



**Universidade de
Aveiro 2017**

Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo

**Telma Sofia
Ferreira e Freire**

**Implementação de Melhorias numa Linha
Produtiva da Bosch Termotecnologia, S.A.**



**Universidade de
Aveiro**
Ano 2017

Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo

**Telma Sofia
Ferreira e Freire**

**Implementação de Melhorias numa Linha
Produtiva da Bosch Termotecnologia, S.A.**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais e irmã por todo o carinho e apoio. Sempre foram um exemplo a seguir, uma verdadeira fonte de energia ao longo da minha vida.

o júri

presidente

Professor Doutor Carlos Manuel dos Santos Ferreira
Professor associado com agregação do Departamento de Economia, Gestão,
Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Paulo António da Silva Ávila
Professor Coordenador do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Professora Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
Professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia
Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Um agradecimento especial à minha orientadora por todo o carinho, disponibilidade, preocupação e apoio dado na concretização deste projeto.

Agradeço à Bosch Termotecnologia, S.A., e ao meu orientador Rui Rodrigues, pela oportunidade que me concederam no desenvolvimento deste projeto, que permitiu a aquisição de conhecimento e experiência numa empresa líder no fornecimento tecnológico, ajudando-me a aprofundar conhecimentos na área da engenharia e gestão industrial.

Um obrigada a toda a minha equipa de trabalho pelo espírito de entreajuda, destacando o Marlon e o João Viveiros. Em especial à Bruna Meles, agradeço toda a amizade, preocupação e apoio ao longo do estágio e presente estudo.

Um agradecimento especial ao Renato Mota por me ter motivado e acompanhado durante o desenvolvimento do projeto, incentivando diariamente o meu esforço. Agradeço-lhe todo o carinho e paciência, tendo sido uma verdadeira fonte de apoio e motivação.

Agradeço ao Vasco Tinoco o carinho e paciência disponibilizados nesta fase mais complicada da minha vida. O seu apoio foi fundamental, tendo sido uma fonte de incentivo e força. Obrigada à Ana Catarina Santos pela sua presença nos momentos que mais preciso e à Alexandra Costa pela pessoa que é, pelo carinho e contributo dado na conclusão desta tarefa. Agradeço especialmente à Alice toda a amizade, carinho e auxílio, assim como ao David Magalhães.

Por fim, um agradecimento especial e sincero aos meus pais e irmã pela constante preocupação, ajuda e confiança, motivando-me a fazer sempre mais e melhor.

palavras-chave

Melhoria Contínua, PDCA, Lean, Ferramentas de Melhoria Contínua, Balanceamento, *Value Stream Mapping*, Análise de processo.

resumo

O objetivo principal deste estudo consiste no aumento da capacidade de produção de uma linha de brasagem de câmaras de combustão em 33%, através da implementação de ações de otimização que garantam uma maior eficiência dos processos e reorganização da referida linha.

Uma análise detalhada do processo produtivo permitiu identificar os principais problemas: tempo de execução de tarefas superior ao tempo associado em balanceamento, falta de cadência, elevada incidência de defeitos e elevado tempo de ensaio.

Ao longo do projeto foram implementadas diversas ações que permitiram reduzir o tempo de ciclo dos operadores, o número de defeitos e o tempo de teste, de modo a aumentar a produtividade.

Com o desenvolvimento do projeto, atingiu-se um aumento de 37% na capacidade e uma melhoria de 3% na eficiência da linha. Para além destes ganhos, obtiveram-se melhores condições ergonómicas para os operadores, assim como maior e mais eficiente capacidade de resposta ao cliente.

keywords

Continuous Improvement, PDCA, Lean, Continuous Improvement Tools, Balancing, Value Stream Mapping, Process Analysis.

abstract

The main goal of this project is to increase in 33% the production capacity of the heat exchanger brazing line by improving efficiency of processes and reorganizing the production line.

After studying the production processes, it was possible to identify the main problems in the line: cycle times bigger than balanced time, default with takt time, high incidence of defects and wrong rejections at the dry test.

To increase the production's productivity, some procedures that allowed the reduction of the operator's cycle time, the number of the dry test rejections and reworking processes were developed.

With the development of this project, it was possible to achieve the goal of a 37% growth in production's capacity and to increase in 3% the efficiency of the line.

Additionally, this project contributed to the creation of better operators' conditions as well as an improvement of the customer's capacity response to achieve the expected gains.

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização e Relevância.....	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Estrutura.....	3
2. Enquadramento teórico.....	4
2.1. Produtividade: Conceito e meio de medição.....	4
2.2. Toyota Production System.....	5
2.3. Do Toyota Production System ao lean manufacturing	11
2.3.1. Valor	13
2.3.2. Eliminação de desperdícios	13
2.3.3. Filosofia Kaizen	15
2.4. Fluxo e cadeia de valor.....	15
2.4.1. Criação de fluxo de produção.....	16
2.5. Abordagem às ferramentas e técnicas lean.....	17
2.5.1. Metodologia 5S	17
2.5.2. Overall Equipment Effectiveness (OEE).....	18
2.5.3. Takt time vs. tempo de ciclo	19
2.5.4. Standard work.....	19
2.5.5. Balanceamento.....	20
2.5.6. Bordo de linha.....	20
2.5.7. Value stream planning (VSP).....	21
2.5.7.1. Value stream mapping e design (VSM e VSD)	21
2.5.8. Ciclo PDCA.....	22
2.5.9. Relatório A3.....	23
2.6. Ferramentas da qualidade.....	23
2.6.1. Diagrama de causa-efeito (Ishikawa)	24

2.6.2.	Diagrama de Pareto ou análise ABC	25
3.	Apresentação da empresa	26
3.1.	Grupo Bosch	26
3.1.1.	Grupo Bosch em Portugal	27
3.2.	Bosch Termotecnologia, S.A.....	28
3.3.	Estrutura funcional da empresa	30
3.3.1.	Estrutura funcional da produção.....	31
3.4.	Sistema de produção	33
3.4.1.	Gestão visual	37
3.4.2.	Andon	38
3.4.3.	Sistemas de reação rápida	39
3.5.	Área de enquadramento	39
3.5.1.	Descrição da área produtiva de brasagem	39
3.5.1.1.	Descrição do processo de brasagem das câmaras de combustão	40
3.6.	Abordagem à linha a otimizar – Forno 5	44
3.7.	Metodologia aplicada ao projeto.....	51
4.	Estudo e implementação de ações de melhoria na linha de brasagem – Forno 5.....	53
4.1.	Análise da situação atual – Processo forno 5	53
4.2.	Problemas identificados	56
4.3.	Abordagem às melhorias implementadas	57
4.3.1.	Problema 1 – Incumprimento com o takt time.....	57
4.3.1.1.	Implementação do Andon na linha.....	58
4.3.2.	Problema 2 – Excesso de manuseamento na entrada do forno 5	62
4.3.2.1.	Melhoria 1 – Redução da complexidade do número de varetas de solda.....	64
4.3.2.2.	Melhoria 2 – Substituição dos tabuleiros por carros de abastecimento.....	73
4.3.2.3.	Melhoria 3 – Uso de grelhas e eliminação das cantoneiras e ferros	76
4.3.2.4.	Melhoria 4 – Eliminação da queda de insertos na entrada do forno.....	78

4.3.3.	Problema 3 – Número de defeitos detetados à saída do forno 5	79
4.3.3.1.	Eliminação de anel de solda e substituição por pasta de solda.....	84
4.3.4.	Problema 4 – Falsos rejeitados no sistema de teste	89
4.3.4.1.	Redução do número de rejeições no sistema de testes.....	90
4.3.4.2.	Adequação dos programas de teste aos diferentes modelos	92
4.4.	Análise dos resultados alcançados com a implementação das melhorias na linha do forno 5.....	94
5.	Conclusões.....	104
6.	Referências Bibliográficas	106
Anexos	112
Anexo A:	Sistema de gestão visual	112
Anexo B:	Modelo para confirmação do tempo de ciclo.....	113
Anexo C:	Gráficos do tempo de ciclo verificado.....	114
Anexo D:	Folha Excel de acompanhamento do OEE.....	116
Anexo E:	Introdução do Andon na linha.....	117
Anexo F:	A3 de suporte à melhoria 1.....	119
Anexo G:	Tabuleiros e carro de abastecimento de câmaras.....	120
Anexo H:	Registo de defeitos na saída do forno 5.....	121
Anexo I:	Acompanhamento na fase de estabilização do projeto	122
Anexo J:	A3 de suporte ao projeto.....	124
Anexo K:	Quadro point CIP.....	125

Índice de Figuras

Figura 1 – Casa do TPS (Fonte: Pinto, 2014)	7
Figura 2 – Princípios da filosofia Toyota Way (Fonte: Liker, 2004).....	9
Figura 3 – Peso de cada unidade de negócio.....	26
Figura 4 – Estrutura da área de negócio de bens de consumo.....	27
Figura 5 – Portefólio de produtos.....	28
Figura 6 – Portefólio de produtos Bosch Termotecnologia, S.A.....	29
Figura 7 – Organigrama funcional.....	30
Figura 8 – Estrutura funcional do MOE	32
Figura 9 – Princípios BPS (Fonte: Bosch, 2015)	34
Figura 10 – Visão do Grupo Bosch (Fonte: BGN, 2017)	35
Figura 11 – Elementos do SFM (Fonte: BGN, 2017)	36
Figura 12 – Elementos do CIP (Fonte: BGN, 2017).....	37
Figura 13 – Processo de tubos de cobre.....	40
Figura 14 – Processo de brasagem de câmara de combustão.....	40
Figura 15 – Value stream mapping da área da brasagem.....	42
Figura 16 – VSM da linha de brasagem (forno 5) – modelo A.....	49
Figura 17 – Layout da linha do forno 5	50
Figura 18 – Divisão da folha de trabalho standard do modelo A	54
Figura 19 – Identificação dos principais problemas na linha do forno 5.....	56
Figura 20 – Display Andon.....	59
Figura 21 – Balanceamento Andon	60
Figura 22 – Classificação de paragens não planeadas	61
Figura 23 – Classificação das falhas de qualidade	62
Figura 24 – Diagrama de Ishikawa na entrada do forno	63
Figura 25 – Árvore de identificação de problemas	64
Figura 26 – Representação do bordo de linha 1 e 2	65

Figura 27 – Referências sem local no bordo de linha.....	66
Figura 28 – Tempo de change-over	67
Figura 29 – Ganhos com a eliminação das referências	72
Figura 30 – Indicador de acompanhamento.....	72
Figura 31 – Tabuleiros de abastecimento	74
Figura 32 – Carro de transporte e abastecimento de câmaras	75
Figura 33 – Cantoneiras e ferros	76
Figura 34 – Grelhas.....	76
Figura 35 – Percentagem de incidência da lamela à saia	77
Figura 36 – Percentagem de redução de defeitos nas lamelas.....	78
Figura 37 – Carros de abastecimento de grelhas.....	78
Figura 38 – Incidência por modelo no volume total de produção.....	80
Figura 39 – Incidência por tipo de defeito	81
Figura 40 – Diagrama de Ishikawa à saída do forno	81
Figura 41 – Defeitos Tipo 1 e Tipo 2 por troço	83
Figura 42 – VSM processo de produção de cotovelos e fusíveis.....	85
Figura 43 – Gráfico de acompanhamento dos resultados.....	88
Figura 44 – Resultados melhorias na redução dos defeitos Tipo 1 e Tipo 2	89
Figura 45 – Acompanhamento de falsos rejeitados.....	90
Figura 46 – Média diária de falsos rejeitados após melhorias	92
Figura 47 – Apresentação de fecho de projeto.....	96
Figura 48 – Percentagem de redução do número de defeitos visuais à saída do forno 5.....	98
Figura 49 – VSD da linha de brasagem (forno 5).....	102
Figura 50 – Sinalização luminosa	112
Figura 51 – Process analysis of cycle time	113
Figura 52 – Resultado do tempo de ciclo na entrada forno 5.....	114
Figura 53 – Resultado do tempo de ciclo na saída forno 5	115

Figura 54 – Resultado do tempo de ciclo no teste de gases.....	115
Figura 55 – Ficheiro de análise do OEE	116
Figura 56 – Definição de turno e plano de produção	117
Figura 57 – Árvore de modos de falha	117
Figura 58 – Exemplo de extração de OEE	118
Figura 59 – A3 Redução da complexidade de varetas de solda	119
Figura 60 – Abastecimento por carros com tabuleiros e roletas.....	120
Figura 61 – Protótipo do carro desenvolvido.....	120
Figura 62 – Folha de registo de defeitos visuais	121
Figura 63 – Acompanhamento produção Turno 1.....	122
Figura 64 – Acompanhamento produção Turno 2.....	123
Figura 65 – Acompanhamento produção Turno 3.....	123
Figura 66 – A3 do projeto.....	124
Figura 67 – Quadro point CIP	125

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Excerto do balanceamento inicial do modelo A – forno 5.....	47
Tabela 2 – Representatividade das câmaras.....	48
Tabela 3 – Registo de tempos de change-over	67
Tabela 4 – Proposta de referências de varetas de solda.....	68
Tabela 5 – Percentagem de produção anual modelo A.....	69
Tabela 6 – Número de varetas de solda por câmara no estado inicial.....	70
Tabela 7 – Impacto na redução de custos por câmara.....	71
Tabela 8 – Necessidade de grelhas.....	77
Tabela 9 – Análise ABC tipos de defeitos.....	83
Tabela 10 – Excerto câmara vs. anel de solda	86
Tabela 11 – Peso médio por ponto de pasta de solda	87
Tabela 12 – Tempos de teste iniciais.....	93
Tabela 13 – Tempos de teste finais	94
Tabela 14 – Problemas e ações de melhoria.....	95
Tabela 15 – Ganhos em tempo de ciclo	99
Tabela 16 – Poupança anual em matéria-prima.....	100
Tabela 17 – Balanceamento final	101

Lista de Abreviaturas

- BGN – *Bosch Global Network* (Intranet do Grupo Bosch)
- BPS – *Bosch Production System* (Sistema de Produção da Bosch)
- TPS – *Toyota Production System* (Sistema de Produção da Toyota)
- TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)
- CIP – *Continuous Improvement Process* (Processo de Melhoria Contínua)
- VSM – *Value Stream Mapping* (Mapeamento da cadeia de valor)
- VSD – *Value Stream Design* (Design da Cadeia de Valor)
- Poup – *Point of use provide*
- MOE – *Manufacture Operation Engineering* (Departamento de Produção)
- SFM – *Shopfloor Management* (Gestão do Chão de Fábrica)
- KPI – *Key Performance Indicator* (Indicador de Resultados Chave)
- OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Global do Equipamento)
- MTM – *Methods Time Measurement* (Métodos e Medida de Tempos)
- FTT – *First Time True*
- IFC – *Internal Failure Costs* (Custos de Falhas Internas)
- VT – *Value Time* (Tempo de Execução)
- PDCA – *Plan–Do–Check–Act* (Planear–Executar –Verificar –Atuar)
- SCM – *Supply Chain Management*

1. Introdução

1.1. Contextualização e Relevância

A atual conjuntura económica, afetada pela globalização da economia e pela rápida e incessante introdução de novas tecnologias, tem vindo a elevar o patamar da competitividade, sobretudo nas últimas décadas. Esta evolução exige que as organizações prosperem cada vez mais, impondo-lhes uma focalização na satisfação do cliente, bem como mobilizando-as para a melhoria contínua, no sentido da eliminação de desperdícios e otimização dos seus processos.

Para prosperarem num mercado maduro, diariamente desafiado pela concorrência e por novos modelos de negócio, as organizações veem-se obrigadas a adotar estratégias que lhes permitam obter vantagens competitivas, cruciais para garantirem a sua posição no mercado. Para que tal seja possível, focam-se nas atividades que o cliente valoriza, tornando as organizações mais “limpas”, diminuindo os desperdícios que lhes estão associados e apostando na diferenciação e qualidade dos seus produtos e serviços, garantindo a sustentabilidade dos seus negócios. São cada vez mais visíveis os benefícios resultantes deste pensamento que, recorrendo a um conjunto alargado de ferramentas e metodologias, tal como a filosofia *lean*, conseguem identificar e eliminar perdas nos processos. De maneira a incrementar a produtividade, identificam potenciais pontos de melhoria com vista a reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos e serviços. Ainda que, aparentemente, as técnicas e ferramentas associadas a esta filosofia pareçam fáceis de aplicar e introduzir nas organizações, na realidade implicam que as empresas sofram um complexo processo de mudança. Pensar *lean* envolve uma alteração séria do *status quo* da organização e, para muitas empresas, este nível de mudança pode ser comprometedor quanto à sua aplicação. Contudo, pode ser demonstrado que a aplicação da filosofia *lean* acarreta significativas melhorias ao nível de funcionamento da empresa.

Face a esta necessidade, e no âmbito da unidade curricular Dissertação /Projeto/ Estágio, efetuado como parte integrante e conclusiva do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro, surge este trabalho desenvolvido na empresa Bosch Termotecnologia, S.A., sediada em Cacia, distrito de Aveiro.

Querendo a Bosch adotar uma posição de liderança de mercado, mantendo como referências da marca a qualidade, o nível de serviço e a inovação dos seus produtos, a produtividade assume uma contribuição fundamental para o crescimento sustentável e rentável.

Neste sentido, surge a necessidade de potenciar a gestão da capacidade produtiva e a eficiência dos processos internos para que seja rentabilizado o avultado investimento característico dos projetos da empresa. Deste modo, a Bosch reúne esforços para melhorar continuamente os processos de produção, de forma a maximizar a produtividade e minimizar os desperdícios que lhes estão inerentes. Para tal, foca-se na eficiência dos processos internos, apostando numa sistemática de melhoria contínua. Esta função é assegurada pela filosofia de gestão interna ao grupo, que se designa por *Bosch Production System* (BPS).

Seguindo os princípios da filosofia *lean* e sendo a melhoria contínua um dos seus elementos de ação, a empresa aposta no desenvolvimento de projetos de melhoria, através dos quais identifica potenciais desperdícios que, ao serem eliminados, potenciam a otimização.

Este projeto foi desenvolvido na área de transformação de matéria-prima, mais concretamente na área de brasagem de cobre, sendo este liderado pela figura do System CIP da área. Trata-se de uma área com um elevado potencial de melhoria e aumento de produtividade, através da eliminação do desperdício de tempo em certas tarefas, eliminação de tempos de espera e problemas de qualidade.

Em suma, o grande desafio do projeto resume-se à aplicação de princípios e ferramentas *lean* e do BPS na melhoria dos processos produtivos, procurando elevar o nível de *performance* da área a partir da identificação e minimização de desperdícios, o que permitirá aumentar a transparência e eficiência dos processos e da área em estudo.

1.2. Objetivos

Com base na constante orientação para a melhoria contínua e face às previsões de aumento das vendas para o ano de 2015, a Bosch sentiu necessidade de desenvolver um projeto focado na análise dos processos produtivos. A empresa procurava identificar potenciais melhorias que maximizassem a redução do tempo de resposta às necessidades de produção, visando desta forma melhorar a produtividade, eficiência e flexibilidade.

Tendo um objetivo bem definido, a estratégia da empresa passou pela implementação de metodologias de trabalho e ferramentas de melhoria contínua que facilitassem a identificação dos principais problemas nos diversos subprocessos do setor produtivo de câmaras de combustão. Assim, recorrendo-se a ferramentas e metodologias baseadas na filosofia *lean* e no BPS, bem como aos indicadores de resultados-chave pretende-se que o desenvolvimento deste projeto permita aumentar em 33% a capacidade de produção desta linha de brasagem.

À data de início do projeto, procedeu-se à identificação dos fatores alvo de melhoria, nomeadamente: a falta de cadência na linha de produção, o excesso de movimentações, a *standardização* de processos, o elevado número de rejeição de testes e respetivo tempo, a elevada incidência de defeitos e o excesso de sobreprocessamento. Para além disto, o tempo associado a algumas tarefas do balanceamento também foi alvo de estudo.

Procedeu-se então ao desenho e implementação de ações de melhoria na linha em estudo, prevendo solucionar as falhas detetadas e perspetivando um aumento da produtividade e eficiência da linha do forno de soldadura de câmaras de combustão.

1.3. Estrutura

Este projeto será desenvolvido ao longo de 5 capítulos complementares entre si, abordando todas as etapas do planeamento, estudo, implementação, monitorização e verificação de resultados.

No primeiro capítulo, faz-se uma introdução em que se contextualiza o projeto, identifica-se o motivo do seu desenvolvimento, assim como os objetivos a que se propõe.

O segundo capítulo centra-se na exposição de conceitos teóricos relevantes, sendo feita uma abordagem aos conceitos associados à filosofia *lean* e ferramentas de melhoria contínua, procurando relacioná-los e clarificar os princípios basilares do projeto.

O terceiro capítulo compreende uma abordagem à empresa onde se desenvolveu o projeto, sendo feita uma apresentação do sistema de produção BPS, assim como os seus princípios fundamentais. É citada a indústria em questão, bem como a área e linha onde se enquadra o projeto a desenvolver. A concluir, uma breve referência à metodologia utilizada ao longo de todo o trabalho.

No quarto capítulo, são apresentadas as melhorias aplicadas com vista ao aumento da capacidade de produção da linha em estudo. Neste capítulo são detalhadas todas as ações de melhoria estudadas e implementadas na linha do forno de soldadura, responsável pelo processo de brasagem entre as ligações dos diferentes componentes à base estrutural das câmaras de combustão.

Por fim, o quinto capítulo reúne as conclusões do trabalho desenvolvido.

2. Enquadramento teórico

Este capítulo pretende fazer o enquadramento teórico do projeto, explorando os principais conceitos e metodologias subjacentes.

2.1. Produtividade: Conceito e meio de medição

Sendo a produtividade um fator fundamental para o crescimento e desenvolvimento industrial, face ao atual aumento da competitividade nos mercados, esta tem sido alvo de análise com o intuito de obter vantagem competitiva. Assim, as organizações têm reunido esforços para aumentar os níveis de produtividade, recorrendo à otimização dos processos, tornando-os mais inteligentes e eficazes.

Esta otimização é conseguida através da análise dos processos, com consequente identificação e eliminação de desperdícios existentes ao longo da cadeia de valor, mantendo o mesmo nível de qualidade de serviço ou produto. Esta prática tem trazido às empresas resultados positivos no que toca à produtividade.

Tendo o conceito de produtividade, e sua melhoria, um papel fulcral ao longo de todo este projeto, a sua definição torna-se fundamental. Produtividade é definida como o quociente entre a produção (*output*) e todos os recursos alocados à mesma (*input*). Contudo, o rácio entre estas duas quantidades é definido como sendo um indicador de produtividade, transparecendo a *performance*¹ produtiva das organizações (Smith, 1992).

É de referenciar que os dados utilizados como *input* e *output*, num indicador de produtividade, devem ter origem no mesmo processo ou tarefa, para que, baseados em normas fiáveis e realistas, sejam capazes de representar um processo de medição de produtividade (Smith, 1992).

Segundo Ortiz (2006), existe um aumento da produtividade sempre que são produzidos mais produtos, mantendo ou reduzindo os recursos utilizados. Desta forma, percebe-se que os custos de produção se encontram relacionados com a quantidade de matéria-prima, mão de obra e equipamentos necessários à produção de um bem ou serviço. Assim, estando as organizações focadas no aumento de produtividade, é fundamental que haja uma gestão racional dos custos de produção.

Segundo Evans, Anderson, Sweeny e Williams (1950), a produtividade mede a utilidade efetiva dos recursos usados por uma organização na transformação dos seus *inputs* em *outputs*. Ou seja, o seu resultado reflete quão bem estes recursos são usados na produção de bens e serviços.

A capacidade de medição e análise da *performance* dos processos de uma organização é o elemento-chave para se alcançar a excelência organizacional. Cada vez mais, a existência de métodos avançados para a sua medição e análise tem demonstrado resultados positivos nas organizações líderes de mercado. Estas

¹*Performance*: traduz competência, desempenho, conjunto de características ou capacidade de rendimento. Conceito aplicado a equipamentos, processos ou pessoas.

acreditam que a sua posição competitiva, assim como a capacidade de criar valor, está diretamente relacionada com a correta medição da sua *performance*. Sem esta capacidade, as organizações não têm a mesma disponibilidade de informação, o que dificulta a tomada de decisões por parte da gestão, levando, muitas vezes, ao insucesso (Fawcett e Cooper, 1998).

Neumann (2013) refere que uma unidade de negócio pode até sobreviver sem nenhuma avaliação de *performance*, mas, com toda a certeza, deixará a competitividade debilitada e vulnerável às mudanças do mercado. Como seremos capazes de medir os resultados de uma decisão sem nenhum mecanismo de avaliação de *performance*? Estes mecanismos de avaliação são encarados como uma ferramenta indispensável ao controlo da gestão organizacional, uma vez que a ausência desta capacidade de medição impossibilita a perceção da situação económica da organização. Esta ideia é reforçada por Fawcett e Cooper (1998) que afirmam que “Se não for possível medir, então não é possível gerir.”.

As organizações esforçam-se continuamente por medir a sua *performance* e produtividade, o que lhes permite não só eliminar abordagens subjetivas, que por sua vez podem originar erros, como também reagir a possíveis desvios que possam ocorrer face aos objetivos estratégicos. Torna-se fundamental acompanhar os resultados com recurso a indicadores de *performance* e produtividade dado que estes definem, clarificam e transparecem a toda a organização as atividades e os resultados efetivos. Estes indicadores funcionam como um meio de suporte fundamental à comunicação e conduta eficientes das operações, permitindo o controlo dos seus processos (Pritchard, 1990). Desta forma, obtém-se uma perceção real da saúde financeira da empresa, fomentando o seu processo de crescimento económico e melhoria dos seus métodos.

Não só a produtividade, mas também a eficiência, a eficácia e a lucratividade são indicadores de desempenho que podem ser usados para avaliações à envolvente interna da unidade de negócio. Estes indicadores são muitas vezes usados como forma de motivação dos colaboradores, uma vez que têm um papel fulcral nos sistemas produtivos mais competitivos.

2.2. Toyota Production System

Antes da introdução do processo de produção em massa, as organizações eram descentralizadas, caracterizadas por processos de fabricação muito variados, fazendo uso geral dos seus equipamentos e ferramentas, de que resultavam baixos volumes de produção. Este processo produtivo, característico da produção artesanal liderada durante séculos por empresas europeias, envolvia elevados custos de produção cujo resultado eram produtos com baixa fiabilidade e qualidade (Wood, 1992).

No século XIX após a primeira Guerra Mundial, Henry Ford e Alfred Sloan, da General Motors, estabeleceram a era da produção em massa, conseguindo assim reduzir o esforço humano na montagem, aumentar a produtividade e diminuir drasticamente os custos, melhorando substancialmente a qualidade dos produtos. O conceito de produzir em linha contínua é abandonado em prol da completa e consistente intercambialidade de partes e simplicidade de montagem. Face à crise do petróleo dos anos 70 e à entrada de

novos concorrentes vindos do Japão, este modelo fordista demonstrou sinais de fragilidade, entrando posteriormente em declínio.

Devido à falta de recursos e aos baixos níveis de produção, resultantes da segunda Guerra Mundial, a economia japonesa foi economicamente afetada. Este acontecimento levou Taiichi Ohno², da Toyota Motor Company, em 1943, a dar os primeiros passos para o desenvolvimento de um novo sistema de produção. Com uma mente não formatada para a indústria automóvel, este detetou duas grandes falhas no sistema de produção ocidental. Numa primeira fase, verificou que a produção em grandes lotes gerava grandes inventários, incrementando os custos de armazenamento. Numa segunda fase, detetou dificuldades em satisfazer as necessidades dos clientes no que respeitava à flexibilidade dos seus produtos.

Para ultrapassar a crise económica, a Toyota percebeu que o único caminho seria apostar na disponibilização de produtos variados e diversificados, que se distinguissem dos apresentados pela concorrência ocidental, mantendo a qualidade e reduzindo o custo e tempo de entrega ao cliente (Womack, Jones, e Roos, 1990).

Ohno (1988) recorre então à aplicação de várias técnicas focadas na redução do custo de produção por via da eliminação de desperdício, em japonês designado por *muda*, com o objetivo de aumentar a eficiência da produção de forma consistente. Este novo sistema de produção, baseado na eliminação total de desperdício, foi designado por *Toyota Production System* (TPS). Ao longo do tempo, foram desenvolvidas uma série de inovações técnicas que permitiram reduzir o tempo de produção, os custos de inventário e detetar, no imediato, os problemas de qualidade. A vantagem deste sistema sobre o fordismo consiste na maior adaptabilidade às condições ambientais, à inovação, além da flexibilidade e constante motivação dos seus colaboradores.

A filosofia do TPS incorpora uma cultura de melhoria contínua dos processos baseada na definição de *standards*³ destinados a eliminar o desperdício através do envolvimento dos colaboradores. Esta esforça-se por produzir produtos de elevada qualidade, ao menor custo possível, procurando reduzir o *lead time*⁴.

O sucesso da Toyota é resultado da sua excelência operacional, sendo esta a sua arma estratégica. Segundo Liker (2004), a excelência da Toyota é resultante da aplicação dos métodos de melhoria da qualidade e ferramentas que esta tornou famosas no mundo industrial, tais como o *just-in-time*, o nivelamento de produção (*heijunka*), o *Kaizen*, o fluxo unitário de peças (*one-piece flow*) e a automação (*jidoka*). Estas ferramentas são parte integrante do sistema TPS e encontram-se representadas pela casa do TPS.

² **Taiichi Ohno:** pai da filosofia Kaizen. Criou e aplicou o *Toyota Production System* que prevalece até aos dias de hoje.

³ **Standards:** padrões atuais, procedimentos normalizados, definição de normas de ação.

⁴ **Lead time:** é o tempo que uma peça demora a percorrer o processo produtivo. Designação utilizada para definir o tempo decorrido entre o momento em que uma peça dá entrada na fábrica (ou é pedida pelo cliente), até ser expedida (ou entregue ao mesmo).

A Figura 1 evidencia os princípios fundamentais, os conceitos-chave e as ferramentas do sistema produtivo da Toyota.



Figura 1 – Casa do TPS (Fonte: Pinto, 2014)

A partir da sua análise consegue-se identificar os objetivos, representados no telhado, que passam pela melhoria da qualidade e redução dos custos e tempo de produção. Identificam-se, também, os seus dois pilares de sustentabilidade e a filosofia e técnicas que alicerçam e dinamizam o funcionamento de todo o sistema.

Os dois pilares que sustentam os objetivos do TPS são representados pelo:

Just-in-Time (JIT): traduz a produção e entrega de produtos na quantidade certa, no momento certo e no local certo. Este sistema surgiu da necessidade de reduzir inventários, revelando resultados ao nível de aumentos de qualidade, produtividade e eficiência, bem como na redução de custos e de desperdícios (Cheng, Podolsky, 1993).

Jidoka: em português designado por automação, traduz um sistema de controlo de defeitos. Recorrendo à aplicação de ferramentas como o *Andon*⁵ e o *Poka-yoke*⁶, peças com defeito não transitam do posto de trabalho ou máquina onde estão a ser produzidas para o posto seguinte. Este processo, apesar de automático, também envolve inteligência humana na medida em que inclui verificações pelos próprios operadores ao

⁵ *Andon*: ferramenta do *lean manufacturing* que utiliza sinais luminosos e/ou sonoros para alertar a ocorrência de um erro na linha de produção.

⁶ *Poka-yoke*: dispositivo à prova de erros destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou na utilização de produtos.

longo do processo, conferindo-lhes autonomia sobre o mesmo (Ohno, 1988). Com a sua implementação, os problemas/defeitos tornam-se visíveis à organização, gerando um esforço conjunto para a eliminação das suas causas e conseqüente redução da taxa de reincidência, o que conduz a uma melhoria na qualidade dos processos.

Sendo o alicerce da casa responsável por sustentar todo o sistema, a sua função passa por assegurar a estabilidade, considerando-se um elemento principal deste sistema de produção, recorrendo à:

Produção nivelada (*heijunka*)

Heijunka é uma palavra de origem japonesa que traduz “programação nivelada”. Segundo Pinto (2014), esta tem por objetivo nivelar o volume de produção, o tipo/diversidade de produtos, assim como o tempo de produção, de acordo com um fluxo atual de encomendas dos clientes. Este sistema considera o volume total da procura (encomendas) num dado período e faz o nivelamento do *output*, de modo a fornecer diariamente o mesmo volume e diversidade de produtos, fabricando vários produtos, em pequenos lotes, num curto espaço de tempo. Hüttmeir, Treville, Ackere, Monnier, e Prenninger (2009) afirmam que este processo remete para a divisão de tarefas pelo horário de produção procurando maximizar a utilização dos equipamentos, evitando variações no horário de produção e protegendo a linha da volatilidade da procura. Deste modo, torna-se possível produzir peça a peça de acordo com um tempo padrão previamente definido e na quantidade requerida (Pinto, 2014).

O conceito de *heijunka* vai de encontro à meta de zero perdas de capacidade, o objetivo é os equipamentos produzirem diferentes modelos e os operadores terem formação para trabalhar em vários postos de trabalho (Zapfel, 1997). A aplicação contínua deste sistema permite reduzir o tempo de execução, o valor de *stock* intermédio e os custos produtivos.

Processos estáveis e normalizados

Liker (2004), no conhecido livro “*Toyota Way*”, salienta que a exigência de se trabalhar com pouco *stock*, bem como a necessidade de interrupção da produção sempre que um erro é detetado, gera instabilidade, uma vez que as operações seguintes são interrompidas até o problema ser resolvido. Tal contribui para evidenciar os problemas e a respetiva criticidade, gerando na administração a necessidade de implementar soluções que reduzam ou eliminem os problemas e conduzam a menores perdas, aumentando a estabilidade nas linhas de produção. Para colmatar esta necessidade, aplicam o sistema TPM—*Total Productive Maintenance*, o qual traduz um programa inovador de manutenção que otimiza a eficácia dos equipamentos, elimina avarias e promove a manutenção autónoma pelos operadores através de atividades diárias que envolvam força de trabalho total, assumindo-se como necessário e vital para a sustentabilidade do negócio (Bhadury, 2000). Este sistema promove uma estreita relação entre manutenção e produtividade, evidenciando que bons cuidados e manutenção dos equipamentos se traduzem em elevados níveis de produtividade. A aplicação do TPM é essencial para que se garanta a estabilidade do sistema, evitando que este seja constantemente interrompido.

A uniformização e *standardização* de processos é praticada como forma de reduzir a variabilidade tão prejudicial ao desempenho dos processos e ao nivelamento da produção (Pinto, 2014). O processo de *standardização* será tópico de estudo aquando da abordagem às ferramentas *lean*.

Gestão visual

Esta ferramenta quando aplicada em meios produtivos possibilita a deteção rápida de operações anómalas, auxiliando os operadores no desempenho das funções. De acordo com Pinto (2013), permite uma aproximação ao local de trabalho, promovendo o envolvimento de todos os colaboradores através da aplicação dos sentidos.

Filosofia Toyota (Toyota Way)

Esta filosofia assenta em 14 princípios que têm por base o respeito pelas pessoas, tal como representado na Figura 2.

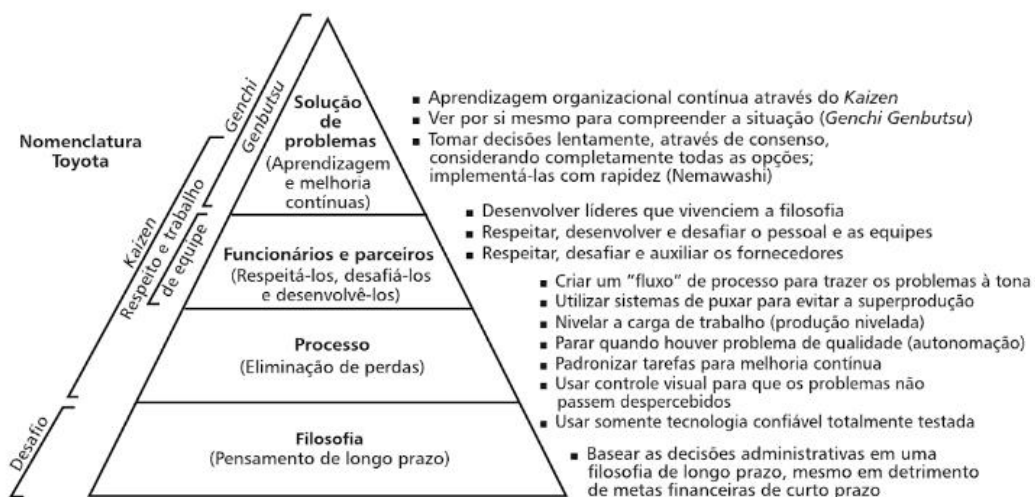


Figura 2 – Princípios da filosofia Toyota Way (Fonte: Liker, 2004)

Liker (2004) define *Toyota Way* como um sistema concebido no sentido de dispor um conjunto de ferramentas que permitissem aos colaboradores melhorar continuamente o trabalho. Neste sistema, os recursos humanos assumem-se como um recurso-chave na organização, tendo um contributo direto no sucesso da melhoria contínua. Por esta razão, encontram-se no centro da casa, uma vez que apenas através da melhoria se pode alcançar a estabilidade desejada. Estes devem ser treinados para encontrar as perdas, identificar e eliminar os problemas, questionando-se repetidamente sobre a sua verdadeira causa. Ainda no centro está a necessidade de *standardizar* processos estáveis e de confiança (Liker, 2004).

Sendo os problemas mais facilmente identificados e resolvidos no terreno, este sistema atribui um elevado nível de importância ao *genchi genbutsu*, conceito que defende que para se conhecer um problema é

necessário ir ao *gemba*⁷ “lugar onde as verdadeiras ações acontecem” (Imai, 1992), e observar presencialmente o que se passa.

O objetivo do TPS é fornecer produtos “*world class quality level*” de forma a responder às expectativas dos clientes, procurando ser um modelo de responsabilidade corporativa dentro da indústria e comunidade circundante (Art of lean, n.d.). Este sistema procura facultar aos seus colaboradores um conjunto de ferramentas de melhoria contínua cuja interação leva a organização a atingir metas orientadas para o aumento da qualidade, redução de custos e tempos de produção, assim como o aumento de segurança. De acordo com Liker (2004) “cada elemento da casa por si só é crítico, mas o mais importante é a forma como os elementos se reforçam mutuamente”.

Segundo o *Basic Handbook* (Art of lean, n.d.), o TPS definiu quatro princípios básicos consistentes com os seus objetivos e valores:

- Fornecer qualidade e serviço de classe mundial ao consumidor;
- Desenvolver o potencial dos colaboradores, com base no respeito mútuo, confiança e cooperação;
- Reduzir o custo, através da eliminação do desperdício, maximizando o lucro;
- Desenvolver padrões de produção flexíveis e adaptados à procura.

Estes princípios estabelecem a visão geral de um ideal de produção caracterizado por zero defeitos, zero desperdício, entrega de produtos imediata, flexibilidade e ambiente produtivo seguro.

O foco do TPS passa por eliminar todos os desperdícios de tempo e material em cada passo do processo, desde a matéria-prima até ao produto acabado, de forma a lidar com condições que a maioria das empresas enfrenta hoje em dia: a necessidade de adotar processos rápidos e flexíveis que forneçam aos clientes o que eles desejam, quando desejam, com o máximo de qualidade possível a um custo aliciente.

Foram estes princípios que conduziram à revolução do *lean manufacturing*. Contudo, por si só, estes não são suficientes para transformar uma empresa e conduzi-la ao sucesso. É necessário que se adote uma filosofia empresarial mais profunda que tenha na sua base estes princípios e ferramentas, aliados à compreensão e motivação das pessoas. É necessário apostar na habilidade de cultivar a liderança, o trabalho em equipa, a cultura empresarial, o desdobramento e o alinhamento da estratégia, a criação de fortes relações com os fornecedores e a manutenção de uma organização em constante aprendizagem (Liker, 2004).

⁷ *Gemba*: palavra japonesa que significa chão de fábrica. É o local onde se acrescenta valor, onde existem e se resolvem os problemas.

2.3. Do Toyota Production System ao lean manufacturing

O *lean manufacturing* tem sido um tema de interesse global ao longo dos últimos anos. Atualmente, é amplamente reconhecido que as organizações que dominaram os métodos de fabricação *lean* têm uma vantagem substancial em termos de custo e qualidade relativamente àqueles que ainda praticam a produção em massa tradicional.

O termo *lean* foi introduzido pela primeira vez por James Womack, Daniel Jones e Daniel Roos no livro “The Machine that Changed the World”, em 1990. A designação de *Lean Thinking*, ou pensamento magro, como conceito de liderança e gestão empresarial, é mundialmente aplicado para se referir à filosofia de liderança e gestão cujo objetivo é a eliminação de desperdícios e a criação de valor. Esta filosofia teve origem no sistema TPS, fruto do sucesso dos seus resultados, tendo em 2007 destronado da primeira posição, dentro das empresas do sector automóvel, a gigante General Motors. Os resultados do sistema TPS rapidamente resultaram numa ampla aceitação pelo setor industrial e, mais tarde, na aceitação pelo setor dos serviços, originando o termo *lean manufacturing* ou *lean production*, formalmente apresentado no artigo “Triumph of the lean manufacturing” de Krafcik (1988).

Taiichi Ohno, enquanto fundador do TPS, afirma que o *lean manufacturing* consiste num processo de análise contínuo que engloba todas as tarefas desde o momento que o cliente faz o pedido até ao momento em que se recebe a retribuição, eliminando todos os desperdícios existentes e, assim, reduzindo o tempo de resposta ao pedido (Ohno, 1988). Foram desenvolvidas várias ferramentas para apoiar o “pensamento magro”, como exemplo surgiu o VSM (*Value Stream Mapping*) utilizado para identificar o fluxo de recursos e respetivas áreas onde estes são produzidos e consumidos.

Os autores Womack e Jones (1996) identificaram cinco princípios orientadores da abordagem *lean*:

Criar valor

Atendendo aos desejos do cliente relativamente aos produtos e serviços que procura, este princípio destaca a importância de fornecer algo que o mesmo considere de valor e pelo qual esteja disposto a pagar. Assim, promove o reconhecimento do valor através da redução de desperdícios. Criar valor também pode ser entendido como a conceção de produtos que aumentam a satisfação do cliente de forma lucrativa, seguindo a arte de “fazer o produto certo no caminho certo”.

Definir a cadeia de valor

Diz respeito às atividades internas realizadas na empresa, compreendidas desde a receção do pedido do cliente até à satisfação da sua necessidade. As atividades podem, por sua vez, ser classificadas em três patamares: aquelas que realmente acrescentam valor para o cliente; aquelas que apesar de não acrescentarem valor para o cliente, acrescentam valor para o produto; e aquelas que não acrescentam qualquer valor para o produto nem para o cliente e, como tal, são consideradas desperdício.

Otimizar um fluxo

A otimização de um fluxo passa pela sincronização dos meios envolvidos na criação de valor, conseguindo um fluxo contínuo de forma a que os materiais e informações fluam na direção do cliente, sem atrasos ou interrupções.

Implementar o *pull system*⁸

Deve ser implementado nas cadeias de valor sempre que possível. A lógica *pull* permite que o cliente e outros *stakeholders*⁹ liderem os processos, produzindo-se de acordo com as encomendas. Desta forma, evita-se que sejam as fábricas a antecipar as suas necessidades correndo o risco de errar nas previsões, impondo-se o sistema de produção *just-in-time* em vez do *just-in-case*.

Procura pela perfeição

Sendo o último pilar do pensamento *lean*, a procura pela perfeição deve estar presente em todos os aspetos do negócio, bem como na relação com os clientes e fornecedores. Segundo os supracitados autores, é fundamental identificar os desperdícios e atividades que não acrescentam valor. Para isso, salientam a importância de reunir condições que permitam analisar as causas dos problemas, identificar a origem, prevenindo a sua recorrência, pois só a partir deste conhecimento é possível definir ações a implementar para se atingir a melhoria contínua. Deve ter-se em conta que os interesses, expectativas e necessidades das diferentes partes interessadas estão em constante mudança e evolução. Este princípio defende que a organização deve ouvir constantemente a voz do cliente, procurar ser rápida e flexível, incentivando deste modo a melhoria contínua a todos os níveis.

O *lean manufacturing* baseia-se na imediata obtenção da qualidade total, ou seja, nos “zero defeitos”, na minimização do desperdício, na melhoria contínua através da filosofia *Kaizen*, nos processos *pull*, e, por último, na flexibilidade, dado que se pretende produzir rápida e eficientemente uma variedade de diferentes lotes de produtos (Wilson, 2009).

Segundo Pinto (2014), analisando a evolução do sistema TPS para o sistema *lean* é possível identificar a inclusão de dois fatores que se revelaram fundamentais na implementação deste sistema produtivo: a gestão da cadeia de abastecimento (SCM) e o Serviço ao Cliente.

A filosofia *lean* deve ser aplicada a todas as partes e não se limitar unicamente à empresa, de modo a maximizar a criação de valor. Assim, a SCM foi incluída neste sistema de produção de modo a envolver todas as organizações que estão empenhadas no fabrico ou prestação de serviços, sendo através de cada uma

⁸ ***Pull system/Pull flow***: expressão utilizada para a designação de produção puxada. Tem por base o abastecimento/produção de um determinado produto ou material, em função do seu consumo real e não em função de previsões de consumo.

⁹ ***Stakeholders***: traduz todas as partes interessadas, incluindo todos os envolvidos num processo ou cadeia de valor.

que o valor é criado e transportado até ao cliente final. O serviço ao cliente ganhou popularidade a partir de 1990 e, desde então, tem vindo a ser incorporado nas filosofias de gestão. O cliente final tem vindo a ser valorizado, na medida em que é visto como a razão da existência de uma organização, pois é para ele que toda a cadeia se coordena e cria valor. Neste sentido, o serviço prestado é cada vez mais valorizado pelo cliente final, funcionando como um fator diferenciador crítico entre organizações concorrentes (Pinto, 2014).

Segundo Womack e Jones (1996), para uma indústria praticar *lean manufacturing*, deve desenvolver um pensamento que se foque em fazer com que o produto flua através de processos ininterruptos de agregação de valor (*one-piece flow*), deter um sistema *pull* que parta da encomenda do cliente reabastecendo na quantidade certa o que a operação seguinte irá consumir em curtos intervalos de tempo e uma cultura onde todos os elementos da equipa trabalhem para um mesmo fim que, em última análise, constitui a melhoria contínua.

2.3.1. Valor

A definição de valor é fundamental para que se perceba o que o cliente valoriza e pelo qual está disposto a pagar (Melton, 2005). A palavra valor é vulgarmente usada para definir o valor intrínseco de um produto ou serviço, segundo o ponto de vista do cliente. Pode deduzir-se, então, que valor corresponde à compensação que se recebe em troca do que se paga. Deste modo, torna-se evidente que a perceção de valor atribuído a um determinado produto ou serviço varie entre consumidores de acordo com o benefício que este espera obter com a sua aquisição.

Segundo Pinto (2014) apenas o valor justifica a existência de uma organização. Este afirma que as organizações existem para “*criar valor para todas as pessoas que, direta ou indiretamente, se servem dos seus produtos ou serviços*”. Assim, uma organização cria valor a um produto ou serviço recorrendo à combinação de ações. Estas podem acrescentar valor na perceção do cliente ou ser meras ações necessárias ao seu desenvolvimento (Shook, 2008).

2.3.2. Eliminação de desperdícios

Considera-se desperdício toda e qualquer atividade inserida num processo que não acrescente valor para o cliente. Pinto (2013) diz ainda que o desperdício é como o “pecado”, podendo manifestar-se de várias formas, mas sempre com os mesmos resultados negativos ao nível do tempo e do custo, sem que seja perceptível qualquer benefício. No entanto, por vezes o desperdício é parte integrante do processo, não podendo ser completamente eliminado. Por esta razão, o autor apresenta uma distinção relativamente ao tipo de desperdício. Por um lado, classifica o puro desperdício como aquele que surge de atividades totalmente dispensáveis e que deveriam ser eliminadas. Por outro lado, considera a existência do desperdício necessário, o qual, apesar de não acrescentar qualquer tipo de valor às suas atividades, não pode ser eliminado.

Existem várias técnicas que permitem identificar desperdícios, das quais se destacam os “três MU”, o “fluxo de operações” e os “sete desperdícios”.

De acordo com Pinto (2013) os três MU centram-se nos conceitos japoneses de *muda* (desperdício), *mura* (variabilidade) e *muri* (sobrecarga), refletindo que situações de desequilíbrio entre a capacidade de transporte e a carga resultam em perdas para a empresa. O *Muda* abrange todos os componentes de um produto ou serviço que o cliente não está disposto a pagar. *Mura* representa a falta de estabilidade e confiança, bem como as variações ou flutuações não expectáveis que ocorrem de momento para momento. *Muri* traduz sobrecarga, sendo um termo usado para descrever desperdícios irracionais que se manifestam através da sobrelotação ou insuficiência de carga, sendo eliminado através da adoção do sistema *just-in-time*, procurando-se realizar o que é necessário quando pedido.

O fluxo de operações resume-se a ações como Retenção, Transporte, Processamento e Inspeção. Fala-se em retenção quando o fluxo é interrompido sem que lhe tenha sido acrescentado valor, contribuindo deste modo para a criação/aumento de *stocks* que podem originar pontos de estrangulamento também conhecidos por *bottlenecks* (quando o processo anterior é mais rápido que o seguinte), *setups*, ou outros problemas que possam surgir ao longo do processo. Uma vez que os locais de armazenamento, fabrico e consumo não se encontram todos no mesmo local, fala-se em transporte para identificar desperdícios que não podem ser evitados, mas que devem ser minimizados. No caso do processamento, este traduz-se na criação de valor. Contudo, caso haja necessidade de retrabalho, este é considerado como sobreprocessamento, não sendo valorizado pelo cliente final. Por último, a inspeção não previne defeitos, logo não acrescenta valor. Portanto, a inspeção deve ser substituída por ferramentas que ajudem a prevenir estas ações desnecessárias, tal como a gestão visual (Pinto, 2013).

Ao longo do desenvolvimento do TPS, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo identificaram sete formas de desperdício que enfraquecem o sistema produtivo:

1. O excesso de produção: segundo Ohno, a forma de desperdício mais grave de todas resulta na produção de quantidades excessivas face às necessidades do processo seguinte. Tal conduz a uma ocupação desnecessária de recursos e a aumentos de *stocks*, representando exatamente o oposto ao sistema *just-in-time* pretendido.
2. Esperas: refere-se aos tempos despendidos desnecessariamente por pessoas ou equipamentos no decorrer do processo, conduzindo a atrasos entre o fim de uma etapa e o início da seguinte.
3. Transporte: conjunto de movimentos desnecessários de produtos, materiais ou informações desde o ponto de receção até ao ponto de entrega do produto ou serviço.
4. Defeitos: produções que após terminadas se verifica a necessidade de retrabalho ou, quando tal não seja possível, são consideradas sucata. Os defeitos podem ser resultado de erros que ocorrem durante a concretização de tarefas ou na realização de processos.
5. Stocks: todo o material que excede as necessidades dos clientes e o mínimo necessário para um preciso controlo do sistema *pull*. Todo o *stock* é considerado desperdício caso não seja

diretamente transferido para venda, podendo aparecer sob a forma de matéria-prima, produtos em curso de fabrico ou mesmo como produto acabado.

6. Desperdício de processo: corresponde a operações ou processos desnecessários para o desenvolvimento de um produto ou serviço, passíveis de serem eliminados. Surge como resultado do desfasamento entre os processos necessários para o desenvolvimento de um produto ou serviço e os que efetivamente são realizados.
7. Trabalho desnecessário: movimentações desnecessárias ou que requerem demasiado esforço por parte dos operadores.

Estas sete formas de desperdícios nos processos produtivos representam somente uma minoria da quantidade e tipo de desperdícios existentes. Segundo Melton (2005), é essencial identificar e garantir que a verdadeira causa do desperdício é eliminada, e não apenas o seu sintoma.

2.3.3. Filosofia *Kaizen*

A filosofia *Kaizen*, aplicada a diversas áreas produtivas e de serviços, reúne esforços no sentido de melhorar continuamente os processos e a produtividade das organizações. Tal como o nome indica, *Kai* (Mudar) e *Zen* (Melhor) defende a procura pela melhoria contínua, através da identificação e eliminação de desperdícios ao longo da cadeia de valor. De acordo com Coimbra (2009), *Kaizen* traduz o estado “*change for better*”. Esta filosofia procura fornecer às organizações uma revigorada energia para a mudança cultural, procurando a eliminação de processos que não acrescentam valor para o cliente.

De acordo com Liker (2004), a prática desta metodologia deverá ser da responsabilidade de todos, para que se possam garantir bons rendimentos e se facilite o trabalho. A implementação de uma cultura assente nesta filosofia assegurará melhor qualidade de produtos, segurança e redução de custos, devendo ser desenvolvida diariamente e com o envolvimento de todos os colaboradores aumentando, por sua vez, a produtividade da organização (Imai, 1992).

2.4. Fluxo e cadeia de valor

O termo fluxo traduz a movimentação de algo de forma contínua. Assim, a criação de fluxo contínuo traduz um processo de movimentação de material ou informação, de forma contínua, ao longo de qualquer cadeia de abastecimento (Coimbra, 2009).

A cadeia de valor inclui todas as atividades necessárias para transformar a matéria-prima e informação num produto acabado ou serviço. Esta definição inclui todas as atividades, de valor acrescentado ou sem valor acrescentado, desempenhadas por uma organização para proporcionar um produto/serviço, desde as relações com os fornecedores, ciclos de produção e de venda, até à fase de distribuição final (Shook, 2008).

Tendo sido anteriormente explicado o conceito de valor percebido pelo cliente, torna-se fundamental a análise da cadeia de valor do produto/serviço com o objetivo de identificar potenciais pontos de otimização, procurando potenciar o lucro, reduzindo as tarefas que não acrescentam valor para o cliente.

2.4.1. Criação de fluxo de produção

O conceito de fluxo de produção traduz a produção e a movimentação de informação ou material, de forma contínua, entre processos. Isto significa que sempre que uma tarefa é concluída, a tarefa subsequente inicia-se no imediato, sem que haja qualquer interrupção (Shook, 2008).

Tal como referido por Coimbra (2009), o sucesso da estratégia da Toyota foi fruto da criação de um movimento de materiais e informação capaz de remover todo o desperdício que não acrescentava valor ao fluxo. Esta criação de movimento implica a eliminação de todo o tempo de espera que os materiais e a informação dependem no sistema. Este conceito é o grande diferenciador entre a produção em massa e a produção *lean*, uma vez que o objetivo do fluxo contínuo passa pela identificação e eliminação de desperdício ao longo de toda a cadeia de abastecimento, procurando reduzir drasticamente o tempo de produção e o esforço humano fazendo uso da inovação.

Segundo Coimbra (2009), idealmente esta movimentação deve ser conduzida pela necessidade de produzir/abastecer um determinado produto/material, em função do consumo real e não em função de previsões de consumo do cliente. Este método traduz o conceito de produção puxada, tradicionalmente conhecida por *pull flow*.

Segundo Coimbra (2009) o objetivo do fluxo de produção passa pela:

- Criação de *one-piece flow*: produção de uma peça de cada vez, desde a matéria-prima até à fase de produto acabado;
- Minimização do desperdício em movimentos por parte do operador: através da criação de bordos de linha e *standard work*;
- Customização em massa: flexibilidade para alcançar a produção eficiente de pequenos lotes recorrendo à aplicação do SMED¹⁰ (*Single Minute Exchange of Die*);
- Simplificar antes de aplicar automatizações: automação sem fluxo é uma automação de *muda*.

O objetivo é alcançar um estado de movimento contínuo desde a matéria-prima até ao produto final, sem paragens durante o processo de produção. Para isso, todos os recursos de produção devem ser reorganizados

¹⁰ **SMED**: ferramenta aplicada com a finalidade de reduzir o tempo de setup, traduz a troca rápida de ferramentas entre mudanças.

para adicionar operações de transformação de valor e eliminar todas as que não agreguem valor ao processo produtivo.

2.5. Abordagem às ferramentas e técnicas *lean*

Atualmente, a adoção da filosofia *lean* e a aplicação das suas técnicas e ferramentas têm-se revelado a chave do sucesso das organizações, sendo essencial na adoção e aplicação de sistemas de melhoria contínua. Assim, neste subcapítulo, torna-se fundamental abordar um outro conjunto de ferramentas *lean*.

2.5.1. Metodologia 5S

A metodologia dos 5S, desenvolvida no Japão, é descrita como uma das melhores metodologias para fomentar a mudança de atitude nos colaboradores, ao conferir-lhes autonomia para desenvolverem atividades de melhoria no posto de trabalho (Gapp, Fisher e Kobayashi, 2008). A sua prática procura inserir valores de organização, ordenação, limpeza, normalização e disciplina ao nível do posto de trabalho (Osada, 1991). A aplicação desta metodologia nos negócios foi formalizada, no início dos anos 80, por Takashi Osada (Ho, Cicmil, e Fung, 1995).

Esta ferramenta é composta por vários passos que se focam na eliminação de resíduos que possam conduzir a erros, defeitos ou danos, evidenciando os principais problemas. O seu nome tem origem nas cinco palavras japonesas, que representam cada um dos passos que constituem a ferramenta (Jaca, Viles, Paipa-Galeano, Santos, e Mateo, 2014):

- *Seiri* (Sentido de organização): consiste em separar o necessário do desnecessário, de modo a identificar e eliminar o que é desnecessário nos postos de trabalho, aumentando a produtividade dos equipamentos e pessoas envolvidas.
- *Seiton* (Sentido de arrumação): definir e alocar cada item a um local certo de acordo com a sua frequência de uso, identificando os objetos e o respetivo local de armazenamento. Este passo conduz a uma rápida identificação e localização dos itens por parte do operador, evitando movimentações desnecessárias.
- *Seiso* (Sentido de limpeza): é responsabilidade do operador manter a sua área de trabalho limpa. A limpeza dos postos de trabalho é considerada parte do bem-estar dos colaboradores ao disponibilizar um local mais fácil e agradável. Este aspeto é fundamental para a identificação de situações anómalas ou falhas no processo ou produto.
- *Seiketsu* (Standardização): consiste na criação de normas gerais de arrumação e limpeza de modo a garantir que os três primeiros “S” sejam cumpridos e mantidos. Esta ferramenta permite que o operador detete rapidamente irregularidades nos processos, identificando os problemas e aplicando a solução.

- Shitsuke (Sentido de autodisciplina): consiste na atribuição de hábitos e responsabilidades que permitam garantir que os 5S são cumpridos. Recorre-se ao desenvolvimento de um sistema de avaliação (auditoria 5S), monitorização (*checklists* de limpeza) e reconhecimento das melhores práticas de modo a manter os procedimentos estabelecidos, assegurando a sua continuidade.

2.5.2. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O OEE traduz a efetividade global do equipamento. Trata-se de um método de medição de *performance* produtiva que integra dados sobre a disponibilidade do equipamento, a eficiência e a qualidade da produção. A vantagem deste conceito é permitir medir quão eficiente o equipamento é a produzir um produto na qualidade certa. O mesmo reconhece que o equipamento apenas é eficiente quando está disponível sempre que necessário, a trabalhar na velocidade que satisfaça as necessidades e a produzir com boa qualidade. O ponto de partida desta ferramenta é o tempo total disponível, ao qual se subtrai o tempo de manutenção planeada e de paragens previstas. De seguida, reduz-se ainda o tempo das paragens não planeadas associadas a perdas relativas à disponibilidade, velocidade e falta de qualidade (BGN, 2017). As perdas de disponibilidade estão normalmente relacionadas com falhas ou avarias no processo, falta de operadores ou material, trabalhos de mudança, entre outras causas. As perdas de velocidade agregam a reduzida velocidade no trabalho (conduzindo ao aumento do tempo de ciclo), as perdas no arranque e pequenas paragens. Por outro lado, as perdas de qualidade devem-se a falhas nos processos e defeitos ou sucata. A decomposição deste indicador nas suas várias componentes permite obter uma visão global das perdas e respetivas causas, e representar o *output* de um determinado equipamento num determinado período de tempo (Baudin, 2007).

A fórmula de cálculo do OEE é resultado da multiplicação destes três fatores:

$$\text{Velocidade} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de peças produzidas} * \text{Tempo de ciclo}}{\text{Tempo de abertura efetivo}}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de abertura efetivo}}{\text{Tempo de abertura planeado}}$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de peças produzidas} - \text{N}^{\circ} \text{ de peças com defeito}}{\text{N}^{\circ} \text{ de peças produzidas}}$$

$$\text{OEE} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de peças aceite} * \text{Tempo de ciclo}}{\text{Tempo de abertura planeado}}$$

2.5.3. *Takt time* vs. tempo de ciclo

O termo *takt*, traduzindo a palavra ritmo em alemão, é o termo teórico para definir o tempo necessário para completar um produto em cada processo, de modo a satisfazer a procura, tendo em conta as limitações e capacidade da linha. Este é caracterizado por um número que corresponde à “pulsação” do mercado, sendo definido pela procura. Por sua vez, o tempo de ciclo é o tempo que realmente é necessário para que um operador complete uma operação (Alvarez e Antunes, 2001).

Segundo Imai (2012), o *takt time*¹¹ é o resultado do quociente entre o tempo disponível para produzir e o número de unidades a produzir. O ritmo da linha de produção não se altera, exceto se o volume do produto ou as horas efetivas disponíveis para produzir sofrerem alteração, traduzindo uma relação inversa entre o *takt time* e a procura (Sundar, Balaji e SatheeshKumar, 2014).

O tempo de ciclo deve ser inferior ao *takt time* para considerar as perdas contabilizadas no OEE e assegurar a entrega da encomenda dentro do tempo (BGN, 2017). Percebe-se então que o tempo de ciclo dos operadores varia em função do tempo total que os mesmos têm para executar um produto, bem como do número de operadores alocados à linha (Alvarez e Antunes, 2001).

2.5.4. *Standard work*

Standard Work é considerada a ferramenta básica para a melhoria contínua. Refere-se ao método mais seguro, simples e eficaz de realizar um determinado processo, alcançando os melhores resultados da forma mais rápida, maximizando o uso dos recursos. Neste processo, procura-se um estado de fluidez nos movimentos do operador para que o trabalho seja feito no mínimo tempo e com a máxima qualidade (Coimbra, 2009).

Segundo Labach (2010) este é definido como a sequência de tarefas, balanceadas entre si, com vista a obter o nível de produção previamente definido. A alocação das tarefas é feita a um operador, sendo o trabalho balanceado segundo o *takt time*, tendo em conta indicadores como o tempo de ciclo, a sequência de tarefas e o *WIP*¹² *standard*. O seu objetivo passa por minimizar e controlar as variações de *output*, a qualidade, o *WIP* e os custos. De acordo com West (2012), é possível melhorar os processos melhorando o seu *standard* e, consecutivamente, a sua *performance*. Para o efeito, deve criar-se novas representações de processos ou proceder à alteração das existentes tornando-as mais adotáveis, adaptáveis, úteis, acessíveis, intuitivas, flexíveis face a possíveis mudanças organizacionais e de fácil compreensão para os colaboradores, permitindo que estes as utilizem de forma mais eficiente. Estando a execução destas tarefas normalizadas dependentes do operador, o trabalho normalizado conduz ao teste de caminhos alternativos para a execução das tarefas, permitindo definir a metodologia de trabalho mais adequada.

¹¹ *Takt time*: palavra anglo-saxónica que define o “takt time” é “Drum Beat”.

¹² *WIP*: traduz trabalho em progresso e refere-se a itens que ainda estão em fase de desenvolvimento.

As vantagens dos processos uniformizados são os menores custos, a previsibilidade e a redução de desvios. Para tal, este método passa pela documentação dos processos, garantindo que todos os colaboradores operam e usam da mesma forma as ferramentas de que dispõem (Pinto, 2013).

2.5.5. Balanceamento

Balanceamento consiste na distribuição uniforme da carga das várias operações pelos postos de trabalho e máquinas, evitando períodos de espera e *stocks* intermédios, de modo a reduzir os tempos de trabalho desnecessários e obter um processo produtivo contínuo (Silva, Pinto, e Subramanian 2007). Esta ferramenta possibilita a definição do ritmo de produção da linha, determinando as quantidades esperadas num certo período de tempo, permitindo um planeamento de produção eficaz e um aumento da produtividade.

Com a sua aplicação, procura-se obter um melhor aproveitamento, quer da máquina quer do operador, o que deixa manter o ritmo na cadência de trabalho. Por outro lado, consegue-se também a anulação de pontos de estrangulamento e, conseqüentemente, o máximo de produtividade e eficiência.

Permite definir uma base para o nivelamento e normalização dos tempos *standard* e verifica se os operadores conseguem executar as tarefas *standard* na sequência e tempo determinado.

2.5.6. Bordo de linha

O bordo de linha corresponde ao elo de ligação entre a logística e os processos de produção e visa tornar o trabalho entre estas duas áreas mais independente. Diz respeito a tarefas de logística interna com o objetivo de abastecer o material pedido, na quantidade certa, no local correto e no momento adequado. Este caracteriza-se pelo espaço de armazenamento, localizado junto das linhas de produção, de todos os recursos necessários à execução das operações. Deve ser desenvolvido de acordo com as necessidades de cada local e estar o mais próximo possível da zona onde os recursos são consumidos. Segundo Coimbra (2009), o bordo de linha traduz os locais de acesso aos materiais de modo otimizado.

A organização do bordo de linha deve ser elevada, sem repetição de referências e dotada de uma boa gestão visual, de modo a minimizar o tempo de abastecimento da linha e do bordo de linha. Segundo Hua e Johnson (2010), este encontra-se associado a um sistema de dois contentores – armazenamento e reposição – por cada componente. A zona de armazenamento dos recursos deve encontrar-se organizada de forma ergonómica do ponto de vista do operador, que retira recursos para consumo, bem como na perspetiva do transportador, que abastece. Deve haver uma adaptação de forma a que sempre que seja necessário efetuar um reabastecimento, esta necessidade seja visível, de modo a que possa ser rapidamente executada.

2.5.7. Value stream planning (VSP)

O *value stream planning* é uma ferramenta capaz de descrever de forma estruturada o estado atual ou futuro da adição de valor, incluindo fluxo de materiais, fluxos de informação para controlar o sistema, descrições desde os consumidores até ao cliente e métricas para a cadeia de valor (BGN, 2017). O seu mapeamento é realizado de forma normalizada para que todos os envolvidos tenham o mesmo entendimento da informação, permitindo que todos estejam integrados e orientados na mesma direção, atingindo-se, conseqüentemente, um aumento da eficiência produtiva. Sendo utilizado para documentar os processos de criação de valor, faz-se ainda a distinção entre *value stream mapping* (VSM) e *value stream design* (VSD).

2.5.7.1. Value stream mapping e design (VSM e VSD)

O *value stream mapping* (VSM) diz respeito ao processo de mapeamento atual dos fluxos de material e informação necessários para coordenar as atividades, que acrescentam ou não valor ao processo, desempenhadas por trabalhadores, fornecedores e distribuidores desde a receção do pedido do cliente até à entrega final do produto ou serviço (Abdulmalek e Rajgopal, 2007).

Esta ferramenta tem como principal objetivo a identificação de oportunidades de melhoria nos processos, através da análise e entendimento do fluxo de material e informação de um produto ou serviço ao longo de toda a cadeia de valor (Rother e Shook, 1999). Assim, evita-se que a gestão se foque em processos individuais ou na otimização das partes, dando-lhe uma visão global dos processos (Pinto, 2013).

Este processo permite a obtenção de uma visão clara do inventário existente, do tempo de processo, do *lead time*, tornando de fácil identificação os pontos de desperdício e estrangulamento do processo, sendo a partir destes que se desencadeiam as atividades de melhoria contínua.

A segunda etapa passa pela representação visual do estado futuro, designado por *value stream design* (VSD), baseado nas melhorias e mudanças sugeridas na análise do mapeamento do estado atual (VSM), conduzindo ao redesenho dos processos ao longo da cadeia de valor (Pinto, 2009). Para que este mapeamento seja possível, é necessário a realização de um conjunto de etapas:

- Selecionar uma família de produtos: permite desagregar as questões operacionais ao nível de produtos específicos, selecionando uma família de produtos/serviços que tenham equipamentos comuns e etapas de processo semelhantes, facilitando uma análise mais detalhada por parte dos gestores. Esta análise deve ter início no ponto mais a jusante da cadeia de valor, de modo a analisar todo o fluxo. Este processo deve ser realizado com o auxílio de um indivíduo com conhecimento dos fluxos de material e informação completos do produto/serviço selecionado.
- Construir o mapa do estado atual: este mapa é considerado uma fotografia do momento e, por isso, uma ferramenta estática, já que a descrição feita por esta ferramenta é realizada numa determinada altura, representando inequivocamente esse momento. Torna-se fundamental a seleção do momento

certo, de modo a garantir que a informação recolhida seja a mais fiel e representativa possível. A realização deste levantamento e a obtenção da informação dos processos são possíveis a partir da recolha de informação realizada no chão de fábrica e com a participação das pessoas-chave de cada uma das etapas da cadeia de valor.

- Construir o mapa do estado futuro: a partir do mapa do estado atual são definidos os objetivos de melhoria, procedendo-se ao desenho do estado futuro (Pinto, 2009). Este facto traduz uma constante evolução e alteração entre estes dois estados, VSM e VSD (Rother e Shook, 1999).
- Elaborar um plano de ação para atingir o estado futuro: nesta etapa são definidas as ações necessárias para alcançar o estado futuro, definindo-se as pessoas responsáveis, os tempos e os resultados a alcançar.

2.5.8. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (*Plan – Do – Check – Act*), também conhecido por ciclo de Deming, tem por princípio tornar os processos envolvidos na gestão da qualidade mais claros. Divide-se em quatro fases:

- **Planeamento (*Plan*)**: fase onde se deve investir mais tempo. Aqui deve ser estabelecida a missão, os objetivos, procedimentos e processos necessários para que se consiga atingir os objetivos definidos. Inicialmente, deve ir-se ao local e identificar o problema. Posteriormente, passa-se à seleção dos intervenientes no processo, de forma a garantir que todos estão focados num objetivo comum. Identificado o problema, começa-se a trabalhar nas razões das causas e dos desvios encontrados, desenvolvendo sugestões e contramedidas para os mesmos, sempre com o foco no cliente final (Neves, 2007).
- **Execução (*Do*)**: procede-se à realização e implementação das tarefas em equipa, de forma clara e que permita acompanhar os valores de desempenho face ao objetivo, que serão analisados na fase seguinte.
- **Verificação (*Check*)**: onde se monitoriza e avalia periodicamente os processos e resultados implementados na fase anterior, confrontando-os com o que era expectável e produzindo relatórios. Caso os mesmos não sejam favoráveis, é importante compreender a razão de as contramedidas não estarem a ter o objetivo definido (Neves, 2007).
- **Ação (*Act*)**: nesta última fase, pretende-se que se aja em conformidade com os relatórios, procurando assim *standardizar* as contramedidas implementadas, evitando que as mesmas caiam no esquecimento com o passar do tempo, levando à diminuição dos resultados obtidos. Podem também ser criados novos planos de ação com vista à melhoria da qualidade, eficiência e eficácia deste novo estado, iniciando-se um novo ciclo de PDCA.

2.5.9. Relatório A3

O relatório A3 traduz um método de resolução de problemas e uma estrutura de apresentação de relatórios de forma simples, clara e objetiva. Os primeiros relatórios representavam simples resumos dos problemas. Com o tempo, esta ferramenta foi evoluindo e, mais tarde, começou por incluir outros departamentos para além da resolução de problemas ligados à produção (Durward e Smalley, 2008).

A abordagem utilizada por esta ferramenta tem na sua base o ciclo PDCA (Liker, 2006). Segundo Ghosh e Sobek (2002), este relatório segue nove passos fundamentais. Inicia-se com a observação e definição da situação inicial, sendo que o passo seguinte passará pela identificação das causas do problema a analisar. Para o efeito, recorre-se normalmente a ferramentas como o diagrama de *Ishikawa* e à ferramenta dos “5 Porquês”¹³, que, após ajudarem na determinação das causas do problema, permitem a definição e implementação das contramedidas. Seguidamente, passa-se ao desenho da situação futura, que representa aquela que é considerada a situação ideal, refletindo as melhorias implementadas no processo, e ao planeamento da implementação das contramedidas. Depois da discussão dos passos anteriores (*Plan*) com a equipa, procede-se à implementação das ações de melhoria definidas (*Do*). Posteriormente, é necessário proceder à verificação do respetivo plano de ações para garantir que estas foram efetivamente realizadas, sendo normalizadas as melhorias do processo em estudo (Anderson, Morgan e Williams, 2011). Na finalização (*Check*), procede-se à recolha dos dados finais, comparando os resultados com os valores iniciais. A implementação (*Act*) diz respeito à criação de um novo processo que coloca em prática a situação ideal.

Em suma, o relatório A3 é a ferramenta utilizada para documentar a abordagem realizada na resolução de um determinado problema ou no desenvolvimento de um projeto, sendo o seu principal objetivo ser flexível e adaptável. O seu uso facilita a comunicação e agiliza o pensamento, aumentando a rápida perceção dos gestores para os problemas e objetivos atingir. O relatório A3 permite ainda identificar as pessoas envolvidas, assim como a sua função no projeto em questão.

2.6. Ferramentas da qualidade

A melhoria da qualidade é um desafio constante nas organizações. Neste sentido, tem-se verificado uma crescente aposta no incentivo à participação de todos, na promoção do trabalho em equipa, na análise e estudo dos processos, no entendimento de que os erros e problemas são oportunidades de melhoria e na utilização de ferramentas e metodologias adequadas. Para melhorar a qualidade, é fundamental prevenir a recorrência de problemas esporádicos e eliminar os problemas crónicos. Assim, é de extrema importância a aplicação de ferramentas e técnicas na procura e resolução de problemas.

As ferramentas da qualidade traduzem um conjunto de ferramentas estatísticas que permitem melhorar os produtos, serviços e processos. Estas são utilizadas com a finalidade de definir, mensurar, analisar e propor

¹³ **5 Porquês:** ferramenta que consiste na repetição sistemática dos cinco porquês até encontrar a verdadeira causa do problema.

soluções para problemas encontrados, contribuindo para o bom desempenho dos processos de trabalho. De acordo com Montgomery e Runger (2009) menos reparos e termos de garantia traduzem menos retrabalho, menos tempo gasto, menos esforços e menos dinheiro. A qualidade revela-se inversamente proporcional à variabilidade, uma vez que a variabilidade excessiva no desempenho de um processo resulta num maior nível de desperdício.

Assim, Kaoru Ishikawa propõe as sete ferramentas básicas da qualidade: Diagrama de causa-efeito (*Ishikawa*), Fluxograma, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Dispersão, Folha de Verificação e as Cartas de Controlo. A sua utilização, com grande impacto visual e adaptável a toda a organização, contribuiu positivamente para a resolução dos problemas. Face à grande quantidade de informação gerada nas organizações, a utilização destas ferramentas estimula e ajuda a construir uma abordagem estruturada à recolha de informação, à sua análise e correspondente tomada de decisão.

Tendo em conta o projeto desenvolvido, faz sentido referenciar duas ferramentas – Diagrama de *Ishikawa* e Diagrama de Pareto –, as quais foram utilizadas para a recolha, análise e tomada de decisão face aos problemas encontrados.

2.6.1. Diagrama de causa-efeito (*Ishikawa*)

O diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como diagrama de causa-efeito ou diagrama de espinha de peixe, é uma ferramenta utilizada para a identificação e análise das causas de um problema, tendo sido em 1960 considerada uma das 7 técnicas básicas de gestão da qualidade e umas das mais poderosas técnicas na resolução de problemas.

Ishikawa desenvolveu esta ferramenta tentando incutir nas pessoas o pensamento sobre qual a origem do problema. Desenvolveu, assim, uma ferramenta gráfica que ajuda a encontrar de forma estruturada a resposta “ao porquê das coisas”.

Sendo uma ferramenta para gerir o controlo da qualidade, a sua composição ajuda a identificar as principais causas de um determinado efeito (regra geral, o problema em análise) e facilitar a sua hierarquização por grandes temas. Estes, também designados por principais classes de causas que afetam os processos, podem ser classificados em 6 tipos: método, máquina, mão-de-obra, medida, meio ambiente e material (Branco, 2008). Cada uma das classes identificadas, vai sendo dividida em causas e sub-causas específicas, contribuindo para uma melhor perceção das possíveis causas para o efeito em estudo.

Trata-se de uma ferramenta de fácil leitura e aplicação, permitindo aperfeiçoar os processos e elevar o nível de compreensão das pessoas, melhorando o entendimento das causas e efeitos de um determinado problema.

2.6.2. Diagrama de Pareto ou análise ABC

O nome atribuído a esta ferramenta de qualidade deve-se ao seu criador, economista italiano que, em 1987, após ter efetuado um estudo sobre a riqueza, concluiu que 20% da população Italiana detinha 80% da riqueza, criando o princípio dos 20-80, conhecido como Lei de Pareto.

O grande contributo deste princípio, aplicado à resolução de problemas da qualidade, passa por ajudar a identificar o reduzido número de causas muitas vezes responsáveis pela ocorrência de um determinado efeito. Conclui-se que existe um reduzido número de causas que representam uma parte significativa dos prejuízos. O diagrama de Pareto ou análise ABC consiste na categorização de produtos e atividades com o intuito de favorecer os mais importantes em tarefas de gestão da produção (Branco, 2008).

Segundo esta análise e baseando-se na Lei de Pareto, em função da sua importância relativa, os produtos são agrupados em três categorias:

- Item classe A: representa cerca de 20% do número de itens e 80% da ocorrência total.
- Item classe B: são os 30%, após os itens alocados à classe A, e representam 15% da ocorrência.
- Item classe C: representam os restantes 50% dos itens e apenas 5% da ocorrência.

3. Apresentação da empresa

3.1. Grupo Bosch

Robert Bosch marcou o início da atividade do Grupo *Bosch*, a 15 de novembro de 1886, com a fundação da “Oficina de Mecânica de Precisão e Engenharia Elétrica” em Estugarda, na Alemanha. Inicialmente, o Grupo direcionou-se para a instalação de sistemas telefónicos e só treze anos mais tarde incluiu atividades de construção, reparação e venda de equipamentos de precisão mecânica e engenharia elétrica. Desde então, tem vindo a desenvolver a sua atividade apostando em novas áreas de negócio.

A Fundação Robert Bosch detém 92% das ações, sendo que os restantes 8% se encontram divididos entre a família Bosch e a Robert Bosch GmbH¹⁴, onde se inclui o Grupo Bosch.

Este é constituído pela Robert Bosch GmbH e por 450 subsidiárias e empresas regionais que se encontram distribuídas por, aproximadamente, 60 países. Contando com os seus representantes de serviço de vendas e assistência técnica, a sua rede mundial de desenvolvimento, produção e distribuição encontra-se presente em quase todos os países do Mundo (BGN, 2017).

Atualmente, contando uma história de 131 anos, o Grupo torna-se líder mundial no fornecimento de produtos e prestação de serviços, encontrando-se as unidades de negócio divididas em: Soluções de Mobilidade, Tecnologia Industrial, Bens de Consumo e Tecnologia de Energia e Edifícios. A Figura 3 ilustra a percentagem representante de cada área de negócio.

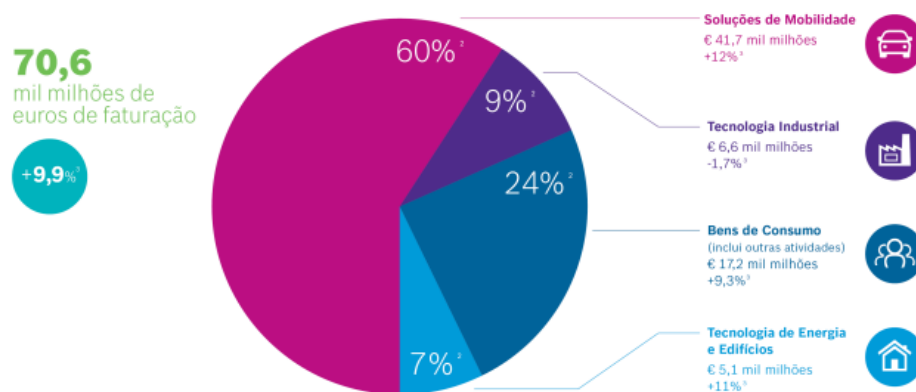


Figura 3 – Peso de cada unidade de negócio

¹⁴ GmbH – “Gesellschaft mit beschränkter Haftung” traduz-se para o português como “sociedade com responsabilidade limitada”, correspondendo à abreviatura “Lda.”

Sendo o seu lema fornecer “Tecnologia para a Vida”, o Grupo Bosch aposta na investigação e desenvolvimento, tendo nos últimos cinco anos investido mais de 20 biliões de euros, cativando os consumidores e melhorando a sua qualidade de vida através do fornecimento de produtos e serviços úteis e pioneiros.

A força inovadora tem sido a chave de sucesso para o crescimento económico e consequente liderança de mercado, que empregando mais de 390 000 colaboradores em todo o Mundo, conseguiu no ano de 2016 gerar uma faturação de 73,1 mil milhões de euros.

3.1.1. Grupo Bosch em Portugal

Foi no ano de 1911 que o Grupo chegou a Portugal, representando a área de negócio de Bens de Consumo. Esta unidade de negócio, detentora de 28%, encontra-se repartida em três setores: *Power Tools*, *Security Systems* e *Termotecnology*.

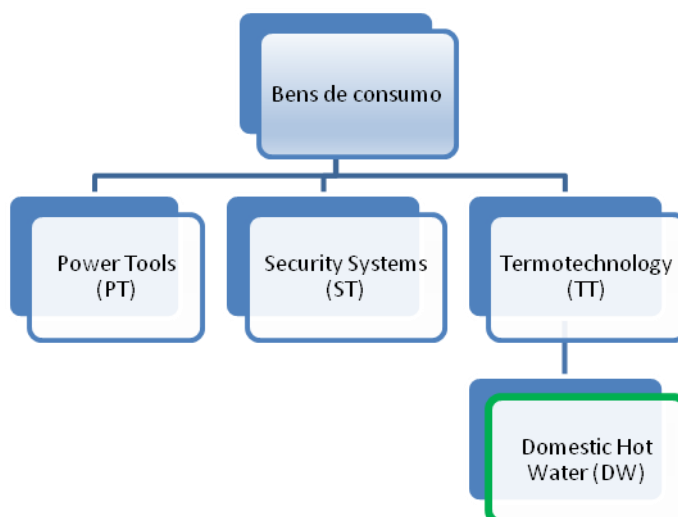


Figura 4 – Estrutura da área de negócio de bens de consumo

Os diferentes segmentos de negócio presentes em Portugal são representados por:

- Bosch Termotecnologia, S.A. – Aveiro
- Bosch Security Systems – Sistemas de Segurança, S.A. – Ovar
- Bosch Car Multimédia, S.A. – Braga
- Filial da BSH Eletrodomésticos e escritório de vendas – Lisboa

Seguidamente, encontra-se o portefólio de produtos de cada uma das empresas presentes em Portugal:

Aveiro	Braga	Ovar	Lisboa
 <p>Esquentadores instantâneos a gás e elétricos</p>	 <p>Sistemas de navegação, informação e entretenimento</p>	 <p>Sistemas de segurança</p>	 <p>Pós-venda automóvel</p>
 <p>Caldeiras a gás</p>	 <p>Sistemas de instrumentação</p>	 <p>Sistemas de comunicação</p>	 <p>Ferramentas elétricas</p>
 <p>Bombas de Calor</p>	 <p>Sistemas profissionais</p>	 <p>Detetores de incêndio e intrusão</p>	 <p>Sistemas de segurança</p>
	 <p>Serviços de Manufatura</p>	 <p>Outros componentes eletrónicos</p>	 <p>Serviços</p>

Figura 5 – Portefólio de produtos

3.2. Bosch Termotecnologia, S.A.

A Bosch Termotecnologia, S.A., líder mundial no mercado de sistemas de aquecimento em edifícios residenciais, é uma das empresas da divisão da Termotecnologia do Grupo que pertence à unidade de negócio *Domestic Hot Water*. Esta iniciou a sua atividade no ano de 1977, em Aveiro, sob a designação de Vulcano Termodomésticos, S.A.. A empresa de capital nacional foi crescendo, apostando na estratégia de venda e serviço pós-venda, assim como na qualidade dos seus produtos. No ano de 1983, conseguiu lançar a própria marca Vulcano, atingindo pouco tempo depois a liderança no mercado nacional de esquentadores.

A iniciativa de criar um contrato de licenciamento com a Robert Bosch surgiu a partir da união de dois empresários locais que tencionavam transferir para Portugal a tecnologia utilizada na Alemanha para a produção de esquentadores. Foi no ano de 1988 que a empresa foi adquirida pelo Grupo, o qual transferiu competências e equipamentos para Portugal, atribuindo à Vulcano um processo de especialização, tornando-a parte integrante da divisão da termotecnologia. Quatro anos mais tarde, em 1992, a Vulcano atinge a liderança do mercado europeu ao nível do fabrico e comercialização de esquentadores e só um ano depois aposta no desenvolvimento e implementação de um departamento de Investigação e Desenvolvimento (I&D).

Foi em 2008 que esta assumiu a designação de Bosch Termotecnologia, S.A., tornando-se no centro de competências para produção de esquentadores, competindo-lhe desde então a conceção, desenvolvimento, produção e comercialização de novos produtos. Na Figura 6, encontra-se representado o atual portefólio de produtos da empresa.



Figura 6 – Portefólio de produtos Bosch Termotecnologia, S.A.

Para além da produção de esquentadores e sistemas de aquecimento doméstico de água, que representam mais de 60% do volume de vendas, a empresa fornece uma vasta gama de produtos inovadores (caldeiras de chão, caldeiras murais, bombas de calor, caldeiras de combustível sólido, sistemas de cogeração, caldeiras industriais) a mais de 90 países. Estes produtos são comercializados internacionalmente por marcas próprias, como a Vulcano, Buderus, Junkers, Worcester, Leblanc e Bosch, assim como pelos seus clientes que se encontram espalhados pelo Mundo. Este método tem permitido à empresa gerar um valor de faturação anual de 242 milhões de euros, conseguindo ter os seus produtos em mais de 150 países.

O sucesso mundial da organização deve-se essencialmente aos seus focos estratégicos. Assume como principal foco o cliente, adaptando-se constantemente às suas necessidades e exigências, tentando fornecer produtos e serviços que ultrapassem as expectativas. Conseguem-o devido à forte aposta na inovação e capacidade de moldar os seus processos e produtos, criando modelos de negócio inovadores. Influenciando a mudança, procura tirar proveito das oportunidades que as tecnologias mais recentes lhe proporcionam, aliando a este proveito a procura de soluções que possam permitir a redução do consumo de energia. Assim, após 20 anos de aposta em Investigação e Desenvolvimento, a empresa encontra-se na linha da frente, liderando o mercado mais recente das tecnologias de conectividade, eficiência energética, automação e mercados emergentes.

Para além do foco no cliente e a influência na mudança, a procura pela excelência sempre foi um foco do grupo. Para que tal seja possível, a organização procura controlar os seus indicadores de *performance*, avaliando-os e melhorando-os, caminhando para a excelência na qualidade e serviço dos seus produtos, tornando-se cada vez mais flexível face a um mercado em constante mudança.

3.3. Estrutura funcional da empresa

A nível organizacional, a Bosch Termotecnologia, S.A., concede a sua gestão corporativa, a coordenação das atividades relacionadas com o aquecimento de água, a gás e elétrico, assim como a gestão da Unidade de Negócio de Água Quente Doméstica (DW) à administração, a qual reporta todas as decisões, ações tomadas e respetivos resultados à central da Bosch Termotecnologia em Estugarda.

Sendo um centro de produção de soluções de água quente, esta conta com o departamento responsável pela direção técnica da fábrica que, englobando a coordenação da área da qualidade, produção e funções técnicas, coordena e incentiva a dinamização de atividades/projetos de otimização de resultados. A área de *controlling*, responsável pela gestão de custos, vendas e questões bancárias, reporta à direção financeira e administrativa, assim como o departamento de recursos humanos, a logística, as compras, a coordenação e proteção de dados, a gestão de projetos, informática e o departamento de compras indiretas, como é perceptível pela análise da Figura 7.

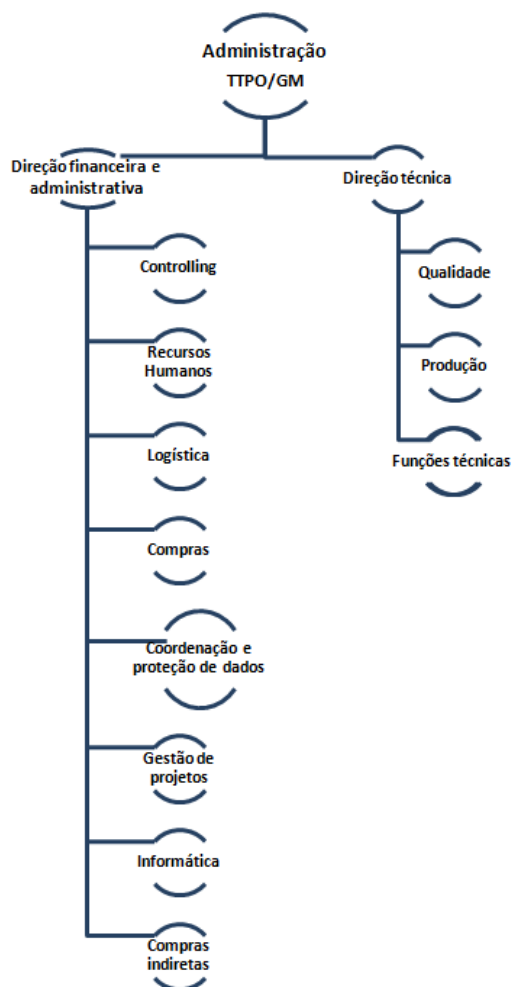


Figura 7 – Organograma funcional

3.3.1. Estrutura funcional da produção

O departamento de produção, internamente designado por MOE – *Manufactured Operation Engeneering*, é responsável pelo fabrico de várias famílias de produtos, assegurando toda a transformação da matéria-prima, fabrico de componentes, pré-montagem, montagem e embalamento de produtos para expedição.

O MOE, composto por diferentes processos produtivos, divide-se em duas grandes áreas:

- Transformação de matéria-prima;
- Linhas de montagem (pré-montagem e montagem do produto).

Face à diversidade de modelos existentes, estas duas áreas subdividem-se em MOE1, MOE2, MOE3 e MOE4, de acordo com o segmento de produto.

O MOE1 e MOE4 representam as linhas de montagem e o MOE2 e MOE3 a transformação de matéria-prima:

- MOE1 – responsável pelo segmento *Comfort*, caracteriza-se pela montagem de aparelhos de elevados volumes de produção, baixa potência e curtos tempos de ciclo.
- MOE4 – responsável pelo segmento *High Output*, caracteriza-se pela montagem de aparelhos de baixos volumes de produção, alta potência e de alta cadência.
- MOE2 – responsável pela transformação de peças em aço, processos de estampagem, soldadura, maquinação, assim como produção e pintura de frentes de esquentadores e caldeiras. Esta área, para além de assegurar o fabrico de peças que serão posteriormente utilizadas na montagem de esquentadores e caldeiras, conta também com secções responsáveis pelo embalamento de componentes sobresselentes e necessários para a montagem dos produtos finais.
- MOE3 – responsável pela produção de bombas de calor e pela área de brasagem que se dedica ao fabrico de tubos de cobre e vários modelos de câmaras de combustão.

Estas quatro áreas são suportadas tecnicamente pelo MOE5 e MOE6, como se encontra representado na Figura 8.

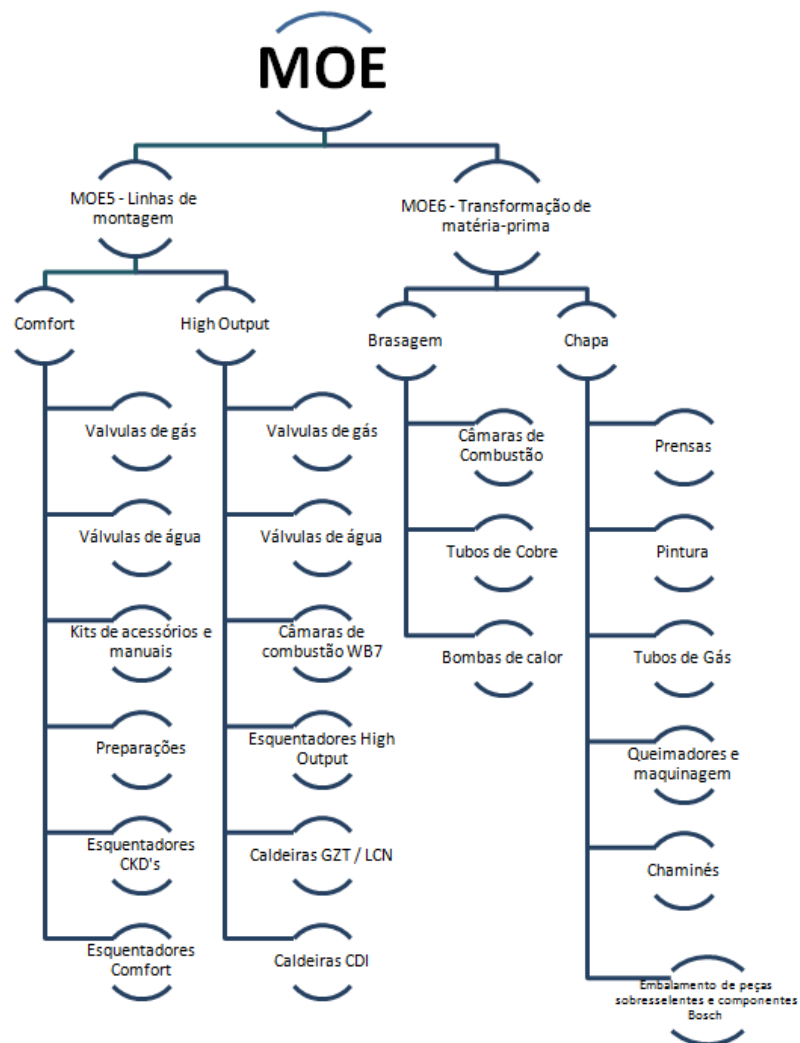


Figura 8 – Estrutura funcional do MOE

De modo a garantir a qualidade do produto, resolver os problemas e procurar melhorar continuamente os métodos de produção, cada área tem uma equipa de suporte técnico composta por:

- Engenharia de processo – responsáveis pela resolução sustentada dos problemas relacionados com o processo produtivo, recorrendo a ferramentas de análise de problemas e de melhoria contínua. Também são responsáveis pelos estudos e elaboração de propostas de melhoria nos equipamentos e métodos de trabalho.
- Suporte ao processo – dedicam-se à resolução de problemas que envolvem os equipamentos. Suportam a equipa de engenharia da área na prevenção, deteção e resolução de problemas relacionados com equipamentos.

- Suporte à qualidade – oferecem apoio direto às áreas, assegurando uma rápida reação aos problemas, procurando resolvê-los de forma sustentada, garantindo a máxima qualidade.
- Equipa de manutenção – capacitados para dar suporte técnico e assegurar a manutenção preventiva, reativa e autónoma dos equipamentos, implementando os princípios inerentes aos pilares do TPM – *Total Productive Maintenance*.
- Melhoria contínua – colocam em prática os princípios do sistema de melhoria contínua da organização. Baseando-se na filosofia BPS e nas suas ferramentas, procuram diariamente melhorar o sistema de produção ao nível dos processos, indicadores de acompanhamento e *performance* produtiva.
- Desenho de fluxos de produção – analisam, definem e otimizam os fluxos de materiais e informação existentes na área. Esta função exige conhecimento logístico relacionado com o armazenamento, transporte e expedição.

Apesar da estrutura organizacional se encontrar dividida segundo departamentos distintos, com funções bem definidas, é fundamental o envolvimento de todas as partes para que continue a melhorar e a liderar um mercado cada vez mais exigente e competitivo.

3.4. Sistema de produção

O sucesso e a posição de mercado das empresas industriais devem-se à capacidade estratégica de operarem e otimizarem as suas redes de produção e logística, adequando os procedimentos, métodos e regras de forma a conseguirem rentabilizar recursos, produzir com eficiência e eliminar desperdícios, garantindo a sua viabilidade futura. Esta necessidade desencadeou o desenvolvimento de sistemas de produção internos, onde se descrevem os princípios e normas gerais a aplicar.

Tendo conhecimento dos objetivos e ferramentas utilizadas pelo mais antigo e conhecido Sistema de Produção da Toyota (TPS), o Grupo Bosch desenvolveu o seu próprio sistema de produção o *Bosch Production System* (BPS).

O BPS é composto por um conjunto de ferramentas que, focando-se em processos alinhados com o fluxo, permitem assegurar a estratégia de cada uma das fábricas. Estas ferramentas, desenvolvidas com base no conceito *lean*, têm como princípios a *standardização*, a transparência, a flexibilidade, a melhoria contínua, a prevenção de falhas e a autonomia. A sua meta é alcançar o nível de serviço ideal, procurando um estado de sinergia entre qualidade, custos, produtividade, entrega do produto e respetiva satisfação do cliente.

Este sistema rege as atividades e métodos segundo oito princípios fundamentais, os quais espelham a sua filosofia de ação e se têm revelado fundamentais para a implementação dos princípios estratégicos, nomeadamente o foco no cliente, adaptação à mudança e a busca da excelência.

Focusing on customers Shaping change Striving for excellence	Pull principle	Fault prevention	Flexibility
	Personal responsibility	Transparency	Continuous improvement
	Standardization	Process orientation	

Figura 9 – Princípios BPS (Fonte: Bosch, 2015)

Os oito princípios são:

- Sistema puxado (*pull*): produz-se de acordo com a ordem de encomenda do cliente interno ou externo. Simultaneamente com a introdução do fluxo de produção contínuo e sincronismo da produção e logística, pretende-se cumprir com o *takt time* do cliente, reduzir custos e problemas com *stock*. A adoção deste sistema transparente e autocontrolado simplifica o planeamento e controlo da produção;
- Qualidade perfeita: evita-se as falhas aplicando medidas preventivas nos processos, eliminando a necessidade de retrabalho e, conseqüentemente, reduzindo o volume de trabalho ao colaborador. A combinação de ações preventivas e sistemas de resposta rápida evitam a repetição de falhas e facilitam o “fazer bem à primeira”, caminhando na direção do “zero defeitos”;
- Orientação para o processo: visto como um todo, o seu desenvolvimento e otimização devem ser orientados para a redução do *takt time*, procurando processos mais simples, orientando o pensamento para a melhoria de toda a cadeia de fluxo de valor;
- Flexibilidade: com o objetivo de adaptar os produtos e serviços rápido e eficazmente às necessidades atuais dos clientes. A aposta no conceito de flexibilidade nos equipamentos e nos colaboradores, procurando a polivalência, é fulcral para que este objetivo seja alcançado;
- Standardização: conseguida através de *standards* “*Best in class*”, ou seja, da adoção do melhor procedimento para executar consistentemente uma determinada atividade. As normalizações são dinâmicas e atualizadas consoante as necessidades atuais, conseguindo-se garantir processos controlados, melhoria da estabilidade e transparência, assim como facilitar a identificação de desvios;
- Transparência: traduz processos autoexplicativos e diretos, o que permite identificar possíveis desvios ao *standard* e reagir no imediato. Deste modo, cria-se clareza e simplicidade, o que facilita a compreensão e a orientação, assegurando que todos conhecem as tarefas e metas, melhorando a compreensão global;

- Melhoria contínua (CIP): segundo este princípio, há sempre a possibilidade de melhorar o *standard* atual. Assim, recorrendo a curtos ciclos de controlo, procura-se detetar desvios ao *standard* ou oportunidades de melhoria que permitam eliminar desperdícios na cadeia de valor;
- Envolvimento dos colaboradores e delegação de poderes: os colaboradores são sensibilizados para executar as tarefas de forma ativa e independente. Ao delegar-se as tarefas, sentem-se motivados e participam no processo de melhoria contínua. Para aumentar o incentivo, fomenta-se o espírito de equipa, a comunicação e a flexibilidade.

Deste modo, o BPS traduz o sistema de produção usado pelo Grupo para projetar e melhorar continuamente o processo de atendimento de pedidos, assim como todos os processos de suporte compreendidos desde a obtenção do pedido do cliente até à entrega do produto final. Permite a aplicação do *lean* e de processos de produção flexíveis desde o início da cadeia de valor, assumindo-se como um sistema de gestão para todos os níveis, defendendo que se deve pensar “além da nossa área de responsabilidade”, uma vez que só pensando e agindo de forma holística é possível alcançar resultados consistentes e sustentáveis.

Para além da recorrência aos oito princípios e à aplicação das ferramentas *lean*, a empresa recorre a outras ferramentas, seguidamente explicadas, que sustentam o seu sistema produtivo conduzindo-o ao sucesso.

A aplicação do BPS na visão/estratégia de uma fábrica visa a simplificação dos processos, tornando-os mais competitivos, baseando-se em seis elementos-chave que se dividem em duas etapas: descrição do estado futuro e planeamento da implementação (Figura 10).

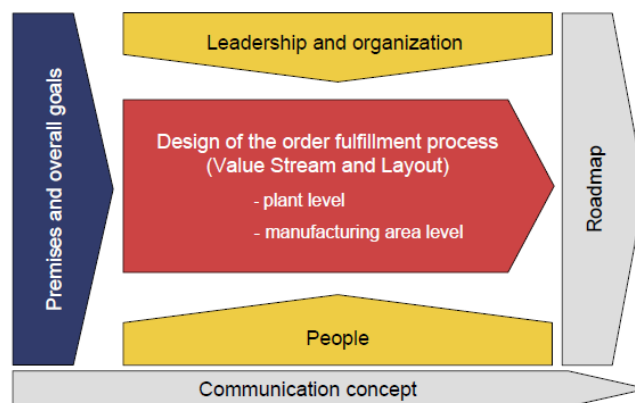


Figura 10 – Visão do Grupo Bosch (Fonte: BGN, 2017)

A descrição do estado futuro é composta por premissas e objetivos globais, pela liderança e organização, pelas pessoas e pelo desenho do processo de realização de pedidos, que inclui o *layout* e a cadeia de valor. A segunda etapa engloba o conceito de comunicação, assegurando que todos os indivíduos estão integrados e orientados na mesma direção, e o *roadmap* que, recorrendo à definição de projetos e atividades, indica o caminho para alcançar a visão estratégica. Este sistema de visão permite que todas as atividades e recursos se associem para desenvolver a fábrica, havendo um consenso sobre o seu futuro. Em simultâneo, para garantir

o sincronismo e orientação estimula-se a motivação através da estruturação de atividades, alocação de recursos e clara definição de *milestones*. Estes seis elementos-chave estão diretamente relacionados com o sistema de melhoria.

A organização acredita que o seu método de gerir o *shopfloor*, aplicado diariamente, é a ferramenta essencial para o sucesso da produção. Os elementos que constituem o *Shopfloor Management (SFM)* encontram-se representados na Figura 11.

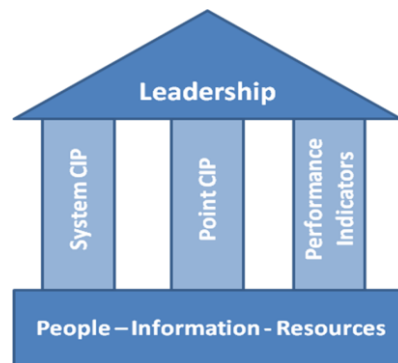


Figura 11 – Elementos do SFM (Fonte: BGN, 2017)

O foco do SFM passa por gerir diariamente os colaboradores, a informação e os recursos que constituem a cadeia de valor produtiva, de forma a atingir os objetivos definidos. A Bosch acredita que recorrendo aos elementos do SFM é possível melhorar a comunicação e transparência dentro da organização, envolver os colaboradores em ciclos de melhoria, clarificar responsabilidades, aumentar o sentimento de pertença e melhorar os resultados, aumentando o nível de *performance* produtiva. Os elementos-chave passam pela prática da liderança, pelo *System CIP*, *Point-CIP* e pelo uso de métricas/indicadores de *performance*, diretamente relacionados e orientados com a visão e estratégia. Deste modo, a organização aposta numa clara ligação entre o estado atual e o objetivo, recorrendo para isso a um sistema CIP (*Continuous Improvement Process*) e ao Planeamento do Fluxo de Criação de Valor (*Value Stream Planning*).

O CIP é constituído por dois níveis, pelo *System CIP* – enquanto abordagem holística utilizada para melhorar todo o fluxo de valor, traçando objetivos e projetos que permitam alcançar o estado futuro definido pela organização, com base no planeamento anual e na visão estratégica, e pelo *Point-CIP* – ferramenta de melhoria contínua que se encontra direcionada para o local/linha de trabalho, procurando estabilizar e melhorar os *standards* atuais.

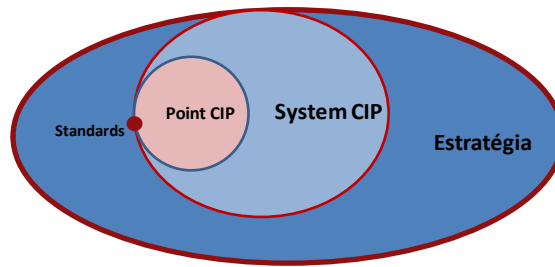


Figura 12 – Elementos do CIP (Fonte: BGN, 2017)

Para se perceber a eficiência e eficácia dos objetivos e atividades definidas para cada projeto, segundo o SFM, deve recorrer-se ao *Point CIP* de modo acompanhar os indicadores de monitorização de desempenho de cada projeto e perceber qual o seu contributo para a *performance* da organização. Normalmente, os mais utilizados são o OEE, a eficiência, a *performance* de entrega e a existência de falhas internas. Deste modo, o *Point CIP* deve envolver todos os membros de diferentes níveis e funções hierárquicas na sua comunicação, regular e estruturada, ao nível do *shop floor*, sendo esta fundamental para o sucesso dos projetos.

Robert Bosch (2008) descreve o sistema de melhoria contínua: “*The guided process to drive continuous improvement in all areas with the involvement of associates in order to achieve your goals*”. Este sistema coloca a melhoria contínua como parte ativa e integrante do trabalho diário, envolvendo toda a organização hierárquica e canalizando esforços para a formação e treino dos colaboradores, potenciando deste modo o nível de desempenho da organização.

3.4.1. Gestão visual

“Um das características que nos define como espécie é que, acima de tudo, a interpretação que fazemos do mundo é visual.”

Pinto, 2013

De acordo com *Pinto* (2013) “a grande vantagem do controlo visual prende-se pela implementação de sistemas simples e intuitivos que ajudam as pessoas a gerir e controlar melhor os processos, evitando erros, desperdício de tempo e dando-lhes mais autonomia”, apoiando diretamente os princípios da normalização e transparência nos processos. A gestão visual apresenta a informação, representativa da realidade, de forma simples e clara, tornando a tomada de decisão intuitiva.

Aplicado essencialmente no chão de fábrica, “lugar onde as verdadeiras ações acontecem” (*Imai*, 1992), este sistema apoia o aumento da eficiência e eficácia das operações ao tornar as coisas visíveis, lógicas e intuitivas. Segundo *Leahey* (1993), a qualidade dos produtos e serviços encontra-se intimamente ligada à comunicação existente entre os funcionários. Quanto mais simples e clara, maior será o entendimento e integração dos colaboradores e, conseqüentemente, os produtos e serviços prestados estarão direcionados para um maior nível de qualidade. A aposta em sistemas de gestão visual permite uma deteção rápida de

operações anómalas, uma ajuda aos operadores para completarem as funções mais rapidamente e promover a *standardização* de processos. Esta deve permitir que o operador receba a informação necessária no momento presente, sem dúvidas nem hesitações. A expressão “*status at a glance*” traduz este conceito e reforça a noção de que qualquer operador deverá ser capaz de identificar o estado e a *performance* dos processos produtivos.

Na Bosch, a gestão visual é posta em prática diariamente em todos os níveis hierárquicos, fazendo uso de vários elementos, como a sinalização luminosa de paragens no posto de trabalho, sinalização visual dos cartões kanban para reabastecimento, caixa heijinka, marcas pintadas no chão, quadro *Andon* e quadro *point CIP*, assim como a prática dos 5S. Assume-se como uma ferramenta essencial e integrada no sistema de melhoria contínua, uma vez que facilita a apresentação de dados e, consequentemente, a identificação de desvios e respetivas causas.

3.4.2.Andon

O *Andon*, palavra japonesa que traduzida significa “lanterna”, remonta aos sistemas de produção japoneses consistindo inicialmente num sinal luminoso utilizado como meio de pedido de assistência nos postos de trabalho. Este surge integrado no conceito do *jidoka* associado ao *Toyota Production System*, assumindo-se como uma importante ferramenta de melhoria e gestão visual.

Opondo-se ao conceito de automação industrial, este conceito surge reforçando a importância da relação entre os operadores e as máquinas, permitindo paragens conscientes na produção sempre que se detetam defeitos, conduzindo a uma análise imediata do problema e respetiva correção. Para assegurar este funcionamento, sempre que existe uma paragem de linha, o operador aciona um pedido de ajuda, emitindo um sinal sonoro e luminoso, identificando, desta forma, o posto com problemas.

O objetivo deste sistema passa por assegurar uma eficiente deteção e atuação em caso de problemas, bem como proporcionar ao operador um aumento da informação transmitida sobre a eficiência da produção para a qual está a contribuir. Transmitindo o estado atual do processo produtivo, a partir de quadros *Andon* disponibilizados nas linhas de produção, consegue-se estimular a motivação do operador, permitindo que este tenha maior perceção e controlo sobre o processo. Estes quadros apresentam a informação relativa à produção atual real, à produção prevista e ao desvio, motivando os colaboradores a atingirem o objetivo.

Este sistema encontra-se capacitado para armazenar a informação relativa ao funcionamento da célula/linha, permitindo uma análise posterior dos dados registados, assim como a criação de um histórico dos mesmos. O OEE é um bom exemplo de um parâmetro qualificador.

Assim, o grande contributo deste sistema numa linha produtiva reside na transparência da informação que é disponibilizada ao operador, bem como na fiabilidade dos dados registados para futuras análises da *performance* da célula/linha.

3.4.3.Sistemas de reação rápida

A reação aos desvios nos sistemas, assim como as respetivas ações corretivas, são de extrema importância para a implementação de sistemas *lean*. Um sistema de reação rápida é uma abordagem estruturada que permite a obtenção de suporte e resposta imediata e estruturada a qualquer desvio ao *standard*. Uma característica destes sistemas é a resolução de problemas que vão ocorrendo no chão de fábrica de forma rápida, minimizando os danos causados na produção. Um problema a detetar define-se como um desvio ao *standard* de produção. Estes desvios podem ser divulgados direta ou indiretamente depois de o operador o identificar, podendo para o efeito recorrer à sinalização luminosa do posto ou à sinalização sonora, caso recorra ao sistema *Andon*.

Os sistemas de reação rápida são usados internamente na organização e baseiam-se em pequenos círculos de resolução de problemas, cujo objetivo passa por identificar o desvio face ao *standard* e comunicá-lo, propor resolução e atuar sobre ele, retificando-o num curto espaço de tempo. O seu sucesso prende-se pela correta deteção do problema e pela capacidade de expor a sua ocorrência de forma transparente.

3.5. Área de enquadramento

O projeto desenvolvido ocorreu no departamento de produção, na área da brasagem, responsável pela produção de câmaras de combustão. Esta secção trabalha segundo um sistema de produção *pull*, exigindo por isso um elevado sincronismo departamental nomeadamente entre a produção, logística e compras.

3.5.1.Descrição da área produtiva de brasagem

A brasagem é um processo térmico cujo objetivo é proporcionar a junção ou revestimento de peças e materiais metálicos por meio de um metal de adição em fusão, metal relativamente puro ou uma liga, que se pode apresentar de diversas formas: anéis, varetas, pasta, pós, podendo ser alimentado manualmente por meio de uma vareta.

O processo de brasagem está diretamente relacionado com a fonte de calor necessária à soldadura. Nesta área é utilizada a brasagem por maçarico e por forno de soldadura.

A brasagem por maçarico é particularmente útil para peças de secções e massas desiguais, utilizando o calor proveniente do gás como combustível. A brasagem por forno é aplicada em peças que podem ser pré-montadas na posição correta, quando se coloca previamente o metal de adição sobre a junta ou quando existem várias peças a ser brasadas em simultâneo, sendo esta uma das suas grandes vantagens. Em ambos os casos, é necessário que o metal usado para o processo de brasagem seja distinto do material-base, de modo a assegurar a ação de capilaridade sob as juntas.

A brasagem por forno requer cinco operações básicas que serão explicadas no tópico seguinte e que consistem em processos de limpeza, montagem e fixação, brasagem, arrefecimento e teste.

Esta área é composta por duas secções produtivas, secção de produção de tubos de cobre e pela secção de produção de câmaras de combustão, Figura 13 e Figura 14.

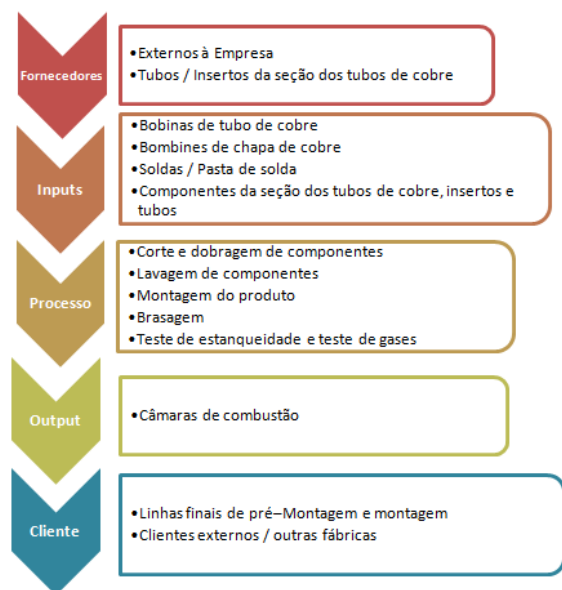


Figura 14 – Processo de brasagem de câmara de combustão



Figura 13 – Processo de tubos de cobre

3.5.1.1. Descrição do processo de brasagem das câmaras de combustão

Esta secção encarrega-se da produção de câmaras de combustão, elemento integrado nos esquentadores e caldeiras responsável pelo processo de aquecimento de água a partir da combustão de gases. O processo produtivo das câmaras de combustão envolve um conjunto de subprocessos que incluem:

Processamento de componentes

Responsável pela transformação da matéria-prima nos diversos componentes necessários à montagem da câmara de combustão, sendo composto por várias prensas e equipamentos de corte. A matéria-prima chega aos equipamentos sob a forma de bobinas de tubo de cobre, alimentando os equipamentos responsáveis pelos processos de dobragem, conformação e corte, produzindo vários constituintes das câmaras de combustão, como cotovelos, fusíveis e serpentinas. No caso das prensas, estas são alimentadas por bobinas de chapa de cobre que após conformação originam os restantes componentes turbuladores, lamelas e platinas. Estes subprocessos apresentam um elevado nível de complexidade devido à diversidade de componentes que produzem.

Lavagem

Este subprocesso de limpeza ou lavagem de componentes é fundamental e tem impacto direto na qualidade do processo de brasagem. Este deve garantir a remoção total de óleos existentes nos componentes resultantes dos processos de conformação, corte e dobragem, assim como a eliminação de resíduos vulgarmente designados por limalha resultantes dos processos de corte.

Células de montagem

É nas células de montagem onde ocorre a montagem dos componentes, que são acoplados mecânica e manualmente de forma final na câmara. Estas células são compostas por vários equipamentos, sendo as operações realizadas em cada um deles asseguradas pelos operadores, no caso das células manuais, e por operadores e equipamentos automatizados nas células automáticas.

Centro de brasagem

Local onde ocorre a aplicação manual ou automática da solda, de forma a assegurar uma ligação definitiva dos componentes após passagem no forno. Este processo de brasagem é realizado por dois fornos, os quais asseguram uma temperatura que garante a fusão do material de adição. No caso de uma brasagem não eficiente, as câmaras são recuperadas recorrendo à brasagem manual por maçarico.

Equipamentos de teste

Local onde se verifica a estanquidade e eventuais fugas nas ligações entre os diferentes componentes. Este teste é fundamental, pois evita que a fuga chegue até ao cliente, atingindo repercussões maiores.

Para dar resposta às necessidades desta área, responsável pela produção de toda uma gama de produtos que variam consoante o modelo, respetiva litragem e material constituinte, o processo produtivo encontra-se dotado de equipamentos que lhe dão flexibilidade, de modo a assegurar elevados níveis de produtividade. Neste sentido, todos os equipamentos/linhas detêm programas capacitados para produzir toda a gama de produtos da área, fazendo variar as ferramentas utilizadas nos equipamentos assim como o tempo de produção entre os diferentes componentes/produtos.

Apesar de não ser possível divulgar os dados relativos a cada processo, no cumprimento do termo de confidencialidade, o *value stream mapping* desta área, apresentado na Figura 15, permite visualizar toda a sequência produtiva:

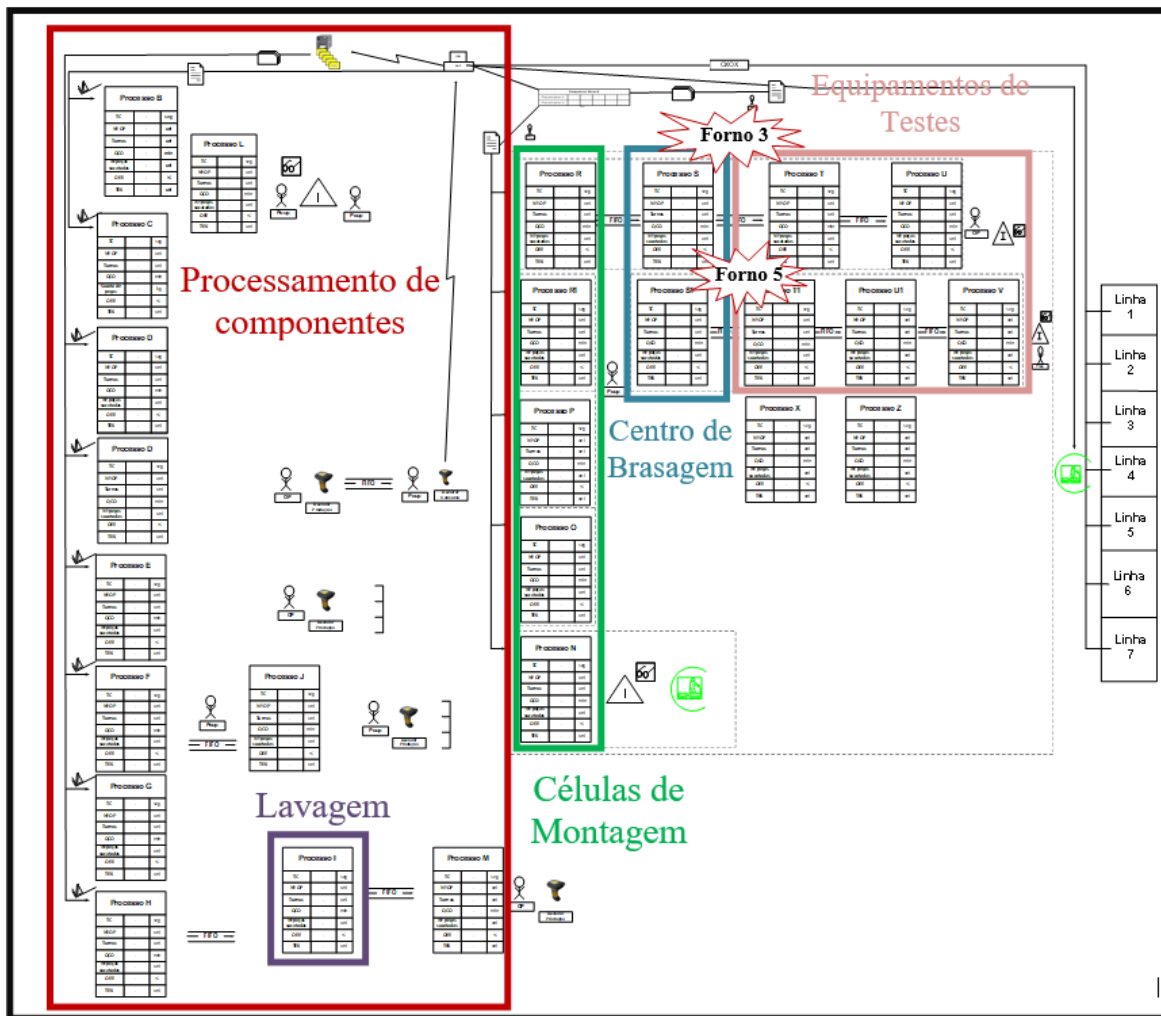


Figura 15 – Value stream mapping da área da brasagem

Toda a área de processamento e lavagem, delimitada a vermelho, é composta por equipamentos destinados à produção dos componentes necessários à montagem das câmaras, nas respetivas células.

Depois de produzidos, estes seguem para as cinco células de montagem existentes na área que se encontram delimitadas a verde. Esta diferenciação entre as células de montagem resulta da especificidade dos equipamentos que as constituem, sendo fundamental para que se consiga garantir a produção das diferentes câmaras que variam consoante o modelo (A, B, C e D) e respetiva litragem (10 l, 13 l, 15 l, 16 l e 18 l) a ser produzida.

Este processo de produção é composto por duas linhas de brasagem: a linha automática responsável por 80% do volume total de produção e a linha semiautomática, responsável pelos restantes 20%. Como a saída de todo o produto desta área depende de ambas as linhas, estas são consideradas *bottlenecks* do processo de brasagem, sendo por isso fundamental acompanhar e assegurar o seu bom desempenho. As linhas são compostas por um conjunto de subprocessos responsáveis por assegurar a colocação das soldas, montar os suportes de fixação, brasar, arrefecer o produto e por fim testar a sua estanquidade.

A linha automática representada na Figura 15 pelos processos S, T e U é uma linha de alta cadência, dedicada à produção de uma única litragem (10 l) de câmaras do modelo A. Este facto permitiu automatizar parte do processo produtivo, nomeadamente o de colocação de soldas, sendo este realizado na entrada do forno de brasagem por um robot, sob a forma de pasta de solda. A linha tem um layout em U, permitindo a inclusão da célula de montagem (processo R), forno de brasagem (processo S), recuperação, acabamentos e arrefecimento (processo T) e o sistema de teste de estanquidade (processo U).

Os restantes 20% do volume de produção realizam-se nas outras células de montagem, sendo o processo de brasagem destas câmaras assegurado pela linha semiautomática, internamente designada por forno 5. Esta é composta pelo forno de brasagem (processo S1), recuperação, acabamentos e arrefecimento (processo T1), sistema de testes de estanquidade (processo U1) e teste de gases só para os modelos B e C (processo V). A necessidade desta linha se adaptar à produção de todo o portefólio de produtos confere-lhe um elevado grau de complexidade e uma elevada exigência de planeamento e controlo da sua *performance* por parte da gestão.

Neste sentido, a linha semiautomática encontra-se dotada de um conjunto de subprocessos flexíveis, com operações mais dependentes do operador, o que torna os processos desta linha mais manuais. Na entrada do forno, o operador é responsável pela colocação manual de soldas nas diferentes ligações componente-estrutura da câmara, recorrendo ao uso de varetas ou pasta de solda. Este é ainda responsável pela colocação de suportes de fixação nas câmaras. Para a execução das tarefas deste posto é necessário o abastecimento de materiais e peças que se encontram disponíveis nos dois bordos de linha que auxiliam o posto.

Após o processo de brasagem, depois de retirados os suportes de fixação, todos os produtos são submetidos a um processo de inspeção visual à saída do forno. Com esta inspeção pretende-se identificar, falhas de soldadura nas juntas entre os diferentes componentes da câmara de combustão, evitando que o produto prossiga com desvios ao nível da qualidade de brasagem. Caso se verifique alguma incidência, o operador recorre à brasagem por maçarico, garantindo que as câmaras seguem o processo de produção sem problemas de qualidade.

Todos os produtos são testados para que se identifiquem possíveis fugas de ar. O objetivo é avaliar a estanquidade do produto e aprovar a sua entrega às linhas finais. Caso seja detetada alguma não-conformidade, este é rejeitado ou volta atrás no processo, sendo retrabalhado manualmente, seguindo a sequência processual.

Com a conclusão de todas as atividades que conduzem à produção das câmaras de combustão, estas seguem para as linhas de pré-montagem e montagem, sendo integradas nos diferentes esquentadores e caldeiras que constituem o portefólio de produtos da empresa.

Controlar diariamente os indicadores desta linha é condição fundamental para que se consiga garantir a transparência, monitorização e melhoria diária do seu desempenho. O facto de esta área ter uma influência direta nos resultados produtivos da fábrica, nomeadamente ao nível da eficiência, tem vindo a reforçar a

necessidade de melhorar o seu nível de produtividade, devendo a gestão desta área estar orientada neste sentido, dedicando-lhe mais atenção e acompanhamento.

Acompanhar o estado atual dos processos, procurando uma visão diária do seu desempenho, tem-se tornado linha orientadora para o sucesso e melhoria de produtividade desta área. Esta evidência, aliada à perspectiva de aumento de vendas, desencadeou a necessidade de desenvolvimento deste projeto, que visa aumentar o nível de produtividade, flexibilizar e melhorar o poder de resposta a oscilações na procura por parte do cliente. Com o seu desenvolvimento pretende-se analisar a secção, de modo a identificar quais são os processos e equipamentos-chave que apresentam potencial de melhoria ao nível da produção e que permitem conduzir a área a ganhos, recorrendo para o efeito a metodologias e ferramentas de melhoria contínua.

3.6. Abordagem à linha a otimizar – Forno 5

O objetivo do sistema produtivo da Bosch consiste em fornecer produtos com elevados níveis de qualidade, de modo a atender às expectativas dos clientes e a ser um modelo de responsabilidade corporativa dentro da indústria e da comunidade circundante. Para o conseguir, aposta num sistema de melhoria contínua que lhe permita incrementar os níveis de produtividade, assegurando o sucesso da organização.

É prática da empresa fazer uma análise trimestral aos indicadores de *performance* das áreas, cruzando-os com os *targets* da fábrica, de modo a definir o plano de ação. Consequentemente, definem-se os projetos a desenvolver em cada área do setor produtivo, nos três meses consecutivos. Para o efeito, são realizados *workshops* trimestrais liderados pelo representante de melhoria contínua da área, sendo no MOE3 esta função assegurada pela autora do projeto. Posteriormente, os dados obtidos são apresentados à direção da produção que, baseando-se na análise do desempenho das áreas e respetivo plano de ações, no *business plan* da fábrica e na análise dos indicadores de *performance* orientadores da visão e missão anual da organização, define e aprova as atividades/projetos trimestrais a desenvolver em cada área. Assim, é garantida a sistemática dos ciclos de melhoria contínua da empresa.

Este projeto surgiu no âmbito de um desses ciclos, realizado no MOE3, na área de brasagem de câmaras de combustão. Na preparação deste ciclo de melhoria, foram analisados os dados relativos a:

- Indicadores de OEE dos processos e respetivas perdas;
- Indicadores de sucata, resultante do material sucitado (IFC – *Internal Failure Costs*);
- Indicadores de incidência visual (desvios identificados que conduzem a processos de retrabalho);
- Indicadores de eficiência da área.

Durante a análise dos indicadores de *performance* da área de brasagem, verificaram-se desvios face ao valor objetivo do OEE, ao número de peças-sucatas (IFC) e à eficiência da área, assim como elevados níveis de defeitos nos processos de finalização das câmaras de combustão (fim da linha de brasagem). Analisando os processos da área, concluiu-se que os desvios mais significativos e possíveis de melhorar se encontravam direcionados para a linha de brasagem semiautomática, forno 5.

Face ao desafio de melhorar a *performance* e acompanhamento da área e à necessidade de identificar uma linha com elevado potencial de melhoria e impacto direto na sua produtividade, este projeto foi direcionado para o forno 5. Esta linha é composta por vários postos que asseguram todas as operações relativas ao processo de brasagem, desde a colocação de soldas até ao teste e envio do produto para as linhas finais. O direcionamento do projeto para esta linha, considerada como um *bottleneck process*, está diretamente relacionado com o elevado nível de complexidade. Este facto dificulta a sua automatização, havendo por isso maior probabilidade de ocorrência de desvios face aos *standards*, gerando maior potencial de otimização ao nível dos processos.

Após definição da linha a melhorar, procedeu-se à análise do processo produtivo do forno 5, de modo a identificar potenciais pontos de melhoria. Adotando a Bosch um sistema de planeamento de produção que lhe permite fazer previsões da procura a longo prazo, face ao estudo da sua sazonalidade, foi previsto um aumento da procura que reforçou a necessidade de otimizar esta linha de produção. Neste sentido, recorreu-se à aplicação de metodologias de trabalho e ferramentas de melhoria contínua para otimizar a produtividade da linha, aumentar a sua capacidade e, conseqüentemente, o poder de resposta a oscilações na procura pelo cliente.

Sabe-se que a organização procura flexibilizar a produção e normalizar os processos, de modo a otimizar os recursos e melhorar a produtividade. Contudo, a diversidade de produtos saídos na linha do forno 5 aumenta a sua complexidade, dificultando os processos de normalização e condicionando a eficiência e produtividade. A procura pela normalização dos seus processos assume extrema importância e torna-se fator essencial para que se consiga garantir elevados níveis de produtividade. Esta necessidade é ainda reforçada pelo facto de se tratar de uma linha de fornecimento direto aos *pacemakers*¹⁵ e, por isso, quanto mais elevado for o cumprimento do planeamento de produção, menores serão os custos associados ao processo, uma vez que uma paragem superior a 3 horas nesta linha condiciona o funcionamento das linhas finais e de toda a cadeia de valor, provocando atrasos ou mesmo paragem de produção.

O sistema de planeamento da produção é transversal a toda a fábrica. Este é realizado anualmente a partir da previsão da procura anual, sendo reajustado de cinco em cinco meses e também semanalmente, adaptando-se a eventuais alterações, evitando possíveis desvios. O sistema de planeamento é discutido todas as terças-feiras numa reunião com os responsáveis dos diferentes departamentos de produção, da logística e gestão de tempos, definindo as necessidades semanais e fazendo chegar esta informação ao responsável de linha. O

¹⁵ **Pacemaker:** ponto de entrada de uma ordem do cliente no fluxo de materiais. Os produtos são processados pela ordem dada dos clientes através da definição do ritmo de trabalho das restantes tarefas a montante no processo de produção.

planeamento é realizado de forma a nivelar a produção de acordo com as necessidades, podendo ser dividido segundo duas categorias:

- Alterações sazonais: aplica-se quando ocorre alteração do modelo de turnos. Em épocas baixas, labora-se a 3 turnos e, em época alta, ativa-se o quarto turno, de modo a satisfazer as necessidades de produção;
- Alterações semanais: aplica-se quando há necessidade de recorrer ao banco de horas ou às horas extra. Quando há uma variação positiva nas necessidades, recorre-se a dias extraordinários ou a mais uma hora por turno para atender à procura.

Trabalhando no sentido de eliminar desperdícios e cumprir com o *takt time*, esta linha possui balanceamentos. Para a sua definição, é necessário listar o conjunto de atividades realizadas na linha e, posteriormente, o departamento de métodos e tempos atribui-lhes o tempo necessário para a sua execução. Estes são definidos de acordo com a técnica *Methods-Time Measurement* (MTM) que define tempos pelo estudo dos movimentos necessários à realização de uma determinada tarefa. Existindo vários turnos, é garantido que todos os operadores conseguem executar as tarefas no tempo definido.

Depois de se encontrar definido o tempo *standard* para a execução de cada tipo de produto, é essencial definir a capacidade que a linha necessita para satisfazer a procura. Consoante a capacidade necessária, define-se o número de operadores, possibilitando a definição de diferentes cenários para diferentes níveis de procura. Por fim, pode definir-se o tempo de ciclo por cada posto consoante o modelo a produzir. Com o intuito de melhorar a perceção desta ferramenta, apresenta-se na Tabela 1 o exemplo do balanceamento utilizado como base de estudo, assim como a sequência de tarefas e respetivo tempo de execução.

(A designação das tarefas está generalizada devido à restrição de dados por parte da empresa, que não permite detalhar pormenorizadamente a sequência e o processo em análise).

Tabela 1 – Excerto do balanceamento inicial do modelo A – forno 5

	Secção / Célula	Familia		Produto		BAL - xxx
	Forno	Modelo A		10 / 13 / 16Lts		
Nr. Sequência Operacional	Responsável	Análise efectuada por		Data	Revisão	
	Responsável departamento	Responsável métodos e tempos		-	00	
	Operadores [nr]	4	3			
	Observações [nr]					
	POT-T. Planeado Produção [m]	430	430			
	Capacidade Planeada [quant.]	650	429			
	TcP-Tempo ciclo Planeado [s]	40	60			
	Eficiência Balanceamento [%]	94.7%	83.4%			
	Posto Operador	Tempo [seg]	Tempos Acumulados por Operador			
Montagem 1		1.62	1.6	1.6		
Montagem 2		3.06	4.7	4.7		
Montagem 3		1.62	6.3	6.3		
Montagem 4		1.44	7.7	7.7		
Montagem 5		0.90	8.6	8.6		
Montagem 6		3.24	11.9	11.9		
Montagem 7		3.24	15.1	15.1		
Montagem 8		1.62	16.7	16.7		
Montagem 9		1.44	18.2	18.2		
Montagem 10		1.62	19.8	19.8		
Troca de tabuleiro		0.25	20.1	20.1		
Colocar tabuleiro no retomo		0.25	20.3	20.3		
Troca caixas de soldas	Antes de soldadura	0.02	20.3	20.3		
Troca caixas de soldas		0.00	20.3	20.3		
Troca caixas de soldas		0.00	20.3	20.3		
Colocação soldas tarefa 1		1.80	22.1	22.1		
Colocação soldas tarefa 2		4.32	26.4	26.4		
Colocação soldas tarefa 3		7.20	33.6	33.6		
Colocação soldas tarefa 4		3.06	36.7	36.7		
Colocação soldas tarefa 5		0.36	37.1	37.1		
Troca de carros de apoio c/ componentes de ajuda à soldadura		0.83	37.9	37.9		
Troca caixas de soldas		0.00	37.9	37.9		
Troca caixas de soldas		0.00	37.9	37.9		
Troca caixas de soldas		0.00	37.9	37.9		
Deslocação - entrada no forno		1.80	39.7	39.7		
Tempo de soldadura das câmaras no forno 5		Forno	0.00			
Tarefa de descarga 1	Descarga forno	1.62	1.6	1.6		
Tarefa de descarga 2		1.26	2.9	2.9		
Tarefa de descarga 3		3.78	6.7	6.7		
Tarefa de descarga 4		1.62	8.3	8.3		
Tarefa de descarga 5		1.80	10.1	10.1		
Tarefa de descarga 6		7.56	17.6	17.6		
Tarefa de descarga 7		0.00	17.6	17.6		
Tarefa de descarga 8		1.98	19.6	19.6		
Troca de carros de apoio componentes de ajuda soldadura	0.81	20.4	20.4			
Deslocação	0.90	21.3	21.3			
Tarefa para retrabalho	Retrabalhos	1.44	21.3	21.3		
Tarefa para retrabalho		3.42	21.3	21.3		
Tarefa para retrabalho		9.45	21.3	21.3		
Tarefa para retrabalho		1.98	21.3	21.3		
Tarefa para retrabalho		1.08	21.3	21.3		
Tarefa para retrabalho		0.90	21.3	21.3		
Troca caixas de soldas		0.02	21.3	21.3		
Troca caixas de soldas		0.00	21.3	21.3		
Troca caixas de soldas		0.00	21.3	21.3		
Deslocamentos		2.70	24.0	24.0		
Acabamento 1	Acabamento	1.98	2.0	26.0		
Acabamento 2		2.74	4.7	28.8		
Acabamento 3		1.98	6.7	30.7		
Acabamento 4		0.90	7.6	31.6		
Acabamento 5	Acabamento	4.14	11.7	35.8		
Acabamento 6		7.74	19.5	43.5		
Acabamento 7		1.98	21.5	45.5		
Acabamento 8		4.14	25.6	49.6		
Acabamento 9		2.16	27.8	51.8		
Acabamento 10		0.90	28.7	52.7		
Tarefa de arrefecimento 1	Arrefecimento	2.16	30.8	54.9		
Tarefa de arrefecimento 2		1.62	32.4	56.5		
Tarefa de arrefecimento 3		1.80	34.2	58.3		
Tarefa de arrefecimento 4		1.80	36.0	60.1		
Tarefa teste 1	Testes	0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 2		0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 3		0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 4		0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 5		0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 6		0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 7		0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 8		0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 9		0.00	0.0	0.0		
Tarefa teste 10		0.00	0.0	0.0		
Tempo de ensaio teste		32.30	32.3	32.3		
Fim tarefa ensaio		0.00	32.3	32.3		
Sai para cliente		0.00	32.3	32.3		

As tarefas destacadas a azul representam atividades que os colaboradores efetuam esporadicamente, tais como retorno de caixas ou tabuleiros, trocas de referências de material e recolha ou troca de carros de suportes de fixação que auxiliam a brasagem. Estas classificam-se como tarefas de movimentação, acrescentando pouco valor ao processo.

É de realçar que os tempos identificados a laranja dizem respeito ao somatório do tempo necessário para executar todas as tarefas de um posto, determinando deste modo o tempo de ciclo. Este tempo inclui as tarefas realizadas pelo operador, assim como as tarefas destacadas a amarelo que especificam o tempo máquina.

Esta linha está capacitada para produzir quatro modelos de câmaras de combustão. As diferenças entre os modelos são diversas. No entanto, a variação ao nível das tarefas realizadas pelos operadores prende-se essencialmente com o tipo e quantidade de soldas utilizadas, com os suportes de fixação, acessórios brasados às câmaras e com as ferramentas utilizadas nos sistemas de testes. Para efeitos de mapeamento do processo e consideração de tempos de ciclo dos produtos, realizou-se um estudo da representatividade de cada modelo no volume total de produção da linha. Recorreu-se à análise ABC, a qual permitiu definir qual o modelo de câmara de combustão que mais influencia a produtividade da linha, definindo deste modo o modelo alvo de estudo no desenvolvimento deste projeto.

Tabela 2 – Representatividade das câmaras

Representatividade do modelo				
Modelo	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D
Produção/turno [%]	77,09%	12,50%	2,08%	8,33%
TC Cenário máximo [s]	40	37	65	41

Pela análise da Tabela 2, conclui-se que o modelo A representa mais de 77% do volume de produção da linha, seguindo-se o modelo B, representativo de 12,50%.

Representando o modelo A mais de 77% do volume total de produção do forno 5, este será o alvo de estudo no presente projeto. As ações de melhoria desenvolvidas neste modelo têm elevado impacto na *performance* do forno 5.

Torna-se perceptível que o balanceamento da Tabela 1 seja referente ao modelo A. Pela sua análise é possível identificar a sequência de tarefas por posto e verificar quais as mais demoradas, dedicando-lhes mais atenção.

Nesta sequência, verificou-se que o tempo mais elevado da linha se encontra associado ao posto da entrada do forno, sendo por isso no estado inicial considerado o *bottleneck* da linha.

Como se pode verificar pela visualização do balanceamento apresentado, no estado inicial existia um cenário produtivo para três e quatro operadores. No entanto, verificou-se que a linha utiliza quatro operadores por turno, laborando diariamente a três turnos de sete horas e meia, segundo um tempo de abertura de 430 minutos. Tendo em conta que o tempo de ciclo médio da linha para quatro operadores é de 40 segundos por peça, a sua capacidade de produção seria de 1075 peças por turno. Contudo, inevitavelmente, existem perdas de produtividade inerentes ao processo. Estas podem ser classificadas segundo perdas de disponibilidade, velocidade e qualidade e afetam o OEE, reduzindo consequentemente a capacidade produtiva.

Tendo em conta o objetivo do projeto e para que seja possível otimizar a linha do forno 5, é necessário analisar todos os processos/postos, procurando melhorias que garantam a entrega do produto no tempo certo e com a qualidade requerida.

Recorreu-se à análise do VSM da área, mapeando os processos existentes no estado inicial da linha em estudo. Esta ferramenta, útil na análise da situação atual e identificação de problemas, encontra-se aplicada a todos os processos da fábrica. Os valores considerados na sua elaboração têm em conta o processo em estudo, a diversidade de produtos existentes na linha, assim como os dados relativos ao modelo mais representativo. Sendo o processo V, identificado no VSM, utilizado unicamente pelos modelos B e C, não será alvo de estudo.

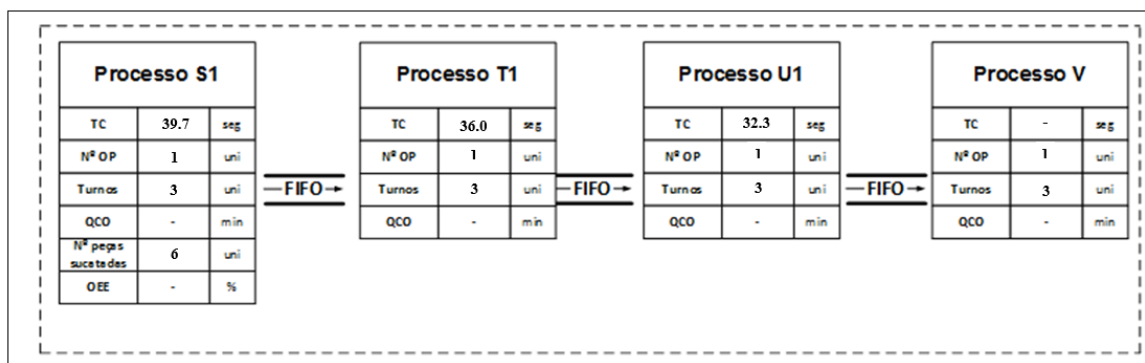


Figura 16 – VSM da linha de brasagem (forno 5) – modelo A

Na Figura 16 é possível verificar o tempo de ciclo, número de operadores e o número de turnos de laboração para cada posto, de acordo com o balanceamento. Os indicadores de acompanhamento como o OEE, número de peças sucata (IFC) e a eficiência são valores analisados ao nível da linha, dando indicação do seu nível de desempenho.

Na Figura 17 encontra-se evidenciado a identificação de todos os postos presentes na linha, assim como o respetivo processo e função.

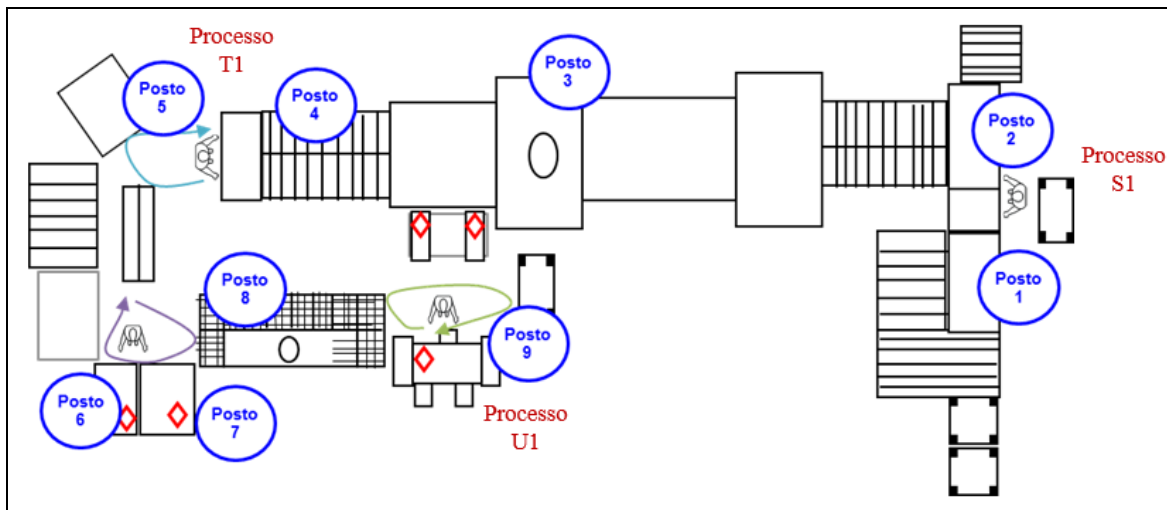


Figura 17 – Layout da linha do forno 5

No início da linha, nos postos 1 e 2 localizados à entrada do forno, as tarefas encontram-se atribuídas a um operador. Este é responsável pela aplicação de componentes, como casquilhos e inserts, e pela aplicação manual de solda que permite assegurar que a ligação de componentes é definitiva após passagem no forno. Antes de colocar a câmara no forno, o operador coloca-a sob uma estrutura de suporte, internamente designada por gabari, dando-lhe estabilidade e auxiliando o correto posicionamento dos componentes, reduzindo possíveis falhas de soldadura. Para além do suporte neste posto, são ainda colocadas as grelhas ou as cantoneiras e ferros na parte inferior da câmara, com o objetivo de exercer pressão nesta zona, assegurando a qualidade de brasagem entre as lamelas e a saída da câmara de combustão.

O posto 3 diz respeito ao processo de brasagem por forno, sendo este assegurado pelo forno de soldadura.

O posto 4 e 5 localizam-se à saída do forno. No posto 4, são retirados todos os suportes de auxílio ao processo de brasagem e é realizado um controlo visual à câmara de combustão. O operador realiza uma inspeção a todos os troços soldados e verifica se o processo de soldadura foi eficaz, evitando que possíveis falhas de soldadura conduzam a problemas de qualidade no produto. Caso não se verifique uma correta brasagem dos componentes à saída, o operador recorre a um processo de retrabalho manual, no posto 5, assegurando que as câmaras seguem para os acabamentos, representados pelos postos 6 e 7, e túnel de arrefecimento, posto 8, sem problemas de qualidade. Este processo de arrefecimento estabiliza a temperatura do material, tornando-o apto a ser testado.

O tempo associado à tarefa de recuperação, desencadeada pela ocorrência de defeitos, encontra-se balanceado na folha de trabalho *standard* e assume um elevado impacto no tempo de ciclo à saída do forno, sendo deste modo alvo de estudo.

No posto 9, faz-se o teste de estanquidade ao produto. São testadas todas as ligações entre os componentes da câmara e é feita a deteção de eventuais fugas. É composto por duas bancadas e permite que o operador faça carga e descarga da câmara de forma sequencial, estando as suas tarefas cobertas pelo tempo de teste.

A linha apresenta algumas ferramentas de gestão visual. Existe sinalização luminosa (verde ou vermelha) relacionada com o resultado dos testes realizados nos postos de trabalho, anexo A, Figura 50, recorre ao uso de kanbans, de metodologias 5S, assim como a *standards* de procedimento para determinadas tarefas.

É importante referir que, de acordo com a política de proteção de dados da empresa, ao longo deste projeto não serão referenciados os nomes associados aos processos, assim como não serão colocados valores absolutos nos resultados obtidos.

3.7. Metodologia aplicada ao projeto

O sistema de melhoria contínua da Bosch recorre a um conjunto de ferramentas e técnicas que potenciam a redução de desperdícios nos seus processos, conduzindo a melhorias no desempenho das linhas produtivas.

Numa fase inicial, é relativamente simples identificar o desperdício em todos os processos, podendo alcançar-se grandes minimizações de custos. Contudo, à medida que os processos evoluem e a empresa implementa medidas para otimizar a produção, a procura pela melhoria e a redução de desperdícios, tornam-se cada vez mais complexas e difíceis de alcançar. Atendendo a este facto, a Bosch aposta no desenvolvimento de projetos dedicados a estudar detalhadamente os processos, procurando minimizar desperdícios, defendendo que pequenas melhorias podem originar grandes poupanças.

Como já referido, este projeto surgiu no âmbito de um dos ciclos de melhoria da área da brasagem, com base na análise dos seus indicadores e objetivos orientados de acordo com o plano de negócio e os *core targets*¹⁶ da fábrica. A análise permitiu tornar os desvios dos indicadores e objetivos visíveis, desencadeando o desenvolvimento de projetos que identifiquem os problemas e avaliem as causas. Deste modo, sustenta-se a implementação de ações que permitam criar condições que melhorem o estado dos indicadores e previnam o aparecimento de problemas.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste projeto foi o ciclo PDCA. Segundo esta, os problemas são vistos como oportunidades de melhoria, focando todos os esforços no mesmo sentido. Sendo o objetivo aumentar a capacidade da linha do forno 5 em 33%, o uso desta ferramenta é fundamental, uma vez que

¹⁶ *Core Targets*: principais objetivos-alvo.

conduz à identificação de oportunidades de melhoria, a partir do conhecimento dos principais problemas, controlando a implementação de ações que permitam alcançar o objetivo.

Esta metodologia contempla quatro fases: Planeamento, Execução, Verificação e Ação.

Na fase de planeamento, definem-se os objetivos e a condição a alcançar com o desenvolvimento do projeto, procede-se ao levantamento da situação inicial, identifica-se os principais problemas e as causas de raiz. Por fim, definem-se as ações a tomar de modo a eliminar os problemas ou melhorar a condição inicial, com o intuito de atingir os objetivos do projeto. Para o levantamento da situação inicial, recorre-se a uma visão mais abrangente, baseada numa abordagem macro – *Process Analysis*, ferramenta de melhoria contínua que, fazendo uso de confirmações de processo, observações diárias das tarefas realizadas, e da análise dos indicadores de *performance* da linha, permite identificar as oportunidades de melhoria.

Na fase de execução, procede-se à implementação do plano de ações de melhoria definido inicialmente.

Na fase de verificação, após serem fechadas todas as ações, procede-se ao acompanhamento diário dos indicadores definidos para o projeto, de modo a perceber se o propósito foi alcançado com sucesso, verificando-se a sustentabilidade da implementação. É nesta etapa que se inclui a verificação dos ganhos obtidos com o desenvolvimento do projeto. Depois da fase de estabilização e reunidas todas as condições, entra-se na última etapa onde o projeto é dado como concluído.

Para garantir que esta metodologia é aplicada e que todas as etapas são cumpridas dentro do prazo definido, evitando atrasos, desenvolveu-se um *Project Point CIP*. O uso desta ferramenta é uma prática imposta pelo BPS e aplicada a todos os projetos desenvolvidos na organização. Esta assume-se como uma ferramenta de melhoria contínua dedicada a suportar um projeto, encontrando-se direcionada para a análise do seu local de ação. Neste caso, dedica-se a acompanhar, diariamente, a implementação das ações de melhoria na linha do forno 5. Conta ainda com documentos que listam as ações a desenvolver durante o período do projeto (*one point list*), inclui confirmações de processo e a matriz de escalonamento que define a quem se escala os problemas e desvios encontrados. Deste modo, esta ferramenta permite assegurar os níveis de qualidade e produtividade, o cumprimento de prazos de conclusão e entrega, assim como os custos e segurança associados à implementação das ações de melhoria. Para sustentar esta ferramenta e facilitar o acompanhamento, é crucial que exista uma comunicação estruturada. Neste sentido, são definidas reuniões bissemanais para analisar a evolução do estudo, assim como a existência de desvios/problemas que vão ocorrendo.

Para estruturar o projeto é realizado um A3, anexo J, Figura 66, ferramenta essencial para fundamentar a sua motivação, o estado inicial da linha, definir os problemas, o plano de ações e indicadores de seguimento que conduzam ao atingimento dos objetivos e, conseqüentemente, ao estado ideal.

4. Estudo e implementação de ações de melhoria na linha de brasagem – Forno 5

O processo de resolução de problemas assume-se como um fator crítico de sucesso. Para o efeito, adotou-se um método sistemático no qual foram definidas etapas, responsáveis e processos associados. Numa primeira instância, será realizada uma análise, de modo a identificar problemas, oportunidades de melhoria e documentar as análises efetuadas. Posteriormente, apresentam-se as ações a implementar no forno 5 para alcançar o aumento de *output* e, por fim, os ganhos conseguidos com o desenvolvimento do projeto, assim como os estudos que permitem garantir a estabilidade.

4.1. Análise da situação atual – Processo forno 5

Nesta secção é realizado o estudo da situação inicial, sendo explicadas as análises de processo efetuadas, assim como a descrição dos desvios encontrados ao longo do processo da linha de brasagem.

Para esta análise, foi criada uma equipa multidisciplinar de 8 elementos, responsáveis pelo seu planeamento e execução, que incluiu recursos especializados em métodos e tempos, elementos de produção, gestão de fluxos de informação e material, engenharia e melhoria contínua de processos. Esta equipa facilitou a identificação de desvios e a discussão de possíveis ações de melhoria.

O ponto principal de atuação foi a verificação do cumprimento do *standard*, ou seja, verificar que os operadores cumprem com as tarefas presentes no balanceamento, na sequência e tempo certo. Este é o ponto de partida para a identificação de desvios e potenciais melhorias. A sequência operacional presente na folha de trabalho *standard* varia consoante o modelo a ser produzido e apresenta a informação relativa às tarefas e respetiva sequência para cada posto, o tempo de realização, assim como a eficiência do balanceamento (eficiência da distribuição de tarefas do operador). Durante a confirmação de processo, foi verificado para cada modelo produzido durante o período de acompanhamento o comportamento dos operadores e a concordância/desvios relativamente ao *standard*, como supracitado.

Conforme já referido, o modelo A foi o modelo de foco na identificação e proposta de melhorias ao processo. A partir da análise da folha de trabalho *standard*, Tabela 1, procedeu-se à divisão das tarefas realizadas e respetivo tempo de execução pelos vários postos. Esta permitiu totalizar o tempo-tarefa por cada posto e identificar as mais demoradas e com maior contributo para a eficiência do processo.

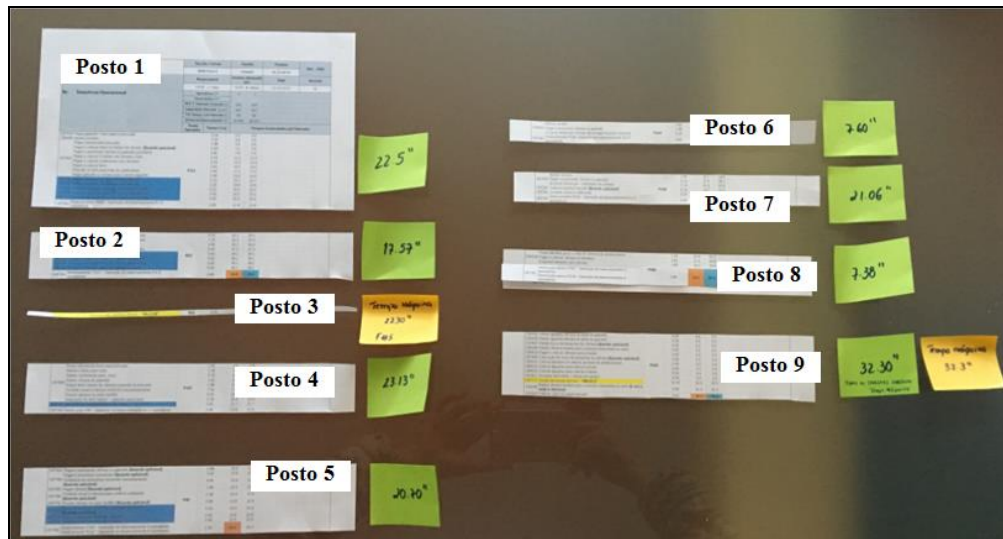


Figura 18 – Divisão da folha de trabalho *standard* do modelo A

Durante a análise, verificou-se a possibilidade de reduzir a complexidade e o tempo associados a estas tarefas. Uma das oportunidades de melhoria seria acelerar a entrada do forno, uma vez que este processo foi identificado como posto de estrangulamento da linha. Definiram-se os postos 1, 2, 4 e 9 como focos de melhoria na análise de processo pois, como se pode verificar na Figura 18, são os postos com mais conteúdo de trabalho.

Como se encontra evidenciado no *layout* da linha representado pela Figura 17, as tarefas do posto 1 e 2 são realizadas por um operador, sendo o posto com maior tempo de ciclo da linha, 39,7 segundos, facto que o torna num ponto fulcral de análise e procura de melhorias.

Para além do posto 1 e 2, também se verificou um elevado tempo de tarefa associado ao posto 9, onde se realiza o teste de estanquidade das câmaras. Analisando a sua capacidade, composto por duas bancas de trabalho, verificou-se que o operador consegue retirar uma câmara a cada 26 segundos, sendo o tempo de carga e descarga de cerca de 22 segundos. Esta diferença reflete um tempo de máquina superior ao tempo de tarefa do operador. Deste modo, a otimização deste posto passará por melhorar o tempo de teste.

Pretendendo-se estudar a possibilidade de aumentar a produtividade da linha, reduzindo o tempo de ciclo dos operadores, foram realizadas confirmações de processo nos postos 1, 2, 4 e 9. Recorreu-se ao método da observação com auxílio de cronómetro e a uma ferramenta específica para a análise de processo, anexo C, Figura 51.

Efetuuou-se para cada operador um conjunto de vinte medições, realizadas em dois turnos, de forma a desviar a possível influência humana na execução das tarefas. Durante as medições, foi registado o tempo de execução das tarefas, os tempos de espera dos operadores pelos postos adjacentes, decorrentes de desvios ao *standard* causados por falta de material, falhas no sistema ou no processo. Adicionalmente, foram também levantados problemas técnicos, assim como potenciais pontos de melhoria. Os dados obtidos em cada posto

analisado durante a confirmação de processo, relativos ao estudo do modelo A, encontram-se representados no anexo C.

Após um acompanhamento no terreno, verificou-se que o tempo de ciclo real dos operadores oscila relativamente ao indicado, apresentando uma média superior à definida no *standard*. É perceptível, ao observar-se a Figura 52, Figura 53 e Figura 54 apresentadas no anexo C, os desvios relativamente à sequência de tarefas e respetivo tempo de execução. Contudo, devido à confidencialidade de dados, não foi possível evidenciar nos gráficos a associação da causa a cada desvio encontrado.

Procedeu-se à análise dos registos do indicador de *performance* diário da linha, o OEE. O seu cálculo é conseguido com base num ficheiro em Excel onde são introduzidos dados relativos à produção de cada modelo e respetivo tempo de ciclo, tempo total de produção por turno, assim como o tempo de paragem dos equipamentos e linha em estudo. Deste modo, este indicador é inevitavelmente afetado pelas perdas de produção inerentes a fatores que afetem a disponibilidade da linha, a velocidade de trabalho do operador, assim como a qualidade do produto final.

Recorrendo à análise do OEE, é possível obter diariamente um indicativo da produtividade e *performance* da linha, analisar detalhadamente os principais motivos das perdas de produção e a respetiva origem/causa, possibilitando a identificação de problemas na linha e permitindo melhorias ao nível do processo produtivo.

A Figura 55 presente no anexo D, permitiu aferir a existência de um desvio negativo no valor de OEE face ao objetivo definido para este indicador na linha do forno 5, sendo evidenciado pela identificação da cor vermelha, associada ao resultado anual acumulado até fevereiro de 2015, apresentando deste modo um potencial de melhoria na sua *performance*. Nos registos existentes, verificou-se que a recuperação de câmaras realizada à saída do forno tem impacto direto na qualidade, velocidade e na disponibilidade da linha, afetando negativamente o indicador de OEE. Esta necessidade de retrabalho, evidenciada pelo indicador da incidência, conduz o processo à saída do forno a possíveis situações de estrangulamento.

Os valores reais do OEE, assim como os dados relativos ao indicador da eficiência da linha, secção e o valor de IFC – sucata, não podem ser divulgados neste documento devido à confidencialidade, que apenas permite a divulgação do impacto percentual que o projeto terá nos resultados destes indicadores.

Foram também analisadas as condições ergonómicas da linha e potenciais pontos de melhoria de acordo com uma *checklist*. Esta tem em consideração pontos como a postura corporal, altura do posto de trabalho, espaço de movimentação e acesso, dispositivos operacionais, manuseamento de cargas e as condições de abastecimento. Esta verificação foi realizada pelo responsável de métodos, tempos e ergonomia pertencente à equipa de suporte técnico do MOE3, devido à especialização necessária.

Após a realização das confirmações de processo aos postos (1, 2, 4 e 9), reunindo e analisando os desvios identificados, foi possível ter conhecimento dos principais motivos de perda de *output*, permitindo definir os principais problemas existentes na linha, como se encontra representado pela Figura 19.

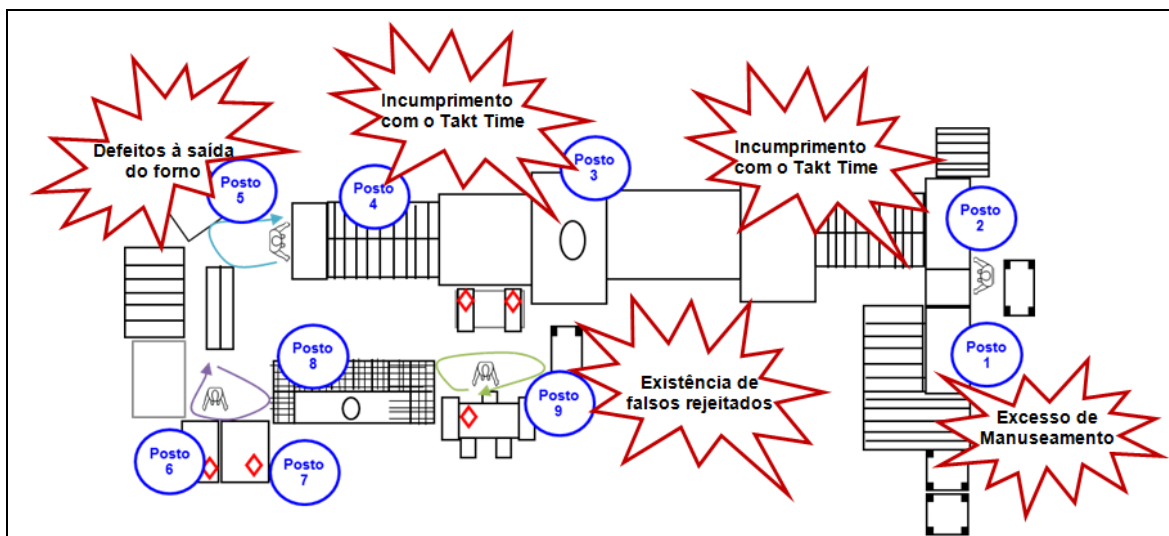


Figura 19 – Identificação dos principais problemas na linha do forno 5

4.2. Problemas identificados

Problema 1 – Incumprimento com o *takt time*

O incumprimento com o *takt time* foi identificado como um desvio na linha, como se encontra representado na Figura 19. Pela análise dos tempos registados durante a confirmação de processo, verificou-se uma oscilação na *performance* do operador, evidenciada pela ocorrência de vários desvios face ao tempo de ciclo *standard* associado a estes postos. Tendo o *takt time* um impacto direto na *performance* da linha, e consequentemente no seu *output*, este ponto será um dos problemas a ser analisado no desenvolvimento deste trabalho.

Problema 2 – Excesso de manuseamento na entrada do forno 5

Na entrada do forno foram registados excessos de movimentações e manuseamentos, assim como tarefas não normalizadas e trocas de materiais possíveis de otimizar ou eliminar, reduzindo perdas de produção na linha. Deste modo, a sua redução será definida como um ponto de melhoria.

Problema 3 – Número de defeitos detetados à saída do forno 5

Foi identificada a existência de um elevado número de defeitos à saída do forno 5, o que desencadeia a necessidade de o operador retrabalhar a câmara segundo o processo de brasagem manual. Este procedimento condiciona a qualidade, velocidade e disponibilidade da linha, reduzindo a produtividade. Assim, serão desenvolvidas ações para reduzir o número de defeitos detetados.

Problema 4 – Falsos rejeitados no sistema de teste

A estabilização da temperatura da câmara é essencial para que o teste ao produto possa ser realizado. Contudo, nem sempre se consegue garantir a estabilização da temperatura necessária, o que origina falsos rejeitados no teste. As causas desta rejeição podem estar relacionadas com processos de retrabalho, que provocam um aquecimento do produto, ou com outros fatores que influenciam diretamente o sistema de teste. Com o intuito de reduzir o número de rejeições no sistema de teste e o tempo inerente, este posto será alvo de estudo.

Os problemas identificados conduzem a perdas de eficiência, de OEE e *output*, afetando negativamente a produtividade da área, sendo por isso considerados problemas críticos a resolver.

4.3. Abordagem às melhorias implementadas

O principal objetivo deste projeto passa pela implementação de ações de melhoria que minimizem o impacto dos problemas identificados e que conduzam a um aumento de 33% no *output* da linha, assegurando a resposta às necessidades do cliente. Neste ponto será feita uma abordagem a cada problema identificado, com o intuito de averiguar as suas causas, e apresentar um conjunto de ações a implementar na linha que perspetivem a minimização do seu impacto. Para isso, proceder-se-á à definição dos principais aspetos a otimizar, de modo a garantir o *takt time* da linha, reduzir os manuseamentos à entrada do forno, assegurar uma diminuição dos defeitos, assim como diminuir a percentagem de falsos rejeitados no teste de estanquidade e o tempo de teste associado aos modelos produzidos.

4.3.1. Problema 1 – Incumprimento com o *takt time*

Transversalmente a toda a linha de produção, foi identificado o incumprimento com o *takt time* e a existência de oscilações no ritmo do operador, que se refletem na produtividade. Nesta linha, não existia nenhum sistema ou ferramenta que assegurasse a cadência do *output* e que permitisse ao operador ter conhecimento, em tempo real, de possíveis desvios.

Devido à inexistência de sistemas de alerta e reação rápida que permitam assegurar a passagem da informação nos diversos postos, verificou-se que os operadores tinham dificuldade em comunicar a ocorrência de um problema ao responsável de turno, assim como em acionar pedidos de ajuda para a sua resolução. Deste modo, geram-se falhas na comunicação e nos registos dos problemas da linha, assim como elevados tempos de paragem e perdas de produção devido à indisponibilidade dos postos.

Constatou-se que não existia informação, em tempo real, sobre o nível de produtividade da linha em termos de *output*, disponibilidade, velocidade e qualidade, não havendo por isso transparência e informação evidente sobre o seu estado. Estes problemas são consequência da falta de elementos característicos da Gestão Visual, que permitem a qualquer colaborador que passe pela linha (engenheiro de produção, responsável de turno ou

operador da linha) ter rapidamente uma noção da sua *performance*. Verificou-se que o nível de produtividade e indicadores de *performance* não eram seguidos e alimentados eficazmente.

Sendo a Bosch uma empresa que se baseia numa filosofia de produção BPS, a existência desta informação assume uma elevada importância. Esta não serve apenas para alertar os engenheiros de produção para anomalias que possam eventualmente ir surgindo, servindo também como sistema de autocontrolo e motivação para os operadores, fornecendo-lhes *feedback* imediato do seu comportamento na linha.

Como foi referido, esta linha é controlada pelo indicador de OEE. Para que haja um histórico de produtividade, o responsável de turno deve assegurar a inserção dos dados na folha de cálculo do OEE no fim de cada turno. Apesar do ficheiro Excel se encontrar pré-definido para alguns campos, existem campos que necessitam de ser introduzidos no final de cada turno. Assim, é necessário que o responsável de turno introduza a informação relativa à produção por modelo, permitindo calcular o tempo de produção efetivo, o tempo de paragens não planeadas de acordo com o problema e posto de ocorrência, assim como as rejeições de produto (sucata).

A recolha e introdução destes dados, estando sob a responsabilidade do operador e do responsável de turno, encontra-se sujeita a erros humanos. Estes podem advir da falta/erros na transmissão de informação ou na introdução dos dados, gerando um grau de desvio face aos dados reais que reduzem a fiabilidade dos mesmos. Algumas evidências destes desvios foram detetadas aquando da análise do histórico de OEE que declarava valores que não correspondiam à produção conseguida.

4.3.1.1. Implementação do *Andon* na linha

Face à necessidade de exibir a informação de forma clara e transparente, propõe-se a implementação de uma ferramenta de gestão visual já existente noutras linhas da fábrica, vulgarmente conhecida por *Andon*. Com a sua aplicação, é possível evitar os problemas identificados e melhorar o sistema de registo e seguimento de indicadores da linha em estudo.

Este sistema assegura um ritmo constante à linha e auxilia a orientação dos operadores, informando-os da eficiência da produção para que estão a contribuir, permite alertar a equipa para a ocorrência de problemas que possam surgir, conduzindo a uma rápida reação aos desvios.

Para além do funcionamento-base, este pode ser usado para guardar dados sobre o funcionamento da linha, permitindo analisar o seu desempenho *a posteriori*. Este sistema tem uma grande contribuição na transparência e relevância da informação disponibilizada aos operadores durante o tempo de produção e na importância e veracidade dos dados registados para análises posteriores.

Em função destes factos, é imprescindível que as diversas funcionalidades do sistema sejam implementadas e utilizadas nesta linha de produção, aumentando a fiabilidade dos dados e a interação destes com os operadores.

Este sistema permite a visualização dos dados de acompanhamento da produção em tempo real, os quais se encontram projetados num *display Andon*, Figura 20, permitindo a visualização:

- Da quantidade de produção prevista;
- Da quantidade produzida até ao momento, a partir da introdução de contadores existentes à entrada, à saída e no sistema de testes da linha;
- Do desvio entre a quantidade de produção prevista e produzida;
- Da referência/modelo em produção e respetivo tempo de ciclo associado;
- Da percentagem de conclusão da produção de cada referência;
- O número de operadores que se encontram a laborar na linha;
- Do horário;
- Do posto que se encontra parado ou do último posto que parou, indicando o tempo de paragem;
- Do tempo acumulado de paragens não planeadas;
- Da paragem planeada, aquando da sua ocorrência e tempo de duração;
- Indicação do início e fim de turno, uma vez que depois de programado este age consoante os horários definidos.

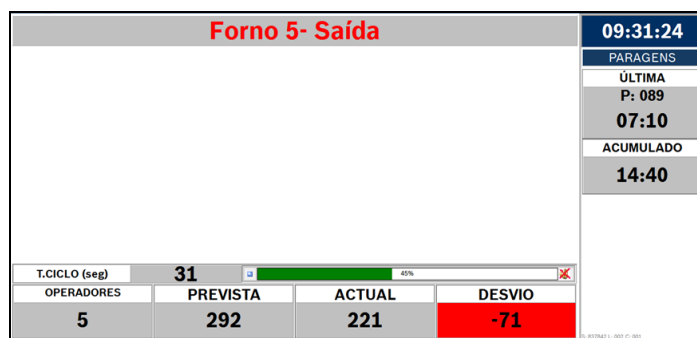


Figura 20 – *Display Andon*

Este sistema permite criar horários *standard* para os turnos de produção, associando-lhes as respetivas paragens planeadas, fazendo uma dedução direta deste tempo no tempo de abertura. Os turnos de produção também podem ser criados antecipadamente, definindo-se o horário de laboração, a quantidade a produzir, o número de operadores que irão trabalhar, o tipo e plano de produção, assim como o balanceamento e respetivo tempo de ciclo dos produtos/linha. Ao possibilitar a escolha do tipo de planeamento, este sistema

permite inserir informação sobre as referências a produzir por turno, determinando o plano de produção da linha antes de se iniciar, como se pode verificar pela Figura 56, presente no anexo E.

O sistema dispõe igualmente de um pequeno histórico a curto prazo que pode ser diretamente consultado, obtendo-se informação sobre o estado de produção atual, assim como dos turnos concluídos, permitindo aferir dados relativos ao OEE e desempenho da linha. Este possibilita a extração destes dados para Excel, permitindo o uso dessa informação.

Apesar de este sistema já existir noutras linhas produtivas da fábrica, foi necessário proceder à sua parametrização, adaptando-o à linha em estudo. Com a sua implementação, pretende-se eliminar os problemas identificados, nomeadamente o incumprimento com o *takt time*.

No estado inicial, foi necessário criar balanceamentos no sistema para cada modelo a produzir, sendo esta definição realizada de acordo com as folhas de trabalho *standard* da linha. Esta funcionalidade permitiu atribuir cadência à linha, tendo em consideração o número de operadores e modelo a produzir. Como se encontra representado na Figura 21, é possível definir para cada modelo as várias possibilidades de balanceamento, fazendo variar o tempo de ciclo de acordo com o número de operadores.

Tempos Ciclo p/ Família		Produtos Família	
Nº Operadores	T.Ciclo(seg)	T.Ciclo Retrab.(seg)	
3	59.00		-
4	50.00		-
5	31.00		-

Figura 21 – Balanceamento Andon

Enquanto sistema de reação rápida, o *Andon* representa um papel importante ao lidar com situações de paragem. Sempre que há um problema/paragem, é acionado um alerta na linha, iniciando-se a contagem do tempo de paragem do posto/linha até o problema ser resolvido, sendo dado o desbloqueio por parte do responsável. O sistema vai gerando e guardando as informações sobre as paragens que vão ocorrendo, registando a duração, o posto e a hora da paragem, gerando diretamente um histórico da mesma. O sistema conta ainda com um sinal sonoro que alerta o responsável da linha de produção sempre que haja algum problema. Para assegurar a funcionalidade, este dispõe de um conjunto de botoneiras, dispostas por posto, que permite ao operador acionar a paragem do posto sempre que necessário. Este alerta é sonoro, sendo dada a indicação do posto no *display*, alertando o responsável de linha até ser dado o desbloqueio do posto. Esta operação evita a ocorrência de desvios face ao comportamento real da linha.

Quando ocorre uma paragem não planeada, o sistema gera automaticamente uma entrada, associando o tempo de paragem ao posto onde esta ocorreu. No entanto, apesar de o sistema *Andon* adquirir e registar a maior parte da informação relativa à paragem, posto e o tempo de duração, existe a necessidade de o responsável classificar a causa, recorrendo à árvore de modos de falha desenvolvida para a linha do forno 5.

Foi necessário parametrizar esta árvore, definindo para cada posto da linha as diferentes causas que originam as paragens não planeadas. Este processo foi realizado fazendo um levantamento das diversas causas, junto dos operadores de cada posto e com base no histórico de problemas, o que permite gerar um histórico e em qualquer instância perceber quais são os principais motivos de perdas, a partir da extração e estudo das mesmas. Esta funcionalidade previne os problemas e assume-se como uma ferramenta de melhoria contínua, auxiliando a resolução sustentada dos problemas. Pode-se analisar, na Figura 57 presente no anexo E, um exemplo de uma árvore de modos de falha parametrizada para um dos postos da linha.

Este processo de classificação deve ser feito para cada paragem, como se encontra representado na Figura 22, onde se insere o motivo da paragem.

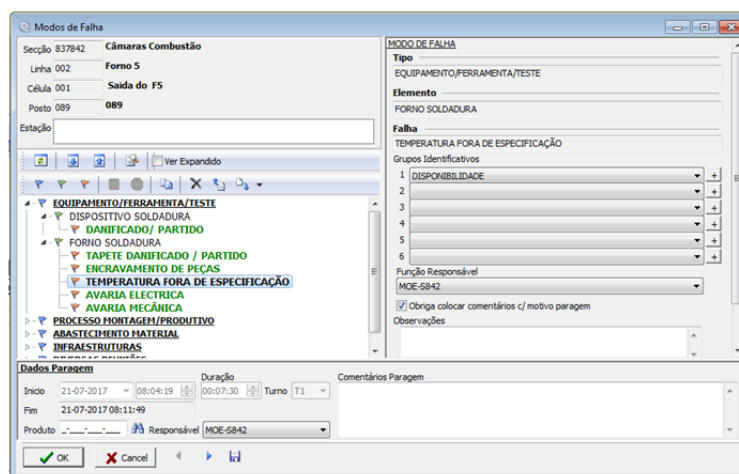


Figura 22 – Classificação de paragens não planeadas

No caso da saída do forno, para além de haver este sistema de classificação de paragens não planeadas, sendo um posto alvo de identificação de defeitos visuais, foi necessário proceder à parametrização de árvores de modos de falha para os problemas de qualidade.

Esta necessidade surgiu face à afetação direta que a qualidade tem sob o indicador OEE. Procedeu-se ao levantamento dos tipos de defeitos existentes na saída do forno e ao respetivo tempo de retrabalho, para que a afetação da qualidade no valor do OEE seja real. Esta parametrização encontra-se exemplificada na Figura 23.

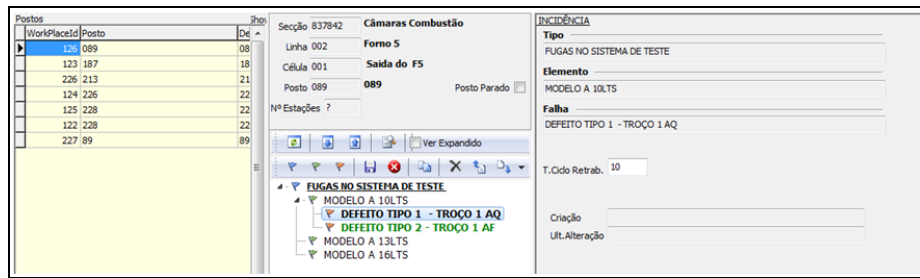


Figura 23 – Classificação das falhas de qualidade

À semelhança das paragens não planeadas, é possível extrair estes dados, trabalhá-los e proceder à sua análise, rastreando os problemas de qualidade e quantificando o seu impacto na linha em estudo. A classificação da qualidade requer a introdução da quantidade de produto e respetiva referência afetada.

Com o registo e classificação das paragens e dos problemas de qualidade, este sistema permite em qualquer altura consultar o valor real de OEE e aferir o nível de *performance* da linha a partir da extração dos dados em histórico para Excel. Para o efeito, basta introduzir o intervalo de tempo que se deseja analisar. A partir deste documento, Figura 58 do anexo E, é possível analisar o impacto percentual de cada paragem não planeada, assim como o valor percentual de cada um dos fatores do OEE: Disponibilidade, Qualidade e Velocidade.

Em suma, as funcionalidades deste sistema têm um impacto positivo no desempenho do operador ao atribuírem cadências ao posto de trabalho, conhecimento de possíveis desvios face ao plano e proporcionando-lhe parar o posto e alertar para a ocorrência de problemas no mesmo. Permite que o responsável de linha aumente o controlo sob os postos, sobre a produtividade da linha, assim como reduzir o tempo que depende no registo dos dados. Por fim, auxilia todos os *stakeholders* na recolha e análise de dados sobre o desempenho da linha, dando oportunidade à extração dos dados existentes no histórico do sistema.

Conseguindo eliminar os problemas identificados anteriormente, torna-se perceptível a importância e o contributo que a instalação e adaptação deste sistema à linha em estudo tiveram na sua *performance*.

4.3.2. Problema 2 – Excesso de manuseamento na entrada do forno 5

Após um acompanhamento no terreno, verificou-se que o tempo de ciclo real do operador no posto 1 e 2 da entrada do forno 5 é, em média, superior ao definido no *standard*. Isto torna-se claro pela análise do gráfico presente no anexo C, na Figura 52, que apresenta os valores do tempo de ciclo cronometrados durante a realização da confirmação de processo efetuada nestes postos. O ponto de atuação para a resolução deste problema passa pela diminuição do tempo de ciclo do operador.

Com a análise, foi possível verificar que a origem dos desvios do tempo de ciclo se encontra associada a excessos de manuseamento, trazendo desperdícios à linha e, conseqüentemente, perdas de produção. Face a

esta evidência, e com base nos princípios do BPS, as ações de melhorias a aplicar neste posto procuram minimizar ou eliminar as tarefas que conduzem a estas perdas.

Com base na folha de trabalho *standard* começou por se identificar as diversas razões que podem estar na origem dos desvios. Recorreu-se à elaboração do diagrama de *Ishikawa*, o qual possibilitou uma análise mais detalhada das causas. O diagrama encontra-se representado pela Figura 24.

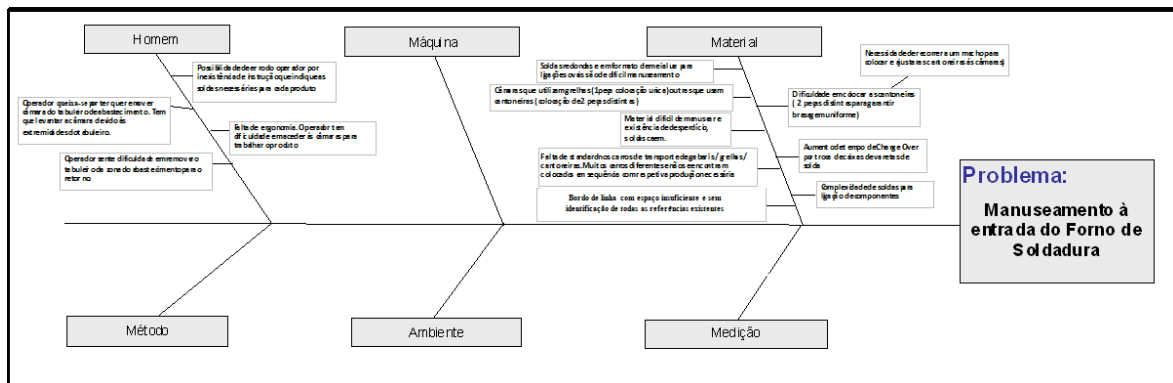


Figura 24 – Diagrama de *Ishikawa* na entrada do forno

Para auxiliar a identificação dos motivos que conduzem ao excesso de manuseamento, recorreu-se à elaboração da árvore que se encontra representada na Figura 25, de modo a simplificar a análise e identificação das principais ações de melhoria a desenvolver que permitam minimizar o impacto deste problema na linha.



Figura 25 – Árvore de identificação de problemas

Após a definição dos problemas e identificadas as causas, procedeu-se à definição das ações a implementar. Para o efeito foram propostas várias ações:

Melhoria 1 – Redução da complexidade do número de varetas de solda;

Melhoria 2 – Substituição dos tabuleiros por carros de abastecimento;

Melhoria 3 – Uso de grelhas e eliminação das cantoneiras e ferros;

Melhoria 4 – Eliminação da queda de insertos na entrada do forno.

Seguidamente, será realizada uma abordagem individual às melhorias a implementar no posto 1 e 2.

4.3.2.1. Melhoria 1 – Redução da complexidade do número de varetas de solda

Na entrada do forno 5 são colocadas varetas de solda nas ligações entre os vários componentes que constituem a câmara de combustão. A sua colocação tem como objetivo tornar estas ligações estanques e garantir que o contacto entre os componentes é suficiente para que haja uma correta transferência de calor, garantindo a funcionalidade da câmara de combustão, sem que se verifiquem fugas de gás. Tratando-se de

uma linha capacitada para brasar todos os modelos de câmaras, esta tem associada aos seus bordos de linha uma vasta gama de referências de material.

Durante a confirmação do processo, verificou-se que havia um elevado número de troca de referências de varetas de solda associado às mudanças de modelo ou litragem a produzir. Isto deve-se ao facto de cada produto utilizar uma combinação diferente no processo de soldadura, gerando um elevado número de referências no bordo de linha. Estas varetas variam em tamanho e grossura e, conseqüentemente, na referência e local de abastecimento. Face à vasta gama de referências de material existente e ao elevado número de trocas de caixas sempre que existe mudança do produto a produzir, surgiu a necessidade de otimizar este processo. Para o efeito, procedeu-se ao estudo detalhado, procurando identificar semelhanças, tentando eliminar as de menor rotatividade, substituindo-as por referências alternativas sem que se alterasse a qualidade do processo de soldadura. Perspetiva-se obter uma redução do número de referências de varetas de solda, assim como averiguar o custo de matéria-prima que lhe está associado e reduzir o tempo nas trocas de material, aumentando a disponibilidade da linha. A motivação para implementar esta melhoria surge da possibilidade de:

- Aumentar o *output* da linha reduzindo o número de referências de varetas de solda;
- Reduzir os custos em material;
- Estabilizar o tempo de ciclo, reduzindo tempos de *change-over* (tempo de trocas de material sempre que se muda a câmara a produzir).

Face à necessidade de eliminar os problemas supracitados e melhorar a standardização do processo, começou por se fazer um levantamento da situação inicial.

Durante este levantamento verificou-se, à luz dos princípios BPS, uma elevada falta de *standardização* nos bordos de linha 1 e 2. Esta encontrava-se associada ao elevado número de referências existente, Figura 26, e à falta de espaço para a colocação de três referências, tal como se encontra evidenciado na Figura 27.



Figura 26 – Representação do bordo de linha 1 e 2



Figura 27 – Referências sem local no bordo de linha

Após se analisar a complexidade das referências existentes, assim como a necessidade de melhorar a standardização do processo de colocação de soldas, procedeu-se, durante um turno de produção, ao acompanhamento deste processo na entrada do forno. Foi cronometrado e registado, sempre que se verificou alteração da câmara a produzir, o número e respetivo tempo de troca de caixas de varetas de solda entre a banca e o bordo de linha. Todo este tempo associado a movimentações e trocas de material denomina-se por *change-over*.

Tal como se encontra apresentado na Tabela 3, fez-se um registo de 20 medições, procedendo-se posteriormente ao tratamento dos dados. A partir desta análise, foi possível estudar a situação inicial, identificando o número e respetivo tempo associado às trocas por turno de produção.

Tabela 3 – Registo de tempos de *change-over*

Nº observações	Tempo troca caixas bordo de linha 1 [seg]	Tempo troca caixas bordo de linha 2 [seg]
1	10	11
2	9	15
3	7	13
4	13	15
5	9	11
6	10	14
7	12	13
8	6	14
9	5	10
10	5	16
11	13	12
12	12	13
13	9	10
14	11	11
15	10	12
16	9	10
17	10	14
18	11	11
19	8	13
20	10	10
Tempo médio troca [seg]	9,45	12,4
Nº trocas por turno	10	30
Nº trocas por dia	30	90
Tempo trocas [seg] por dia	283,5	1116
Tempo trocas [min] por dia	4,725	18,6
Tempo ganho de produção	23,325	

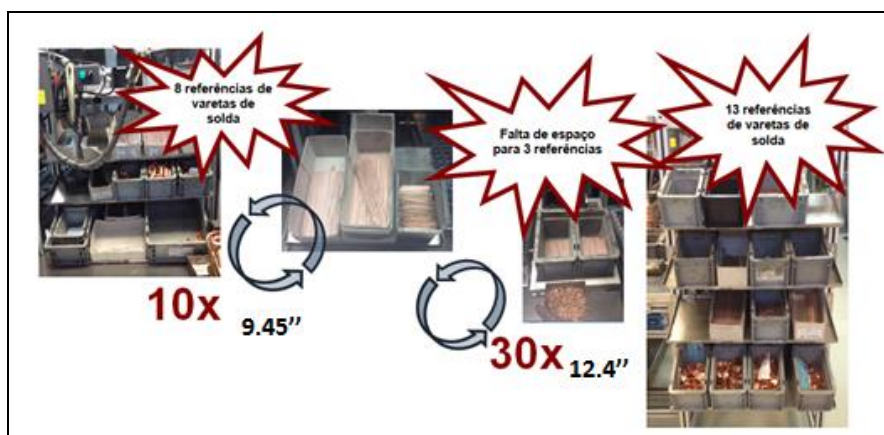


Figura 28 – Tempo de *change-over*

Com a análise dos dados recolhidos, constatou-se que o tempo de mudança entre produtos, consequência do elevado número de trocas, conduzia a uma perda de aproximadamente 24 minutos por dia, o que reflete perdas de produção inerentes à complexidade deste processo.

Procurando reduzir este impacto nos postos em estudo, realizou-se um levantamento de todas as referências utilizadas e respetivas características para todas as câmaras do modelo A. Seguidamente, fez-se uma análise do seu comprimento, largura e volume, verificando-se, juntamente com o operador, engenheiro de processo e o departamento de desenvolvimento, a possibilidade de otimizar a sua utilização nas diferentes câmaras do modelo em análise. Deste modo, conseguiu-se propor alterações ao material utilizado e eliminar o uso de algumas referências. Propôs-se as referências possíveis de eliminar e o respetivo código substituto, encontrando-se o resultado apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Proposta de referências de varetas de solda

	Código a eliminar	Códigos substitutos
Referência (dimensão)	#189 (1,5 x 210)	#082 (1,5 x 190)
	#164 (1,5 x 150)	
	#165 (1,5 x 190)	
	#163 (1,5 x 119)	#182 (1,5 x 106)
	#079 (1,5 x 130)	
	#077 (1,5 x 80)	#162 (1,5 x 56)
#183 (1,2 x 43)		

Após o levantamento da informação, concluiu-se que é possível trocar as varetas de pouca rotatividade por três de alta rotatividade, sendo estas identificadas pelos códigos #082, #182 e #162. A utilização destas três referências em substituição das sete eliminadas, permitiu libertar espaço no bordo de linha, reduzir o número e tempo de trocas, melhorando a transparência do processo.

De modo a estimar a viabilidade do projeto, antes de se testar e avaliar a qualidade do processo de soldadura utilizando as novas referências, procedeu-se ao estudo do impacto desta ação de melhoria no custo de produção, baseado:

- Na quantidade de produção média do ano transato;
- No custo total das varetas por câmara antes da melhoria – Situação inicial;

- No custo total das varetas por câmara com a melhoria proposta – Situação futura.

Os dados relativos à produção média anual por referência encontram-se representados sob a forma de percentagem na Tabela 5:

Tabela 5 – Percentagem de produção anual modelo A

Câmara Modelo A	Volume produção [%]
Câmara 1	2,66
Câmara 2	16,99
Câmara 3	2,39
Câmara 4	4,19
Câmara 5	1,52
Câmara 6	0,06
Câmara 7	6,72
Câmara 8	1,08
Câmara 9	0,01
Câmara 10	0,00
Câmara 11	0,07
Câmara 12	0,27
Câmara 13	0,04
Câmara 14	6,27
Câmara 15	12,91
Câmara 16	3,02
Câmara 17	0,03
Câmara 18	0,11
Câmara 19	0,15
Câmara 20	0,28
Câmara 21	11,16
Câmara 22	8,87
Câmara 23	0,57
Câmara 24	0,36
Câmara 25	4,16
Câmara 26	5,80
Câmara 27	0,37
Câmara 28	0,97
Câmara 29	6,63
Câmara 30	0,02
Câmara 31	1,44
Câmara 32	0,48
Câmara 33	0,06
Câmara 34	0,34

Para determinar o custo total de varetas por câmara, recorreu-se ao levantamento das referências utilizadas inicialmente, assim como a respetiva quantidade. Na Tabela 6 encontra-se uma amostra do levantamento efetuado.

Tabela 6 – Número de varetas de solda por câmara no estado inicial

Referência	Varetas de solda	Quantidade utilizada
Câmara 1	#189	4
	#077	5
	#079	2
Câmara 2	#189	4
	#077	5
	#079	2
Câmara 3	#077	5
	#079	1
	#082	1
Câmara 4	#077	5
	#079	1
	#082	1
Câmara 5	#077	5
	#079	1
	#082	1
Câmara 27	#189	4
	#077	5
	#079	1
Câmara 28	#189	4
	#077	4
	#079	1
Câmara 29	#189	4
	#077	4
	#079	1
Câmara 30	#077	4
	#082	1
Câmara 31	#079	1
	#077	4
	#082	1

Esta recolha e tratamento de informação foi realizada para todas as câmaras afetadas, tendo permitido totalizar um custo de 30 000 €. Este foi calculado tendo em conta o preço unitário de cada vareta de solda. Após determinado este valor, foi necessário verificar o impacto que a melhoria proposta teria ao nível do custo, uma vez que para além do ganho de *output* e redução do tempo de ciclo, a redução de custos também constitui um dos propósitos deste projeto. A Tabela 7, apresenta uma amostra do impacto obtido com a implementação desta melhoria.

Tabela 7 – Impacto na redução de custos por câmara

Referência	Solda	Quantidade utilizada	Ganho obtido com troca [€]
Câmara 1	#082	4	53,06
	#162	5	88,42
	#182	2	35,37
Câmara 2	#082	4	339,95
	#162	5	565,14
	#182	2	226,05
Câmara 3	#162	5	79,44
	#182	1	15,89
	#182	1	0
Câmara 4	#162	5	139,2
	#182	1	27,84
	#182	1	0
Câmara 5	#162	5	50,56
	#182	1	10,11
	#182	1	0
Câmara 27	#182	4	7,4
	#162	5	12,32
	#182	1	2,47
Câmara 28	#182	4	19,44
	#162	4	25,92
	#182	1	6,48
Câmara 29	#182	4	132,2
	#162	4	176,27
	#182	1	44,07
Câmara 30	#162	4	0,64
	#082	1	0
Câmara 31	#182	1	9,59
	#162	4	38,35
	#082	1	0

Com esta análise, foi possível concluir que as varetas utilizadas no estado inicial apresentavam custos superiores às propostas para o estado futuro, permitindo deste modo reduzir os custos totais das varetas de solda utilizadas neste processo. Determinando o custo de matéria-prima associado a esta troca considerando todas as câmaras afetadas, estimou-se o custo resultante de todos os *inputs* em aproximadamente 23 000€.

Paralelamente ao levantamento do custo em material, foi realizado um estudo para determinar a libertação de espaço no bordo de linha, assim como a redução do número de trocas de caixas e respetivo tempo, que se iria obter com a proposta de eliminação das sete referências. Depois de analisar os dados, verificou-se que a implementação desta melhoria reduzia aproximadamente em 87% o número de trocas de caixas, tal como se encontra apresentado na Figura 29. Com esta otimização, verificou-se a possibilidade de reduzir o tempo de trocas e aumentar a disponibilidade da linha em 20 minutos de produção por dia, o que equivale a um aumento diário de 12 câmaras de combustão produzidas neste posto.



Figura 29 – Ganhos com a eliminação das referências

Deste modo, tendo em conta as vantagens desta ação de melhoria, procedeu-se à sua implementação na linha em estudo, eliminando-se as sete referências dos bordos de linha. Com esta medida, verificou-se uma poupança de 7 000 € em varetas de solda e uma redução de 20 minutos nas perdas de produção, reduzindo os desperdícios em movimentações e melhorando a *performance* deste posto.

Para verificar a estabilização depois da implementação, definiu-se como indicador o número de trocas de caixas por turno. Tendo em conta que esta medida permitiu reduzir uma média de 35 trocas por turno, extrapolou-se esta redução, de modo a definir um objetivo diário para este indicador. Deste modo, considerando que no estado inicial ocorriam em média 120 trocas diárias, propôs-se uma redução para 15 trocas diárias.

O indicador de seguimento diário encontra-se apresentado na Figura 30:

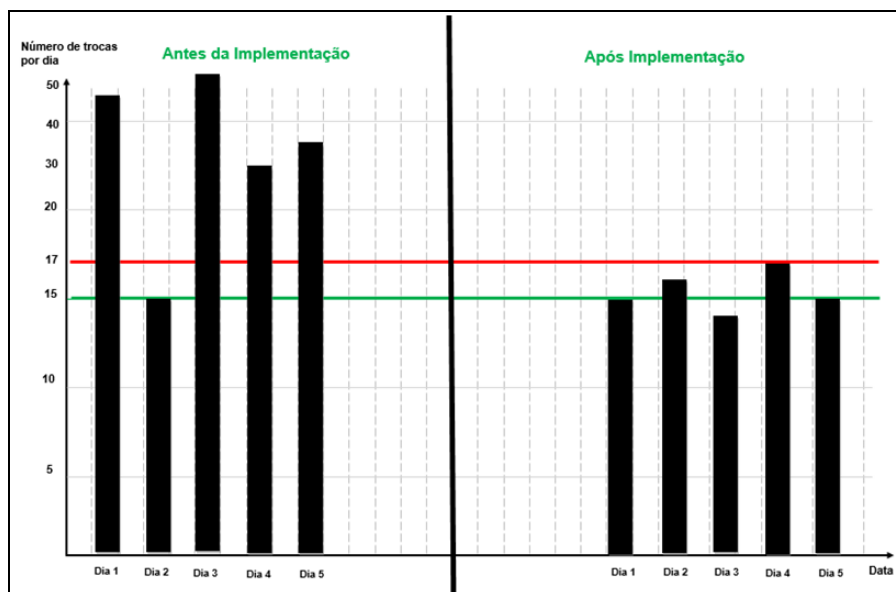


Figura 30 – Indicador de acompanhamento

De modo a suportar este acompanhamento, foi realizada durante uma semana uma reunião diária com o objetivo de analisar os resultados do dia anterior e definir ações de reação face a desvios que pudessem ocorrer. O acompanhamento revelou que o número de trocas de caixas não ultrapassou o desvio admissível, definido em 20%. Deste modo, comprovou-se a eficácia da aplicação desta melhoria na entrada do forno, permitindo fechar este miniprojeto dentro do tempo e condições previstas.

De forma a assegurar a qualidade do produto, realizaram-se testes à saída do forno para verificar a influência da troca na qualidade do processo de brasagem. Tendo em conta que no estado inicial se verificou uma percentagem de falhas de soldadura que rondava os 43%, após a análise dos resultados, concluiu-se que esta alteração não teve impacto negativo nos defeitos à saída, não se registando incidências com causa associada à implementação desta melhoria.

Conseguiu-se aumentar a disponibilidade para produção diária na entrada do forno, reduzindo-se o custo total de varetas de solda e o número de referências utilizadas, melhorando a transparência do processo. Para suportar a realização desta primeira ação de melhoria na entrada do forno, foi desenvolvido um A3 de suporte, tal como foi explicado na metodologia do projeto. Este encontra-se presente no anexo E, representado pela Figura 59.

4.3.2.2. Melhoria 2 – Substituição dos tabuleiros por carros de abastecimento

Ao longo da análise do processo, ao observar o comportamento dos operadores e do poup¹⁷, foram detetados potenciais pontos de melhoria associados ao abastecimento de câmaras de combustão ao posto 1 da entrada do forno.

Este processo de abastecimento, assegurado pelo poup, é realizado recorrendo a um carro que dispõe as câmaras de combustão segundo dois tabuleiros amovíveis, com capacidade para transportar oito câmaras por tabuleiro, das células de montagem até à entrada do forno. Chegando à zona de abastecimento, o poup coloca os tabuleiros de transporte no bordo de linha que se encontra posicionado em frente ao operador, como apresentado Figura 60 do anexo G. Durante a observação deste processo de abastecimento de câmaras e consumo por parte do operador, foram identificados vários problemas que conduzem a um excesso de manuseamento e, conseqüentemente, ao aumento do tempo de ciclo do operador neste posto.

Na situação inicial, foi identificado que o acesso à câmara se encontrava dificultado pela distância entre a zona da banca de trabalho e o bordo de linha. Esta dificuldade obrigava o operador a elevar o braço, tendo de exercer um esforço acrescido para alcançar as câmaras, o que gerou alguma controvérsia relativamente a questões ergonómicas, criando a necessidade de propor melhorias neste sistema.

Os tabuleiros de abastecimento, representados na Figura 31, apresentam uma aba na extremidade, evitando a movimentação e possível danificação das câmaras durante o seu transporte das células até à entrada do forno.

¹⁷ **Poup:** traduz o elemento que providencia o abastecimento do material necessário.

Ainda no decorrer da análise, detetou-se a existência de uma distância *standard* entre as duas prateleiras do bordo de linha que, aliadas à altura de três centímetros da aba e ao distanciamento da zona de trabalho ao bordo de linha, fazia com que o operador necessitasse de arrastar e levantar a câmara para a movimentar até à banca de trabalho, tentando evitar danos por embate na aba.

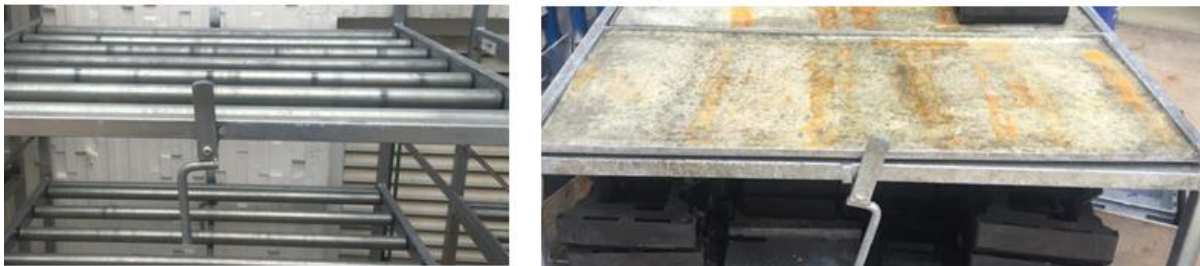


Figura 31 – Tabuleiros de abastecimento

Tendo em conta os problemas citados é frequente a câmara embater na aba do tabuleiro, causando defeitos. Este problema de qualidade provoca oscilações no tempo de ciclo do operador, uma vez que o tempo de reposição das condições iniciais da câmara não se encontra identificado na sequência operacional deste posto. Para além das dificuldades de acesso e risco de danificação da câmara, este posto não cumpre com os requisitos ergonómicos e de qualidade requeridos.

Durante a análise do posto foi evidenciada a dificuldade de deslize entre os tabuleiros no processo de reposição. Isto implica que o operador necessite puxar o tabuleiro de suporte de modo a abastecer as câmaras, após retirar o tabuleiro vazio para a zona de retorno. Esta dificuldade encontra-se relacionada com a falta de inclinação do bordo de linha, que não permite um deslize imediato dos tabuleiros durante este processo de abastecimento e retorno, implicando um esforço físico por parte do operador.

Numa primeira fase, foi realizado um levantamento da percentagem de câmaras que, em média, se danificavam por abastecimento. Os dados revelaram que, face à média de 18 ciclos de produção por turno, cerca de 15% das câmaras sofriam pequenos empenos na parte inferior, influenciando o número de oscilações e desvios face ao tempo de ciclo *standard*. Estes desvios surgem da necessidade de desempenar a câmara quando ocorrem estes problemas de qualidade.

Atendendo aos problemas identificados neste posto, foi proposta uma alternativa ao abastecimento. A solução passou pela apresentação de um novo conceito para o transporte de câmaras, o desenvolvimento de um carro único capaz de transportar as câmaras das células de fabrico até à entrada do forno.

Com a aquisição dos novos carros, o operador passa a trocar o carro vazio pelo cheio, como se encontra representado na Figura 32, e o poup apenas necessita de assegurar o transporte do carro até à entrada do forno. Com esta melhoria, reduzem-se as perdas de tempo em movimentações e otimizam-se as condições ergonómicas associadas à dificuldade de deslize do tabuleiro, no movimento do carro até ao bordo de linha e entre tabuleiros no processo de abastecimento de câmaras, devido à falta de inclinação.

O carro foi desenvolvido com um tampo único para garantir a segurança do transporte das câmaras. O travão foi colocado lateralmente e não no centro, de modo a eliminar o risco de dano por embate. Eliminaram-se os roletes e reduziu-se a altura da aba, de modo a minimizar o esforço por parte do operador e evitar problemas de qualidade. Depois de elaborado o protótipo do carro, a solução proposta foi testada e demonstrou melhorias efetivas.



Figura 32 – Carro de transporte e abastecimento de câmaras

Antes de se avançar para a implementação da solução apresentada, determinou-se o número de carros necessários ao abastecimento, tendo em conta o número de ciclos médios diários. Depois da recolha de dados da produção, estimou-se a necessidade de cinco carros. Sendo este o número necessário para assegurar a sequência de produção, procedeu-se à sua aquisição e implementação na linha.

Com esta medida, conseguiu-se eliminar o bordo de linha de abastecimento, assim como os problemas inicialmente identificados, reduzindo-se as tarefas do operador e o tempo que o poup dedicava ao processo de abastecimento, melhorando-se as condições de trabalho.

É de referir que esta melhoria aumentou o tempo de tarefas do operador em 0,25 segundos por câmara, estando este aumento associado à necessidade de movimentação dos carros no processo de abastecimento e retorno. No entanto, este incremento não prejudica a disponibilidade da linha, como se verifica na folha de tarefas *standard* apresentada nos resultados finais, no tópico 4.4 na Tabela 17.

4.3.2.3. Melhoria 3 – Uso de grelhas e eliminação das cantoneiras e ferros

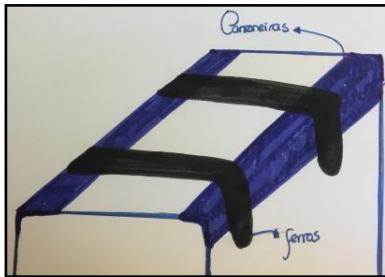


Figura 33 – Cantoneiras e ferros

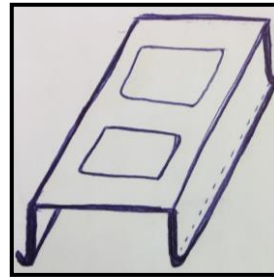


Figura 34 – Grelhas

Os suportes de auxílio ao processo de brasagem, representados na Figura 34 e Figura 33, são colocados na entrada do forno pelo operador para assegurar a pressão necessária, na parte inferior da câmara, garantindo a qualidade de brasagem desejada entre as lamelas e a saia¹⁸.

Durante a análise de processo, verificou-se que não havia um *standard* comum para os diferentes modelos de câmaras de combustão. Em determinados modelos utilizavam-se grelhas, processo mais fácil e rápido, enquanto nos restantes, como no caso do modelo A, recorria-se ao uso das cantoneiras e ferros. É de referenciar que as grelhas têm associado um plano de manutenção periódico que garante a sua calibração, fazendo cumprir os parâmetros de pressão requeridos, o que não se verifica com as cantoneiras e os ferros.

Procedeu-se ao levantamento de desvios ao *standard* causados pela má condição das cantoneiras e ferros, verificando-se que o operador recorria a um maço para bater o ferro e fixar as cantoneiras. Este facto fez com que se analisasse a qualidade da soldadura entre a lamela e a saia, após as câmaras saírem do forno. Os resultados do acompanhamento demonstraram que a má condição das cantoneiras e dos ferros geravam falhas neste processo. Tal como se encontra evidenciado na Figura 35, a percentagem de falhas era de aproximadamente 6%.

¹⁸ **Saia:** elemento da câmara de combustão ao qual se ligam os restantes componentes por meio de um processo de soldadura.

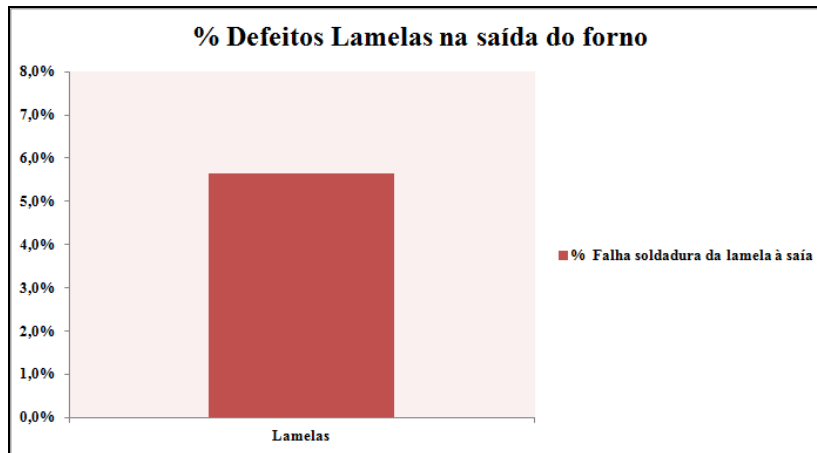


Figura 35 – Percentagem de incidência da lamela à saia

Paralelamente foi evidenciada a dificuldade em garantir um correto sequenciamento dos carros de apoio que transportam os suportes, Figura 37, os quais devem estar de acordo com a necessidade de produção. No entanto, nem sempre se verifica este sincronismo, o que conduz a perdas de movimentação sempre que ocorrem falhas.

De modo a solucionar os problemas supracitados, propôs-se a utilização de grelhas em todos os modelos. Esta ação surgiu não só com o objetivo de simplificar e uniformizar o processo, como também de reduzir a elevada percentagem de falhas de soldadura da lamela à saia, no modelo A.

Antes da implementação, efetuou-se o levantamento do número de grelhas necessárias, considerando que estas variam de acordo com o modelo e respetiva litragem da câmara, concluindo-se que seriam precisas 136 grelhas.

Tabela 8 – Necessidade de grelhas

Tipo de grelha	Quantidade
Tipo 1	32
Tipo 2	28
Tipo 3	24
Tipo 4	28
Tipo 5	24
Total	136

Depois da implementação das grelhas, procedeu-se ao levantamento do seu impacto na linha em estudo. Para o efeito, realizou-se um acompanhamento da produção e qualidade de brasagem durante duas semanas. Com a análise dos resultados obtidos, verificou-se uma redução de 2,88 segundos no tempo de ciclo do operador à entrada do forno e a redução de 4,75% relativamente ao número de defeitos de soldadura da lamela à saída. Com esta ação, foi possível aumentar a disponibilidade do posto e reduzir a percentagem de falhas, como se encontra representado na Figura 36.

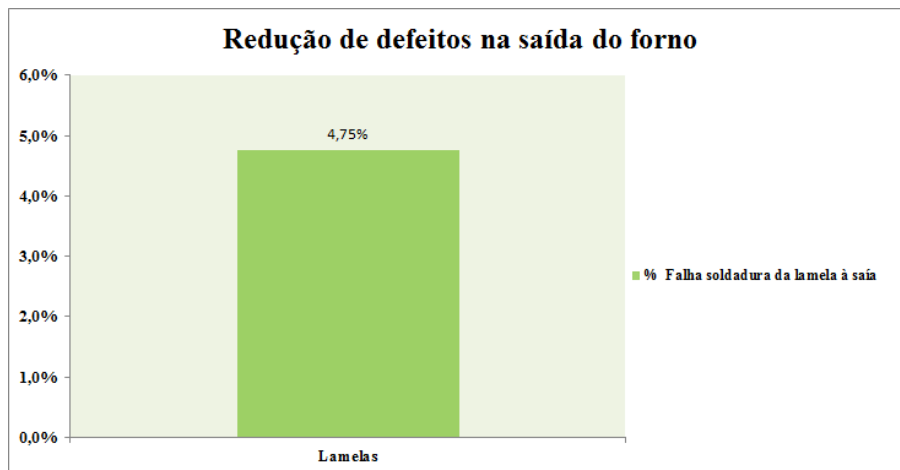


Figura 36 – Percentagem de redução de defeitos nas lamelas



Figura 37 – Carros de abastecimento de grelhas

4.3.2.4. Melhoria 4 – Eliminação da queda de insertos na entrada do forno

Os insertos são componentes colocados na extremidade das câmaras de combustão, fazendo a ligação da câmara ao esquentador ou caldeira.

Durante a análise de processo, verificou-se uma elevada frequência de queda de insertos na entrada do forno devido à posição da câmara, que dificultava a colocação dos mesmos. Esta ocorrência acrescia o tempo de tarefa ao operador, que procedia à sua recolocação.

Face à identificação deste desvio e à necessidade de reduzir o tempo de ciclo do operador, propôs-se a passagem desta tarefa para as respetivas células de fabrico. Esta alteração elimina o tempo de colocação de insertos à entrada do forno, ficando o operador unicamente responsável pelo ajuste quando coloca a câmara no gabari (estrutura de suporte responsável por transportar a câmara durante o processo de brasagem dentro do forno, conferindo-lhe estabilidade).

A inclusão desta tarefa nas células foi vantajosa para o processo global enquanto área, não aumentando o seu tempo de ciclo, ficando o tempo necessário para a sua execução escondido pelo tempo máquina.

Com a aplicação desta ação conseguiu-se uma redução de 1,62 segundos por câmara de combustão, contribuindo deste modo para a diminuição do tempo de ciclo.

Apesar das melhorias implementadas na entrada do forno conseguirem reduzir o tempo de ciclo, este posto manteve-se como *bottleneck* da linha em estudo, condicionando desta forma o aumento dos 33% de capacidade produtiva. Assim, alocou-se mais um operador permitindo aumentar a velocidade à entrada, reduzir as tarefas por operador e, conseqüentemente, diminuir o tempo do ciclo em 14,7 segundos.

Com esta ação, foi possível rebalancear as tarefas por dois operadores, melhorando a eficiência de balanceamento. Esta necessidade foi reforçada pelo elevado número de tarefas que se encontravam associadas a um único operador que, na eventualidade da ocorrência de problemas na linha, poderiam surgir grandes perdas de produtividade. Dado que esta melhoria provocou alterações de sequência de tarefas, foi elaborado um novo balanceamento, apresentado na Tabela 17, na secção dos resultados após a resolução dos problemas.

Com a implementação das ações abordadas neste subtópico, foi possível eliminar o excesso de movimentação e manuseamento na entrada do forno, conseguindo-se reduzir o tempo de ciclo deste posto. Face a estas melhorias, o posto de testes passa a ser o novo posto de estrangulamento da linha do forno 5, o qual será alvo de melhoria aquando da resolução do problema 4.

4.3.3. Problema 3 – Número de defeitos detetados à saída do forno 5

É durante a passagem no forno de soldadura que as câmaras são sujeitas ao processo de brasagem dos seus componentes. Posteriormente, são submetidas a uma inspeção visual, de modo a garantir a qualidade.

Quando se detetam falhas de soldadura nas ligações, denominada por incidência visual, o operador procede ao seu registo consoante o modelo, litragem e tipo de defeito. Recorre para o efeito a folhas de registo diário, criadas internamente para cada modelo de câmara, como se encontra exemplificado no anexo H, pela Figura 62. Posteriormente, retrabalha a câmara recorrendo ao processo de brasagem manual por maçarico, eliminando a falha.

Sendo o retrabalho uma das principais causas de perda de produção diária deste posto, foi necessário reduzir o número de defeitos à saída do forno. A diversidade de câmaras existentes, aliada à instabilidade do processo de produção dos seus componentes, torna esta linha bastante complexa, dificultando a identificação das possíveis causas que conduzem a uma elevada percentagem de defeitos.

Seguidamente, encontram-se listados os diversos aspetos identificados como críticos durante a análise de processo:

- Desvios na sequência de tarefas *standard* e ao tempo de ciclo;
- Estrangulamento na saída do forno causado pelo elevado número de câmaras a retrabalhar;

- Falta de *standards* e 5S.

O acompanhamento do histórico dos problemas de qualidade é de extrema importância no controlo da produtividade e eficiência de uma linha de produção. O acompanhamento diário dos desvios permite detetar rapidamente os problemas aquando da sua ocorrência, evitando elevados desperdícios e perdas de produção.

A partir da análise dos registos de incidência e recorrendo ao ficheiro de OEE da linha, consegue-se obter informação relativa à *performance* do forno e dos processos a montante. Mediante esta análise, é possível chegar ao conhecimento dos componentes afetados e rastrear os problemas de qualidade do produto à saída do forno, percebendo qual a influência dos processos a montante no aparecimento de defeitos.

Face à necessidade de desenvolver ações de melhoria, iniciou-se a análise do registo de incidências relativos à produção total de um mês, com o intuito de se identificar o modelo mais afetado, assim como o tipo de defeitos e respetiva percentagem de ocorrência mais frequentes no volume total de produção da linha.

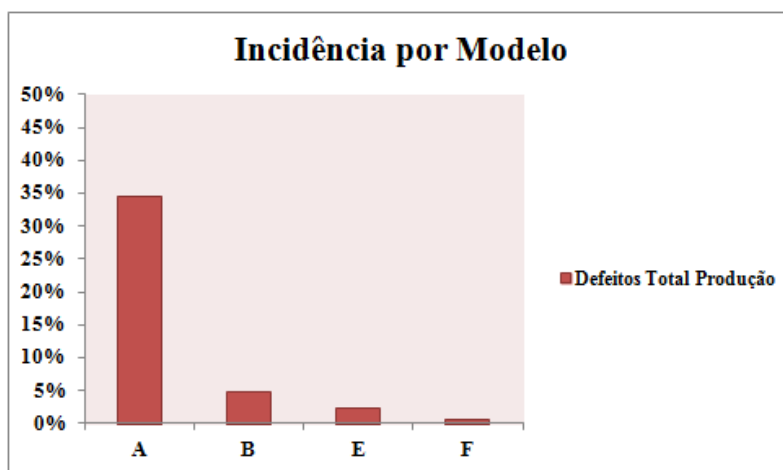


Figura 38 – Incidência por modelo no volume total de produção

De acordo com a Figura 38, concluiu-se que 35% dos defeitos ocorrem no modelo A, seguindo-se o modelo B com 5% de incidência. Esta análise foi fundamental para determinar o modelo que apresenta maior número de defeitos, tornando-o no alvo das ações de melhoria, de modo a reduzir o seu impacto na linha em estudo, visando o aumento da produtividade. Deste modo, a estratégia passará por definir ações de melhoria que reduzam o número de defeitos no modelo A, sendo este o foco para a resolução do problema em análise. Neste sentido, procedeu-se ao levantamento:

- Tipos de defeitos do modelo A;
- Possíveis causas que estarão na origem dos defeitos;
- Ações de melhoria para redução/eliminação dos defeitos.

Com base no histórico do último mês de produção, relativamente ao início deste estudo, verificou-se uma percentagem de 43% de defeitos relativamente ao volume de produção do modelo A, assim como os tipos de defeitos existentes e respetiva percentagem de ocorrência dos mesmos, tal como se encontra representado na Figura 39.

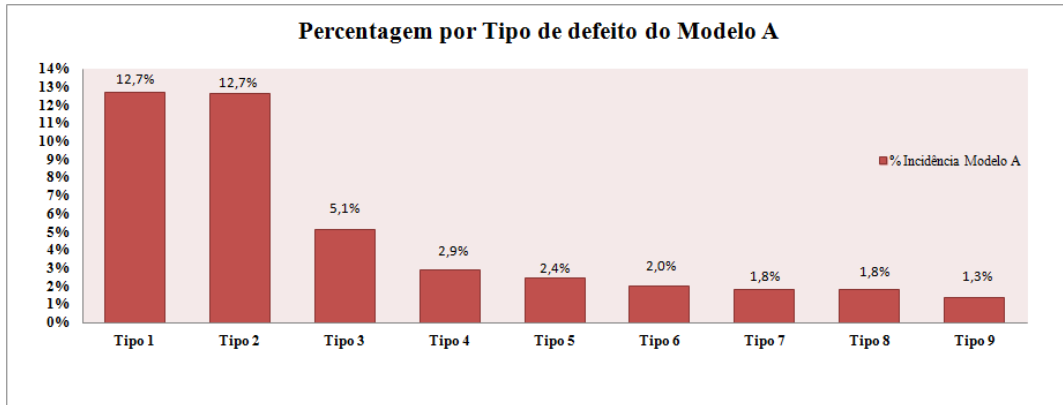


Figura 39 – Incidência por tipo de defeito

De forma a perceber a influência que os processos a montante têm no problema em questão, recorreu-se à elaboração do diagrama de *Ishikawa*, Figura 40, de modo a identificar as causas que possam estar na origem destes defeitos.

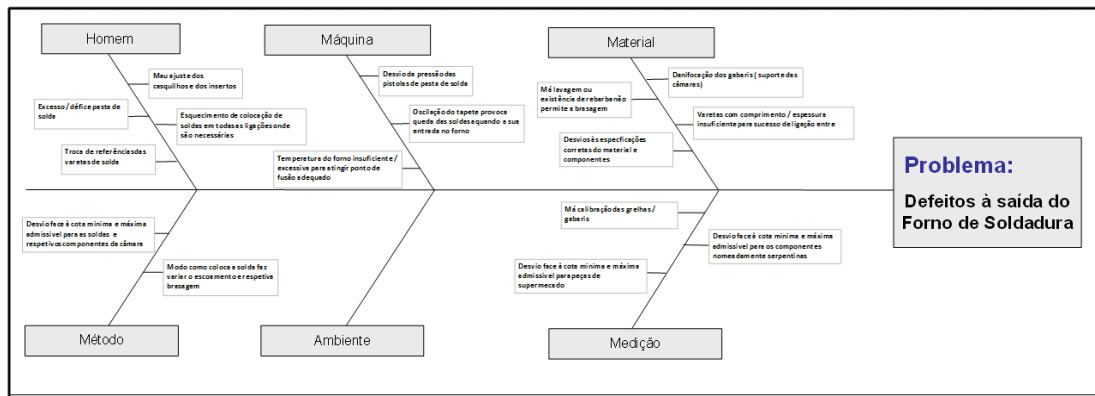


Figura 40 – Diagrama de *Ishikawa* à saída do forno

Face à complexidade do processo e à incapacidade de atuar sobre todas as causas que originam os diferentes defeitos, começou por se identificar os mais frequentes e que conduziam a maiores perdas de produção.

Neste sentido, com base na análise da Figura 39, conclui-se que a maior percentagem de falhas incide sobre o defeito do Tipo 1, seguindo-se o Tipo 2 e Tipo 3. As soluções apresentadas e implementadas encontram-se direcionadas para a redução da percentagem de falhas causadas por estes defeitos.

Deste modo, o top de defeitos alvo de estudo será:

- Modelo A defeito Tipo 1 – **12,7% de incidência;**
- Modelo A defeito Tipo 2 – **12,7% de incidência;**
- Modelo A defeito Tipo 3 – **5,1% de incidência.**

É fundamental referir que os três tipos de defeitos (Tipo1, Tipo 2 e Tipo3) representam problemas de brasagem nas junções das serpentinas¹⁹ aos diversos componentes da câmara de combustão.

As falhas representadas pelo defeito Tipo 3, traduzem problemas ao nível da qualidade do processo de brasagem das serpentinas aos insertos. As melhorias desenvolvidas para colmatar estas falhas foram asseguradas pela ação de melhoria 4, abordada na resolução dos problemas à entrada do forno.

Representando o defeito do Tipo 1 e Tipo 2 falhas entre a serpentina e a estrutura da câmara de combustão, podendo estes estar associados a diferentes pontos de contacto entre os componentes, designados por troços, houve a necessidade de se identificar o local específico onde ocorre a falha de soldadura, de modo a rastrear o defeito e identificar a sua causa.

Criou-se uma folha de registo para os dois tipos de defeitos a seguir (Tipo 1 e Tipo 2), onde se registaram as incidências e o troço de ocorrência, identificando a zona e os componentes afetados. Antes da definição das ações de melhoria, foi realizado um levantamento, durante uma semana, da percentagem de defeitos por troço na situação inicial, tendo em consideração o volume total de produção do modelo A.

Este permitiu, numa primeira instância, perceber qual a zona mais afetada e direcionar as ações de melhoria para os processos a montante, uma vez que o mau desempenho das suas funções influencia a qualidade de brasagem do produto/componente, originando defeitos à saída do forno.

Depois da recolha dos dados, procedeu-se à realização de uma análise ABC, fazendo uma associação do tipo de defeito, com o local (troço) da câmara onde ocorreu o defeito/falha, como se encontra apresentado na Tabela 9. A necessidade de generalizar os tipos de defeitos e os troços, segundo uma ordem numérica, deve-se, mais uma vez, à confidencialidade dos dados.

¹⁹**Serpentina:** designação atribuída ao tubo que rodeia a câmara de combustão, criando vários pontos de contacto entre os componentes. Cada câmara é composta por dois tubos (tubo por onde passa a água fria e tubo por onde passa a água quente).

Tabela 9 – Análise ABC tipos de defeitos

Local do defeito	% Impacto modelo A	% Incidência 10 l	% Incidência 13 l	% Incidência 16 l	Observações
Troço 1 AF	9,55	1,23	1,73	1,75	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 2 AF	1,15	0,48	0,48	0,44	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 3 AF	1,06	0,48	0,48	0,37	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 4 AF	7,07	0,82	0,82	0,99	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 5 AF	1,27	0,62	0,62	0,17	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 1 AQ	10,88	6,52	6,52	2,27	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 2 AQ	1,58	0,52	0,52	0,10	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 3 AQ	1,77	0,76	0,76	0,59	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 4 AQ	1,24	0,14	0,14	0,20	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Troço 5 AQ	0,90	0,04	0,04	0,52	Produção serpentinas / varetas de solda entrada forno
Cotovelo	6,60	1,69	1,69	0,56	Analisar processo produção cotovelos
Fusível	5,17	0,92	0,92	1,97	Analisar processo produção fusíveis
Lamelas	5,65	4,03	4,03	0,69	Colocação das grelhas entrada forno

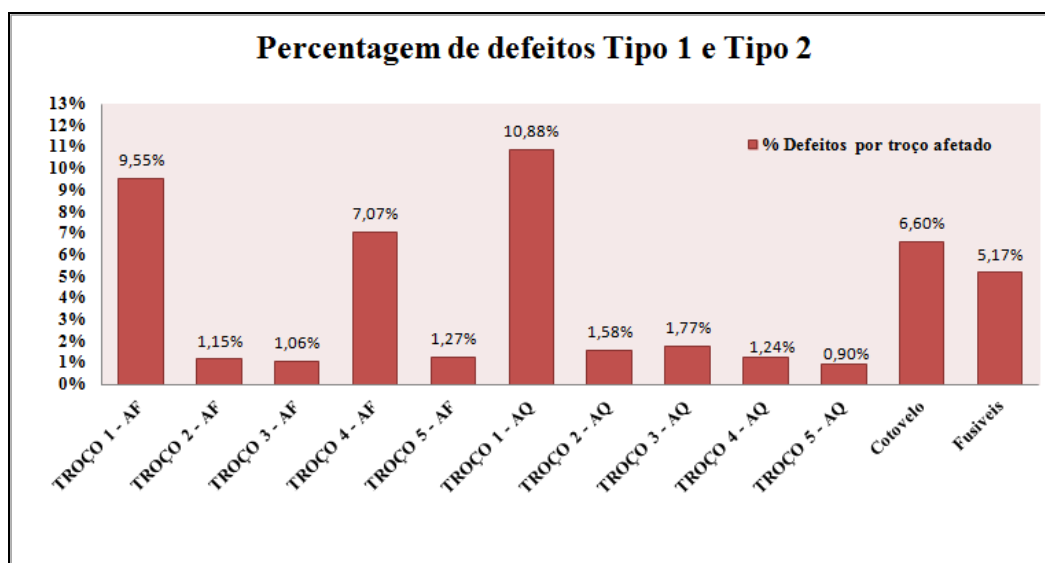


Figura 41 – Defeitos Tipo 1 e Tipo 2 por troço

Com base na análise da tabela ABC e do gráfico da Figura 41, foi possível determinar a percentagem de afetação de cada troço, permitindo identificar os mais afetados para o defeito do Tipo 1 e Tipo 2, determinando as respetivas melhorias a implementar. As ações definidas para os troços mais afetados foram:

- Troço 1 AQ / Troço 1 AF / Troço 4 AF – As causas destas falhas encontram-se relacionadas com a qualidade de produção da serpentina. As melhorias desenvolvidas para colmatar a incidência nestes troços implicam a análise dos equipamentos responsáveis pela sua produção. Deste modo, estas ações ficaram sob a responsabilidade da engenharia de processo e do responsável operacional, uma

vez que requerem o ajuste dos parâmetros das máquinas. Após a retificação, procedeu-se novamente ao acompanhamento da incidência à saída do forno, de modo a perceber o impacto que as ações implementadas tiveram na redução dos defeitos. Os dados relativos a este acompanhamento encontram-se apresentados na análise dos resultados das ações implementadas para reduzir a percentagem de defeitos Tipo 1 e Tipo 2, apresentados na Figura 44. É de referenciar que as alterações realizadas nas referências de varetas de solda também revelaram resultados positivos na redução da incidência destes troços.

- Lamelas – Sendo esta falha resultante da falta de pressão exercida pelas cantoneiras e ferros, a melhoria passou pela substituição destes suportes de fixação por grelhas, ação já implementada na análise do problema 2.
- Cotovelos e fusíveis – Para reduzir a incidência dos defeitos entre a junta da serpentina e estes componentes, analisou-se o processo de produção dos cotovelos e fusíveis que culminou com a proposta de alteração do uso de anéis de solda, utilizados no processo de brasagem, por pasta de solda.

4.3.3.1. Eliminação de anel de solda e substituição por pasta de solda

Os cotovelos e fusíveis são componentes produzidos na área do cobre e incorporados nas câmaras de combustão aquando da sua montagem, fazendo a ligação entre os diferentes tipos de tubos que constituem a câmara, nomeadamente a ligação às serpentinas.

Todo este processo está representado no *value stream mapping* da Figura 42. Estes componentes são produzidos em duas máquinas distintas e, posteriormente, são lavados, no processo K, para que seja retirada toda a rebarba e óleo que possa prejudicar o acabamento, identificado pelo processo M. Posteriormente, os componentes são armazenados em supermercado até seguirem para as células de montagem.

Todos os componentes, exceto os que têm como destino a linha automática, necessitam de passar pelo posto de colocação de anéis. Apesar de terem a mesma referência em supermercado, os que seguem para a linha automática não levam anel de solda, sendo abastecidos diretamente à célula, onde é colocada pasta de solda nestes pontos.

Face à diferença de *standard* entre processos equivalentes, foi proposta uma otimização e *standardização* do processo. Realizou-se uma análise ao fluxo de material e informação, de forma a identificar os vários problemas.

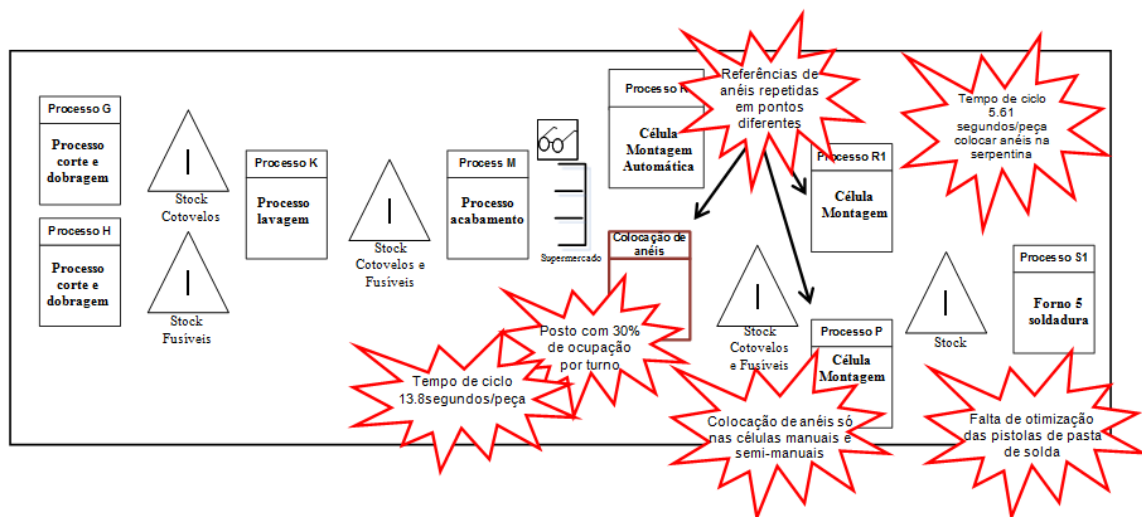


Figura 42 – VSM processo de produção de cotovelos e fusíveis

Face aos dados recolhidos, verificou-se a existência de contrafluxos, assim como a replicação de referências de anéis de solda iguais em diferentes bordos de linha, gerando desperdícios com potencial de otimização.

Durante esta análise, percebeu-se que o posto de colocação de anéis de solda tinha uma ocupação de 30%, o que conduzia à falta de operador dedicado e, em consequência, à falta de balanceamento das suas tarefas. Estas eram asseguradas por um operador alternado, consoante a disponibilidade.

Os problemas identificados foram:

- Falta de *standardização* entre processos equivalentes;
- Existência de contrafluxos no processo;
- Inexistência de operador respetivo no posto de colocação de anéis de solda;
- Existência de tarefas não balanceadas;
- Dificuldade no planeamento e gestão do posto de colocação de anéis;
- Falta de otimização do processo;
- Existência de desperdício no processo em VT²⁰ (tempo operador) e material.

²⁰ VT: traduz o tempo de valor acrescentado na produção de uma peça pelo operador.

Com base na comparação de processos e procurando a uniformização e consecutiva eliminação de contrafluxos, foi proposto eliminar a colocação de anéis de solda, passando a utilizar-se pasta de solda na entrada do forno 5, à semelhança do que já era feito na linha automática.

Para que a implementação fosse possível, foi necessário:

- Incluir a tarefa na sequência operacional do operador à entrada do forno;
- Formar o operador para colocar a pasta (quantidade, local, calibrar pistolas de pasta de solda).

Para sustentar a proposta de melhoria, fez-se o levantamento da situação inicial, reunindo as câmaras existentes do modelo A e as respectivas referências e quantidade de anéis que utilizam. A Tabela 10 apresenta um excerto das câmaras existentes.

Tabela 10 – Excerto câmara vs. anel de solda

Câmara	Modelo de anel de solda colocado		
	#107	#108	084
Câmara 1	4	-	1
Câmara 2	4	1	-

Pela análise da Tabela 10, verificou-se que esta proposta permitiria eliminar três referências de anéis de solda: #107, #108 e #084.

No decorrer do levantamento, identificou-se a existência de mais uma tarefa de colocação de anel na ligação da serpentina à câmara durante o processo de montagem. À semelhança da proposta de eliminação de anéis nos cotovelos e fusíveis, passar-se-ia a colocar um ponto de pasta de solda nesta ligação, em detrimento do anel de solda.

Com esta alteração, consegue-se eliminar o posto de colocação de anéis de solda, assim como os contrafluxos existentes e a replicação de material em diferentes zonas da área em estudo. A ação de melhoria passa pela colocação de cinco pontos de pasta de solda em vez da utilização de cinco anéis nas ligações hidráulicas entre os diferentes componentes à câmara, *standardizando* o processo entre os dois fornos.

De modo a analisar o impacto que esta ação teve nos custos, elaborou-se o levantamento da quantidade e respetivo peso por ponto, necessário para a realização desta troca. No entanto, devido à falta de parametrização das pistolas, foi determinado o seu peso médio, com base numa tiragem de 88 pontos de pasta, gerando a amostragem apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 – Peso médio por ponto de pasta de solda

Teste	Quantidade de pontos	Peso (g)	Peso médio por ponto de solda
1	5	3,903	0,781
2	8	3,895	0,487
3	10	4,550	0,455
4	7	3,901	0,557
5	8	7,492	0,937
6	10	4,752	0,475
7	8	3,780	0,473
8	12	4,560	0,380
9	8	2,980	0,373
10	12	4,345	0,363
Peso médio (g) por ponto de pasta de solda			0,500

Com este estudo, concluiu-se que cada ponto tem um peso médio de 0,5 g. Sabendo a quantidade de pontos necessários e tendo em conta o seu preço por Kg, foi possível determinar o custo do uso de pasta de solda neste processo. Paralelamente analisou-se o custo da utilização dos anéis de solda, com base nas referências, quantidade e respetivo custo dos anéis a eliminar, totalizando no estado inicial um valor de aproximadamente 62 000 €. Concluiu-se que esta ação permitiu reduzir os custos associados ao processo de brasagem.

Este levantamento foi fundamental no aferimento da viabilidade desta ação, assim como na determinação do custo futuro, reforçando a decisão de implementação desta melhoria no processo em estudo.

Para além dos ganhos obtidos em material, conseguiu-se eliminar o posto e a tarefa de colocação de anéis de solda nas células de montagem, célula 2 e célula 3, verificando-se uma alteração nos tempos de tarefas dos operadores que asseguravam estas operações.

Calculando o tempo gasto, com base no tempo de ciclo de cada peça, tanto para o posto de colocação de anéis de solda, 13,8 segundos por peça, como nas células de montagem, 11,22 segundos por peça, concluiu-se que na situação inicial o tempo total de VT era de 25,02 segundos por peça. Com a implementação desta ação, elimina-se este contrafluxo e insere-se a tarefa de colocação de pontos de pasta de solda na entrada do forno 5, assumindo um tempo de tarefa de 10,6 segundos por peça.

Considerando que os ganhos foram calculados com base na produção do ano transato, conclui-se que a implementação desta melhoria permitiu uma redução nos custos relativos a matéria-prima e VT de 50,7% face à situação inicial.

No entanto, como a colocação de pasta de solda tem impacto direto na qualidade de soldadura destes componentes à câmara, acompanhou-se durante uma semana o número de falhas/fugas no posto de testes. Os dados obtidos encontram-se representados na Figura 43.

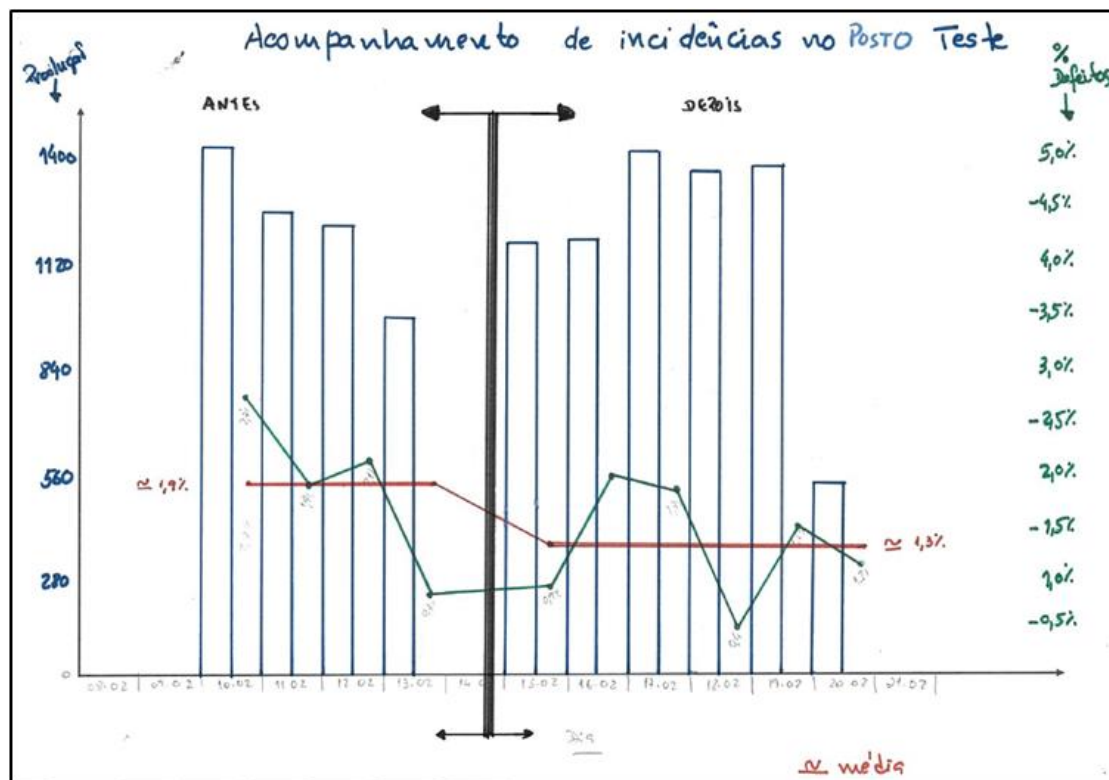


Figura 43 – Gráfico de acompanhamento dos resultados

Pela análise do gráfico, verifica-se que a implementação deste projeto não originou falhas no sistema de teste e ainda se conseguiu obter uma redução de 0,6% no valor médio, relativamente à média calculada inicialmente.

De forma a garantir uma correta monitorização da implementação desta melhoria, definiram-se dois indicadores de *performance*:

- o tempo de tarefa, que passará de um tempo atual de 25,02 segundos para 10,6 segundos por peça;
- o custo final da operação, que reduziu de 0,07 € para 0,04 €.

Deste modo, com a implementação desta melhoria, reduziu-se a complexidade, melhorando a transparência, flexibilidade e orientação do mesmo.

Para analisar o impacto das ações de melhoria implementadas, tanto na linha em estudo como nos processos a montante, realizou-se um novo acompanhamento à saída do forno, com o objetivo de perceber o impacto das melhorias na redução das falhas ao nível dos troços alvo de estudo e, consequentemente, na percentagem de

defeitos do Tipo 1 e Tipo 2. Para tal, recorreu-se à folha de registo utilizada durante o levantamento inicial. Os dados recolhidos e analisados refletiram um impacto positivo, permitindo verificar a esperada redução de incidência visual nos defeitos Tipo 1 e Tipo 2. O resultado demonstra a eficácia de todas as ações implementadas encontrando-se apresentado na Figura 44.

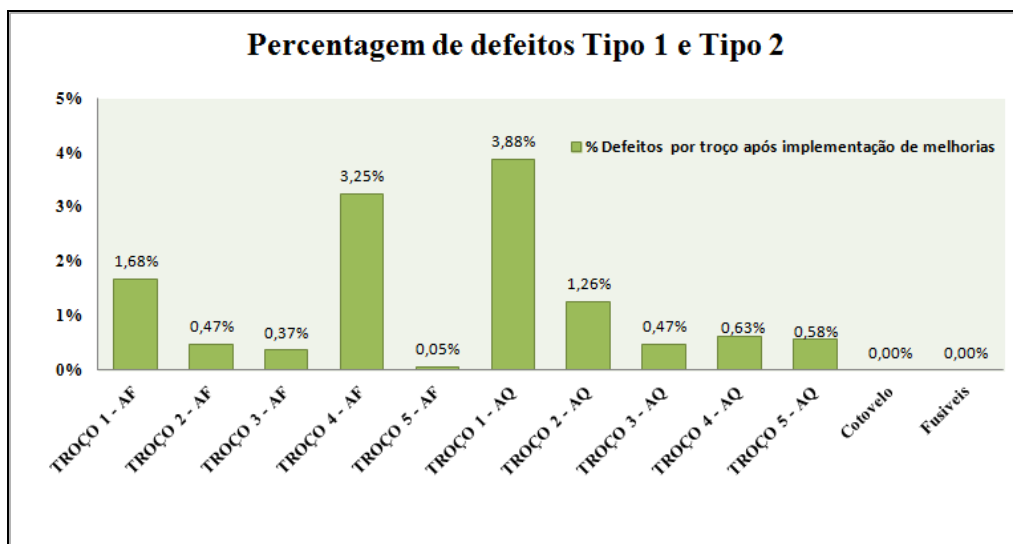


Figura 44 – Resultados melhorias na redução dos defeitos Tipo 1 e Tipo 2

Sendo a existência de defeitos, e consequente necessidade de retrabalho, umas das principais razões de perda desta linha, a identificação dos problemas e o desenvolvimento de ações estruturadas para a sua resolução, permitiram reduzir o número de defeitos à saída do forno, tendo um impacto direto no *output* da linha, aumentando a sua disponibilidade e eficiência.

4.3.4. Problema 4 – Falsos rejeitados no sistema de teste

O problema surgiu devido ao elevado número de rejeições no sistema de teste. Este posto é responsável por testar a estanquidade entre as diversas ligações hidráulicas do produto e localiza-se no fim da linha de produção do forno 5.

Após terem sido implementadas as melhorias na entrada do forno, sendo o sistema de teste o posto de estrangulamento da linha, procedeu-se ao estudo de ações que potencialmente melhorassem o seu desempenho.

Assim, numa primeira fase, começou por se analisar a:

- Influência da variação da temperatura;
- Influência dos elementos de vedação;
- Influência do sistema de filtragem.

A influência dos programas de teste para os diferentes modelos também foi alvo de estudo durante a análise do posto, revelando elevado potencial de melhoria.

A análise e estudo das soluções para este posto envolve a necessidade de conhecimentos técnicos, assim como a necessidade de assistência por parte do fornecedor no desenvolvimento de alterações programáticas ao nível do sistema de teste. Durante a identificação das possíveis melhorias, sentiu-se a necessidade de integrar uma equipa responsável pelas ações a desenvolver. A equipa destacada para o efeito foi constituída por pessoas da engenharia de processo, dedicados ao estudo dos elementos que influenciam o resultado do teste, pelo serviço de assistência técnica e pela autora deste documento, sendo esta responsável pelo acompanhamento, monitorização e coordenação das melhorias desenvolvidas no posto, como também pela quantificação do impacto das ações da equipa na linha de produção.

4.3.4.1. Redução do número de rejeições no sistema de testes

O primeiro ponto alvo de estudo foi a redução do número de falsos rejeitados no sistema de testes. Entende-se como falso rejeitado um teste, ao circuito hidráulico do modelo A, que está fora do limite aceitável de cota de fuga, mas que, no entanto, não se trata de uma fuga real no produto, ou seja, não constitui uma não conformidade real.

Existem várias causas que podem estar na sua origem. Para a sua identificação, foi realizado um mapeamento do número de casos, assim como o levantamento, durante um mês, da percentagem de falsos rejeitados e as causas – efeitos que podem estar na origem do problema acima referido utilizando uma estratégia de resolução estruturada de problemas.

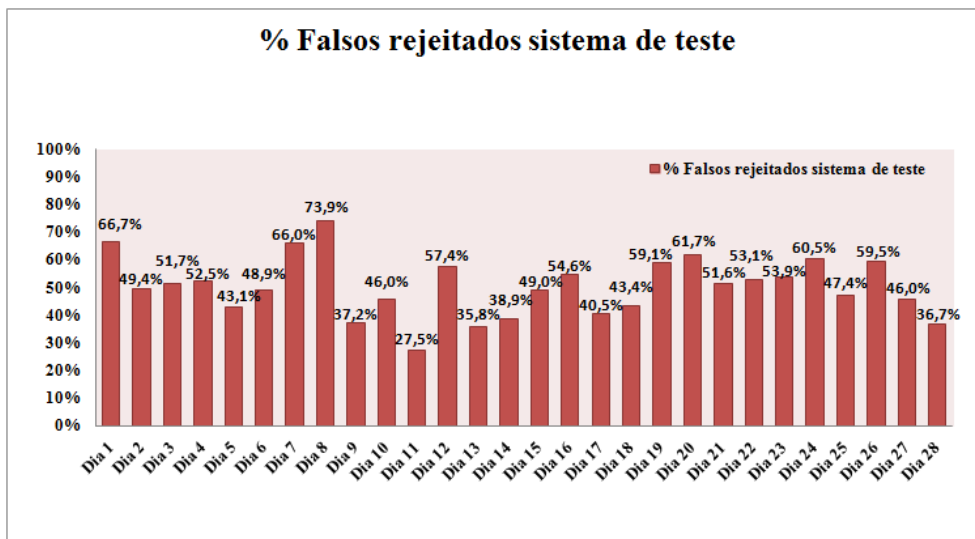


Figura 45 – Acompanhamento de falsos rejeitados

Pela análise da Figura 45, concluiu-se que a percentagem de falsos rejeitados no sistema de testes é de aproximadamente 50%, o que reforça a necessidade de implementar ações que conduzam à sua redução. No

acompanhamento, foi realizado um levantamento dos possíveis fatores que pudessem estar na origem do problema, direcionando-se o estudo neste sentido.

Influência da variação da temperatura

Dada a tecnologia em uso para aferir a cota de fuga dos diferentes modelos de câmaras, comprovou-se que a variação entre a temperatura da peça e a temperatura ambiente influencia diretamente o resultado do teste de estanquidade, ou seja, pode originar um resultado negativo num produto que, efetivamente, esteja normal.

Com o intuito de resolver este problema de variação de temperatura, efetuou-se uma correta parametrização do túnel de arrefecimento, para cada estação do ano, de forma a garantir que o produto tivesse uma variação inferior a 5°C face à temperatura ambiente.

Influência dos elementos de vedação

Foram avaliadas as características mecânicas (material e dureza) dos *o-rings*²¹ utilizados neste processo. Após vários testes para comprovar a eficácia dos diferentes modelos de *o-rings*, foi selecionado o modelo que demonstrou melhores resultados.

Foi criada uma metodologia de realização de tarefa de manutenção autónoma, por turno, para efetuar a troca dos *o-rings* nos conectores que fazem a ligação da máquina ao produto a ser testado, eliminando drasticamente a existência de possíveis microfugas entre as ligações máquina-produto.

Influência do sistema de filtragem

O sistema de filtragem é responsável por filtrar possíveis partículas, tais como pó e resíduos, resultantes de processos anteriores, para que estes não influenciem negativamente o resultado de teste, tendo um preponderante impacto na *performance* do tamponamento do circuito.

Para melhorar o tamponamento do sistema de teste, alterou-se a tecnologia da válvula, de maneira a assegurar uma maior estanquidade no circuito de teste.

Desta forma, o grande objetivo das ações desenvolvidas passou pelo aferimento efetivo da fuga presente no produto, minimizando as possíveis fugas de máquina e as influências do meio ambiente, tendo em conta a tecnologia de teste utilizada.

Para que seja possível perceber a influência das ações na redução da percentagem do número de falsos rejeitados, segue-se o gráfico presente na Figura 46, onde se encontram os resultados obtidos relativamente à percentagem de falsos rejeitados após a implementação das melhorias.

²¹ *O-ring*: anel de vedação

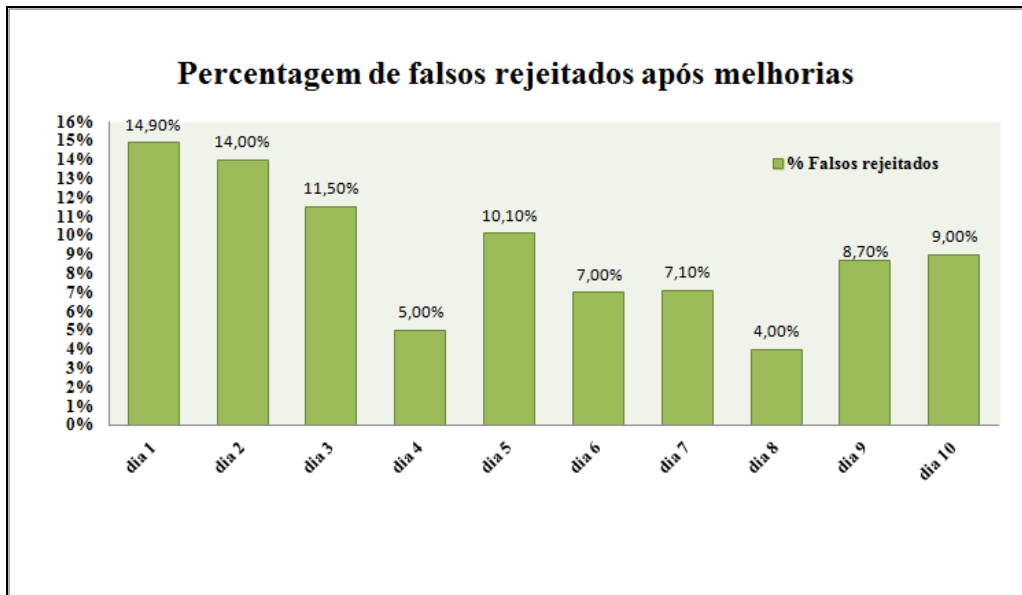


Figura 46 – Média diária de falsos rejeitados após melhorias

Pela análise da Figura 45, verificou-se que no início do mapeamento a média de incidência rondava os 50% e, com a implementação das várias ações acima descritas, conseguiu estabilizar-se a percentagem de falsos rejeitados dentro do objetivo inicialmente proposto, abaixo dos 10%, Figura 46, comprovando-se que a temperatura, os elementos de vedação, assim como o sistema de filtragem são fatores com grande influência no resultado de teste.

4.3.4.2. Adequação dos programas de teste aos diferentes modelos

A partir da análise da folha de trabalho *standard* e do programa de teste, foi possível identificar os vários tempos de teste, com base na informação presente nos diferentes balanceamentos característicos de cada modelo e, posteriormente, foi estudada a possibilidade de os otimizar. Nos dados recolhidos, verificou-se que o tempo de teste do produto (tempo máquina) é superior ao tempo de operador, direcionando a atenção para a possibilidade de otimizar o tempo de teste.

Cada posto tem um monitor detentor de um sistema, capaz de apresentar um gráfico dinâmico, que permite analisar a evolução do tempo de teste e o respetivo valor da cota de fuga admissível, permitindo aferir o resultado do teste ao produto. Constatou-se que os tempos de teste variavam consoante o modelo a testar, mantendo-se independentes da litragem do produto, como se encontra demonstrado na Tabela 12.

Tabela 12 – Tempos de teste iniciais

Modelo	Litragem	Tempo de teste atual [s]	Produção por turno [%]
Modelo A	10 l	30,8	20,83 %
	13 l		47,92%
	16 l		8,33%
Modelo B	12 l	34,7	5,83%
	15 l		5,00%
	18 l		1,67%
Modelo C	-	34,9	2,08%
Modelo D	-	30,8	8,33%

Verificou-se que a *performance* deste programa para as diferentes litragens não se revelava eficaz relativamente à medição da cota de fuga admissível do produto. Este facto está associado à inexistência de tempos de teste distintos para câmaras do mesmo modelo, mas de litragens diferentes. Como analisado, uma câmara do modelo A apresenta um tempo de ciclo de 30,8 segundos independentemente da sua litragem ser de 10 l, 13 l ou 16 l. Confirmou-se que o tempo efetivamente necessário para a medição da cota de fuga admissível destes produtos é inferior ao tempo parametrizado para o modelo em questão, sendo possível uma redução dos tempos de teste, adaptando-os às diferentes litragens.

Esta constatação, aliada ao facto de se tratar do posto bottleneck da linha, desencadeou a necessidade de criar programadas adaptados a cada litragem e devidamente otimizados a nível de tempo de ciclo e *performance*.

De forma a determinar o tempo de teste ótimo, fez-se um acompanhamento a este processo, realizando-se vários testes consecutivos para cada tipo de produto (modelo vs. litragem), até se definir o tempo ideal.

Analisando os dados, por modelo e respetiva litragem, foi possível definir um tempo de teste inferior ao inicial. Posteriormente, com o auxílio do fornecedor, foram realizadas as alterações nos respetivos programas, conseguindo-se reduzir o tempo de ciclo da linha, como está referenciado na Tabela 13.

Tabela 13 – Tempos de teste finais

Modelo	Litragem	Tempo de teste atual [s]	Produção por turno [%]	Aumento de output [%]
Modelo A	10 l	21,2	20,83 %	17,65 %
	13 l	26,2	47,92%	
	16 l	30,7	8,33%	
Modelo B	12 l	23,2	5,83%	26,87 %
	15 l	28,2	5,00%	
	18 l	33,7	1,67%	
Modelo C	-	33,7	2,08%	3,44 %
Modelo D	-	30,8	8,33%	0%

Tendo em consideração a otimização dos programas, conseguiu-se uma redução média no tempo de ciclo de 1,4 segundos e uma melhoria de *performance* dos diferentes testes em 17,83%.

Concluiu-se pela análise dos gráficos e das tabelas ilustrativas das medidas implementadas, que foi possível otimizar este posto, reduzindo o número de rejeições de testes, o tempo de ciclo e, conseqüentemente, aumentar a capacidade de produção da linha.

4.4. Análise dos resultados alcançados com a implementação das melhorias na linha do forno 5

O principal objetivo deste projeto passou por dotar a linha do forno 5 de melhorias que conduzissem a um aumento da produtividade, assegurando a resposta às necessidades do cliente. Para isso, foi necessário garantir o *takt time* da linha, eliminar desperdícios otimizando o tempo tarefa dos operadores, assegurar a redução de defeitos visuais, melhorar os tempos de teste e diminuir as perdas de disponibilidade, qualidade e velocidade no processo, reunindo assim condições que lhe permitissem melhorar os seus indicadores e a capacidade de produção em 33%.

A estratégia passou por identificar as principais causas de perda e atuar sobre as mesmas, propondo ações de melhoria que refletissem a redução do seu impacto na *performance* da linha. Tendo todos os postos uma

influência direta na produtividade, as ações de melhoria implementadas foram direcionadas para a sua otimização, focando-se nos quatro principais problemas, identificados como críticos, na linha em estudo. A Tabela 14 resume os problemas identificados, as soluções propostas, assim como as respetivas ações de melhoria implementadas para colmatar cada um dos problemas.

Tabela 14 – Problemas e ações de melhoria

Problema identificado		Solução do problema	Ações para a resolução do problema
Problema 1	Incumprimento com o <i>takt time</i>	Garantir o cumprimento do <i>takt time</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação <i>Andon</i>
Problema 2	Excesso de manuseamento à entrada no forno	Reduzir manuseamentos à entrada do forno	<ul style="list-style-type: none"> • Redução da complexidade das soldas utilizadas • Substituição dos tabuleiros por carros de abastecimento • Uniformização de suportes de fixação • Eliminação de colocação de insertos na entrada do forno
Problema 3	Número de defeitos detetados à saída do forno	Reduzir o número de defeitos à saída do forno	<ul style="list-style-type: none"> • Substituição de anel de solda por pasta de solda
Problema 4	Falsos rejeitados no sistema de teste	Reduzir o tempo de teste e a percentagem de falsos rejeitados no teste de estanquidade	<ul style="list-style-type: none"> • Adequação dos elementos influentes (temperatura, vedantes, sistema filtragem) • Adequação dos programas de teste

As várias melhorias abordadas ao longo deste projeto foram desenvolvidas e implementadas sequencialmente, direcionadas para o mesmo objetivo: obter melhorias na *performance* dos postos, dos operadores, no tempo de ciclo, nos sistemas e indicadores de controlo de produtividade, tendo cada uma delas, um impacto positivo no aumento da capacidade produtiva.

A análise dos resultados obtidos após a implementação das ações é fundamental para que se consiga perceber se o objetivo do projeto foi efetivamente cumprido. É de salientar que todos os ganhos serão evidenciados segundo percentagem, devido ao termo de confidencialidade de dados acordado com a empresa, o qual não permite a associação e divulgação de valores numéricos aos dados.

De forma a assegurar um acompanhamento regular, numa tentativa de cumprir com os prazos propostos para cada ação desenvolvida, como referido, foi criado um *project point* CIP que reunia a equipa duas vezes por semana. Deste modo, garantiu-se que os elementos do MOE3 se mantiveram informados sobre as alterações

que ocorreram na linha do forno 5, promovendo a comunicação estruturada entre a equipa e criando pequenas sessões de *brainstorming*, fomentando o surgimento de propostas de melhorias ao processo, assim como suporte à resolução sustentada de problemas.

Após a conclusão de todas as atividades, na fase de monitorização, fez-se um seguimento diário dos indicadores necessários para garantir a estabilidade e sustentabilidade do projeto. Esta fase exigiu uma análise do *output* da linha, dos valores de defeitos à saída do forno, da quantidade de sucata gerada, assim como dos dados relativos à percentagem de falsos rejeitados e de peças que passaram à primeira no teste de estanquidade (medido pelo FTT – *First Time True*). Este acompanhamento foi realizado com o intuito de monitorizar os indicadores que permitiram mensurar os ganhos obtidos com o desenvolvimento do projeto.

Seguidamente, na Figura 47, apresentam-se os diferentes elementos que suportaram o *project point* CIP.

- A3 desenvolvido;
- *One point list* (onde se colocaram as ações que surgiram no âmbito do projeto, com vista à resolução dos problemas que foram surgindo no decorrer do projeto);
- Gráficos com os indicadores de seguimento diário;
- Matriz de escalonamento (indica o membro que deve ser alertado, caso existam problemas no decorrer do projeto)
- Matriz de presenças (faz transparecer aderência e envolvimento de toda a equipa no projeto).



Figura 47 – Apresentação de fecho de projeto

Para facilitar a interpretação dos resultados e a interligação entre as melhorias e os ganhos, procedeu-se à análise do impacto das ações por problema.

Problema 1 – Implementação do sistema Andon

A aplicação desta ferramenta de gestão visual melhorou a transparência do processo, permitindo um acompanhamento em tempo real dos problemas, dos indicadores de *performance*, assim como a disponibilização de sistemas de reação rápida. Permite transmitir aos colaboradores um conhecimento do estado global do processo produtivo, dando-lhes mais orientação e controlo sob a ocorrência de desvios, incentivando-os e motivando-os a alcançar os objetivos. Com a integração deste sistema, os operadores deixaram de assegurar unicamente o bom funcionamento das máquinas, passando a ser parte integrante do sistema de produção.

Facilitando o acompanhamento da *performance* da linha à distância, este sistema revelou-se bastante vantajoso para os responsáveis de linha e para toda a equipa de suporte, tornando a orientação em situações de necessidade de reação imediata mais rápida e intuitiva. Ao facilitar a gestão da informação, permitiu aumentar a prevenção sob os problemas, aumentando a disponibilidade, velocidade e qualidade da linha, refletindo-se num aumento do OEE.

Problema 2 – Redução de manuseamento na entrada do forno 5

A redução da complexidade inerente ao uso de varetas de solda utilizadas conduziu a uma redução de 87% no número de *change-overs* realizados na entrada do forno, assim como a uma redução de 23,3% nos custos de matéria-prima. Esta alteração permitiu minimizar o tempo despendido pelo operador em movimentações e reduzir o tempo de ciclo associado, aumentando a disponibilidade do posto em 20 minutos diários.

Com a implementação dos carros de transporte de câmaras de combustão e com a uniformização do uso das grelhas, melhorou-se as condições ergonómicas e reduziu-se os problemas de qualidade nas câmaras de combustão. O uso de grelhas no processo teve um impacto direto na redução do número de defeitos à saída do forno, refletindo-se numa diminuição de 4,75% de incidência da lamela à saia. Salienta-se, ainda, que a passagem da colocação de insertos para as células, permitiu eliminar a execução desta tarefa na entrada do forno, gerando um ganho de 1,62 segundos por câmara.

Como se verificou no balanceamento inicial, as tarefas do posto 1 e 2 encontravam-se balanceadas para um operador. No entanto, apesar do resultado conseguido com as melhorias implementadas ter sido positivo, não se demonstrou suficiente para que se conseguisse garantir o *output* desejado. Foi necessário inserir mais um operador na entrada do forno, por se tratar do posto *bottleneck* e condicionar o alcance do objetivo. Com o auxílio do departamento especializado em MTM, balanceou-se a linha para cinco operadores.

A implementação destas ações de melhoria, assim como a inserção de mais um operador, exigiu a criação de um novo balanceamento das tarefas à entrada do forno. Este contemplou uma nova sequência e tempo de

tarefas, permitindo solucionar o problema de excesso de manuseamento, reduzindo o tempo de ciclo do posto em 14,7 segundos, aumentando a sua cadência. Deste modo, o posto de testes passou a ser o *bottleneck* da linha.

Problema 3 – Redução do número de defeitos à saída do forno 5

A qualidade dos componentes que constituem a câmara, o comportamento dos materiais utilizados e o modo de execução das tarefas por parte do operador têm uma influência direta no aparecimento de falhas após o processo de soldadura. A análise da percentagem de incidências deste posto, permitiu aferir o impacto das melhorias efetuadas.

Verificou-se que a implementação das melhorias na entrada do forno, assim como as alterações realizadas no processo de produção de serpentinas, cotovelos e fusíveis, permitiu reduzir a percentagem de incidência nos troços alvo de estudo. O gráfico presente na Figura 48, evidencia os ganhos obtidos.

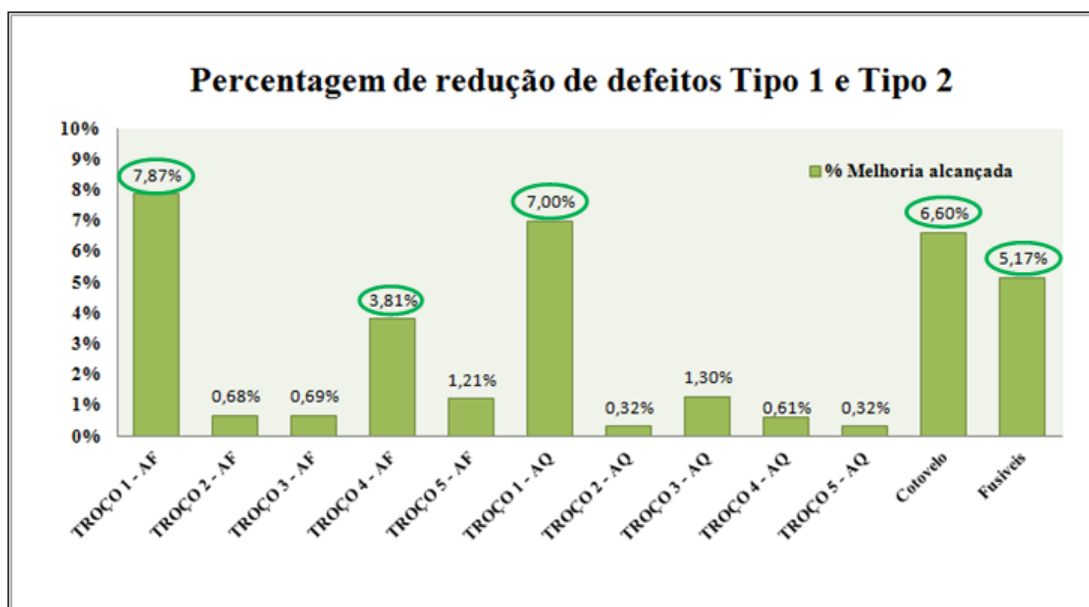


Figura 48 – Percentagem de redução do número de defeitos visuais à saída do forno 5

Tendo em conta que a percentagem de defeitos no estado inicial era de 43%, concluiu-se que todas as ações desenvolvidas permitiram uma redução de 20%, conseguindo baixar a percentagem de incidência para os 23% no modelo A.

Paralelamente, verificou-se uma diminuição do volume de retrabalho, o que conduziu a uma redução do tempo de ciclo em 0,1 segundos por peça. É de referir que o operador deste posto assegura outras tarefas após o retrabalho da câmara, como é evidenciado na Tabela 17. Este facto, permitiu otimizar as tarefas subsequentes, conduzindo a uma redução total à saída do forno de 7.2 segundos, por ciclo de produção.

Com as alterações realizadas no processo de produção de cotovelos e fusíveis, foi possível melhorar os fluxos de material e informação, assim como reduzir os custos com a matéria-prima.

Problema 4 – Redução do tempo e da percentagem de falsos rejeitados no teste de estanquidade

As melhorias realizadas neste posto reduziram a influência negativa dos vários fatores identificados como críticos, influenciando a *performance* do resultado de teste, proporcionando uma redução da média de falsos rejeitados. Estas possibilitaram o desenvolvimento e implementação de novos programas de teste, com tempos adaptados ao modelo e respetiva litragem, permitindo assim reduzir o tempo de ciclo do posto.

Com o acompanhamento realizado durante o período de monitorização, Figura 46, constatou-se uma redução de 30% no número de falsos rejeitados, sendo possível alcançar uma média de 10% de rejeição, de acordo com o objetivo desejado. Consequentemente, conseguiu-se melhorar a percentagem de passagem do produto à primeira tentativa no teste, sendo esta traduzida pelo indicador percentual FTT, verificando-se um incremento de 10% neste indicador. Com a implementação destas medidas, otimizou-se o tempo de ciclo do posto, reduzindo-o em 1,5 segundos por peça.

O balanceamento que se segue, Tabela 17, contempla as alterações realizadas nos diferentes postos da linha de produção ao nível das tarefas, sequência e respetivo tempo de tarefa, assim como as melhorias de tempo de ciclo conseguidas com a inclusão do cenário de cinco operadores. Este facto permitiu melhorar a eficiência de balanceamento, assim como a capacidade de produção da linha.

Com as novas condições, conseguiu-se reduzir o tempo de ciclo do forno 5 em nove segundos e aumentar o *output* teórico de 650 para 838 câmaras de combustão. As melhorias efetuadas ao longo do projeto, diminuíram o tempo de ciclo dos postos, Tabela 15, conduzindo ao alcance de um tempo de ciclo de 31 segundos por peça, no modelo A.

Tabela 15 – Ganhos em tempo de ciclo

Abordagem problema	Redução tempo de ciclo [s]
Problema 2	14,7 segundos
Problema 3	7,3 segundos
Problema 4	1,5 segundos

Para além dos ganhos no tempo de ciclo da linha, também se obteve uma redução média anual de 47,8% no custo de matéria-prima, tal como se encontra apresentado na Tabela 16.

Tabela 16 – Poupança anual em matéria-prima

Abordagem ao problema	Melhoria	Poupança em matéria-prima
Problema 2	Melhoria 1 – redução complexidade de varetas de solda	23,3%
Problema 3	Uso de pasta de solda nos cotovelos e fusíveis	60%
Poupança anual em matéria-prima		47,8%

Tabela 17 – Balanceamento final

	Secção / Célula	Familia		Produto		BAL - xxx		
	Forno	Modelo A		litragem 10	litragem 13	litragem 16		
Nr. Sequência Operacional	Responsável	Análise efectuada por		Data		Revisão		
	Responsável Departamento	Responsável métodos e tempos		Após implementação		00		
	Operadores [nº]	5	4	3				
	Observações [nº]							
	POT-T. Planeado Produção [m]	430	430	430				
	Capacidade Planeada [quant.]	838	518	466				
	TcP-Tempo ciclo Planeado [s]	31	50	55				
	Eficiência Balanceamento [%]	87.5%	67.6%	81.1%				
	Posto Operador	Tempo [seg]	Tempos Acumulados por Operador					
Montagem 1	Antes de soldadura	2.16	2.2	2.2	2.2			
Montagem 2		1.44	3.6	3.6	3.6			
Montagem 3		1.98	5.6	5.6	5.6			
Montagem 4		1.44	5.6	5.6	5.6			
Montagem 5		0.90	6.5	6.5	6.5			
Montagem 6		10.60	17.1	17.1	17.1			
Montagem 7		3.24	20.3	20.3	20.3			
Montagem 8		1.98	22.3	22.3	22.3			
Troca de carro de câmaras		0.76	23.1	23.1	23.1			
Troca de caixas		0.02	23.1	23.1	23.1			
Troca de caixas		0.00	23.1	23.1	23.1			
Troca de caixas		0.00	23.1	23.1	23.1			
Deslocação		1.80	24.9	24.9	24.9			
Pegar e colocar grelha na CC		Antes de soldadura	2.88	2.9	27.8	27.8		
Deslocamento para grelha			0.90	3.8	28.7	28.7		
Colocação soldas - Tarefa 1			4.32	8.1	33.0	33.0		
Colocação soldas - Tarefa 2	7.02		15.1	40.0	40.0			
Colocação soldas - Tarefa 3	2.16		17.3	42.2	42.2			
Colocação soldas - Tarefa 4	3.06		20.3	45.2	45.2			
Colocação soldas - Tarefa 5	1.98		22.3	47.2	47.2			
Trocar de carro c/ componentes de ajuda à soldadura	0.83		23.2	48.0	48.0			
Troca caixas de soldas	0.00		23.2	48.0	48.0			
Troca caixas de soldas	0.00		23.2	48.0	48.0			
Troca caixas de soldas	0.00		23.2	48.0	48.0			
Deslocação - entrada no forno	1.80		25.0	49.8	49.8			
Tempo de soldadura das câmaras (forno) -	Forno		0.00					
Tarefa de descarga 1	Descarga forno		1.62	1.6	1.6	1.6		
Tarefa de descarga 2			2.52	4.1	4.1	4.1		
Tarefa de descarga 3			1.62	5.8	5.8	5.8		
Tarefa de descarga 4		1.98	7.7	7.7	7.7			
Tarefa de descarga 5		8.64	16.4	16.4	16.4			
Tarefa de descarga 6		0.90	17.3	17.3	17.3			
Tarefa de descarga 7		2.16	19.4	19.4	19.4			
Trocar de carro c/ componentes de ajuda à soldadura	0.81	20.3	20.3	20.3				
Deslocação	0.90	21.2	21.2	21.2				
Tarefa de retrabalho	Soldadura	1.98	21.2	21.2	23.1			
Tarefa de retrabalho		3.42	21.2	21.2	26.6			
Tarefa de retrabalho		9.45	21.2	21.2	26.6			
Tarefa de retrabalho		1.98	21.2	21.2	26.6			
Tarefa de retrabalho		1.08	21.2	21.2	26.6			
Tarefa de retrabalho		0.90	21.2	21.2	26.6			
Troca de caixas de soldas		0.02	21.2	21.2	26.6			
Troca de caixas de soldas		0.00	21.2	21.2	26.6			
Troca de caixas de soldas		0.00	21.2	21.2	26.6			
Deslocamento		2.70	23.9	23.9	26.6			
Acabamento 1	Acabamento	1.62	1.6	1.6	28.2			
Acabamento 2		1.98	3.6	3.6	30.2			
Acabamento 3		2.20	5.8	5.8	32.4			
Deslocamento	Acabamento	0.90	6.7	6.7	33.3			
Acabamento 4		1.98	8.7	8.7	35.2			
Acabamento 5		4.14	12.8	12.8	39.4			
Acabamento 6		7.74	20.6	20.6	47.1			
Deslocamento		0.90	21.5	21.5	48.0			
Tarefa de Arrefecimento 1		Arrefecimento	2.16	23.6	23.6	50.2		
Tarefa de Arrefecimento 2	1.62		25.2	25.2	51.8			
Tarefa de Arrefecimento 3	1.80		27.0	27.0	53.6			
Deslocamento	1.80		28.8	28.8	55.4			
Tarefa de teste 1	Testes	0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 2		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 3		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 4		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 5		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 6		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 7		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 8		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 9		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tarefa de teste 10		0.00	0.0	0.0	0.0			
Tempo de ensaio dry test		30.80	30.8	30.8	30.8			
Fim tarefa ensaio		0.00	30.8	30.8	30.8			
Sai para cliente		0.00	30.8	30.8	30.8			

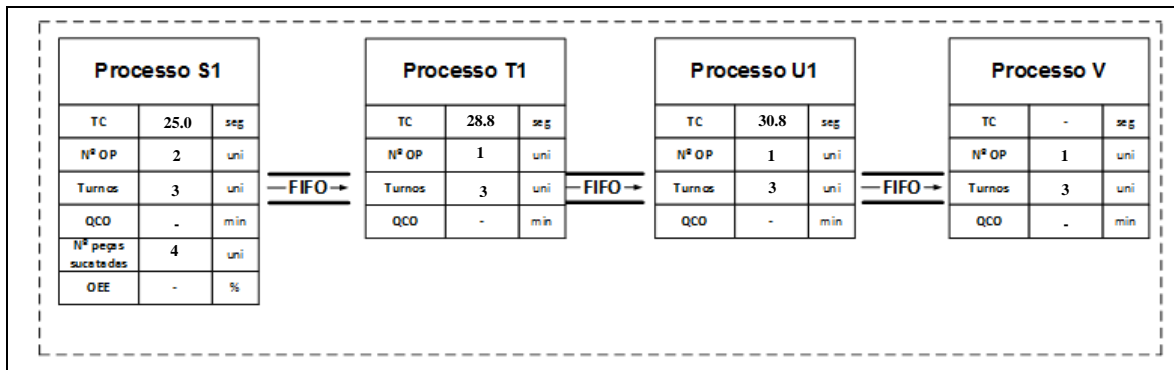


Figura 49 – VSD da linha de brasagem (forno 5)

Efetuada o plano de ações, averiguou-se o impacto no tempo de ciclo dos postos, no número de operadores no processo S1, assim como no número de peças sucata des, como evidenciado na Figura 49.

É fundamental realçar que, ao longo do projeto, foram unicamente apresentados excertos das tabelas relativas aos dados do modelo A. Contudo, a implementação do *Andon*, assim como as alterações dos carros de abastecimento e as medidas implementadas para a redução de defeitos à saída do forno, foram aplicadas a toda a linha, influenciando todas as gamas de produtos. Deste modo, torna-se perceptível que os indicadores de *performance* da linha, como no caso da eficiência e do OEE, espelhem o impacto destas alterações em todos os modelos.

Salienta-se que na entrada do forno 5 foi indispensável o apoio do responsável operacional no teste das melhorias propostas, assim como o auxílio do departamento de informática para o desenvolvimento e implementação do *software* para o sistema *Andon*, adaptando-o à linha de produção.

Após a conclusão de todas as ações que surgiram no âmbito do projeto, acompanhou-se a produção durante uma semana verificando-se nos três turnos um aumento, em média, superior ao objetivo de 33% inicialmente definido. Foi notório o contributo de todas as ações desenvolvidas, que permitiram um aumento de 37% da capacidade produtiva. Os dados recolhidos durante a semana de monitorização, encontram-se apresentados no anexo D, na Figura 63, Figura 64 e Figura 65. A partir da sua análise, reuniram-se todas as condições necessárias para se considerar o projeto estável e garantir a continuidade do sucesso dos seus resultados, concluindo o projeto.

Apesar de ser impossível eliminar todas as perdas de produção da linha, este projeto teve uma grande contribuição na sua redução. Pela análise dos indicadores, após a conclusão do projeto, verificou-se um aumento do OEE em aproximadamente 6% e uma redução de 0,2% de câmaras sucata des na linha.

Os resultados obtidos durante os períodos de monitorização, assim como os indicadores de *performance* da linha, demonstraram que o projeto teve um impacto positivo para a empresa, conseguindo-se incrementar a eficiência da área em 3%, o que refletiu um aumento de 0,6% de eficiência na fábrica.

Concluiu-se que todos os objetivos foram alcançados com sucesso, verificando-se o aumento da capacidade e eficiência da linha do forno 5, assim como um ganho anual de cerca 62 000 €, ganho este medido através do Overall Value Contribution (OVC), que se calcula com base no custo anual de um operador.

5. Conclusões

Diariamente, as empresas são desafiadas a agir de forma rápida, flexível e economicamente favorável, de maneira a satisfazer os requisitos dos clientes. Tal deve-se à crescente competitividade internacional no mercado global, o que obriga as empresas a superarem-se a cada dia.

O Grupo Bosch foca-se na procura pela excelência organizacional, inculcando este princípio junto dos seus colaboradores, os quais são essenciais para o bom desempenho da empresa. Conscientemente, os colaboradores devem trabalhar em uníssono, de forma a atingir objetivos comuns. Assim, a Bosch adota um modelo de gestão que assegura estes princípios, envolvendo todos os membros da organização em projetos de mudança.

O nível de serviço com que a organização se comprometeu, associado à previsão do aumento da procura para o ano de 2015, desencadeou a necessidade do desenvolvimento deste projeto, perspetivando uma otimização do processo produtivo da linha de brasagem. Apenas uma melhor gestão e uma visão revigorada da situação permitiram a adaptação às novas necessidades produtivas da área, garantindo uma entrega de output na quantidade certa e no ciclo previsto.

Para o efeito, recorreu-se à aplicação de metodologias e ferramentas de melhoria contínua que conduziram a um aumento da eficiência e produtividade da linha, sem que fossem necessários elevados investimentos. A capacidade de produzir mais e no mesmo tempo foi alcançada recorrendo à reorganização da linha e fazendo uma melhor gestão dos seus recursos. Mediante a avaliação dos resultados, considera-se que as metodologias aplicadas trouxeram resultados positivos para a linha produtiva da Bosch. Tal permitiu concluir que existe sempre potencial de otimização, mesmo em organizações maduras e estáveis como a Bosch.

A visão global da linha e do processo de montagem, bem como o profundo conhecimento acerca de todas as tarefas efetuadas, permitiu identificar os principais problemas da linha em questão, passíveis de ser melhorados, de forma a delinear estratégias que permitissem alcançar o objetivo proposto.

Através de uma análise cuidada, a redução do tempo de execução de algumas tarefas, com consequente diminuição do tempo de ciclo dos operadores, foi um ponto com grande potencial de melhoria.

A aplicação do método Andon possibilitou uma maior transparência da linha e facilitou o controlo global da sua *performance*. Adicionalmente, o extenso período de acompanhamento do processo produtivo permitiu uma estreita relação de confiança com os colaboradores, essencial para o alcance da melhoria.

A interação entre os diversos departamentos ao longo do projeto, facilitando a tomada conjunta de decisões, contribuiu para a compreensão do funcionamento de toda a cadeia de valor da linha em questão.

Futuramente a flutuação da procura e a subsequente capacidade de ajuste do processo produtivo, devem ser tidas em consideração ao nível da gestão de produção.

O objetivo primordial deste projeto consistia numa abordagem à melhoria da produtividade. Tendo sido usado o processo de melhoria contínua, a conclusão deste estudo em específico não deverá ser encarada como um término, mas sim como um incentivo ao desenvolvimento de mais projetos nesta matéria, atendendo a que a oportunidade de melhoria está sempre inerente à atividade de uma organização.

6. Referências Bibliográficas

Abdulmalek, F. A., e Rajgopal, J., (2007). *Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study*. International Journal of Production Economics, 107, pp. 223–236, disponível em: <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>.

Ahuja, I. P. S., e Khamba, J. S., (2008). *Total productive maintenance: literature review and directions*. International Journal of Quality & Reliability Management, 25(7), pp. 709-756.

Alvarez, R., e Antunes Jr, J., (2001). *Takt-time: conceitos e contextualização dentro do Sistema Toyota de Produção*, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-30X2001000100002&script=sci_arttext&tlng=es.

Anderson, J. S., Morgan, J. N., e Williams, S. K., (2011). *Using Toyota's A3 Thinking for Analyzing MBA Business Cases*. Decision Sciences Journal of Innovative Education, 9(2), pp. 275–285, disponível em: <http://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2011.00308.x>.

Ar., R., e Ashraf, M., (2002). *Production Flow Analysis through Value Stream Mapping: A Lean Manufacturing Process Case Study*. Procedia Engineering, 41, 1727 – 1734, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>

Art of lean, (n.d.). *Toyota Production System Basic Handbook*, disponível em: http://www.artoflean.com/files/Basic_TPS_Handbook_v1.pdf.

Baudin, M., (2007), *Working with Machines: The Nuts and Bolts of Lean Operations with Jidoka*, Productivity Press, New York.

BGN: Bosch Global Network, (2017), <http://inside.bosch.com/irj/portal>

Bhadury, B., (2000). *Management of productive through TPM*, *Productivity*, vol. 41, no.2, pp. 240-51.

Bosch, (2015). *Bosch Production System Always.Doing.Better*, 2ª ed., Robert Bosch GmbH.

Bosch, (2017). *A Bosch em Portugal*, disponível em: http://www.bosch.pt/pt/pt/our_company_10/our-company-lp.html.

Branco, R. F., (2008). *O Movimento da Qualidade em Portugal*. Grupo Editorial Vida Económica.

Castro, A. R., (2013). *Lean Six Sigma – Para Qualquer Negócio*, 2ª ed., IST Press.

Cheng, T. C. E., Podolsky, S., (1993). *Just-in-Time Manufacturing: An Introduction*. Chapman & Hall.

Coimbra, E. A., (2009). *Total Flow Management, Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Kaizen Institute.

Durward, K. S. I. A., e Smalley, (2008). *Understanding A3 Thinking: A Critical Component of Toyota's PDCA Management System*. Productivity Press.

Evans, J. R., Anderson, D. R., Sweeny D. J., Williams T.A., (1950). *Applied Production & Operations Management*, 3ª ed., West Publishing Company.

Fawcett, S.E., Cooper M. B., (1998). *Logistics Performance Measurement and Customer Success*. Industrial Marketing Management no.27, 341–357.

Fontes, N., (2013). *Walking to the Top – Como alcançar uma performance excepcional*. Rainho & Neves.

Gapp, R., Fisher, R., e Kobayashi, K., (2008). *Implementing 5S within a Japanese context: an integrated management system*. Management Decision, 46(4), 565-579, disponível em: <http://doi.org/10.1108/00251740810865067>.

Ghosh, M., e Sobek, D. K., (2002). *Effective Metaroutines for Organizational Problem Solving*. Mechanical and Industrial Engineering Department, Montana State University, Bozeman.

Grupo Bosch, (2017). Relatório Anual de 2015, disponível em: http://www.bosch.pt/pt/newsroom_11/publications_9/publications.html, acesso: 30 de Maio de 2017.

Ho, S. K. M., Cicmil, S. e Fung, C. K., (1995). *The Japanese 5-S practice and TQM training. Training for Quality*, 3 (4), 19-24, disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/29466383>.

Hua, S. Y., e Johnson, D. J., (2010). *Research issues on factors influencing the choice of kitting versus line stocking*. International Journal of Production Research, vol. 48, no. 3, pp. 779–800, Taylor & Francis.

Hüttmeir, A., de Treville, S., van Ackere, A., Monnier, L., e Prenninger, J., (2009). *Trading off between heijunka and just-in-sequence*. International Journal of Production Economics, pp. 501-507.

Imai, M., (1992). *Kaizen a estratégia para o sucesso competitivo*, São Paulo: Imam.

Imai, M., (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*, 2ª ed., McGraw Hill Professional.

Jaca, C., Viles, E., Paipa-Galeano, L., Santos, J., & Mateo, R., (2014). *Learning 5S principles from Japanese best practitioners: case studies of five manufacturing companies*. International Journal of Production Research, 52(15), 4574–4586, disponível em: <http://doi.org/10.1080/00207543.2013.878481>.

Jaca, C., Viles, E., Paipa-Galeano, L., Santos, J., e Mateo, R., (2014). *Learning 5S principles from Japanese best practitioners: case studies of five manufacturing companies*, International Journal of Production Research, 52:15, 4574-4586, disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2013.878481>.

Krafcik, J., (1988). *Sloan Management Review: Triumph of the lean production system*. Massachusetts Institute of Technology, vol 30, no.1. Disponível em: <https://www.lean.org/downloads/MITSloan.pdf>.

Labach, E. J., (2010). *Using Standard Work Tools For Process Improvement*. Journal of Business Case Studies, vol 6, no 1.

Liker, J. K., (2004). *O Modelo Toyota: 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo*. Bookman Companhia Editora.

Liker, J. K., (2006). *The Toyota Way*. *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 52, disponível em: <http://doi.org/10.1109/TEM.2004.839963>.

Melton, T., (2005). *The Benefits of Lean Manufacturing*. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(June), 662–673, disponível em <http://doi.org/10.1205/cherd.04351>.

Miguel, P. A. C., (2006). *Qualidade: enfoques e ferramentas*, 1ª ed., São Paulo: Artliber.

Montgomery, D. C., e Runger, G. C., (2009). *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*, Rio Janeiro, 5ª ed., LTC Editora.

Neumann, C., (2013). *Gestão de Sistemas de Produção e Operações – Produtividade, Lucratividade e Competitividade*. Campus.

Neves, T. F., (2007). *Importância da utilização do ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística*, disponível em: http://www.fmepro.org/XP/editor/assets/DownloadsEPD/TCC_junho2007.

Ohno, T., (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.

Ortiz, C. A., (2006). *Kaizen Assembly: designing, constructing and managing a lean assembly line*. CRC Taylor & Francis.

Osada, T., (1991). *The 5S's: Five keys to a total quality environment*. Tokyo: Asian Productivity Organisation.

Pinto, J. P., (2009). *Pensamento Lean*. LIDEL– Edições Técnicas, Lda.

Pinto, J. P., (2013). *Manutenção LEAN – A Filosofia das Organizações Vencedoras*. LIDEL– Edições Técnicas, Lda.

Pinto, J. P., (2014). *Pensamento LEAN – A Filosofia das Organizações Vencedoras*, 6ª ed. LIDEL– Edições Técnicas, Lda.

Pritchard, R. D., (1990). *Measuring and Improving Organizational Productivity: A Practical Guide*. Greenwood Publish Group.

Rother, M., e Shook, J., (1999). *Learning to see*.

Shook, J., (2008). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers*, 4ª ed., Cambridge, MA, USA: Lean Enterprise Institute.

Silva, L., Pinto, M. e Subramanian, A., (2007), “Utilizando o Software Arena como Ferramenta de Apoio ao Ensino em Engenharia de Produção”. Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu.

Singh, R. K., Choudhury, A. K., Tiwari, M. K., e Maull, R. S., (2006). *An integrated fuzzy-based decision support system for the selection of lean tools: A case study from the steel industry*, Vol.220, Iss: 10, pp.1735-1749, disponível em: <http://pib.sagepub.com/content/220/10/1735>.

Smith, E., (1992). *Manual da produtividade: metodos e atividades para o envolvimento do pessoal na melhoria da produtividade*. Texas: edições Cetop.

Sokovic, M., Pavletic, D., e Pipan, K. K., (2010). *Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS*. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol 43.

Sundar, R., Balaji, A. N., e SatheeshKumar, R. M., (2014). *A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques*. Procedia Engineering 97, 1875-1885, disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>.

West, M., (2012). *Getting Performance From Process Improvement*. IT Metrics and Productivity e-Newsletter Article Series.

Wilson, L., (2009). *How To Implement Lean Manufacturing*. McGraw Hill Professional.

Womack, J. P., Jones, D. T., e Roos, D., (1990). *The Machine that changed the world*.

Womack, J. P., e Jones, D.T., (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your corporation*, New York: Free Pass.

Wood, T., Jr., (1992). *Fordismo, Toyotismo e Volvismo: os caminhos da indústria em busca do tempo perdido*. Revista de Administração de Empresas, 32(4), 6-18.

Zapfel, G., (1997). *Customer-order-driven production: Na Economical Concept for Responding to Demand Uncertainty*, disponível em: <http://www-1sciencedirect-1com-1sciencedirect.rwth-aachen.de/bosch.com/science/article/pii/S0925527397000807>.

Anexos

Anexo A: Sistema de gestão visual



Figura 50 – Sinalização luminosa

Anexo B: Modelo para confirmação do tempo de ciclo

Modelo utilizado para registar o tempo de ciclo verificado nas confirmações de processo para os postos 1, 2, 4 e 9 da linha do forno 5.


Process Analysis of Cycle Time				Workshop	Date			
Line	Part number/Type family	Observed cycle	Min. cycle time	Max. cycle time	Cycle time duration			
No.	Cycle time [sec.]	Graphical representation of cycle time				Comment (reasons for fluctuations)		
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								

Figura 51 – Process analysis of cycle time

Anexo C: Gráficos do tempo de ciclo verificado

Os gráficos que se seguem representam os tempos de ciclo, por operador, verificados durante a análise de processo relativos ao posto 1, 2, 4 e 9, recolhidos com o uso do cronómetro. Na Figura 52, encontram-se os dados do posto 1 e 2, na Figura 53 os dados observados no posto 4 e na Figura 54, os dados registados no posto 9. Pela sua análise, é notório que existem desvios ao tempo *standard* em todos os postos.

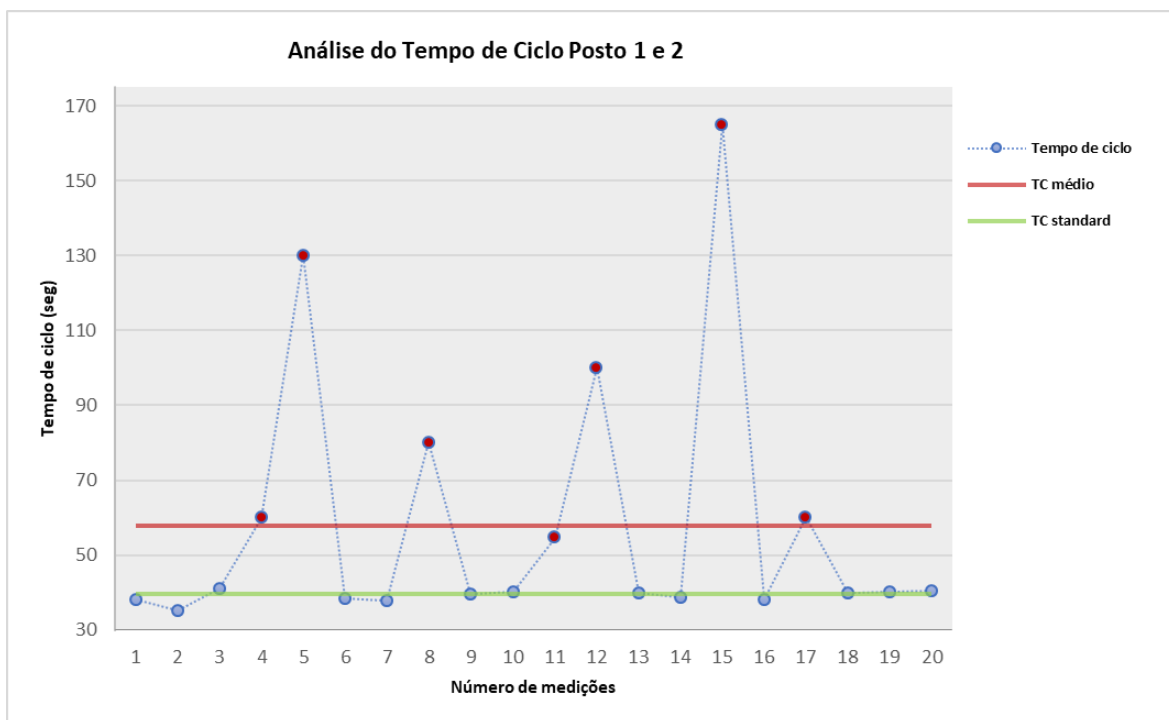


Figura 52 – Resultado do tempo de ciclo na entrada forno 5

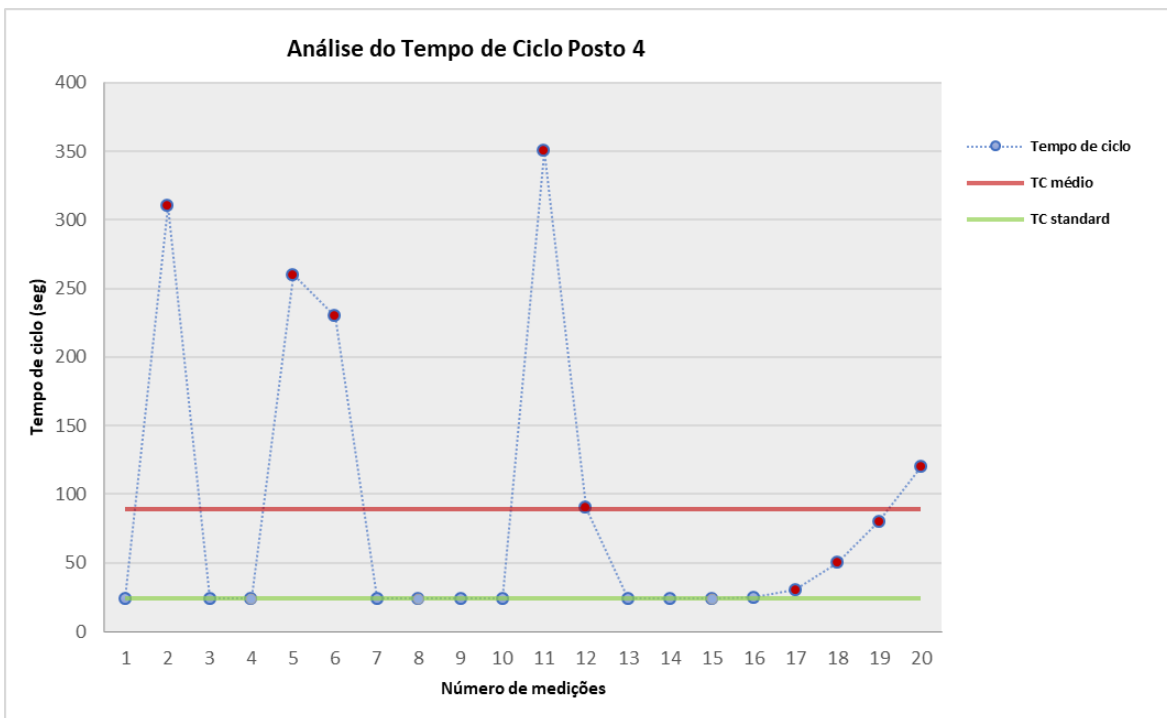


Figura 53 – Resultado do tempo de ciclo na saída forno 5

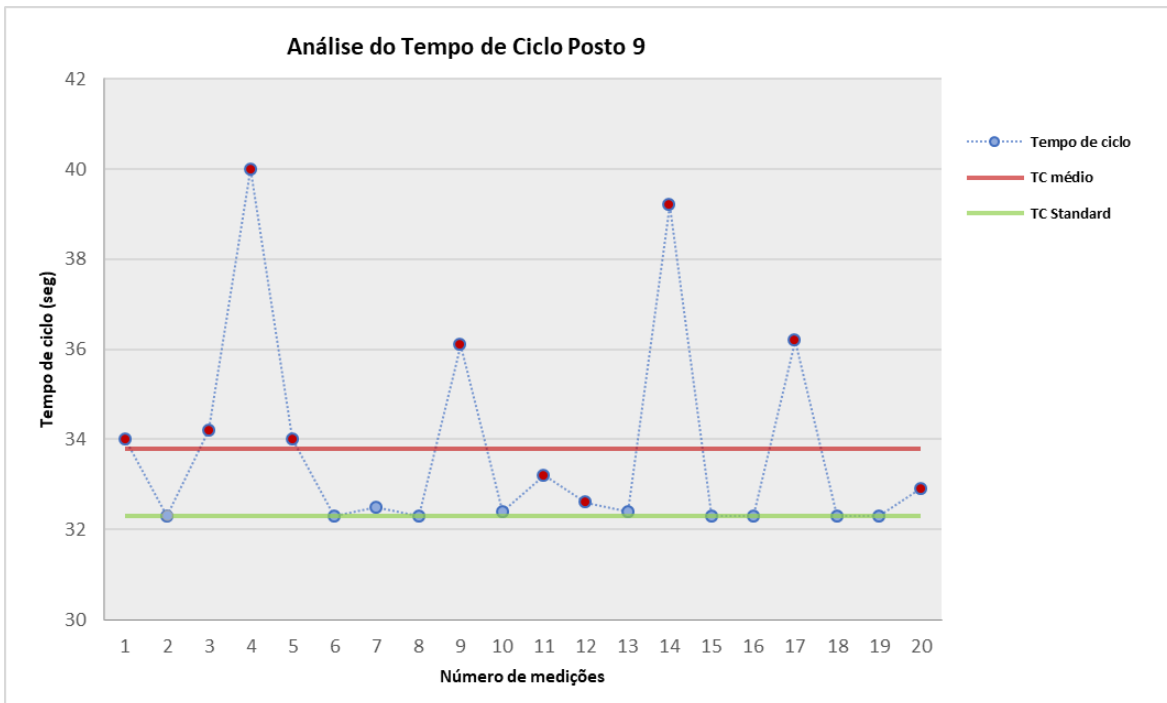


Figura 54 – Resultado do tempo de ciclo no teste de gases

Anexo D: Folha Excel de acompanhamento do OEE

Seguidamente encontra-se apresentado um excerto do ficheiro Excel utilizado para sustentar os dados relativos ao comportamento da linha de brasagem do forno 5. A partir da sua análise diária, é possível obter informação da *performance* da linha.

Forno Brasagem		4 Operadoras						3 Operadoras						Litragem Tipo 1									
DATA	TURNO	Modelo B	Modelo C	Modelo D	Modelo E	Modelo F	Modelo A	Modelo B	Modelo C	Modelo D	Modelo E	Modelo F	Modelo A	Câmara 1 com fugas (Estado de estaqueação)									
2016		47,0	43,0	39,0	32,0	40,0	40,0	66,0	76,0	61,0	66,0	69,0	40,0										
2016	1	487	384	202	610	362	2204	6	0	0	0	0	0										
2016	2	487	384	202	610	362	2204	6	0	0	0	0	0										

↑ INCIDÊNCIAS NAS CÂMARAS (inspeção visual)	↑ INCIDÊNCIAS NAS CÂMARAS (inspeção visual)	↑ INCIDÊNCIAS NAS CÂMARAS (inspeção visual)	↑ INCIDÊNCIAS NAS CÂMARAS (inspeção visual)	↑ INCIDÊNCIAS NAS CÂMARAS (inspeção visual)	TOTAL CÂMARAS COM DEFÉITO	PARAGENS NÃO PLANEADAS (minutos)					↑ FORNO	↑ PARAGENS PLANEADAS FORA DO TEMPO	TOTAL PARAGENS NÃO PLANEADAS	MANUTENÇÃO AUTÓNOMA	TOTAL PARAGENS PLANEADAS	TEMPO PRODUÇÃO EXTRA	TEMPO DE ABERTURA	VELOCIDADE	QUALIDADE	DISPONIBILIDADE	O.E.E.				
2701	2606	1903	2660	3076	20706	36	36	26	164	496	4576	642	7281	7894	64182	26	14206	16670	-2110	31760	96,67%	65,2%	82,9%		
2704	2776	824	336	939	23662	96	16	0	319	711	1030	2175	86	1010	1083	6618,6	26	1616	1640	640	33660	116,4%	67,3%	80,3%	
60%	2492	194	36	2709	25969	30	59	0	36	86	694	1344	6	962	987	6887,6	0	1400	1400	2920	118,2%	63,0%	80,3%		

Figura 55 – Ficheiro de análise do OEE

Anexo E: Introdução do *Andon* na linha

Figura 56 – Definição de turno e plano de produção

Figura 57 – Árvore de modos de falha

Esta funcionalidade permite definir, detalhadamente, a classificação das paragens de acordo com o pretendido, podendo ser alterada a qualquer momento, possibilitando um rastreamento da sua causa com maior detalhe.

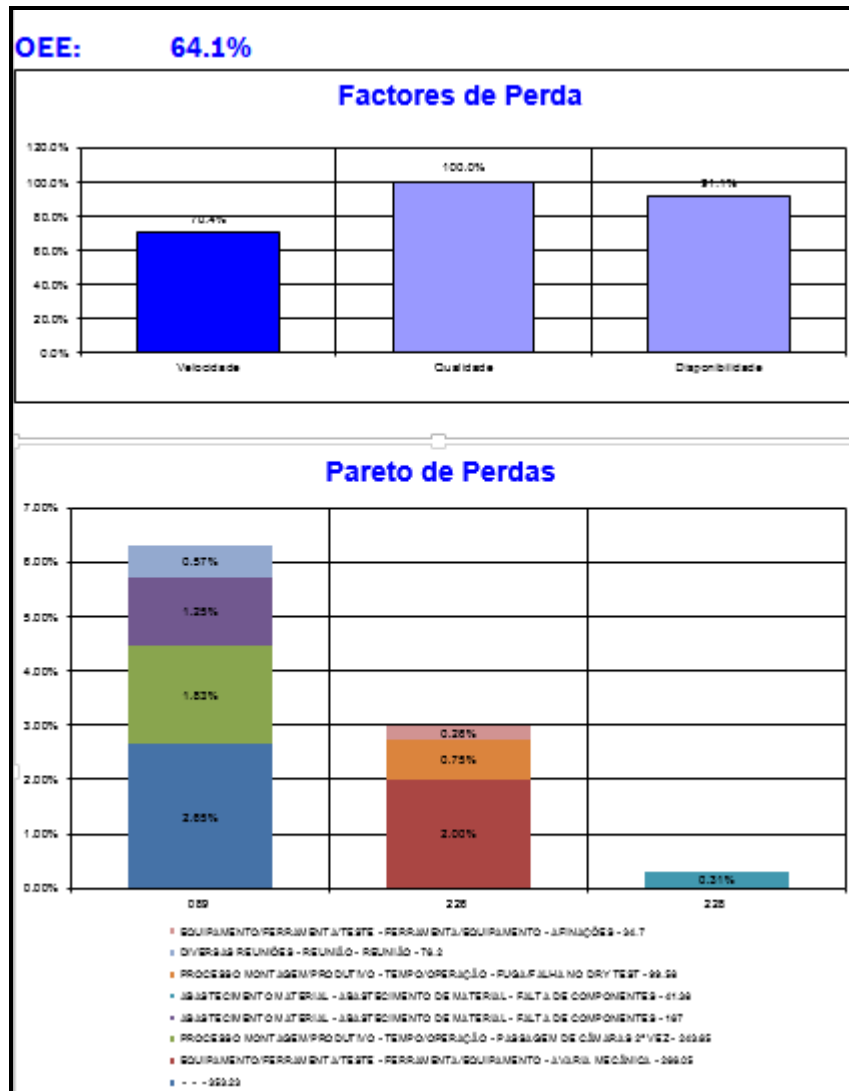


Figura 58 – Exemplo de extração de OEE

Esta extração pode ser realizada de acordo com o período que se pretende. Possibilita a identificação das perdas de disponibilidade, velocidade e qualidade que ocorrem na linha. Deste modo, permite identificar os principais problemas, associá-los ao posto de ocorrência, assim como quantificar o impacto negativo, em tempo ou percentagem, que estes têm no valor do OEE e respetivo desempenho da linha.

Anexo F: A3 de suporte à melhoria 1

De acordo com a metodologia do projeto, foi desenvolvido um A3 de modo a suportar, estruturar e aprovar, internamente, todas as atividades desenvolvidas no *gemba* para reduzir o número de varetas de solda na entrada do forno. Na Figura 59, apresenta-se de forma sucinta a motivação para esta melhoria, explicando a situação atual, os objetivos que se pretendem alcançar, as ações a implementar, assim como o estado futuro após a implementação. São definidos os indicadores que permitirão verificar a estabilidade e eficácia das alterações na linha e comprovar os ganhos que se perspetivavam conseguir com a redução do número de varetas de solda.

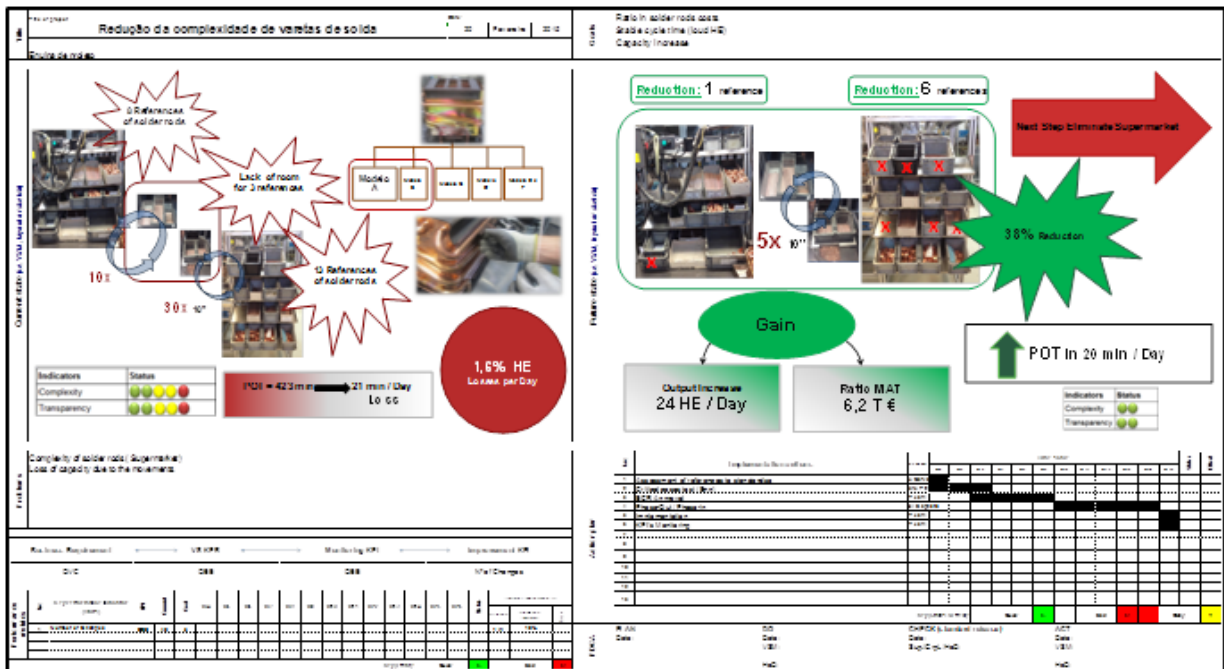


Figura 59 – A3 Redução da complexidade de varetas de solda

Anexo G: Tabuleiros e carro de abastecimento de câmaras

A Figura 60 representa os carros inicialmente utilizados no abastecimento de câmaras de combustão à linha do forno 5. Na Figura 61 encontra-se o protótipo do novo conceito do carro de abastecimento proposto na melhoria 2.



Figura 60 – Abastecimento por carros com tabuleiros e roletes

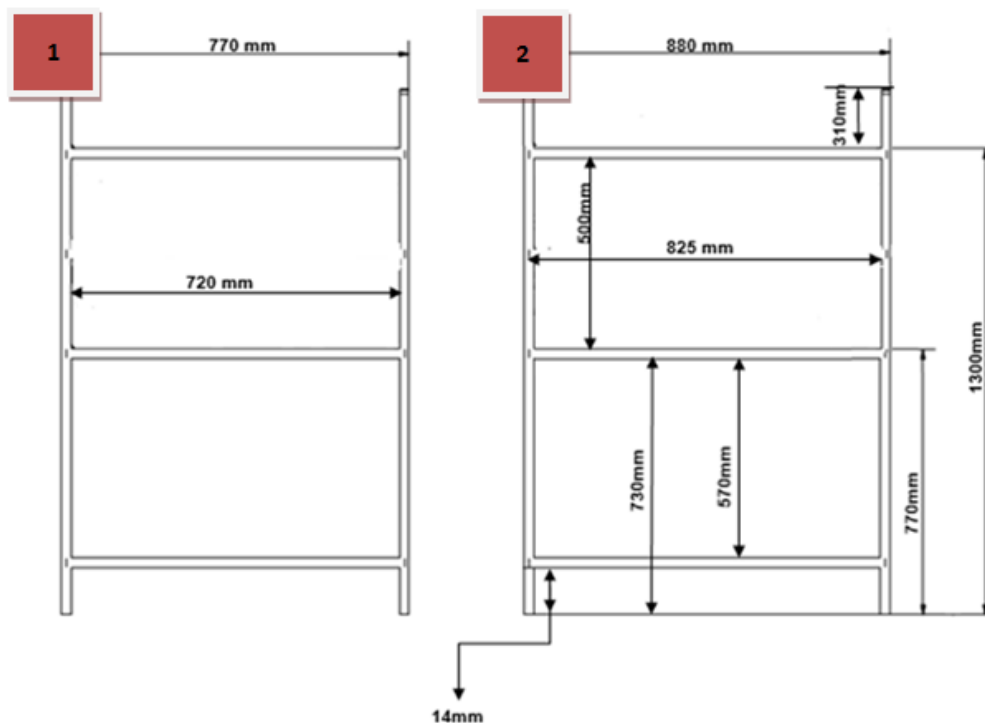


Figura 61 – Protótipo do carro desenvolvido

Anexo H: Registo de defeitos na saída do forno 5

Folha utilizada para fazer o registo de defeitos no posto de inspeção visual, localizado à saída do forno de soldadura.

Registo de Defeitos Visuais à saída do Forno de soldadura - Modelo A							
Nome:		Data:		Turno:			
Tipo de defeito		Quant. Prod.	Total defeitos	Tipo de defeito		Quant. Prod.	Total defeitos
↓	Litragem Câmara		↓	↓	Litragem Câmara		↓
	Modelo A				Modelo A		
Tipo 1				Tipo 1			
Tipo 2				Tipo 2			
Tipo 3				Tipo 3			
Tipo 4				Tipo 4			
Tipo 5				Tipo 5			
Tipo 6				Tipo 6			
Tipo 7				Tipo 7			
Tipo 8				Tipo 8			
Tipo 9				Tipo 9			
Tipo 10				Tipo 10			
Tipo 11				Tipo 11			
Tipo 12				Tipo 12			
Tipo 13				Tipo 13			
Totais							

Figura 62 – Folha de registo de defeitos visuais

Anexo I: Acompanhamento na fase de estabilização do projeto

De forma a avaliar os resultados das ações implementadas, na fase de monitorização, realizou-se um acompanhamento do volume de produção obtido em cada turno de laboração, concluindo-se o sucesso do projeto. A partir deste acompanhamento foi possível aferir que a média de produção conseguida, durante o período de uma semana, para os turnos 1, turno 2 e turno 3, foi respetivamente 40%, 35% e 36%. Pela análise destas percentagens concluiu-se que o objetivo proposto para o projeto, inicialmente definido em 33%, foi superado, atingindo-se um aumento de 37% da capacidade produtiva.

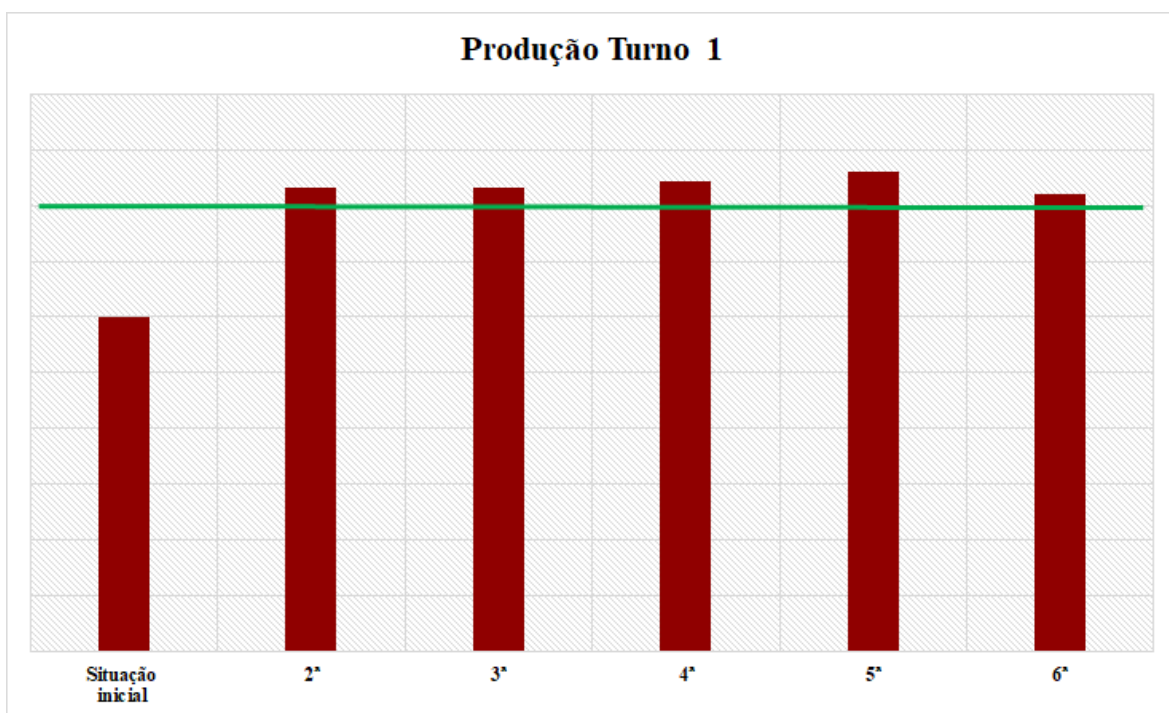


Figura 63 – Acompanhamento produção Turno 1

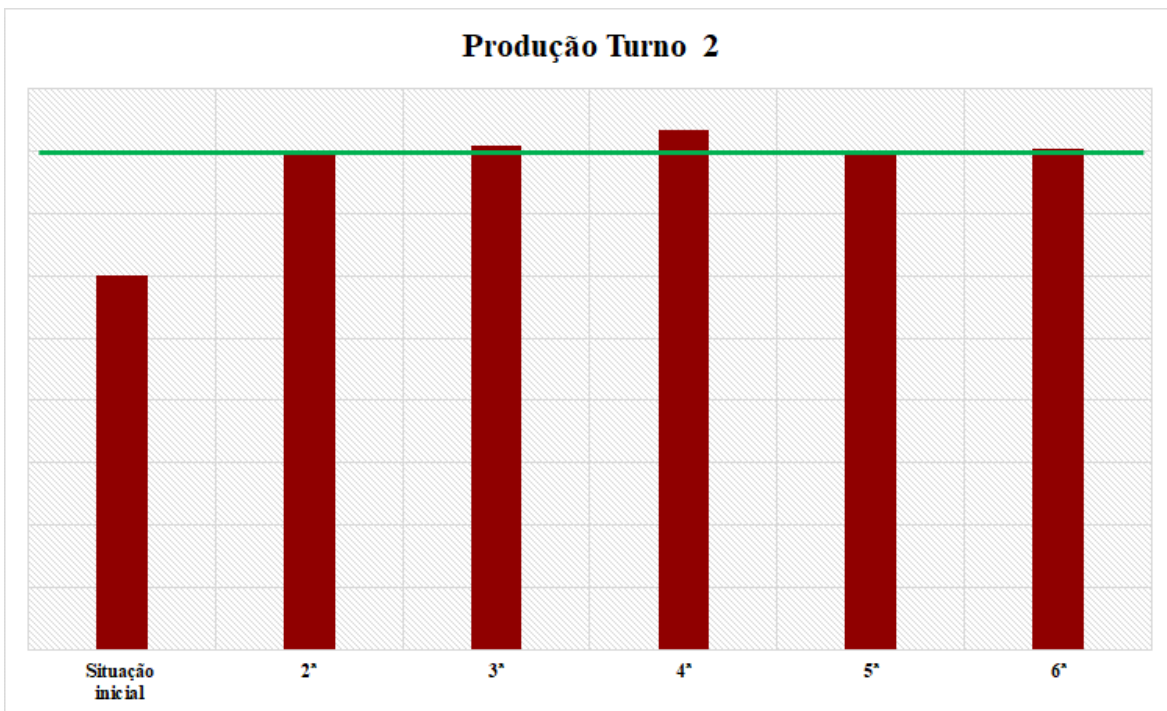


Figura 64 – Acompanhamento produção Turno 2

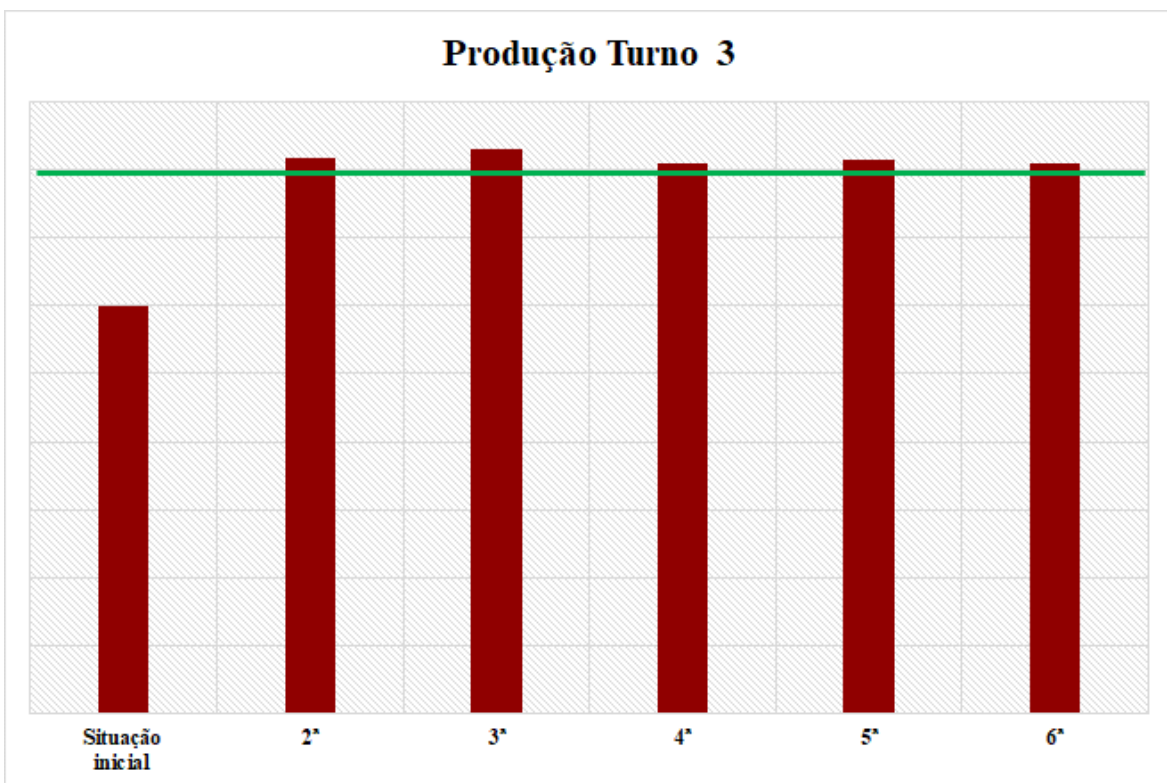


Figura 65 – Acompanhamento produção Turno 3

Anexo J: A3 de suporte ao projeto

O presente A3 ilustra o objetivo que se pretende atingir com o desenvolvimento deste projeto. A partir da sua análise é possível mostrar a representação da situação atual, os problemas identificados durante a análise de processo, assim como os objetivos a alcançar. Contém a definição do plano de ações a desenvolver, assim como a previsão da situação final que se pretende implementar. Para verificar o sucesso, depois de se fazer cumprir o plano de ação, definem-se os indicadores de *performance* a seguir, que permitirão controlar a eficácia e eficiência das melhorias implementadas e apurar os ganhos obtidos.

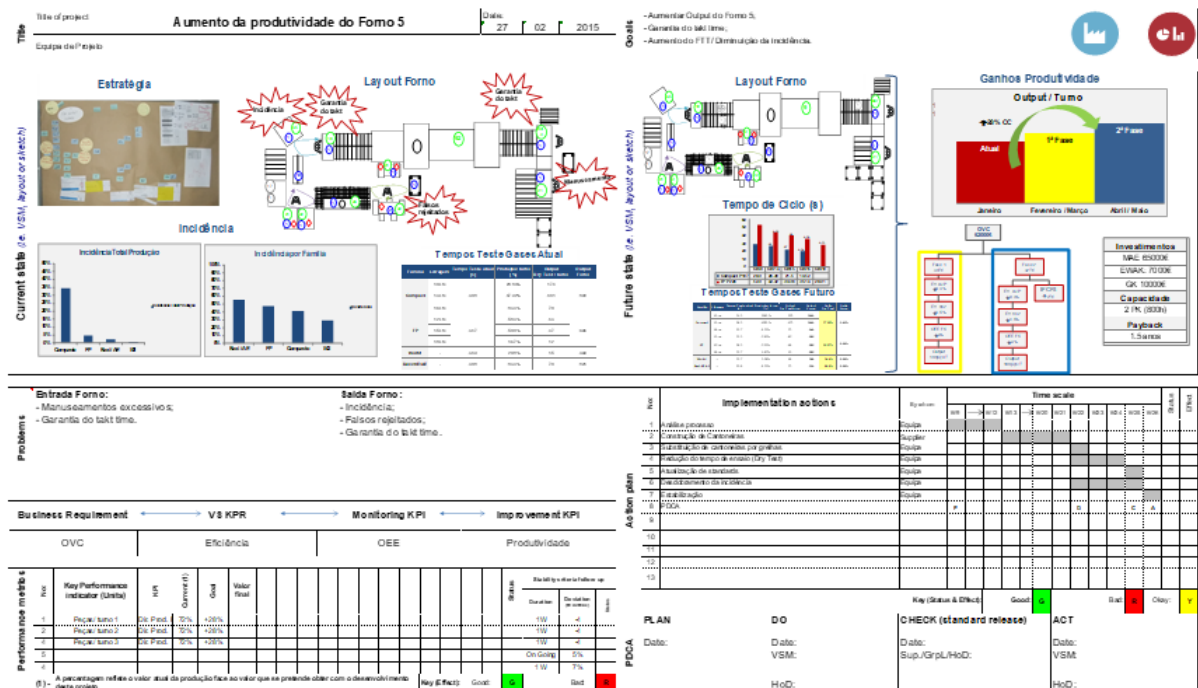


Figura 66 – A3 do projeto

Anexo K: Quadro *point* CIP



Figura 67 – Quadro *point* CIP

O quadro *point* CIP, tal como o nome indica foi a ferramenta de suporte ao *point* CIP que incluiu:

- 1 – Acompanhamento diário do OEE:** registou-se os valores de OEE obtidos nos turnos para os diferentes índices (disponibilidade, velocidade e qualidade) na fase de monitorização;
- 2 – One Point List (OPL):** ferramenta de acompanhamento regular e de auxílio à identificação de problemas, respetivas causas e ações corretivas segundo um ciclo PDCA. Permitiu definir um responsável e uma data limite. Esta promoveu o envolvimento dos colaboradores, a delegação de tarefas, a transparência e a melhoria contínua;
- 3 – IFC:** Indicou a produção efetiva e a quantidade de falhas internas geradas na linha;
- 4 – FTT e falsos rejeitados:** indicou o número de câmaras produzidas, o número de rejeições de produto, a percentagem de falsos rejeitados, assim como a percentagem de câmaras que passaram à primeira no teste ao produto;
- 5 – Defeitos detetados à saída do forno:** expôs a quantidade e tipo de defeitos encontrados, permitindo aferir a percentagem de incidência;
- 6 – Extração folha do OEE:** para além de representar graficamente os diferentes índices constituintes do OEE, contém um gráfico de Pareto com as principais perdas. Garantiu o entendimento da produção por parte de todos e permitiu que se detetassem desvios ao standard e posterior análise das causas, permitindo a adoção de medidas corretivas. Paralelamente, a motivação de todos os colaboradores foi fomentada, uma vez que os resultados do seu trabalho foram facilmente observáveis.

Este sistema garantiu a troca de informação atualizada de modo eficiente, o envolvimento diário e a definição clara de responsabilidades. Ao integrar todos os elementos na resolução de problemas, utilizando as suas ideias e experiência, potenciou-se o foco no objetivo comum.