91 peças/hora (com mais um operador em linha).

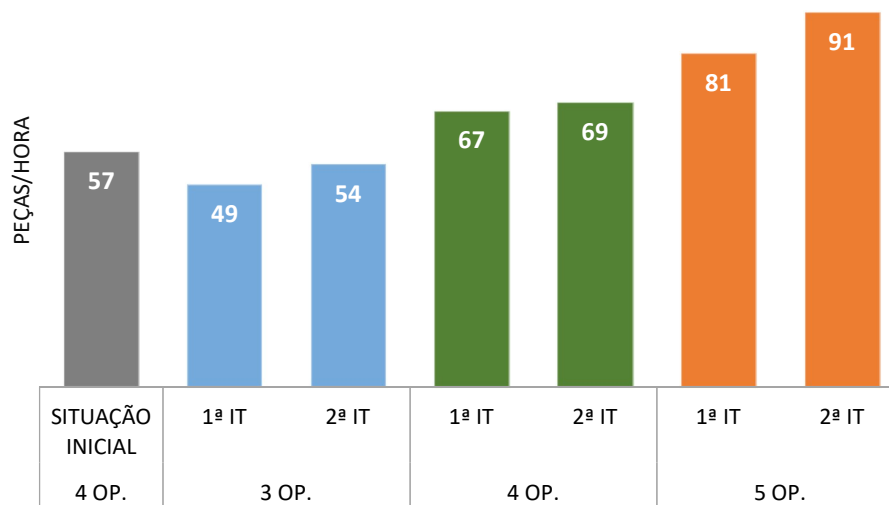


Figura 91 - Comparação de resultados do balanceamento da linha AA20

O aumento da capacidade produtiva, com o mesmo número de operadores que na situação inicial (quatro operadores), corresponde a um aumento de 17% de produtividade, como indicado na Tabela 42.

Tabela 42 - Comparação de produtividade com o mesmo número de operadores

Estado Inicial (peças/h)	57
Estado Final (peças/h)	69
Melhoria	17%

No entanto, com mais um operador em linha, a produtividade aumenta para 91 peças/hora, o que se traduz numa melhoria de 37% da produtividade da linha (Tabela 43).

Tabela 43 - Comparação de produtividade com mais um operador

Estado Inicial (peças/h)	57
Estado Final (peças/h)	91
Melhoria	37%

3.6.2 Tempos de *setup*

Em relação aos tempos de *setup* reais, existe uma evidente redução ao longo do intervalo de tempo analisado. Estes resultados devem-se às melhorias que foram sendo implementadas (através da metodologia SMED), e também ao aumento do conhecimento do processo e das máquinas, por parte dos preparadores e operadores.

Como demonstra a Figura 92, o tempo médio de *setup* em Março era de 64 minutos, obtendo-se uma redução até aos 38 minutos em Junho, com uma pequena subida para 42 minutos em Julho. A subida no mês de Julho coincide com a entrada em laboração do terceiro turno, o que significa a entrada de uma equipa nova de operadores sem experiência e com pouca formação.

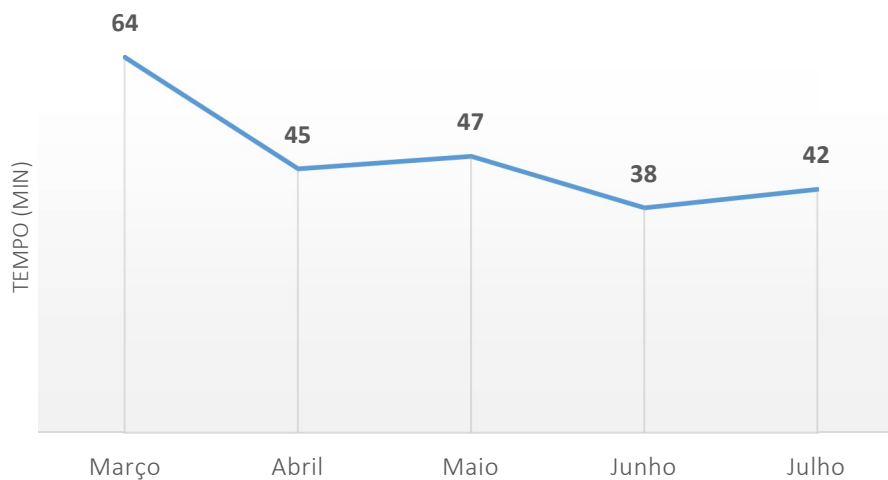


Figura 92 - Evolução mensal do tempo médio de *setup*

A redução dos tempos de *setup* de 64 para 42 minutos representa uma melhoria de 34% (Tabela 44), ultrapassando assim o objetivo proposto de 20%. No entanto, como referido no Cap. 3.5, existe ainda um potencial de melhoria superior a 70%, com a possível redução do tempo de *setup* para 10 minutos (Tabela 37).

Tabela 44 - Comparação do tempo médio de *setup*

Estado Inicial (min)	64
Estado Final (min)	42
Melhoria	34%

3.6.3 OEE

A Figura 93 ilustra a evolução dos indicadores que constituem o OEE desde o mês de Março até Julho. No geral, existe uma evolução positiva de todos os indicadores, como seria expectável.

A disponibilidade da linha aumentou de 79% até aos 93%. Este valor reflete a redução do número de paragens, e também a duração das mesmas, incluindo os tempos de *setup*.

Em relação à eficiência, verifica-se ainda alguma variabilidade. Como já referido no Cap. 3.4 referente ao balanceamento da linha, em Março a eficiência era bastante reduzida com apenas 72%. No entanto, através do balanceamento da linha e do aumento da formação e experiência dos operadores, este valor subiu até aos 99% no mês de Maio. Contudo, com os novos objetivos de produção (definidos na 2ª iteração do balanceamento), este valor voltou a descer para os 82% em Julho. Como já referido também, este mês coincide com a entrada do terceiro turno e de novos operadores sem experiência, pelo que necessitam de um período de adaptação até atingirem a eficiência esperada.

A qualidade da linha no início do projeto era de 94%, existindo um aumento até aos 97%, superando objetivo deste indicador: 96%. No entanto, este indicador não foi objeto de análise neste trabalho.

A combinação dos três indicadores resulta num aumento bastante assinalável no OEE da linha. De apenas 53% no mês de Março, existiu uma subida até aos 82% no mês de Junho. Contudo, a baixa eficiência no mês de Julho acaba por refletir um OEE de 74% (Tabela 45), devido aos fatores já referidos.

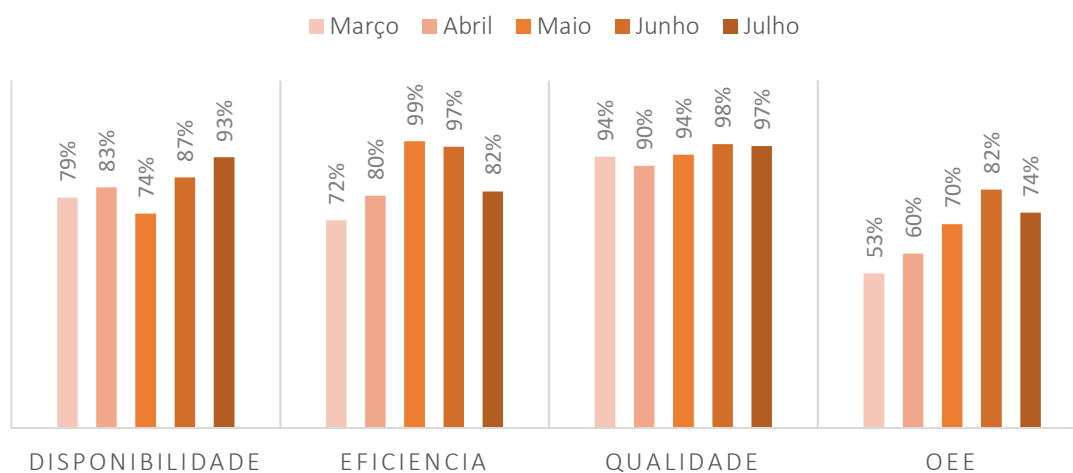


Figura 93 - Evolução do OEE da linha AA20

O aumento do OEE da linha de 53% para 74% representa uma melhoria de 28% (Tabela 45).

Tabela 45 - Comparação do OEE

Estado Inicial (%)	53
Estado Final (%)	74
Melhoria	28%

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

4.1 Conclusões

Através da Tabela 46, é possível analisar a comparação dos objetivos propostos e dos resultados obtidos. Verifica-se, com satisfação, que ambos os objetivos foram superados.

O objetivo pretendido para capacidade produtiva da linha eram 1800 peças/dia, tendo sido atingida uma capacidade de 2002 peças/dia. Em relação à redução do tempo de *setup*, que tinha um objetivo fixado em 20%, foi obtida uma redução de 34%, superando também o objetivo proposto. Contudo, a análise realizada permitiu concluir que existe ainda potencial para uma redução superior a 70% no tempo de *setup*.

Tabela 46 - Comparação dos objetivos propostos e resultados obtidos

Indicador	Objetivo	Resultado
Capacidade produtiva (peças/dia)	1800	2002
Redução do tempo de <i>setup</i> (%)	20%	34%

Para atingir os resultados obtidos, foram implementadas diversas melhorias na linha de produção AA20, utilizando ferramentas de melhoria contínua como o *standard work*, a gestão visual e os 5 S. A ferramenta mais utilizada foi o *standard work*, para definir *standards* de trabalho e padronizar as operações realizadas. No total, foram elaboradas dezasseis FOS (Folhas de Operação *Standard*) e três IPS (Instruções de Preparação *Standard*).

Além do trabalho descrito neste relatório acerca da linha de produção AA20, existiu também a oportunidade de desenvolver diversos trabalhos noutras áreas do setor VS30. Foram realizadas várias ações de melhoria a nível de 5 S e gestão visual na zona de preparação e restantes linhas, e ainda várias alterações de *layout*, de forma a melhorar o fluxo do material no processo produtivo. Existiu também a oportunidade de integrar a equipa de melhoria contínua e QRQC da UAP 2, participando ativamente na resolução de problemas de qualidade, tendo a possibilidade de pilotar a resolução de vários problemas do dia.

4.2 Proposta de trabalhos futuros

Em relação a propostas de melhoria para trabalhos futuros, existe ainda uma grande oportunidade de melhoria na linha AA20: a redução do tempo de *setup*. O tempo médio de *setup* da linha é atualmente cerca de 40 min, mas como já referido, existe um potencial de redução para 10 min. Para tal, é necessário continuar a trabalhar na formação dos operadores, monitores e preparadores, para que sejam atingidos os objetivos de *setup*. Para além da formação, é necessário também que exista um diálogo permanente entre todas as pessoas

envolvidas, para perceber as razões que levam ao não cumprimento dos objetivos, de forma a analisar e eliminar as suas causas-raiz.

Ainda em relação à linha AA20, foi atingido um resultado final de 74% no indicador de OEE, contudo este valor não corresponde ao objetivo, que é 85%. Contudo, analisando os três indicadores que constituem o OEE, este baixo resultado foi influenciado pela queda na eficiência coma entrada do terceiro turno. No entanto, após o período de formação dos novos operadores, espera-se que este indicador suba para os índices normais (acima de 90%), atingindo assim um OEE de 85%.

Para além da linha AA20, existem diversas oportunidades de melhoria no setor VS30, começando pela PREP, que conta com diversos problemas a nível de eficiência e disponibilidade das máquinas, originando faltas de material nas linhas de produção, e horas extras de trabalho. Os problemas que existem na PREP acabam por provocar falta de material nas linhas de produção, afetando assim os seus objetivos de produção. Para resolver este problema existe já um grupo de trabalho formado, para identificar os desperdícios que existem neste processo através de uma análise de variabilidade, e também uma proposta de alteração de *layout* de forma a reduzir o *lead-time* de todo o processo na zona de preparação.

Outro desafio do setor VS30 está relacionado com a redução de custos de não qualidade, nomeadamente, sucata e retrabalho. Estes têm origem sobretudo a nível de preparação (*setups* e afinações), e de fugas provenientes do processo de soldadura, originando desperdícios de milhares de euros mensais. Para minimizar este problema foi também formada uma equipa de trabalho multidisciplinar, para encontrar soluções através da utilização das ferramentas da qualidade como o diagrama de Pareto, o diagrama de causa-efeito e os 5 porquês.

Por último, sugere-se que tanto o trabalho desenvolvido até à data, como o trabalho desenvolvido no futuro, deve ser publicado à comunidade científica.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Ford Motor Company, “100 Years of the Moving Assembly Line,” 2018. [Online]. Available: <https://corporate.ford.com/innovation/100-years-moving-assembly-line.html>. [Accessed: 12-Apr-2018].
- [2] Classics World, “THE UNIVERSAL CAR – FORD’S MODEL T,” 2018. [Online]. Available: <https://classicsworld.co.uk/opinion/the-universal-car-fords-model-t/>. [Accessed: 18-Apr-2018].
- [3] Statista, “Statistics & Facts on the Global Automotive Industry,” 2018. [Online]. Available: <https://www.statista.com/topics/1487/automotive-industry/>. [Accessed: 12-Aug-2018].
- [4] AFIA, “Indústria de Componentes para Automóveis - Estatísticas,” 2018. [Online]. Available: <https://afia.pt/estatisticas/>. [Accessed: 12-Aug-2018].
- [5] IATF, “About IATF,” 2018. [Online]. Available: <https://www.iatfglobaloversight.org/about-iatf/>. [Accessed: 15-Apr-2018].
- [6] M. Santos and H. V. Neto, “A norma IATF 16949:2016: mudanças, transição, caminhos e oportunidades,” *CESQUA*, no. 1, pp. 69–91, 2018.
- [7] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Ross, *The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production*. New York, USA: HarperCollins Publishers, 1990.
- [8] T. Melton, “The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries,” *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 83, no. 6 A, pp. 662–673, 2005.
- [9] M. C. Kocakülâh, J. F. Brown, and J. W. Thomson, “Lean Manufacturing Principles and Their Application,” *Cost Manag.*, p. 16, 2008.
- [10] Lean Enterprise Institute, “Toyota Production System,” 2018. [Online]. Available: <https://www.lean.org/lexicon/toyota-production-system>. [Accessed: 20-Oct-2018].
- [11] T. Ohno, *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press, 1988.
- [12] Y. Monden, *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*, 4th ed. CRC Press, 2011.
- [13] P. Ghinato, “Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente Just-in-Time,” *SciELO Anal.*, vol. 5, no. 2, 1995.
- [14] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, USA: Simon & Schuster, 2003.
- [15] K. W. Dailey, *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*, vol. 17, no. 2. 2003.
- [16] C. A. Ortiz, *Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line*. Taylor & Francis, 2006.
- [17] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, and R. Campilho, “SMED methodology: The

- reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1034–1042, 2017.
- [18] C. Rosa, F. J. G. Silva, and L. P. Ferreira, “Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1035–1042, 2017.
- [19] I. Antoniulli, P. Guariente, T. Pereira, L. P. Ferreira, and F. J. G. Silva, “Standardization and optimization of an automotive components production line,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1120–1127, 2017.
- [20] P. Guariente, I. Antoniulli, L. P. Ferreira, T. Pereira, and F. J. G. Silva, “Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1128–1134, 2017.
- [21] T. Costa, F. J. G. Silva, and L. Pinto Ferreira, “Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1104–1111, 2017.
- [22] B. Barbosa, M. T. Pereira, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, “Solving Quality Problems in Tyre Production Preparation Process: A Practical Approach,” *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1239–1246, 2017.
- [23] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, and R. M. Gouveia, “Establishing Standard Methodologies To Improve The Production Rate Of Assembly Lines Used For Low Added-Value Products,” *Procedia Manuf.*, 2018.
- [24] D. Correia, F. J. G. Silva, R. M. Gouveia, M. T. Pereira, and L. P. Ferreira, “Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools,” *Procedia Manuf.*, 2018.
- [25] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, and R. M. Gouveia, “Applying SMED methodology in cork stoppers production,” *Procedia Manuf.*, 2018.
- [26] H. T. Rocha, L. P. Ferreira, and F. J. G. Silva, “Analysis and Improvement of Processes in the Jewelry Industry,” *Procedia Manuf.*, 2018.
- [27] J. P. Silva, “OEE – The way to measure equipment effectiveness,” *J. 20Th Century Contemp. French Stud.*, pp. 1–15, 2013.
- [28] S. Nakajima, *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press, 1988.
- [29] I. P. S. Ahuja and J. S. Khamba, “Total productive maintenance: literature review and directions,” *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 25, no. 7, pp. 709–756, 2008.
- [30] A. Raouf, C. L. Tsui, and E. A. El-Sayed, “A new heuristic approach to assembly line balancing,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 4, no. 3, pp. 225–234, 1980.
- [31] C. Becker and A. Scholl, “A survey on problems and methods in generalized assembly line balancing,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 168, no. 3, pp. 694–715, 2006.
- [32] N. T. Thomopoulos, “Line Balancing-Sequencing for Mixed-Model Assembly,” *Manage. Sci.*, vol. 14, no. 2, p. B-59-B-75, 1967.
- [33] U. Schneider, T. Friedli, P. Basu, and J. Werani, “Operational Excellence in Practice — the Application of a Takt-Time Analysis in Pharmaceutical Manufacturing,” *J. Pharm. Innov.*, 2014.
- [34] S. Shingo, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. CRC Press, 1985.

-
- [35] I. A. Costa, "Aplicação da Metodologia SMED numa Linha CNC de Produção de Mobiliário," FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, 2015.
- [36] Hutchinson, "Our Group," 2018. [Online]. Available: <https://www.hutchinson.com/en/our-group>. [Accessed: 05-Mar-2018].
- [37] Mercedes-Benz, "O novo Sprinter," 2018. [Online]. Available: https://www.mercedes-benz.pt/content/portugal/mpc/mpc_portugal_website/ptng/home_mpc/van.html#_int_passengercars:home:product-worlds:van.html. [Accessed: 18-Jun-2018].

ANEXOS

- 6.1 ANEXO A – Cálculos e documentos utilizados no
balanceamento da linha AA20
- 6.2 ANEXO B – Documentação utilizada na implementação da
metodologia SMED

6 ANEXOS

6.1 Anexo A – Cálculos e documentos utilizados no balanceamento da linha AA20

6.1.1 Situação Inicial

Tabela 47 - Operações realizadas em cada posto (situação inicial)

Posto	Operação	Tempo Op. (s)	Tempo Acumulado (s)
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 HP + controlo	42	68
	Curvar tubo 1 LP + controlo	26	94
	Curvar tubo 2 LP + controlo	20	114
2	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Colocar <i>soft nose</i>	14	67
	Teste de obstrução	10	77
3	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Colocar <i>soft nose</i>	14	67
	Teste de obstrução	10	77
4	Teste de estanquidade	45	45
	Embalagem	35	80

6.1.2 1ª iteração

Cálculo Work Content

Tabela 48 - Work Content de cada família (1ª iteração)

Operações	F1 + F2	F1 + F3	F1 + F4
Curvar (tubo 1) + controlo (s)	26	26	26
Curvar (tubo 2) + controlo (s)	42	42	42
Prensar (1ª prensada) (s)	25	25	25
Prensar (2ª prensada) (s)	28	28	28
Colocar <i>soft nose / bracket</i> (s)	14	14	14
Teste de obstrução (s)	10	10	10
Curvar (tubo 1) + controlo (s)	26	26	26
Curvar (tubo 2) + controlo (s)	20	20	-
Prensar (1ª prensada) (s)	25	25	25
Prensar (2ª prensada) (s)	28	28	28
Prensa Manual (s)	-	-	14
Colocar <i>soft nose / bracket</i> (s)	14	-	14
Teste de obstrução (s)	10	10	10
Teste de estanquidade (s)	45	45	45
Embalagem (s)	35	35	35
Work Content (s)	348	334	342

Famílias F1+F2 – 3 Operadores

Tabela 49 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F2 com 3 op. (1ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 HP + controlo	42	68
	Prensar (1ª prensada)	25	93
	Prensar (2ª prensada)	28	121
	Teste de obstrução	10	131
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 LP + controlo	20	46
	Prensar (1ª prensada)	25	71
	Prensar (2ª prensada)	28	99
	Teste de obstrução	10	109
3	Colocar <i>soft nose</i>	14	14
	Colocar <i>soft nose</i>	14	28
	Teste de estanquidade	45	73
	Embalagem	35	108

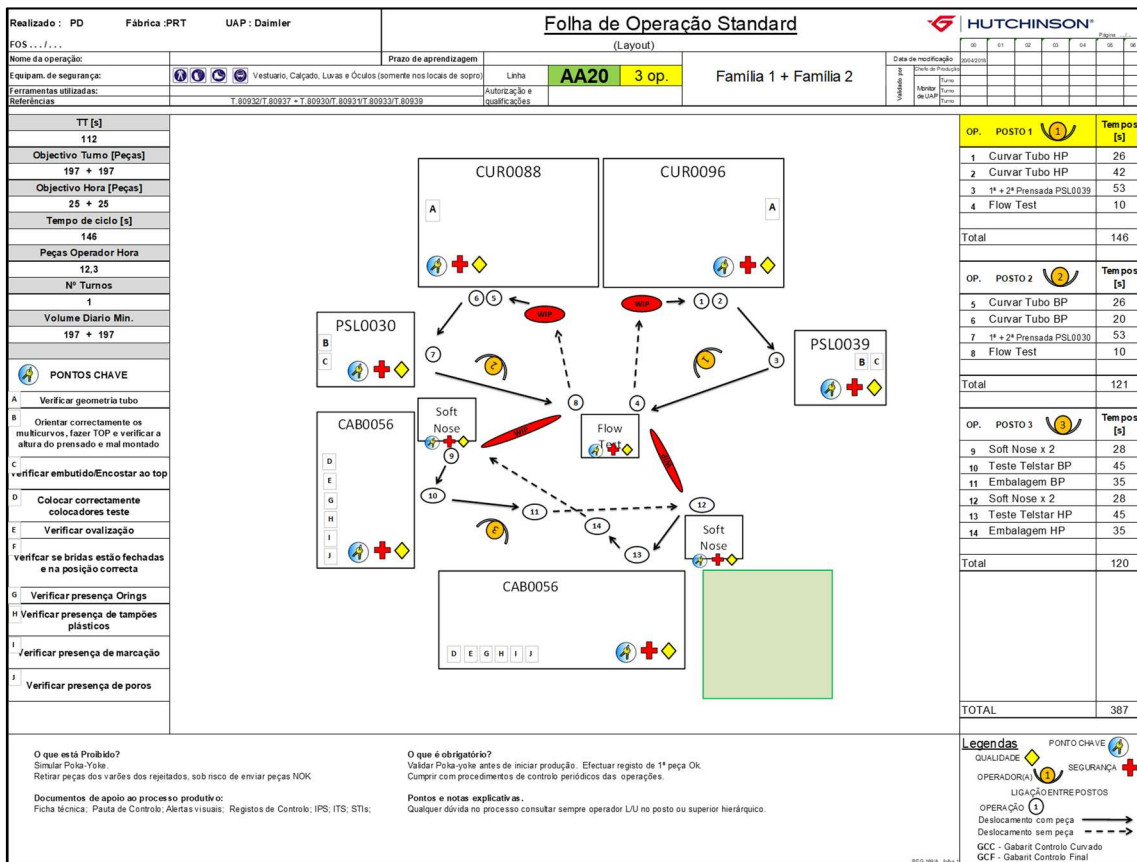


Figura 94 - FOS para famílias F1+F2 com 3 op. (1ª it.)

Famílias F1+F2 – 4 Operadores

Tabela 50 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F2 com 4 op. (1ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 HP + controlo	42	68
	Curvar tubo 1 LP + controlo	26	94
	Curvar tubo 2 LP + controlo	20	20
2	Prensar (1ª prensada)	25	45
	Prensar (2ª prensada)	28	73
	Colocar <i>soft nose</i>	14	87
	Teste de obstrução	10	97
3	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Colocar <i>soft nose</i>	14	67
	Teste de obstrução	10	77
4	Teste de estanquidade	45	45
	Embalagem	35	80

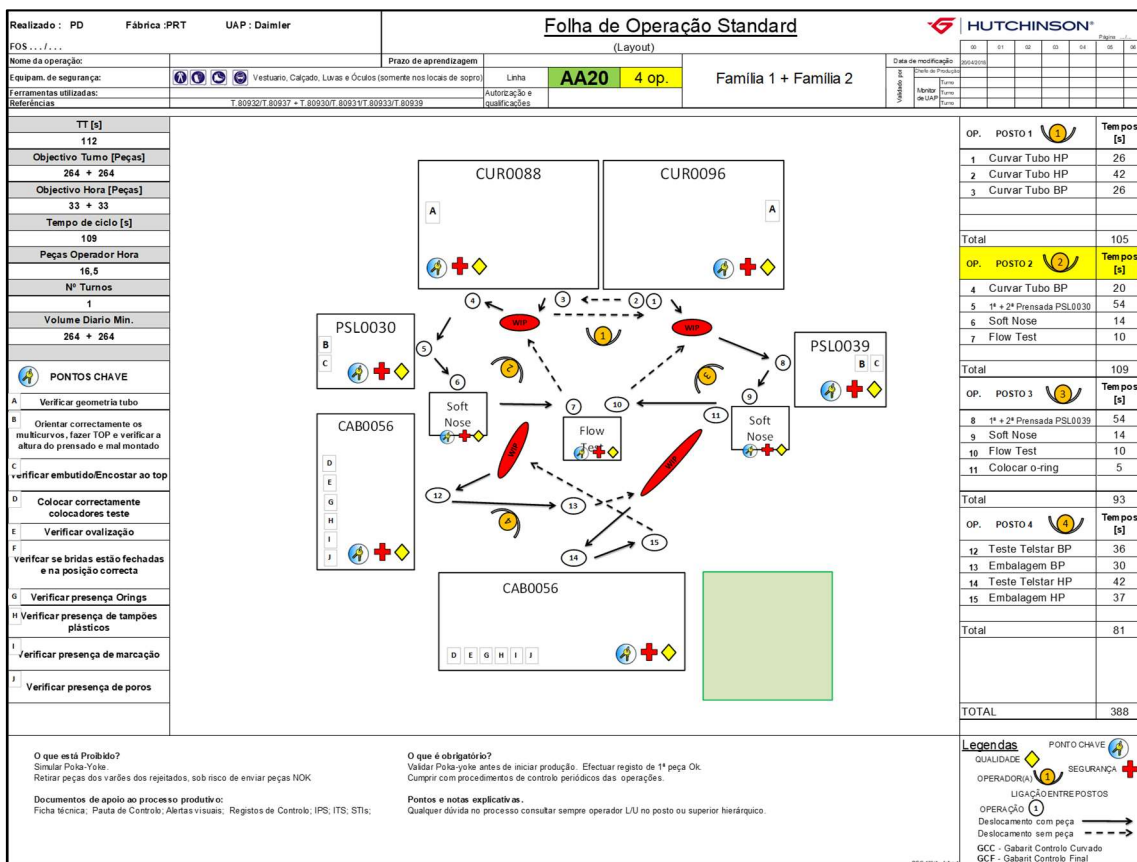


Figura 95 - FOS para famílias F1+F2 com 4 op. (1ª it.)

Famílias F1+F2 – 5 Operadores

Tabela 51 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F2 com 5 op. (1ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 HP + controlo	42	68
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 LP + controlo	20	46
3	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Colocar <i>soft nose</i>	14	67
	Teste de obstrução	10	77
4	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Colocar <i>soft nose</i>	14	67
	Teste de obstrução	10	77
5	Teste de estanquidade	45	45
	Embalagem	35	80

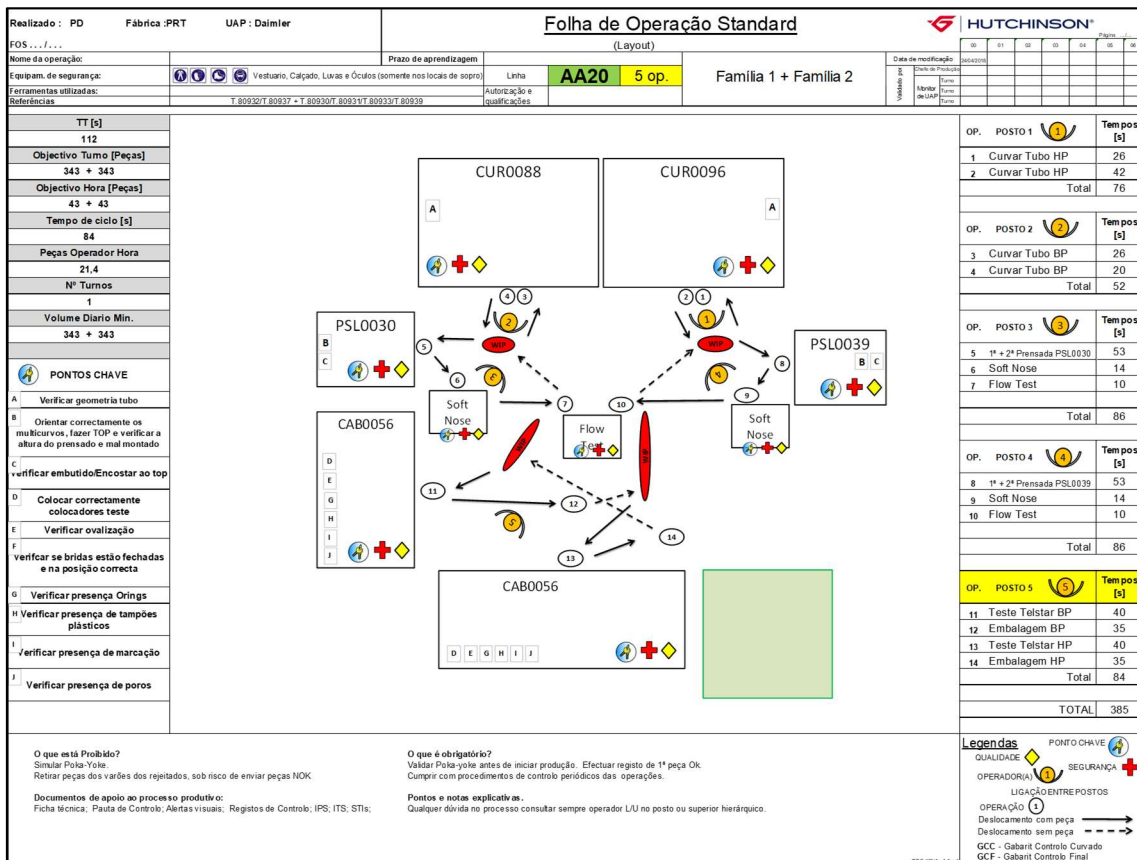


Figura 96 - FOS para famílias F1+F2 com 5 op. (1ª it.)

Famílias F1+F3 – 3 operadores

Tabela 52 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F3 com 3 op. (1ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 HP + controlo	42	68
	Prensar (1ª prensada)	25	93
	Prensar (2ª prensada)	28	121
	Teste de obstrução	10	131
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 LP + controlo	20	46
	Prensar (1ª prensada)	25	71
	Prensar (2ª prensada)	28	99
	Teste de obstrução	10	109
3	Colocar <i>soft nose</i>	14	14
	Teste de estanquidade	45	59
	Embalagem	35	94

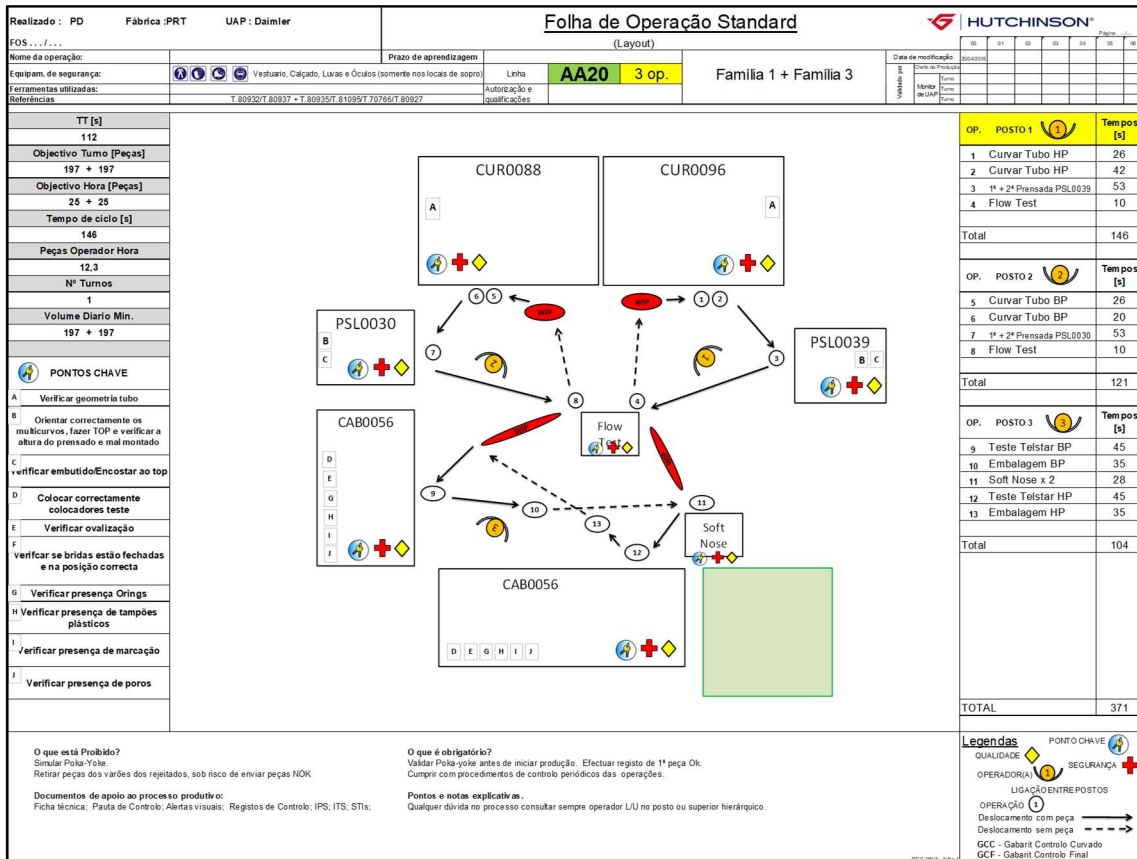


Figura 97 - FOS para famílias F1+F3 com 3 op. (1ª it.)

Famílias F1+F3 – 4 operadores

Tabela 53 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F3 com 4 op. (1ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 HP + controlo	42	68
	Curvar tubo 1 LP + controlo	26	94
	Curvar tubo 2 LP + controlo	20	20
2	Prensar (1ª prensada)	25	45
	Prensar (2ª prensada)	28	73
	Teste de obstrução	10	83
3	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Colocar <i>soft nose</i>	14	67
4	Teste de obstrução	10	77
	Teste de estanquidade	45	45
	Embalagem	35	80

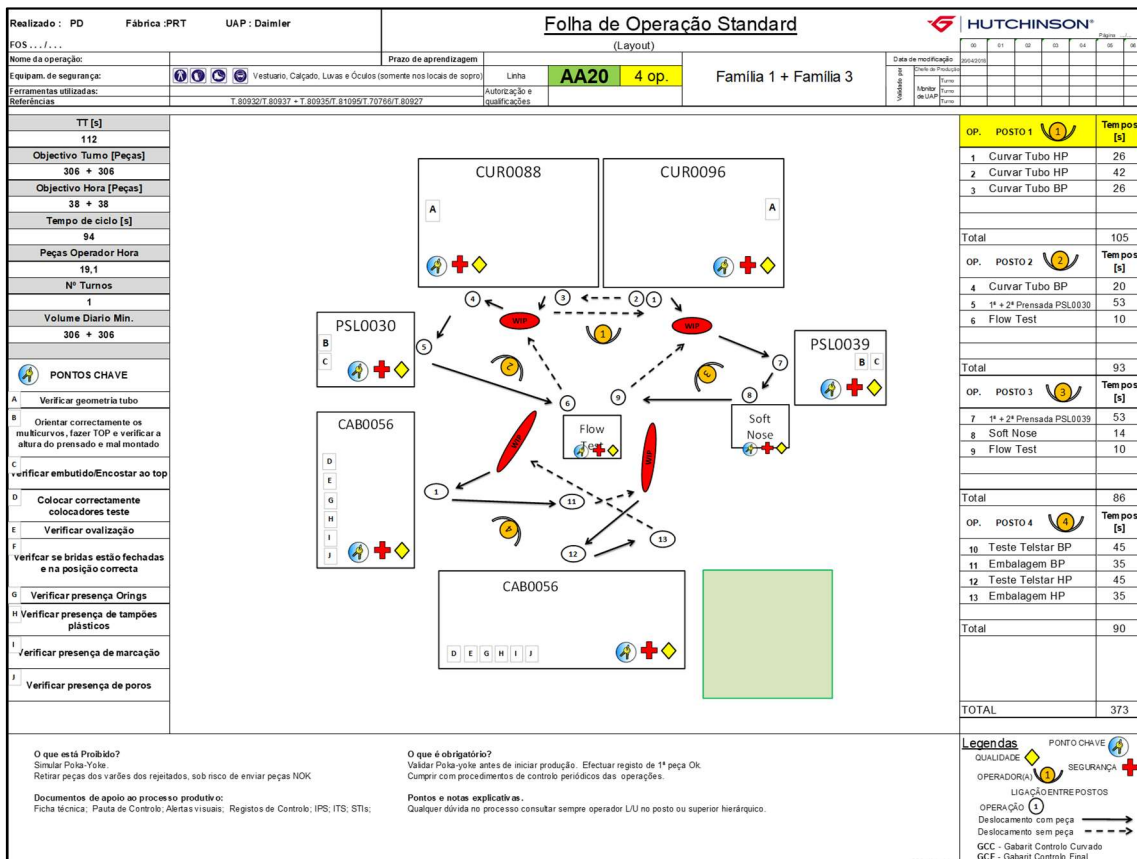


Figura 98 - FOS para famílias F1+F3 com 4 op. (1ª it.)

Famílias F1+F3 – 5 operadores

Tabela 54 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F3 com 5 op. (1ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 HP + controlo	42	68
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 LP + controlo	20	46
3	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Colocar <i>soft nose</i>	14	67
	Teste de obstrução	10	77
4	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Teste de obstrução	10	63
5	Teste de estanquidade	45	45
	Embalagem	35	80

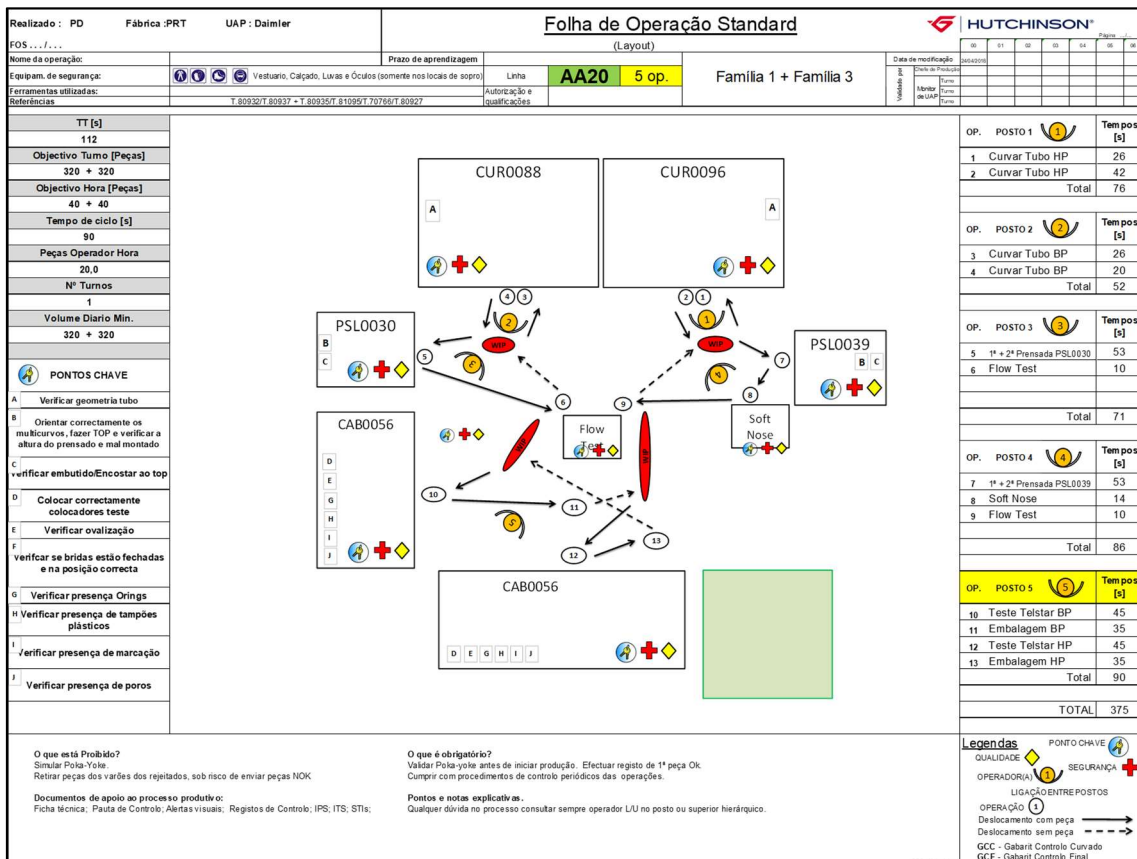


Figura 99 - FOS para famílias F1+F3 com 5 op. (1ª it.)

Famílias F1+F4 – 4 operadores

Tabela 56 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F4 com 4 op. (1ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	26	26
	Curvar tubo 2 HP + controlo	42	68
	Curvar tubo 1 LP + controlo	26	94
	Curvar tubo 2 LP + controlo	20	20
2	Prensar (1ª prensada)	25	45
	Prensar (2ª prensada)	28	73
	Colocar <i>soft nose</i>	14	87
	Teste de obstrução	10	97
3	Prensar (1ª prensada)	25	25
	Prensar (2ª prensada)	28	53
	Prensa Manual	14	67
	Colocar <i>soft nose</i>	14	81
4	Teste de obstrução	10	91
	Teste de estanquidade	45	45
	Embalagem	35	80

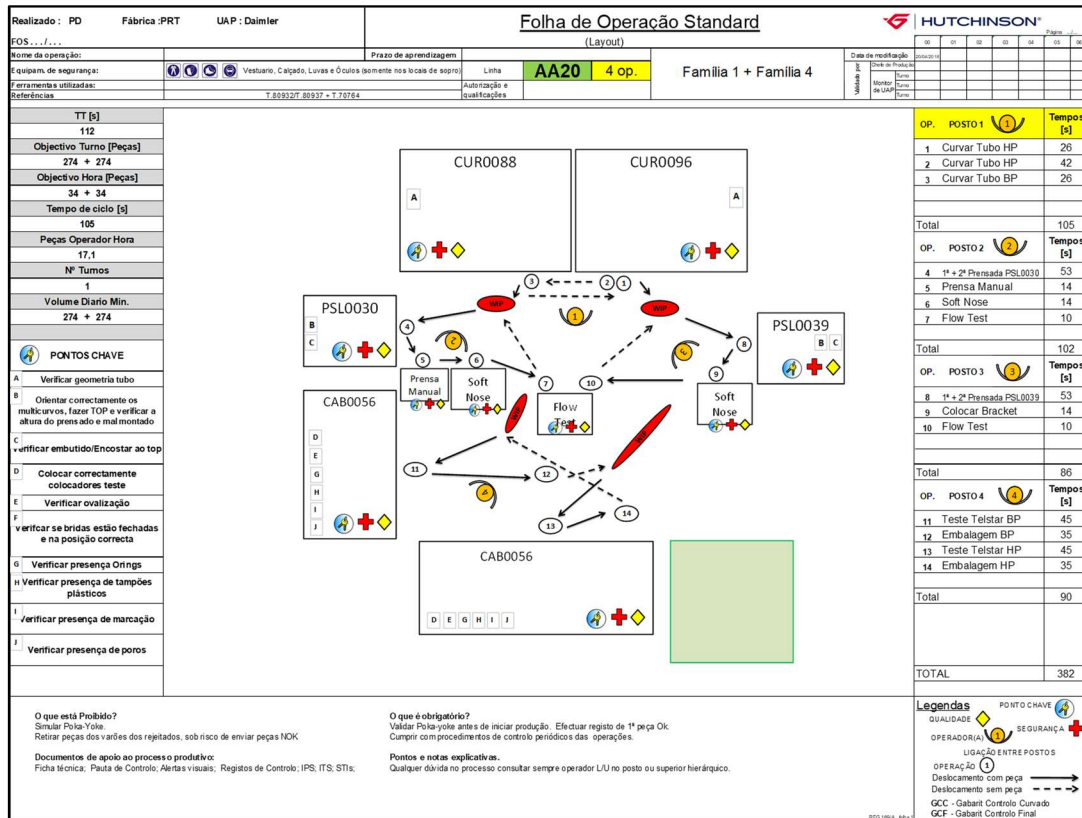


Figura 101 - FOS para famílias F1+F4 com 4 op. (1ª it.)

6.1.3 2ª iteração

Cálculo Work Content

Tabela 57 - Work Content de cada família (2ª iteração)

Operações	F1 + F2	F1 + F3	F1 + F4
Curvar (tubo 1) + controlo (s)	23	26	26
Curvar (tubo 2) + controlo (s)	40	42	42
Prensar (1ª prensada) (s)	22	25	25
Prensar (2ª prensada) (s)	25	28	28
Colocar <i>soft nose / bracket</i> (s)	14	14	14
Teste de obstrução (s)	10	10	10
Curvar (tubo 1) + controlo (s)	25	25	25
Curvar (tubo 2) + controlo (s)	23	23	-
Prensar (1ª prensada) (s)	22	22	22
Prensar (2ª prensada) (s)	25	25	25
Prensa Manual (s)	-	-	14
Colocar <i>soft nose / bracket</i> (s)	14	-	14
Teste de obstrução (s)	10	10	10
Teste de estanquidade (s)	35	35	35
Embalagem (s)	29	29	29
<i>Work Content</i> (s)	317	314	319

Famílias F1+F2 – 3 operadores

Tabela 58 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F2 com 3 op. (2ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	23	23
	Curvar tubo 2 HP + controlo	40	63
	Prensar (1ª prensada)	22	85
	Prensar (2ª prensada)	25	110
	Teste de obstrução	10	120
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	25	25
	Curvar tubo 2 LP + controlo	23	48
	Prensar (1ª prensada)	22	70
	Prensar (2ª prensada)	25	95
	Teste de obstrução	10	105
3	Colocar <i>soft nose</i>	14	14
	Colocar <i>soft nose</i>	14	28
	Teste de estanquidade	35	63
	Embalagem	29	92

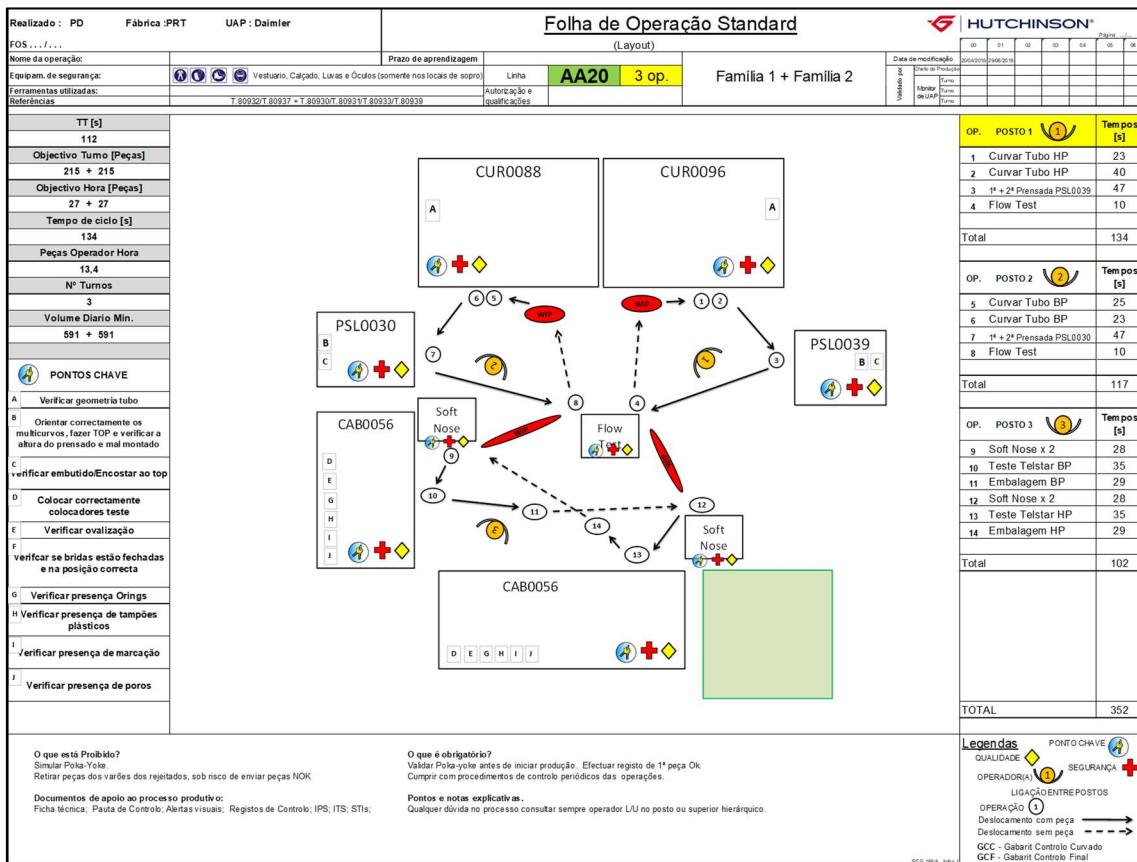


Figura 102 - FOS para famílias F1+F2 com 3 op. (2ª it.)

Famílias F1+F2 – 4 operadores

Tabela 59 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F2 com 4 op. (2ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	23	23
	Curvar tubo 2 HP + controlo	40	63
	Curvar tubo 1 LP + controlo	25	88
	Curvar tubo 2 LP + controlo	23	23
2	Prensar (1ª prensada)	22	45
	Prensar (2ª prensada)	25	70
	Colocar <i>soft nose</i>	14	84
	Teste de obstrução	10	94
3	Prensar (1ª prensada)	22	22
	Prensar (2ª prensada)	25	47
	Colocar <i>soft nose</i>	14	61
	Teste de obstrução	10	71
4	Teste de estanquidade	35	35
	Embalagem	29	64

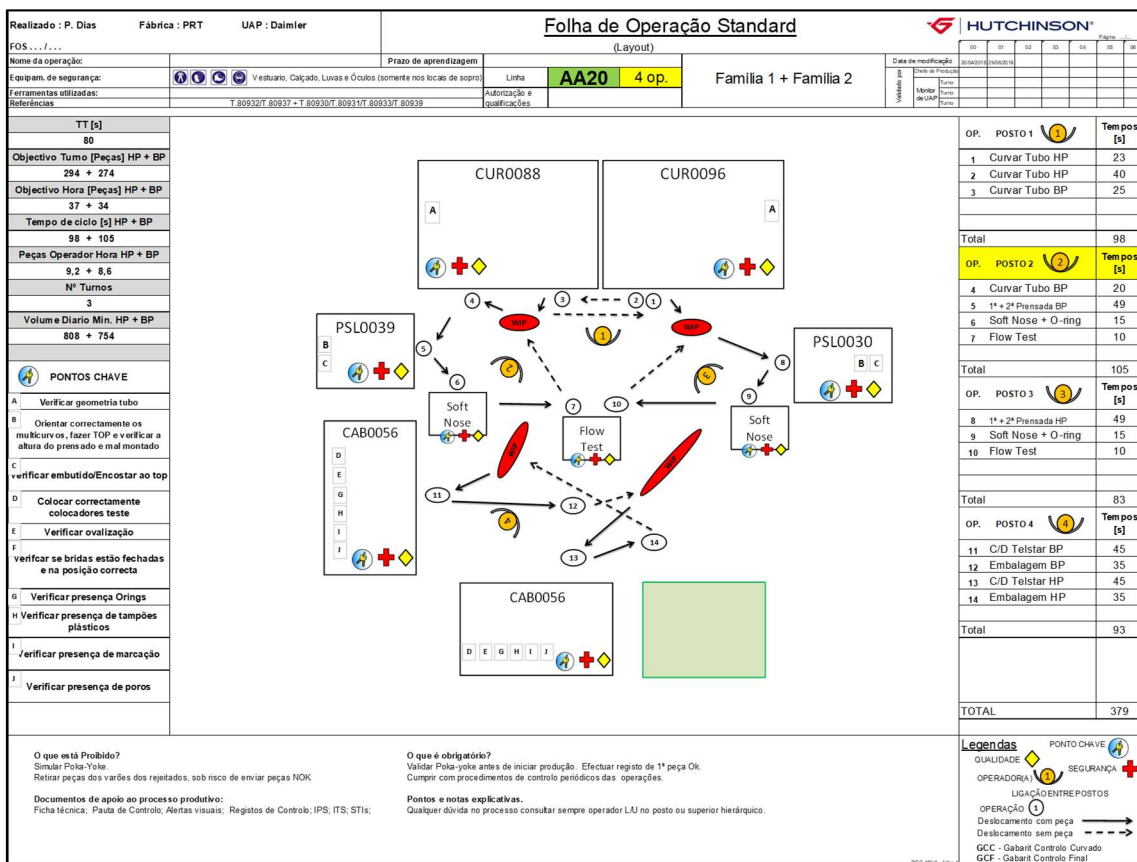


Figura 103 - FOS para famílias F1+F2 com 4 op. (2ª it.)

Famílias F1+F2 – 5 operadores

Tabela 60 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F2 com 5 op. (2ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	23	23
	Curvar tubo 2 HP + controlo	40	63
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	25	25
	Curvar tubo 2 LP + controlo	23	48
3	Prensar (1ª prensada)	22	22
	Prensar (2ª prensada)	25	47
	Colocar <i>soft nose</i>	14	61
	Teste de obstrução	10	71
4	Prensar (1ª prensada)	22	22
	Prensar (2ª prensada)	25	47
	Colocar <i>soft nose</i>	14	61
	Teste de obstrução	10	71
5	Teste de estanquidade	35	35
	Embalagem	29	64

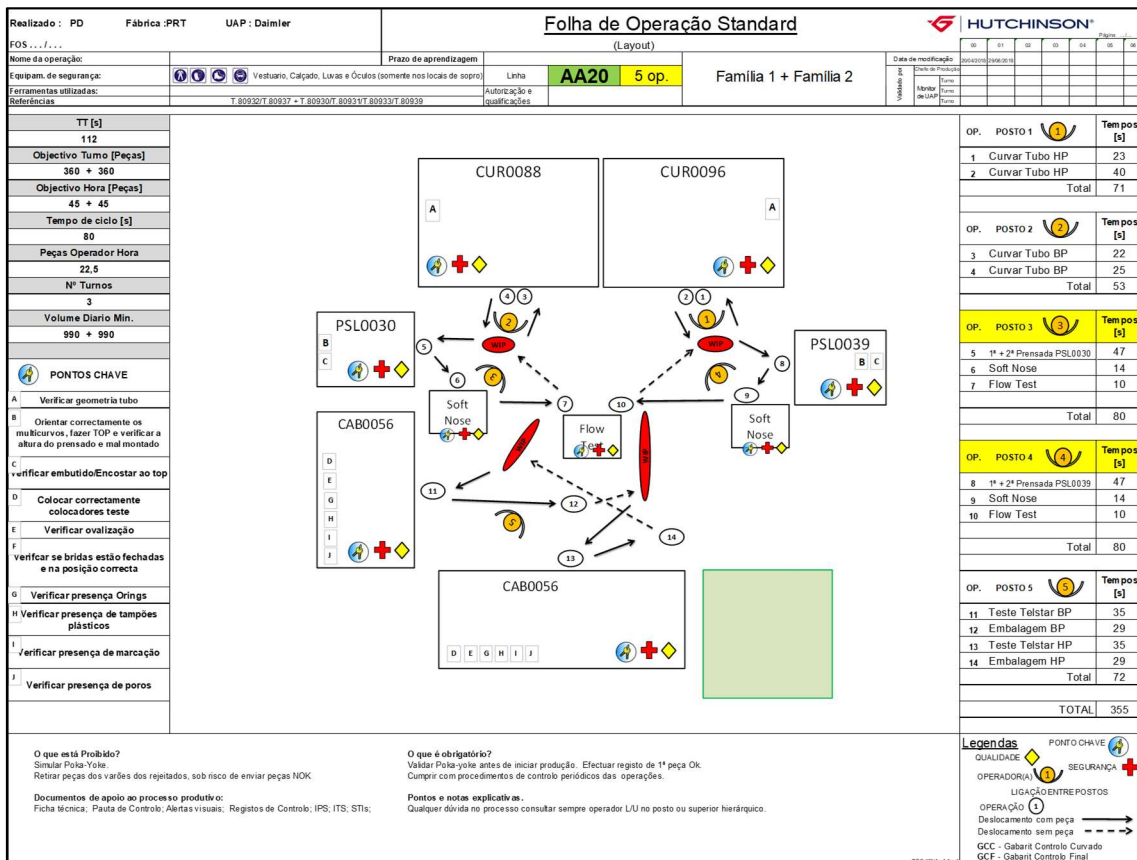


Figura 104 - FOS para famílias F1+F2 com 5 op. (2ª it.)

Famílias F1+F3 – 3 operadores

Tabela 61 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F3 com 3 op. (2ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	23	23
	Curvar tubo 2 HP + controlo	40	63
	Prensar (1ª prensada)	22	85
	Prensar (2ª prensada)	25	110
	Teste de obstrução	10	120
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	25	25
	Curvar tubo 2 LP + controlo	23	48
	Prensar (1ª prensada)	22	70
	Prensar (2ª prensada)	25	95
	Teste de obstrução	10	105
3	Colocar <i>soft nose</i>	14	14
	Teste de estanquidade	35	49
	Embalagem	29	78

Folha de Operação Standard (Layout)

Realizado: PD Fábrica: PRT UAP: Dalmier HUTCHINSON

Nome da operação: Prazo de aprendizagem: Família 1 + Família 3

Equipam. de segurança: Linha: **AA20** 3 op. Autorização e qualificações:

Ferramentas utilizadas: Referências: T. 80920/T.80927 - T. 80935/T.81095/T.70750/T.80927

TT [s]: 112

Objectivo Turno [Peças]: 197 + 197

Objectivo Hora [Peças]: 25 + 25

Tempo de ciclo [s]: 146

Peças Operador Hora: 12,3

Nº Turnos: 3

Volume Diário Min.: 542 + 542

PONTOS CHAVE

- A Verificar geometria tubo
- B Orientar correctamente os multicurvos, fazer TOP e verificar a altura do prensado e mal montado
- C Verificar embutido/Encostar ao top
- D Colocar correctamente colocadores teste
- E Verificar ovalização
- F Verificar se bridas estão fechadas e na posição correcta
- G Verificar presença Orings
- H Verificar presença de tampões plásticos
- I Verificar presença de marcação
- J Verificar presença de poros

Operações e Tempos:

OP.	POSTO	Tempo [s]
1	Curvar Tubo HP	26
2	Curvar Tubo HP	42
3	1ª + 2ª Prensada PSL0039	53
4	Flow Test	10
Total		146
5	Curvar Tubo BP	26
6	Curvar Tubo BP	20
7	1ª + 2ª Prensada PSL0030	53
8	Flow Test	10
Total		121
9	Teste Telstar BP	45
10	Embalagem BP	35
11	Soft Nose x 2	28
12	Teste Telstar HP	45
13	Embalagem HP	35
Total		104
TOTAL		371

Legendas:

- QUALIDADE
- OPERADORIA
- SEGURANÇA
- PONTO CHAVE
- LIGAÇÃO ENTRE POSTOS
- OPERAÇÃO
- Deslocamento com peça
- Deslocamento sem peça
- GCC - Gabaril Controlado Curvado
- GCF - Gabaril Controlado Final

Figura 105 - FOS para famílias F1+F3 com 3 op. (2ª it.)

Famílias F1+F3 – 4 operadores

Tabela 62 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F3 com 4 op. (2ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	23	23
	Curvar tubo 2 HP + controlo	40	63
	Curvar tubo 1 LP + controlo	25	88
	Curvar tubo 2 LP + controlo	23	23
2	Prensar (1ª prensada)	22	45
	Prensar (2ª prensada)	25	70
	Teste de obstrução	10	80
3	Prensar (1ª prensada)	22	22
	Prensar (2ª prensada)	25	47
	Colocar <i>soft nose</i>	14	61
	Teste de obstrução	10	71
4	Teste de estanquidade	35	35
	Embalagem	29	64

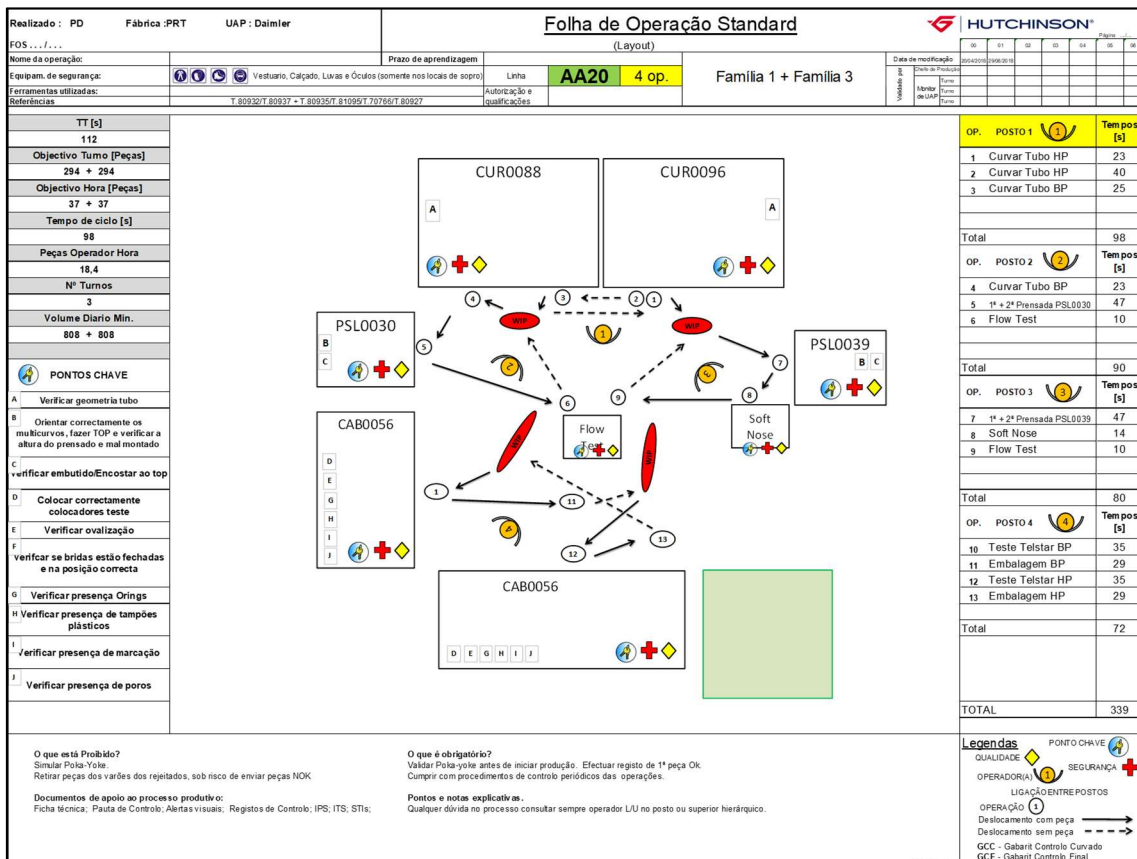


Figura 106 - FOS para famílias F1+F3 com 4 op. (2ª it.)

Famílias F1+F3 – 5 operadores

Tabela 63 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F3 com 5 op. (2ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	23	23
	Curvar tubo 2 HP + controlo	40	63
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	25	25
	Curvar tubo 2 LP + controlo	23	48
3	Prensar (1ª prensada)	22	22
	Prensar (2ª prensada)	25	47
	Colocar <i>soft nose</i>	14	61
4	Teste de obstrução	10	71
	Prensar (1ª prensada)	22	22
	Prensar (2ª prensada)	25	47
5	Teste de obstrução	10	57
	Teste de estanquidade	35	35
	Embalagem	29	64

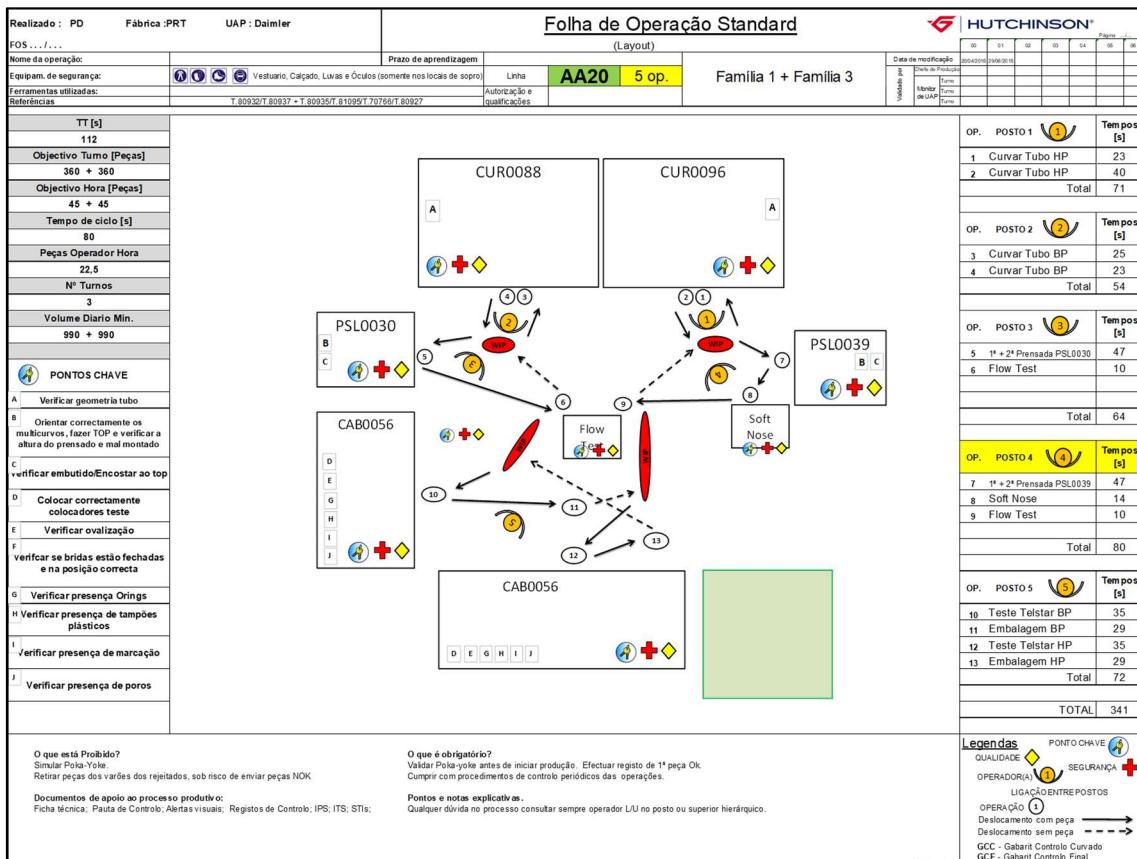


Figura 107 - FOS para famílias F1+F3 com 5 op. (2ª it.)

Famílias F1+F4 – 3 Operadores

Tabela 64 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F4 com 3 op. (2ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	23	23
	Curvar tubo 2 HP + controlo	40	63
	Prensar (1ª prensada)	22	85
	Prensar (2ª prensada)	25	110
	Teste de obstrução	10	120
2	Curvar tubo 1 LP + controlo	25	25
	Curvar tubo 2 LP + controlo	23	48
	Prensar (1ª prensada)	22	70
	Prensar (2ª prensada)	25	95
	Prensa Manual	14	109
3	Teste de obstrução	10	119
	Colocar <i>soft nose</i>	14	14
	Colocar <i>soft nose</i>	14	28
	Teste de estanquidade	35	63
	Embalagem	29	92

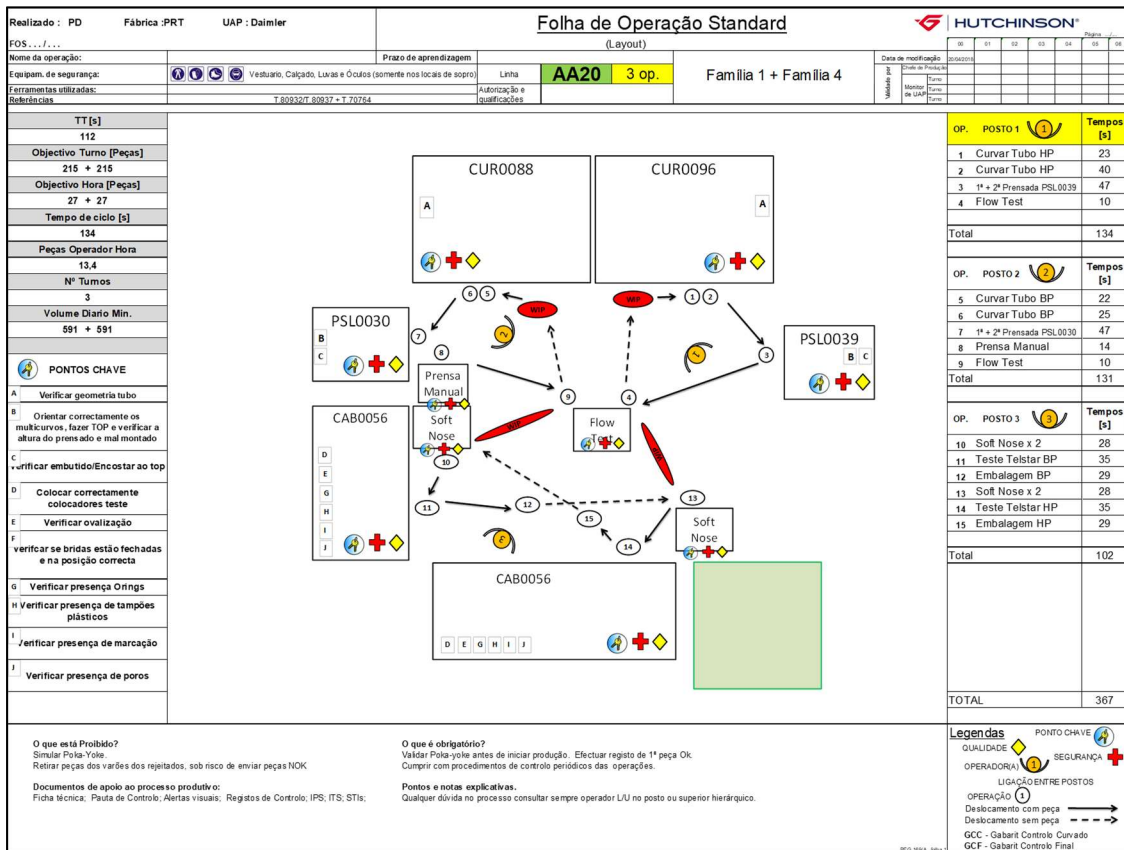


Figura 108 - FOS para famílias F1+F4 com 3 op. (2ª it.)

Famílias F1+F4 – 4 Operadores

Tabela 65 - Operações realizadas em cada posto para famílias F1+F4 com 4 op. (2ª it.)

Posto	Operação	Tempo Op.	Tempo Acumulado
1	Curvar tubo 1 HP + controlo	23	23
	Curvar tubo 2 HP + controlo	40	63
	Curvar tubo 1 LP + controlo	25	88
	Curvar tubo 2 LP + controlo	23	111
2	Prensar (1ª prensada)	22	133
	Prensar (2ª prensada)	25	158
	Colocar <i>soft nose</i>	14	172
	Prensa Manual	14	186
	Teste de obstrução	10	196
3	Prensar (1ª prensada)	22	218
	Prensar (2ª prensada)	25	243
	Colocar <i>soft nose</i>	14	257
	Teste de obstrução	10	267
4	Teste de estanquidade	35	302
	Embalagem	29	331

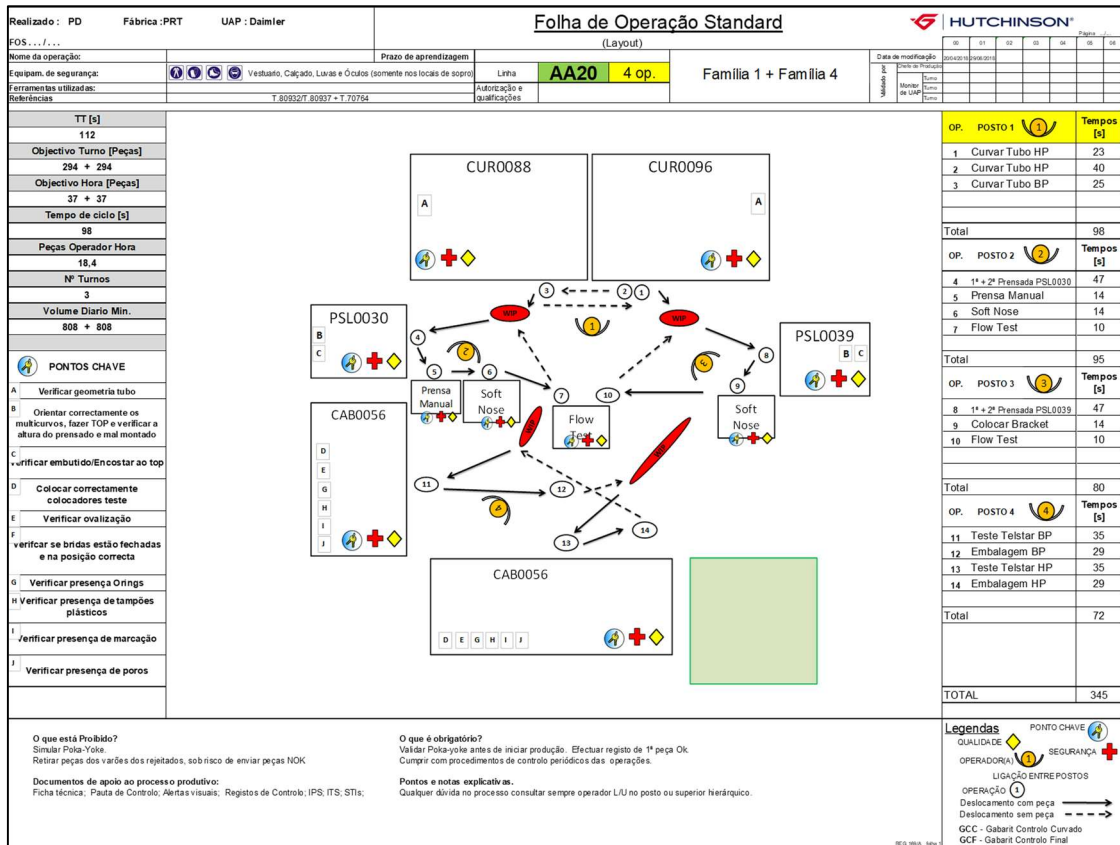


Figura 109 - FOS para famílias F1+F4 com 4 op. (2ª it.)

6.2 Anexo B – Documentação utilizada na implementação da metodologia SMED

6.2.1 Ajudas Visuais

Ferramentas de Prensa



FERRAMENTAS PRENSAS AA20

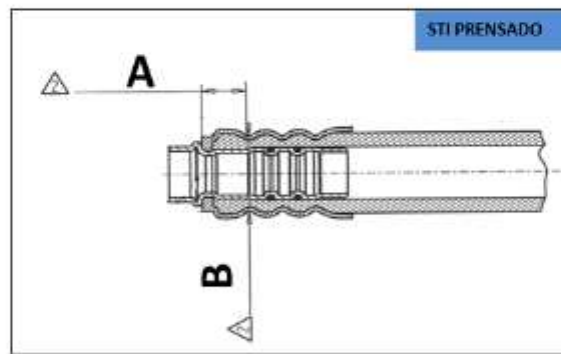
Máquina	Referência	Porta Patas	TOP	Lanças o-ring	Orientador	Mesa Externa
PSL0030	T.80932	STI 8384	Ø12	Ø12	0267	DIV0145
	T.80937	STI 8382	Ø13	Ø16	0266	BRD0070
PSL0039	T.80930	STI 8382	Ø16	Ø16	0291	DIV0144
	T.80931				0269	
	T.80933				0268	
	T.80939				0292	
	T.70764	STI 8385	Ø18	Ø19	0289	DIV0144 + DIV0126
	T.81095	STI 8382	Ø16 Horizontal	Ø16	0290	-
	T.80935					
	T.70766	STI 8385	Ø19	Ø19	0293	-
T.70927						

Figura 110 - Ajuda Visual: Ferramentas de prensa da linha AA20

Especificação diâmetro e altura prensados Daimler VS30

	 ALERTA VISUAL 	Emisor: Paulo Dias Data Emissão: 10-04-2018 Doc: QL-AV-450-u
---	--	--




Especificação diâmetro e altura prensados Daimler VS30



STI Prensado	Tubo	A			B		
		Limite Inferior	Nominal	Limite Superior	Limite Inferior	Nominal	Limite Superior
STI 8384	Ø10 e Ø12	7,25	7,50	7,75	16,90	17,10	17,30
STI 8381	Ø13 e Ø16	13,15	13,40	13,65	21,00	21,20	21,40
STI 8385	Ø18 e Ø19	13,05	13,30	13,55	24,20	24,40	24,60


Figura 111 - Ajuda visual: Especificação diâmetro e altura prensados Daimler VS30

Cálculo de Ovalização

	 ALERTA VISUAL 	Emisor: S. Almeida Data Emissão: 13-04-2015 Doc: QL-AV-076-D
---	--	--

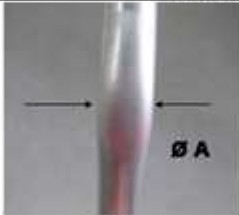

Cálculo de Ovalização

$$Ov: \frac{\varnothing A - \varnothing B}{\varnothing \text{ Nominal}} \times 100$$





$\varnothing A$	Diâmetro Maior
$\varnothing B$	Diâmetro Menor
$\varnothing \text{ Nominal}$	Diâmetro do tubo
Ov	Valor de Ovalização em percentagem - %

$\varnothing A$ Diâmetro Maior

$\varnothing B$ Diâmetro Menor

Importante
 Redução de diâmetro permitida 20% (geral)
 Redução de diâmetro permitida 15% (DAIMLER)

REG013/B

Figura 112 - Ajuda visual: Cálculo de ovalização

Colocadores de Teste (Posto 3 – Cabine de teste de estanquidade)

		ALERTA VISUAL		Emissor: Paulo Dias Data Emissão: 12/03/2018
				Doc: QL-AV-440/A

Colocadores BP TELSTAR AA20			
Referência	Colocador BP	Referência	Colocador BP
T.80930	F2731284_IN	T.70764	STI 3461_IN
	F2731634		F2731818+F6940142
T.80931	F2731284_IN	T.70766	STI 3468_IN
	F2731634		F2731901
T.80933	F2731284_IN	T.80935	STI 3459_IN
	STI 3464		F2731633
T.80839	F2731284_IN	T.81095	STI 3459_IN
	STI 3464		F2731633
		T.78399	F27319103_F2731303_IN
			STI_3468_STI3459

Colocadores HP TELSTAR AA20			
Referência	Colocador HP	Referência	Colocador HP
T.80932	F2731283	T.80937	F2731285
	STI 3457_IN		STI 3471_IN

Figura 113 - Ajuda visual: Correspondência entre referências e colocadores de teste

6.2.2 Instruções de Preparação Standard

Posto 1 – Curvadora

**INSTRUÇÃO DE PREPARAÇÃO STANDARD
I.P.S.**



Equipamento	Código	CUR0088 e CUR0096		
	Descrição	Operações Setup Curvadora		
Op.	Descrição da operação	Responsável	Tempo (min)	Momento
1	Preparação e verificação de ferramentas	Preparador	5	Antes
2	Troca de ferramentas da máquina	Preparador	5	Setup
3	Selecionar programa	Preparador	0,5	Setup
4	Troca de GCC	Preparador	1	Setup
5	Procura de material da ref	Operador	5	Setup Paralelo
6	Produzir 1a peça OK	Operador	1	Setup
7	Preencher folha 1a peça OK	Monitor	2	Após
8	Anumar ferramentas (efetuar limpeza se necessário)	Preparador	5	Após

CRONOGRAMA OPERAÇÕES SETUP CURVADORA

CRONOGRAMA SETUP CURVADORA

000	27/08/2018	Edição Inicial	Paulo Dias
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO	EMISSOR
ASSINATURA	<input type="checkbox"/> ENGENHARIA / <input type="checkbox"/> M.CONTÍNUA	PRODUÇÃO	QUALIDADE

REG211

Figura 114 - IPS do Posto 1 (curvadora)

Posto 2 – Prensa

**INSTRUÇÃO DE PREPARAÇÃO STANDARD
I.P.S.**



Equipamento	Código	PSL0030 e PSL0039		
	Descrição	Operações Setup Prensa Lomar		
Op.	Descrição da operação	Responsável	Tempo (min)	Momento
1	Preparação e verificação de ferramentas	Preparador	5	Antes
2	Preparação componentes (mangueira, casquilho, o-ring)	Monitor	5	Antes
3	Preparação GCF (Gabarit Controló Final)	Monitor	5	Antes
4	Troca de ferramentas da prensa	Preparador	5	Setup
5	Troca de mesas externas	Operador	2	Setup Paralelo
6	Troca de lanças de o-rings	Operador	1	Setup Paralelo
7	Troca de componentes	Operador	1	Setup Paralelo
8	Selecionar programa	Operador	1	Setup Paralelo
9	Produzir 1ª peça OK	Operador	1	Setup
10	Medição da 1ª peça OK	Operador	1	Setup
11	Efetuar ajustes (se necessário)	Preparador	1	Setup
12	Verificar peça no GCF	Operador	1	Setup
13	Preencher folha 1ª peça OK	Monitor	5	Após
14	Anumar ferramentas (efetuar limpeza se necessário)	Preparador	5	Após

CRONOGRAMA OPERAÇÕES SETUP PRENSA

CRONOGRAMA SETUP PRENSA

000	27/08/2018	Edição Inicial	Paulo Dias
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO	EMISSOR
ASSINATURA	<input type="checkbox"/> ENGENHARIA / <input type="checkbox"/> M.CONTINUA	PRODUÇÃO	QUALIDADE

REG211

Figura 115 - IPS do Posto 2 (prensa)

Posto 3 – Cabine de teste de estanquidade

**INSTRUÇÃO DE PREPARAÇÃO STANDARD
I.P.S.**



Equipamento		Código	CAB0051		
		Descrição	Operações Setup Telstar		
Op.	Descrição da operação	Responsável	Tempo (min)	Momento	
1	Troca de colocadores de teste	Operador	1	Setup	
2	Troca de marcador de teste	Operador	2	Setup	
3	Selecionar programa	Operador	1	Setup	

CRONOGRAMA OPERAÇÕES SETUP TELSTAR

CRONOGRAMA SETUP TELSTAR

000	27/08/2018	Edição Inicial		Paulo Dias
ÍNDICE	DATA	MOTIVO DA MODIFICAÇÃO		EMISSOR
ASSINATURA		<input type="checkbox"/> ENGENHARIA / <input type="checkbox"/> M.CONTÍNUA	PRODUÇÃO	QUALIDADE

REG211

Figura 116 - IPS do Posto 3 (cabine de teste)