



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Moisés Alexandre Barreto Martins

**Implementação e avaliação de uma
ferramenta de monitorização da produção**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação

do Professor Doutor José Dinis de Araújo Carvalho

Janeiro de 2020

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros, desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Antes de mais, agradeço aos meus pais pela presença assídua e pelo apoio ao longo de todas as etapas do meu percurso académico.

Expresso também um sincero agradecimento à empresa APTIV, pela transmissão de conhecimento e apoio fornecido, em especial ao Eng. Jorge Oliveira, ao Eng. Carlos Vicente, ao Eng. Eduardo Fernandes e ao Eng. Nuno Azevedo, por todos os conselhos e orientação.

Ao meu orientador, Professor Dinis Carvalho, por toda a disponibilidade demonstrada e palavras de motivação e incentivo ao longo do projeto de dissertação.

Deixo uma palavra especial à Cláudia, pelo apoio e carinho.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

A presente dissertação, desenvolvida no âmbito da conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, apresenta o trabalho realizado na empresa APTIV sobre a introdução e a avaliação de uma ferramenta de monitorização da produção.

O objetivo primordial foi o desenvolvimento e a verificação da eficácia de práticas que permitissem uma rápida deteção de problemas, recorrendo a uma ferramenta de monitorização nova que simplificasse o sistema de monitorização e controlo da produção empregue, eliminando assim ambiguidades entre as ferramentas existentes.

Para tal, foram analisados o sistema de monitorização adotado na empresa, as ferramentas de monitorização e controlo da produção, os medidores de desempenho de auxílio à tomada de decisões e a fiabilidade da informação. A avaliação destes tópicos foi sustentada por uma investigação criteriosa de literatura, sendo todo o projeto assentado na metodologia de Investigação-Ação.

Num estado inicial, o diagnóstico realizado ditou uma necessidade de renovação das ferramentas de auxílio à monitorização da produção, ora por estas não apresentarem informação fidedigna e valiosa, ora por não serem eficientes na reportagem de eventos. Como resposta a estes problemas, foi estudada a introdução de uma ferramenta que mitigasse as inconsistências do modelo de monitorização. Foram avaliados os fatores críticos para o sucesso da ferramenta e discutidas as configurações para dela tirar o melhor proveito.

Associada à nova ferramenta está a criação de rotinas de monitorização, que possibilitam a rápida deteção de procedimentos, que estão na origem de desperdícios produtivos. Entre tais procedimentos, destaque-se: a falta de organização da área fabril, que provoca sobreprocessamento, tendo sido colmatada com a introdução de tabuleiros identificativos impedindo a mistura de modelos na produção. A inconsistência da rota de abastecimento de materiais interna e a falta de padronização desta, que conduz à existência de inventários, deslocações e transporte excessivos e esperas, tendo estes sido colmatados recorrendo a ferramentas *Lean*, resultando numa diminuição de 35,3% no tempo de cada rota de abastecimento e num aumento de 8.25% no tempo disponível para produção de uma linha produtiva.

Perante todo o trabalho realizado, é importante salientar que a ferramenta de monitorização testada é capaz de trazer uma deteção mais rápida e metódica de problemas, permitindo a avaliação do impacto das ações protagonizadas assim como construir um meio de comunicação mais fiável e real da produção.

PALAVRAS-CHAVE

Ferramentas de monitorização e controlo da produção, medidores de desempenho, Lean Thinking

ABSTRACT

This dissertation project, developed within the scope of Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial, aims to describe the work carried out on the company APTIV, regarding the implementation and evaluation of a new production monitoring tool.

The main goal of this project was the development of routine procedures converging on a quick detection of the problems with the resource of the production monitoring tool implemented and in the simplification of the monitoring and control system, thus, eliminating ambiguities between the different monitoring tools.

During the undergoing of this project were analyzed the company's monitoring system, the monitoring and controlling tools of the production, the key performance indicators and their reliability when it comes to support the decision making. The evaluation of said topics was sustained with a judicious literature research, being the whole investigation project carried on a methodology of Action-Research.

At an early stage, it was verified a necessity of renewal of the monitoring tools used in the company, due to the veracity of the information retrieved and the efficiency when reporting events on the production area.

In response to these problems, the introduction of a new monitoring tool that fills the gaps of the monitoring model, was initiated. The key factors for the success of the implementation were taken into consideration and the configuration of the tool was discussed, in order to take the best profit of it. The development of new monitoring routines provided the fast detection of productive wastes, such as: lack of organization in the working area, which resulted in overprocessing, being mitigated with the identification of trays for the distinct products. The inconsistencies on the supply of materials which results in an excess of stock, motions and transports and waits were approached with the aid of Lean Tools resulting in 35,3% time reduction per supply route and 8,25% of time being saved to production.

Towards the presented work, it is important to underline that the tested monitoring tool is capable of a quicker and more methodical reaction to the problems faced and to assume a matter of communication more reliable of the production.

KEYWORDS

Production monitoring and control tools, Key performance Indicators, Lean thinking

ÍNDICE

Agradecimentos	iv
Resumo.....	vii
Abstract	ix
Índice	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xvii
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xix
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
2. Revisão de Literatura	7
2.1 Monitorização da Produção: a sua integração numa organização	7
2.1.1 Monitorização da Produção aliada a uma cultura de Melhoria Contínua.....	10
2.1.2 Formalização e dimensões da Monitorização da Produção	12
2.1.3 Monitorização da produção num ambiente <i>Lean Production</i>	15
2.2 Barreiras à implementação e sustentabilidade das iniciativas de Monitorização do desempenho.....	21
2.3 Ferramentas de apoio.....	23
2.3.1 Gestão Visual.....	23
2.3.2 Kanban.....	25
2.3.3 Standard Work	25
2.3.4 Ciclo PDCA	26
2.3.5 Diagrama de Spaghetti.....	27
2.3.6 <i>Business Process Modelling and Notation (BPMN)</i>	28
3. Apresentação da empresa	30
3.1 O grupo APTIV.....	30

3.2	APTIV – Portugal	31
3.3	Descrição do sistema produtivo	32
4.	Descrição e análise crítica do Sistema de Monitorização da Produção	34
4.1	Entrada de dados da produção no sistema	34
4.2	Ferramentas e práticas de monitorização da produção	36
4.2.1	<i>Factory Information System (FIS)</i>	36
4.2.2	<i>Electronic Production Status Report (ePSR)</i>	38
4.2.3	<i>Alarm Trigger</i>	40
4.2.4	<i>Monitor Andon</i>	40
4.3	Rotinas de monitorização da produção.....	42
4.4	Análise crítica da situação inicial	44
4.4.1	Revisão das ferramentas de monitorização	44
4.4.2	Análise crítica das práticas de monitorização	47
5.	Integração de uma nova ferramenta de monitorização.....	48
5.1	Descrição do <i>Production Status Display (PSD)</i>	48
5.2	Escolha da área-piloto	54
5.3	Configuração da ferramenta	55
5.4	Implementação de práticas de monitorização.....	59
5.4.1	Inquérito de gestão de expectativas.....	59
5.4.2	Formação.....	61
5.4.3	Criação de folha de registo de tempos improdutivo.....	61
5.5	Ações desencadeadas pelas práticas de monitorização	62
5.5.1	Estudo dos tempos improdutivo da linha de CBA	64
5.5.2	Redefinição da rota interna na área C&S.....	66
5.5.3	Monitorização da eficácia produtiva.....	72
6.	Resultados.....	77
7.	Considerações Finais.....	80
7.1	Conclusões.....	80
7.2	Trabalhos futuros	82

Referências Bibliográficas	83
Anexos	93
Anexo I – Tabela de preenchimento de <i>un-assigned tasks</i> da ferramenta PSD	94
Anexo II – Estudo dos tempos de ciclo dos Postos de Trabalho da área de C&S	95
Anexo III - Tabela antropométrica	98
Anexo IV – Inquérito.....	99
Anexo V – Folha de rotinas para preenchimento de eventos.....	100
Anexo VI – Eventos do Estudo dos Tempos Improdutivos da linha de CBA (situação 1)	101
Anexo VII – Eventos do Estudo dos Tempos Improdutivos da linha de CBA (situação 2)	102
Anexo VIII – Estudo dos tempos da rota interna (situação 1).....	103
Anexo IX – Standard Work Combination Table (situação 1)	105
Anexo X – Estudo dos tempos da rota interna (situação 2).....	106
Anexo XI - Standard Work Combination Table (situação 2).....	107
Anexo XII – Instrução de Trabalho do Posto de Trabalho de Coating Stand-Alone.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de Action-Research.....	4
Figura 2. Adaptado de (Cottyn, Van Landeghem, Stockman, & Derammelaere, 2011b).....	10
Figura 3. Adaptado de (Jeffrey K Liker, 2004)	16
Figura 4. Princípios Lean Thinking	17
Figura 5. Adaptado de (Eaidgah et al., 2016).....	24
Figura 6. Ciclo PDCA	27
Figura 7. Diagrama de Spaghetti	28
Figura 8. Localizações APTIV no mundo.....	30
Figura 9. APTIV Braga	31
Figura 10. Clientes APTIV	32
Figura 11. Sequência produtiva.....	33
Figura 12. Scanners de dois Postos de Trabalho.....	34
Figura 13. Fluxo de dados.....	35
Figura 14. Distribuição de informação	36
Figura 15. Interface do FIS.....	37
Figura 16. Postos de Trabalho com ePSR.....	38
Figura 17. eSPR no Posto de Trabalho	39
Figura 18. Mostrador ePSR.....	40
Figura 19. Monitor Andon	41
Figura 20. OEE apresentado na reunião Operacional	43
Figura 21. Webpage de um Posto de Trabalho no PSD	49
Figura 22. Monitorização de diversos Postos de Trabalho	50
Figura 23. Registos de quebras de produção	51
Figura 24. Relatório da ferramenta PSD da APTIV - Osberghausen.....	51
Figura 25. Tratamento de avarias com o PSD	53
Figura 26. PSD integrado no sistema de produção da APTIV.....	53
Figura 27. Alteração do agrupamento de dados.....	57
Figura 28. Dimensões antropométricas	57
Figura 29. Instalação dos monitores	58

Figura 30. Monitor em funcionamento.....	58
Figura 31. Monitor no Posto de Trabalho	59
Figura 32. Resultado dos inquéritos.....	60
Figura 33. Perdas registadas	63
Figura 34. Discriminação dos impedimentos	64
Figura 35. Área C&S.....	65
Figura 36. Sequência de movimentos	67
Figura 37. Diagrama de Spaghetti para o movimento do operador	68
Figura 38. Nova rota.....	69
Figura 39. Cartões Kanban	71
Figura 40. Localização do Cartão Kanban.....	71
Figura 41. Diagrama de Spaghetti da nova rota.....	72
Figura 42. Produção de um turno	72
Figura 43. Mistura de produtos na câmara de exaustão	73
Figura 44. Máquina dryer	74
Figura 45. Mistura de produtos no mesmo carrinho	74
Figura 46. Gestão visual nos tabuleiros	75

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Adaptado de (De Toni & Tonchia, 2001)	13
Tabela 2. Características das Medidas de Desempenho.....	13
Tabela 3. Indicadores Lean (Diego Fernando & Rivera Cadavid, 2007)	20
Tabela 4. Fatores críticos na implementação de modelos de monitorização de desempenho	22
Tabela 5. Ferramentas empregues	46
Tabela 6. Levantamento de necessidades	55
Tabela 7. Tempos normalizados.....	56
Tabela 8. Maiores impedimentos.....	65
Tabela 9. Tempos registados.....	66
Tabela 10. Comparação dos tempos médios	66
Tabela 11. Tempos de deslocações.....	68
Tabela 12. Tempos da nova rota	70
Tabela 13. Número de tabuleiros por modelo.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

LP – Lean Production

MC – Melhoria Contínua

MES – Manufacturing Execution Systems

FIS – Factory Information System

OEE – Overall Equipment Effectiveness

FTQ – First Time Quality

C&S – Connectivity and Safety

BSI – Body System Interface

PSD – Production Status Display

ePSR – eletronic Production Status Report

1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo é apresentado o projeto de dissertação. Numa primeira instância, aborda-se a pertinência e atualidade do tema num contexto industrial. De seguida, esclarecem-se os objetivos que o projeto levará a cabo e a metodologia de investigação adotada. Por fim, no subcapítulo “Estrutura da Dissertação”, esclarece-se a estrutura da dissertação.

1.1 Enquadramento

A globalização dos mercados e a severa competitividade que se faz sentir nas empresas obriga-as a analisar os seus processos e otimizá-los de forma sistemática. Nesse sentido, adotar uma filosofia ágil e flexível suportada por um modelo de monitorização de desempenho, é preponderante na sobrevivência da organização.

A avaliação sistemática do desempenho tem recebido crescente atenção e, analogamente, as tentativas de instituição de modelos de monitorização e controlo da produção que recolham e mantenham atualizada a informação são, também elas, mais frequentes. Assim, num quotidiano cada vez mais tecnológico e informatizado, assiste-se a uma tendência das organizações em combinar a monitorização e controlo da produção com a Tecnologia de Informação (IT). Estes dois grandes mundos podem e devem ser vistos como interdependentes e complementares, pois ambos são indispensáveis, aquando do planeamento e controlo da produção (Cottyn, Van Landeghem, Stockman, & Derammelaere, 2011a).

Dentro de soluções IT, o *Manufacturing Execution Systems* (MES) atua como um agente ativo, que tem como principal objetivo planear e controlar os recursos necessários para que determinada indústria possa atender de forma satisfatória os seus clientes no que diz respeito à manufatura, distribuição e prestação de serviços (Deuel, 1994). Com a introdução de um sistema *Factory Information System* (FIS), que permite a recolha de dados inerentes à produção e facilita a monitorização em “tempo-real”, o controlo da produção é realizado de modo mais simples e eficaz, permitindo uma resposta mais rápida às variações de produção. Existem fatores críticos na implementação bem-sucedida de modelos de monitorização e os casos de sucesso devem ser estudados, de forma a serem tidos em conta ensinamentos

importantes. Uma das iniciativas estratégicas que ajudam a manter a competitividade e a análise sistemática dos níveis de desempenho é o *Lean Production* (LP). O termo LP foi introduzido por Krafcik (1988), tendo sido obtidos resultados inigualáveis. Esta filosofia sucedeu ao *Toyota Production System* (TPS) e, quando aplicada corretamente torna possível a excelência organizacional, através da melhoria de processos e do aumento da satisfação dos operários (Singh, Garg, S.K., & Grewal, 2010).

O conceito *Lean* foi posteriormente aprofundado em “*The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*” (Womack, Jones, & Roos, 1992) e desde então tem ganhado ímpeto na indústria atual. São cinco os princípios que estão na base do *Lean Production*, sendo eles: valor, cadeia de valor, fluxo de valor, produção puxada e busca da perfeição (Womack & Jones, 1996a). Todos estes princípios provocam uma incessante procura de atividades de valor não-acrescentado nos processos produtivos (Cottyn et al., 2011a), sendo o objetivo primordial a obtenção de um processo livre de sobreprodução, esperas, transportes, sobreprocessamento, deslocamentos dos trabalhadores, defeitos e talento não aproveitado (Jeffrey K Liker, 2004). De modo a mitigar estes desperdícios é importante que haja um combate contínuo, sendo todo o processo produtivo várias vezes revisto e após resolução de um problema, procurar identificar e tomar as medidas devidas para o próximo, uma insaciável busca pela perfeição (Stimec & Grima, 2018). Apenas com uma perspectiva de melhoria contínua (MC) ou “Kaizen”, de origem japonesa, é possível tirar o máximo proveito do LP (Iwao & Marinov, 2018).

Atendendo às vantagens do LP, coadunado com os sistemas de monitorização em muitas empresas, também a empresa APTIV, onde foi realizado o projeto de dissertação, tem vindo a desenvolver um *software* de *Performance Monitoring, o Productions Status Display* (PSD), ambicionando a implementação da ferramenta em todas as áreas produtivas, por forma a aumentar a previsibilidade do processo e a auxiliar na gestão diária da produção.

1.2 Objetivos

Com este projeto pretende-se implementar uma ferramenta de monitorização e de avaliação do desempenho da produção, a qual tem vindo a ser desenvolvida na empresa, e avaliar a sua eficácia na área de Connectivity & Safety.

Através da realização de um estudo comparativo das medidas de desempenho da organização, antes e após a implementação do sistema, pretende-se avaliar o sistema, quanto

à taxa e qualidade de produção. Será, também, realizado um estudo quanto ao custo de implementação face aos ganhos monetários produtivos. Por fim será feito um levantamento do índice de satisfação dos utilizadores, a fim de avaliar a utilidade da ferramenta.

O cumprimento desta máxima assume a execução dos objetivos específicos, são eles:

- Identificar fatores críticos para implementação de sistemas de *Performance Monitoring*;
- Motivar e envolver os supervisores e chefes de área, tornando o uso sistemático da ferramenta um fator preponderante para a correta implementação;
- Criar rotinas diárias que permitam a manutenibilidade da ferramenta e análise dos dados;
- Acompanhar a implementação da ferramenta;
- Utilizar ferramentas de apoio, tanto nas atividades de implementação, como na gestão diária dos processos piloto;
- Identificar oportunidades de melhoria na qualidade dos dados apresentados;
- Identificar oportunidades de melhoria da ferramenta.

O acompanhamento permanente durante toda a fase de implementação da ferramenta, bem como a capacitação de pessoas para o seu uso sistemático e correto, constitui um importante fator para que o objetivo macro seja devidamente cumprido.

1.3 Metodologia de investigação

Tendo em conta que com este projeto é pretendido colmatar problemas específicos inerentes à organização, a metodologia de pesquisa adotada será a *Action Research* (O'Brien, 1998). A razão pela qual o método de pesquisa adotado se enquadra no contexto do projeto prende-se com o facto, não apenas de o método estar orientado para a investigação, na medida em que o investigador ganhará conhecimentos de dimensão teórica, mas também por se tratar de um método de ação, sendo esperadas mudanças organizacionais. Ao longo deste processo, haverá um envolvimento do investigador na perceção de problemas, assim como no acompanhamento e avaliação das ações de mitigação para os problemas encontrados (Mello, Turrioni, Xavier, & Campos, 2011).

Com a máxima de “Aprender fazendo”, esta metodologia pressupõe um ciclo de cinco etapas: diagnóstico, planeamento de ações, implementação das ações, avaliação dos resultados

dessas ações e especificação da aprendizagem (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009), tal como é demonstrado pela Figura 1.

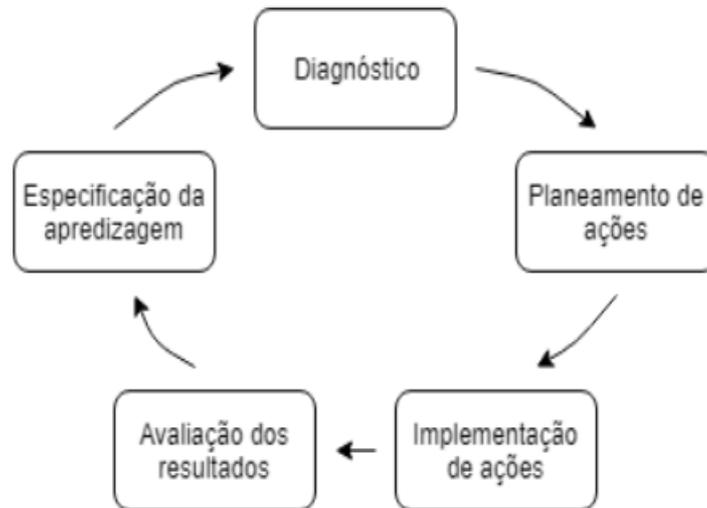


Figura 1. Ciclo de *Action-Research*

O projeto de dissertação desenrolar-se-á de acordo com as etapas descritas. Numa primeira fase, de diagnóstico, serão recolhidos e avaliados os dados e apresentado o *feedback* do estado atual da organização, com a finalidade de perceber melhor o fluxo de informação e de materiais, bem como a deteção de problemas.

Na segunda fase, de planeamento das ações, serão identificadas as pessoas e os fatores críticos para o sucesso da ferramenta. Durante este período deverão ser avaliadas práticas de apoio à monitorização, através de ciclos PDCA, que auxiliem a gestão diária dos processos produtivos e que garantam a integrabilidade da ferramenta, permitindo desse modo tirar os devidos proveitos. Segue-se então, a terceira fase, de implementação do sistema de monitorização recorrendo às soluções encontradas na fase anterior. O acompanhamento regular e metódico, é fulcral nesta terceira fase, porque torna possível a obtenção de resultados que serão avaliados e comparados na quarta fase desta metodologia.

Numa última fase deste projeto, é feita uma reflexão acerca da qualidade dos resultados obtidos face aos esperados, sendo feita também a reportagem dos conhecimentos adquiridos. Estas cinco etapas não se cingem a uma utilização única, formando elas um ciclo fechado. A sua continuidade é obrigatória, razão pela qual, uma vez concluídas as cinco etapas, dar-se-á início a um novo ciclo, tendo em vista a resolução de outros problemas.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. No presente capítulo é feito um enquadramento do tema e são apresentados os objetivos do projeto, assim como a metodologia de investigação utilizada. O segundo capítulo serve de suporte teórico. Será aí fundamentado o conteúdo da tese, recorrendo à literatura existente. Segue-se o terceiro capítulo, que tem como objeto a apresentação da empresa onde o projeto se realiza, passando pelos seus clientes, pela gama de produtos fabricados e pelo processo produtivo da área em estudo. No capítulo seguinte, sobre a “Descrição e análise crítica do sistema de monitorização”, apresenta-se o diagnóstico da empresa e realiza-se uma análise crítica no contexto do projeto.

Uma vez identificadas as incongruências no capítulo anterior, procede-se o capítulo quinto à avaliação e implementação, onde são avaliadas e implementadas as práticas, por forma a serem introduzidas melhorias no sistema de organização da empresa. Nos restantes capítulos, é realizada uma avaliação dos resultados que advieram das novas abordagens, mencionadas no capítulo quinto, e é também proposto um conjunto de passos futuros, de modo a que a sustentabilidade do projeto seja garantida.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Monitorização da Produção: a sua integração numa organização

Os últimos anos têm sido nefastos para o setor industrial, que se vê inserido num ambiente em constante evolução, que obriga a lidar com desafios como a globalização e o desenvolvimento tecnológico, os quais forçam a uma contínua mudança de estratégia e de abordagem à produção (Esmaeel, Zakuan, Jamal, & Taherdoost, 2018). Segundo Ante, Facchini, Mossa, & Digiesi (2018), a sobrevivência das empresas no contexto contemporâneo relaciona-se fortemente com a sua capacidade de competitividade, a longo prazo, a qual se traduz em excelência de desempenho. Nesse sentido, há mesmo quem estabeleça uma relação simbiótica entre o sucesso da organização e o seu desempenho.

O conceito de desempenho entra no quotidiano de todas as empresas. De forma bastante sucinta, o desempenho pode ser definido como *“the way the organization carries its objectives into effect”* (Flapper, Fortuin, & Stoop, 1996), assumindo um papel de mensuração e avaliação do *statu quo*. O mundo industrial denomina esta medição de medição de desempenho, a qual, de modo idêntico ao que se verifica sobre a temática isolada do desempenho, tem recebido uma atenção acrescida nos últimos 40 anos, tanto ao nível de definição e integração nas organizações, como ao nível de partilha de boas práticas. Na década de 1970, observava-se uma medição de desempenho, cingida à avaliação do rendimento das ações implementadas (Ravelomanantsoa, Ducq, & Vallespir, 2018), recorrendo exclusivamente ao controlo orçamental (Johnson & Kaplan, 1987; Kaplan, 1983). Nos anos de 1990, o alcance da investigação sobre a medição do desempenho começou a expandir-se e, tal como o conhecemos hoje, carrega uma bagagem e um significado muito mais amplo e sofisticado, à semelhança da complexidade encontrada atualmente nos sistemas de produção. Scott (1999) foi um dos primeiros a compreender o sistema produtivo como uma teia complexa de atividades de caráter independente: interações entre máquinas, ferramentas, pessoas, processos, departamentos, desconsiderando o ideal de que cada atividade é isolada. Dessa forma, os horizontes foram alargados e tornou-se possível uma melhor coordenação e uma mais eficaz gestão do trabalho. Tendo em conta estes aspetos, a medição de desempenho do século XXI pode ser descrita como uma abordagem global à organização, que reflita a existente interdependência entre as várias funções da organização, desde funções de

abastecimento até às de distribuição (Ravelomanantsoa, Ducq, & Vallespir, 2019), abraçando os terrenos de fiabilidade, sustentabilidade, flexibilidade e produtividade. Num sentido mais lato, Tangen (2003) sugere a definição de “medição de desempenho” como o processo para quantificar a eficiência e a eficácia das ações. Um tal processo, através de medidas de desempenho, permite a obtenção e a clarificação do nível de desempenho da organização, o qual reflete não só a sua condição a nível organizacional, mas que se estende para uma dimensão ao nível das atividades humanas (Waal, 2003).

Associado ainda a esta temática, surge outro conceito complementar, o de “*Performance Competence*”, o qual, introduzido por Nanni, Dixon, & Vollmann (1992), sugere que para se poder ser considerado competente, a medição de desempenho deve garantir a utilização de medidas que sejam realmente importantes para a organização. E o que é facto é que muitos estudos empíricos demonstraram que é importante relacionar a monitorização do desempenho com o nível estratégico da empresa (Gosselin, 2005). Assim, para uma empresa ser considerada competente, é imperativo que sejam selecionadas as medidas de desempenho indicadas e que se saiba integrar a monitorização do desempenho no dia a dia dos seus colaboradores.

A integração do desempenho, através dos meios de monitorização da produção, continua hoje um desafio para as empresas. Este desempenho só é útil se reportar informação atualizada e, por isso, é importante a criação de um sistema de suporte, que torne disponível, a qualquer altura, todos os dados relevantes e necessários para a concretização real do estado do sistema produtivo (Zohoori, Verbraeck, Bagherpour, & Khakdaman, 2019). Todas as condições e exigências de um sistema competente de monitorização de desempenho convergem para 3 diferentes particularidades (Subramaniam, Husin, Singh, & Hamidon, 2009):

- **Seletivo:** disponibiliza a informação às pessoas apropriadas;
- **Acessível:** permite a consulta da informação necessária, em qualquer altura;
- **Exato:** atualiza constantemente e em termos fiáveis a informação disponível.

Por forma a garantir estes requisitos, aquilo que se verifica atualmente é uma tendência evidente das organizações para adotar, atualizar e expandir as suas soluções de tecnologia da informação (IT), de modo a assegurar esse sistema de suporte, o qual, incontestavelmente, conduz a um ambiente mais dinâmico e cuidado (Sai S. Nudurupati & Bititci, 2005). Assim, e assegurando a monitorização do desempenho em diferentes dimensões, assiste-se a uma

expansão de soluções de IT a todos os níveis da organização, desde o nível do chão de fábrica ao nível estratégico. A Figura 2 demonstra aquilo que hoje as organizações procuram adotar na sua política de monitorização e controlo da produção, considerando todas as camadas hierárquicas necessárias. É de enaltecer a existência de diferentes ferramentas de *software*, ao nível da produção, dado que elas permitem a recolha, ao segundo, dos dados reais relativos à produção. Esta recolha de dados deve ser feita mediante um sistema económico, preciso e fácil de implementar numa linha de produção (Subramaniam et al., 2009). A informação recolhida é armazenada num banco de dados, designado de *Manufacturing Execution System* (MES), o qual torna acessíveis ao utilizador as informações necessárias, de forma rápida e fácil. O MES, pelo facto de providenciar dados atualizados ao segundo, é visto como a melhor ferramenta para medir o desempenho em tempo real (De Ugarte, Artiba, & Pellerin, 2009; Hwang, 2006) e, por isso, a sua aplicação deve ser privilegiada.

Todo este fluxo de dados permite uma tomada de decisões factual, com base em informação atualizada ao segundo, que escala todos os níveis estabelecidos numa organização. Um sistema de monitorização assertivo e efetivo permite medidas de desempenho reais e, conseqüentemente, o emprego de esforços nas direções necessárias.

Um conceito importante alia-se ao emprego efetivo de métodos que suportam o controlo e a monitorização do desempenho da produção em tempo real, a aplicação de uma filosofia de Melhoria Contínua (MC) (Mauri, Garetti, & Gandelli, 2010) que, como demonstra a Figura 2, é omnipresente em todos os níveis organizacionais e é o que alimenta uma cultura de insaciedade e procura de melhores resultados de desempenho.

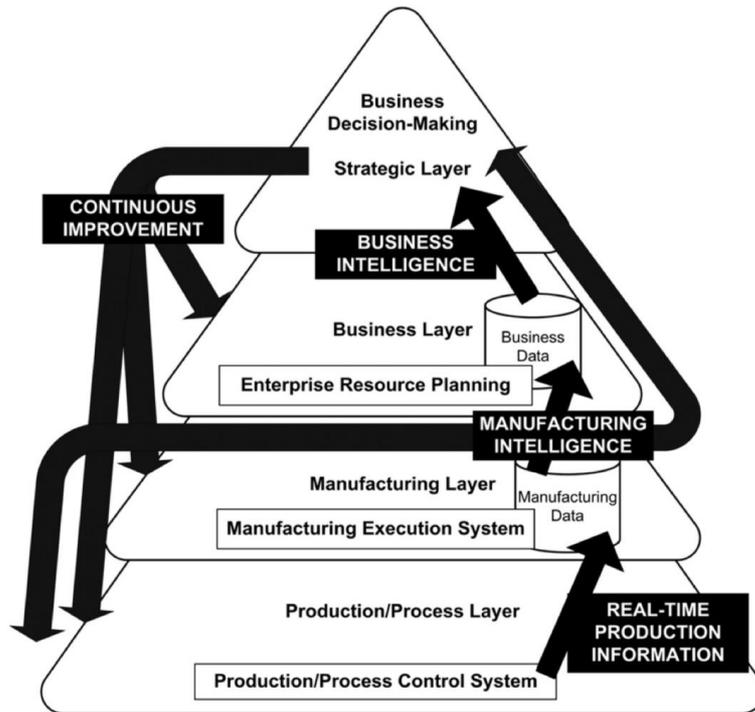


Figura 2. Adaptado de (Cottyn, Van Landeghem, Stockman, & Derammelaere, 2011b)

2.1.1 Monitorização da Produção aliada a uma cultura de Melhoria Contínua

O papel preponderante da monitorização da produção numa organização é indiscutível. No entanto, é necessário incorporar esse sistema numa envolvente capaz de lhe dar um propósito. Nesse sentido, qualquer empresa que preze as boas práticas, no que diz respeito à aplicação de métodos de controlo e monitorização da produção, compreende a importância de integrar este investimento numa filosofia de MC, que lhes ofereça um objetivo e uma direção.

A adoção da MC tem-se tornado amplamente frequente nas organizações, sendo hoje considerada uma importante arma no aumento da competitividade das organizações (Singh & Singh, 2015), dado que possibilitam a prossecução de uma estratégia específica ou de um leque de objetivos particulares.

Deming (1982) descreve a MC como a melhoria constante e infinita do sistema de produção e dos serviços. De forma similar, Masaaki Imai (1986; 1990), pioneiro neste domínio, definiu a MC como uma melhoria progressiva, que envolve toda a gente numa organização. Não devemos, no entanto, limitar-nos a estas definições. A MC, muito mais do que um conjunto de ações que procuram o progresso gradual e contínuo, com constante eliminação de desperdícios nos processos, é definida como uma cultura (Karkoszka & Szewieczek, 2007). Esta

cultura procura assentar a melhoria do desempenho na produtividade, na qualidade, na segurança e na ergonomia (Granerud & Rocha, 2011; Jurburg, Viles, Tanco, & Mateo, 2017), através de uma abordagem planeada, organizada e sistemática, que exige o envolvimento de todos dentro da organização.

A MC caracteriza-se pela maturidade dos operadores no chão de fábrica, os quais se estabelecem como capazes na identificação de problemas e na proposta de soluções (Bond, 1999). Este cenário apenas é possível através da constante monitorização da produção, a qual, ao nível do chão de fábrica, encoraja a equipa operacional a criar um senso de responsabilidade sob as suas próprias atividades, de modo a sustentar e ajudar no alcance dos objetivos estratégicos promovidos pela organização.

O contributo de uma competente monitorização do desempenho na criação de iniciativas de MC no chão de fábrica é enorme, facultando aos operadores meios para auto monitorizar-se, mediante medidas de desempenho adequadas e pertinentes (Daniels, 1995). Deste modo, deve privilegiar-se o estabelecimento de uma monitorização da produção de carácter dinâmico e centrado na MC, ao invés de ser estática e de controlo, permitindo desse modo a criação de uma cultura organizacional de aprendizagem (Olsen et al., 2007).

“We can’t improve what we can’t measure” é um princípio que ilustra a importância de aliar a medição de desempenho a uma cultura de MC. Assim como a monitorização da produção precisa da MC para que seja provida de orientação, a MC requer a adoção de sistemas de medição de desempenho efetivos, que permitam constante monitorização e deteção de possíveis melhorias (Kotter, 2007; Neely, 1999). E é deste modo que se estabelece uma parceria recíproca e vinculativa entre estes conceitos, em que um assume o papel de bússola e outro garante a compreensão da taxa de melhoria e progresso ao longo do tempo (Hayes, R.H., Wheelwright, S.C. and Clark, 1988).

Aliar a MC a sistemas de monitorização de desempenho adequados permite introduzir ganhos significativos numa organização (Bond, 1999), tais como:

- A deteção e alarme precoce, indicando o que aconteceu;
- O diagnóstico das razões para o estado atual;
- A direção das ações de melhoria.

E, deste modo, garante-se o objetivo de qualquer organização: a continuidade da melhoria dos processos e do desempenho.

2.1.2 Formalização e dimensões da Monitorização da Produção

A formalização é um aspeto que determina ou não a implementação de um sistema de monitorização da produção competente. Por forma a garantir a melhoria do desempenho e a continuidade da monitorização dos processos, é necessário identificar indicadores próprios que suportem a tomada de decisões. Apesar da atenção crescente na temática da monitorização do desempenho, muitas empresas ainda dependem de medidas de desempenho tradicionais, relacionadas apenas em custo, tais como o retorno no investimento, a margem de lucro e o fluxo monetário (Gosselin, 2005). Tal situação parece insuficiente, dada a literatura que retrata as limitações da utilização isolada de tais medidas (Ghalayini, Noble, & Crowe, 1997; Kaplan, R.S. and Cooper, 1998; Maskell, 1991). A utilização isolada de medidas financeiras demonstra alguma incongruência, uma vez que estas medidas não se relacionam diretamente com a estratégia de produção adotada, não permitem aos operadores de fábrica a sua monitorização, e desencorajam a melhoria, visto que privilegiam resultados a curto prazo.

No cenário atual das empresas, é necessário que a monitorização da produção abranja novas medidas de desempenho que encorajem uma abordagem mais balanceada do sistema produtivo.

Nesse sentido, encontram-se descritos na literatura dois grandes grupos de medidas de desempenho: as medidas de custo e as medidas de não custo (Stefan Tangen, 2003, 2004). No que diz respeito às medidas relacionadas com custo, incluímos os custos de produção e produtividade que permitem avaliar o estado financeiro da organização e vender os produtos a um preço mais competitivo. As medidas de desempenho não-custo são relativas a tempo, flexibilidade e qualidade, os quais são, geralmente, medidos por unidades não monetárias. As medidas relacionadas com o tempo são importantes, pois operações rápidas reduzem o nível de inventário entre operações e resultam num tempo mais curto de entrega ao cliente. A flexibilidade relaciona-se com a rápida adaptação a diferentes circunstâncias. Operações de alta qualidade não desperdiçam tempo ou esforços em operações de retrabalho, permitindo um fluxo muito mais eficiente do produto, com a satisfação do cliente como consequência direta (Slack, 2001).

A título de exemplo, a Tabela 1 demonstra algumas medidas de desempenho, mediante a classificação acima enunciada.

Tabela 1. Adaptado de (De Toni & Tonchia, 2001)

Grupo	Medida	Significado
Custo	ROI (Return on Investment)	Determina o volume de rendimentos obtidos a partir de um determinado investimento.
Não-custo: Tempo	OEE (Overall Equipment Effectiveness)	% Eficiência produtiva
Não-custo: Flexibilidade	Expansão	Capacidade de construir um sistema, expandindo, quando necessário, de forma simples e modular.
Não custo: Qualidade	FTQ (<i>First Time Quality</i>)	% ou partes por milhão (ppm) de produto, feito bem à primeira, em relação ao número total de produção.

As medidas devem providenciar um *feedback* oportuno, relevante e assertivo, tanto de um ponto de vista a curto como a longo prazo. Não é de todo uma tarefa fácil escolher quais as medidas de desempenho a aplicar, dado que muitas das medidas consideradas revelam ser obsoletas e inconsistentes. Tendo em conta que cada medida de desempenho tem as suas fraquezas e os seus pontos fortes, em vez de se procurar uma medida de desempenho perfeita para todas as situações, deve-se optar pela limitação da aplicação de tais medidas a situações apropriadas (Stefan Tangen, 2003). Nesse sentido, na escolha das medidas de desempenho deve-se ter em conta um conjunto de questões (Medori & Steeple, 2000; Tangen, 2002), explicadas na Tabela 2.

Tabela 2. Características das Medidas de Desempenho

Fator	Propósito
Objetivo da medida	Clarificar o intuito da medida de desempenho.
Nível de detalhe requerido	Entender o grau de detalhe que a medida deve ter.

Equação	Comunicar e clarificar a fórmula utilizada para o cálculo do valor do desempenho.
Existência de informação que permita a medida de desempenho	A informação disponível deve ser fidedigna e corresponder à realidade.
<i>Benchmark</i>	Permite a comparação com valores de referência, estimando dessa forma o seu lugar no mercado.
Responsabilidade	Pessoas ou ferramentas responsáveis pela recolha de dados e pelo cálculo da equação.
Melhoria	Identificação de ações de melhoria, caso se verifiquem resultados satisfatórios ou insatisfatórios.
Custo da aplicação da medida	O custo da medida deve ser balanceado com os ganhos que dela provém.

A escolha de medidas apropriadas pode assegurar uma visão a longo-termo e a alocação efetiva dos recursos da organização em iniciativas de melhoria. Nesse sentido, no processo de escolha das medidas de desempenho deve-se considerar os objetivos estratégicos da organização e assegurar que elas promovem um comportamento no operador que corresponde aos objetivos da organização.

A construção e a implementação de um modelo de monitorização de desempenho competente, aliado a uma cultura de MC não é fácil e, por isso, a análise dos melhores exemplos da indústria trazem instruções e diretrizes essenciais. Fazendo *benchmarking* ao mercado, as organizações conseguem estimar o seu lugar no mercado, comparando os seus valores das medidas de desempenho com os seus competidores/melhores exemplos da indústria (Sweeney, 1994). Nesse sentido, um dos melhores exemplos retratados na literatura é o *Lean Production* (LP) (Netland, 2012), que torna imperativo a sua análise e a sua abordagem à monitorização da produção.

2.1.3 Monitorização da produção num ambiente *Lean Production*

Para que seja possível uma interpretação pormenorizada da monitorização da produção num contexto de Produção *Lean*, é importante compreender o desenvolvimento histórico de todos os seus conceitos.

A génese do pensamento *Lean* remete-nos para algumas décadas atrás, nomeadamente para o *Toyota Production System* (TPS). O TPS, popularizado por Taiichi Ohno (1988b), nasceu devido à escassez de recursos no Japão, no período pós-segunda guerra mundial. Neste período tornou-se necessária a afirmação de uma nova abordagem industrial, que contrastasse com as crenças da produção em massa que prevaleciam na época, desenvolvidas aquando do fabrico do modelo T da Ford (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977). Perante este cenário, despontou um novo paradigma: combinar o melhor da produção artesanal com a produção em massa, ou seja, reduzir custos de produção, aumentar o número de atividades de valor acrescentado e, ao mesmo tempo, garantir produtos com melhor qualidade na quantidade necessária (Tiwari, Dubey, & Tripathi, 2011). Deste modo, e promovendo a envolvimento, o respeito e o uso das capacidades dos operadores (Sugimori et al., 1977), surgiu o TPS. Essencialmente, o TPS é orientado para a remoção de qualquer tipo de desperdício e inconsistência no sistema de produção, através da implementação de alguns ideais simples que conduzem o seu quotidiano. Esses princípios estão configurados no formato de uma casa, “House of TPS”, e são apresentados na Figura 3.



Figura 3. Adaptado de (Jeffrey K Liker, 2004)

Os pilares da casa, *Just-in-Time* (JIT) e *Jidoka*, sustentam o TPS (Ohno, 1988b). O JIT é um método de produção que tem em vista a redução do *lead time* e do volume de artigos e peças em inventário. A premissa é a de que todos os processos devem produzir apenas as quantidades necessárias, no tempo necessário. Idealmente, os níveis de stock são reduzidos para zero e esse é o objetivo, em teoria, do JIT. O outro pilar, *Jidoka*, remete para a automação com toque humano. Para além disso, um sistema de gestão foi desenvolvido para refletir e sustentar todas estas mudanças, o “*Toyota Way*” (Cho, 2001) que, com a nivelação da produção (*Heijunka*), a criação de processos estáveis e normalizados e a Gestão Visual (GV), resultam nos conceitos basilares da estrutura, permitindo a prosperidade do sistema como um todo.

A filosofia do TPS precedeu o desenvolvimento de um sistema dinâmico que, herdando as principais características e particularidades do sistema de produção da Toyota, governa hoje na indústria sob o nome de *Lean Production* (LP). O LP foi introduzido pela primeira vez no livro “*Triumph of the Lean Production System*”, em 1988, por John Krafcik (Krafcik, 1988). No entanto, foi dois anos depois, em 1990, que o termo foi popularizado no livro “*Machine that Changed the World*” (Womack, Jones, 1990), tendo ganhado ímpeto no mundo industrial. O LP é considerado uma filosofia de produção que tem como objetivo a redução do *lead time*, através da remoção de desperdícios e da otimização dos processos de valor acrescentado

(Murman, E., 2002). Quando bem implementado, consegue criar uma cultura de aprendizagem focada na melhoria contínua de todos os aspetos inerentes à produção (Sisson & Elshennawy, 2015). De acordo com Womack e Jones (Womack & Jones, 1996b), atingir esse objetivo máximo requer a implementação de um processo que inclui 5 diferentes passos, ilustrados na Figura 4.

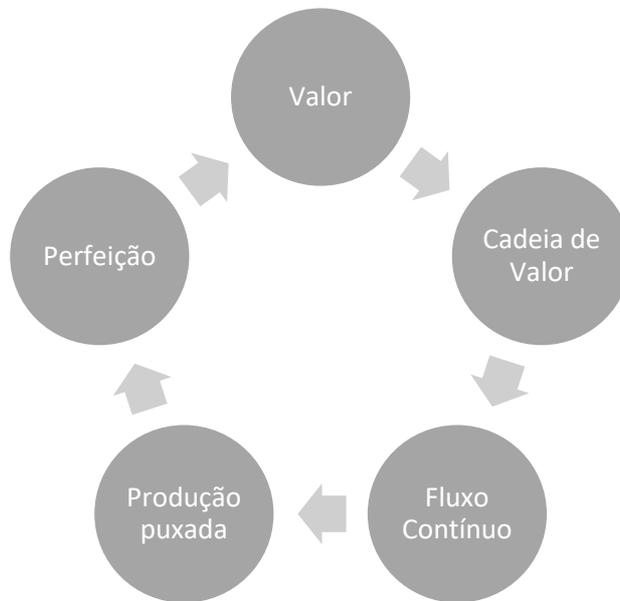


Figura 4. Princípios *Lean Thinking*

Estes 5 passos representam uma abordagem sistemática que, de forma sequenciada, descrevem uma a busca incessante de um estado de produção perfeito:

1. **Definição de Valor:** O cliente dita o valor. Todo o processo tem, inerentemente, passos que não conferem acréscimo algum para o cliente. No entanto, definir valores vai além das necessidades impostas pelo cliente. Não devem ser negligenciadas as partes interessadas, nomeadamente os colaboradores e os acionistas.
2. **Identificação da Cadeia de Valor:** Consiste na identificação de todas as atividades necessárias para produzir um dado produto. As etapas de um processo podem ser identificadas como atividades de valor acrescentado, atividades sem valor acrescentado, mas indispensáveis ao processo e atividades que não acrescentam valor e são desnecessárias.

3. **Criação de um Fluxo Contínuo:** Esta etapa tem como objetivo gerar um fluxo de produção contínuo e sem interrupções ao longo de todo o processo, procurando identificar os *bottlenecks*, reduzindo o WIP, tendo em vista a redução do *lead time*.
4. **Produção Puxada:** Criar um sistema de produção puxada pelo cliente, evitando assim o inventário e a produção em excesso.
5. **Busca da Perfeição:** A busca da perfeição é um processo insaciável, que apenas é atingido quando todos os desperdícios são eliminados. Tal resultado é apenas conseguido em teoria, sendo um processo contínuo de melhoria.

O conceito de valor é crucial no LP e deve ser avaliado sempre na perspetiva do cliente: “O que é que o cliente pretende com este processo?” (J. K. Liker, 2004a). Todas aquelas atividades que não acrescentam qualquer valor ao cliente são consideradas de “*muda*”, que significa desperdício em japonês, e devem ser eliminadas do processo produtivo. Com o objetivo de minimizar custos associados à produção e de melhorar a fluidez do processo produtivo, é fulcral a identificação dos desperdícios a ele associados. Desta forma, o pensamento Lean rege-se pela mitigação de todas as atividades dispensáveis ao processo, que acarretam custos à organização. Ohno (1988a) identificou sete desperdícios capitais da indústria, porém foi adicionado com o correr do tempo, mais um desperdício, o não aproveitamento das capacidades humanas (Liker, 2004b).

1. **Transporte:** O transporte é um processo indispensável em qualquer meio industrial, pelo que é necessário abastecer linhas, bem como transportar WIP de um posto para outro, e expedir o produto final para o cliente. O transporte desmedido leva ao elevado *buffer* de produtos em processo, múltiplos locais de armazenamento e deterioração dos produtos armazenados. O transporte não pode ser considerado uma atividade de valor acrescentado para o produto, e deverá ser visto como um desperdício. Com o objetivo de serem mais competitivas, as empresas veem-se obrigadas a criar estratégias para a redução das distâncias percorridas e dos tempos de transporte.
2. **Inventário:** O desperdício de inventários é um dos mais frequentes e menos desejados para as organizações. Este tipo de desperdício está associado a excesso de *stock*, quer seja de matéria-prima (MP), subcomponentes ou produto acabado. A retenção de produtos leva a elevadas áreas de armazenamento. Uma tal situação tem um efeito

negativo, não só pelos custos de posse, mas também porque pode ocultar outros problemas inerentes ao processo produtivo.

3. **Movimentações:** Tal como no desperdício causado pelo transporte, o desperdício oriundo das deslocações está presente em todas as organizações industriais, dado que os colaboradores necessitam de se movimentar para realizar as suas tarefas diárias.
4. **Esperas:** Tal como o nome indica, qualquer inatividade dentro do processo produtivo, que seja causada pela falta de material, de equipamentos ou de pessoas, é considerada um desperdício.
5. **Sobreprocessamento:** Caracteriza-se pelo excesso de processos e de operações que não são necessários à produção, uma vez que não acrescentam valor.
6. **Sobreprodução:** Este tipo de desperdício vai contra a filosofia *Lean*, pois a sobreprodução acontece quando há uma antecipação das necessidades de produção, não respeitando a produção puxada.
7. **Defeitos:** Consiste na conceção de produtos que não estão de acordo com as especificações dos clientes e que levam ao retrabalho, ou mesmo à inutilização dos produtos. A este tipo de desperdício estão associados custos de retrabalho e reclamações de clientes, aquando do envio de produtos defeituosos e custos de inspeção.
8. **Talento não aproveitado:** Não aproveitamento da total capacidade dos colaboradores.

As organizações lutam insistentemente pela busca da perfeição e pela obtenção de um sistema ágil, capaz de atender às naturais variações de procura e aos desafios impostos pela produção. Para isso, a monitorização da produção tem um papel crucial em ambientes LP. Segundo Diego Fernando & Rivera Cadavid (2007), há diferentes indicadores que devem ser implementados, de forma a assegurar o controlo e a supervisão do progresso e da evolução dos processos. Estes indicadores estão agrupados em cinco diferentes dimensões: eliminação de desperdício, melhoria contínua, fluxo contínuo e produção puxada, equipas multifuncionais e sistemas de informação. Veja-se a Tabela 3.

Tabela 3. Indicadores Lean (Diego Fernando & Rivera Cadavid, 2007)

Dimensão	Indicador	Explicação
Eliminação de desperdício	WIP	Valor de WIP na linha
	Tempo de Setup	Tempo despendido em <i>setup</i> vs tempo produtivo total
	Transporte	Número de peças transportadas e distância
Melhoria Contínua	Participação dos operadores em iniciativas de MC	Número de sugestões por operador por ano
	Implementação das sugestões	% de sugestões implementadas
	<i>Scrap</i> (refugo)	% dos produtos sucitados
Fluxo contínuo e produção puxada	Lead-time da ordem produtiva	Tempo médio para entregar o produto final ao cliente
	Processos puxados	% dos processos na linha produtiva que puxam <i>inputs</i> dos seus antecessores.
Equipas Multifuncionais	Conteúdo de trabalho	% de tarefas requeridas à equipa para completar o produto
Sistemas de Informação	Transmissão de informação	Frequência com que a informação é transmitida aos operadores
	Normalização dos processos	% de processos documentados na organização
	Gestão Visual	Frequência com que os quadros no chão de fábrica são atualizados

Tal como foi verificado, o LP é um exemplo de uma iniciativa baseada em MC que é amplamente reconhecida pelos seus benefícios (Gupta & Jain, 2013). O recurso à

monitorização da produção é fundamental para o cumprimento da eliminação dos desperdícios, que é uma máxima do LP. Quer no início da implementação de qualquer processo, quer também na sua fase de consolidação, o estabelecimento de medidas de desempenho, é um fator que influencia iniciativas bem-sucedidas. Na primeira fase, as métricas permitem visualizar o progresso e a eficácia de diferentes ferramentas e técnicas utilizadas. Numa segunda fase, as métricas são importantes na construção de gráficos de controlo e no estabelecimento de objetivos de melhoria adicionais.

2.2 Barreiras à implementação e sustentabilidade das iniciativas de Monitorização do desempenho

A literatura existente revela um grande foco na definição e compreensão da monitorização do desempenho (Mike Bourne, Neely, Mills, & Platts, 2003), existindo por isso um leque variado de modelos e estruturas particulares de medição de desempenho, que podem ser adaptadas pelas organizações. Entre esses modelos e estruturas, podemos assinalar a matriz de monitorização do desempenho (Keegan, Eiler, & Jones, 1989), *Balanced Scorecard* (Kaplan & Norton, 1992) e o prisma de desempenho (Neely, A. and Adams, 2001). No entanto, é baixa a percentagem de organizações que conseguem a implementação de um modelo de monitorização de desempenho, condignamente integrado, dinâmico, acessível, rigoroso e visível. Segundo Holloway (2001), pouco trabalho é feito no que diz respeito à descrição e análise de problemas ocorrentes aquando da aplicação deste modelo. Este cenário despoleta, no entanto, bastantes questões acerca dos fatores que contribuem ou inibem a implementação de um modelo de monitorização de desempenho, competente e bem-sucedido.

Hamel (2009) sugere que as organizações têm que criar uma “democracia de informação”, onde os colaboradores de todos os níveis hierárquicos sejam informados e habilitados, de modo a sentirem-se motivados e a agir de acordo com os interesses da organização. Desse modo, uma cultura organizacional que não puna os erros das pessoas e encoraja a discussão e análise das medidas de desempenho, é considerada por alguns um fator preponderante para o sucesso (Bititci, Mendibil, Nudurupati, Garengo, & Turner, 2006; Franco & Bourne, 2003). Complementarmente, de salientar que o comprometimento da gestão é também invocada como um pré-requisito importante, que dá alento e provê uma visão clara dos benefícios da

aplicação e da utilização das medidas de monitorização dentro da organização (Mike Bourne et al., 2003; Mike Bourne, Neely, Platts, & Mills, 2002; S. S. Nudurupati, Bititci, Kumar, & Chan, 2011). Não é esperado que o comprometimento da gestão se mantenha estático no processo de implementação de um modelo de monitorização da produção, mas sim que haja alterações no seu comportamento que acompanhem a maturidade do modelo implementado (U. S. Bititci et al., 2006).

Nudurupati (2003) investigou a implementação de modelos de monitorização da produção suportados por IT, através da qual desenvolveu uma relação causal entre 2 diferentes fatores interdependentes: a infraestrutura envolvida e o envolvimento das pessoas. Na mesma linha de estudo, Bourne (2001) e Bourne et al. (2002), definem como inibidores três agentes diferentes: Tempo e esforço requerido, dificuldade em implementar medidas de desempenho causado por sistemas de IT inapropriados e a natural resistência das pessoas à monitorização do desempenho. E porque todas as organizações são diferentes, o estudo de Taylor & Taylor (2014) reconhece as práticas que facilitam a aplicação da monitorização da produção, de acordo com o tamanho da empresa. As práticas que favorecem uma implementação bem-sucedida numa empresa grande não são necessariamente as mesmas de uma pequena e média empresa.

A Tabela 4 resume os principais facilitadores e inibidores encontrados na literatura.

Tabela 4. Fatores críticos na implementação de modelos de monitorização de desempenho

Facilitadores	Inibidores
Comprometimento da gestão de topo da organização	Tempo e esforço requeridos
Cultura de MC	Dificuldade em implementar as medidas, devido a informação inapropriada proveniente dos sistemas de suporte
Discussão e análise de dados, apropriada e frequente	Resistência à monitorização e controlo da produção
Comunicação da informação às pessoas respetivas	

Compreensão dos benefícios provenientes de um design, implementação e utilização adequada das medidas de desempenho	
---	--

Posto isto, é evidente que uma mudança cultural orientada para a MC e para democratização da informação, com clara perceção dos benefícios da utilização adequada das medidas de desempenho, facilita uma atmosfera propícia ao desenvolvimento efetivo de um modelo de monitorização e controlo da produção, com melhorias significativas no desempenho da organização. A resistência dos colaboradores à monitorização do desempenho deve ser ultrapassada com o seu total envolvimento nas iniciativas de melhoria da produção, e com uma gestão de total transparência e compreensibilidade.

A informação e os benefícios trazidos pelo modelo de monitorização são tão bons quanto for a rigorosidade dos dados em tempo real da produção, sendo por isso este um fator crucial na criação de um modelo fiável, que requer tempo e esforços adicionais.

2.3 Ferramentas de apoio

2.3.1 Gestão Visual

A utilização de métodos visuais na gestão moderna é inspirada, largamente, pelo TPS e pelo LP (Murata & Katayama, 2010; Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar, 2003). A visualização diz respeito à representação de dados, informação e conhecimento, sob um formato intuitivo. Assim sendo, diz-se que a Gestão Visual (GV) é detentora de todas as diferentes ferramentas e métodos utilizados na visualização de informação e exposição de normas ou diretrizes (U. Bititci, Cocca, & Ates, 2016; Eaidgah, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae, 2016).

A GV pode ser usada para dois domínios diferentes: como uma ferramenta informativa e como uma ferramenta diretiva. No que diz respeito ao primeiro domínio, a GV é utilizada unicamente na visualização de informação, como por exemplo *layout* ou o mapeamento dos processos. Já atentando a GV como ferramenta diretiva, consideram-se todas as direções e instruções que condicionam e guiam as ações dos utilizadores. Cartões Kanban, folhas de *standard work* ou quadros de GV (com a exposição das respetivas medidas de desempenho), são alguns dos exemplos que se assumem como ferramenta diretiva (Eaidgah et al., 2016). Este segundo sentido da GV apresenta uma forte conexão à monitorização do desempenho.

Kurpjuweit, Reinerth, Schmidt, & Wagner (2018) retratam as principais barreiras e fatores de sucesso na implementação de iniciativas de GV a partir de uma revisão de literatura. Uma boa aplicação da GV no chão de fábrica traz vários benefícios para a organização. Segundo Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos (2009), a GV simplifica o fluxo de informação, criando uma atmosfera que providencia aos colaboradores o conhecimento necessário. Nesse sentido, a GV é vista também como um meio de fornecer a informação correta às pessoas indicadas, evitando o tratamento de informação/material desnecessário (Jeffrey K Liker, 2004). Levar a informação ao chão de fábrica cria um senso de transparência entre a organização que capacita os operadores com o conhecimento necessário que se traduz num senso de responsabilidade sobre as suas ações. No entanto, para que a GV atinja o seu propósito máximo, precisa de ser integrada num cenário maior, ligando-se ao programa de monitorização de desempenho da organização, que, por sua vez alimenta as iniciativas de GV e de MC. A GV também contribui para a manutenção e sustentabilidade da MC na organização. A Figura 5, demonstra essas ligações, enaltecendo então a necessidade de integrar as iniciativas de GV num panorama geral de monitorização do desempenho, que suporta a MC (Sloan & Sloan, 2011).

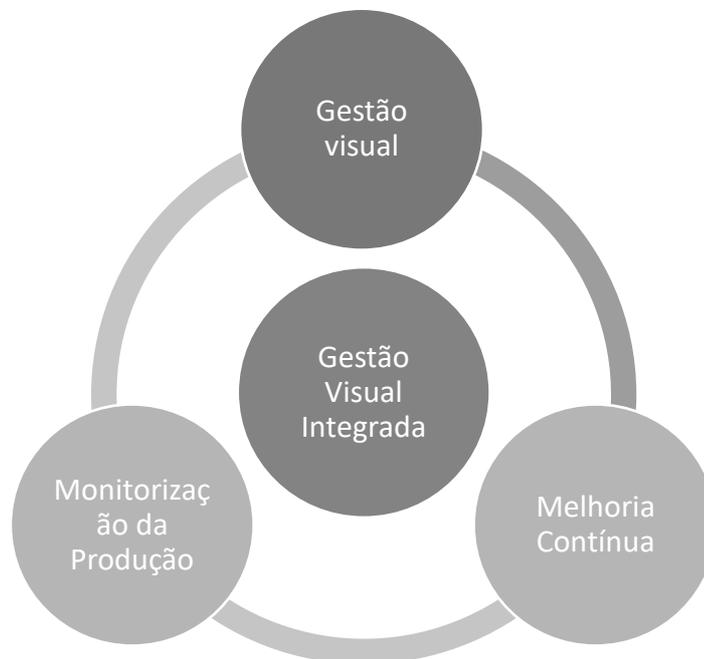


Figura 5. Adaptado de (Eaidgah et al., 2016)

2.3.2 Kanban

Um dos mais populares princípios de uma abordagem Lean é a utilização de Kanbans, pois ajudam a controlar a produção e a possibilitar o JIT (Ohno, 1988b). Graves, Konopka, & John Milne (1995) definem *Kanban* como um mecanismo de controlo do fluxo de material, que controla a quantidade e o tempo de produção e/ou entrega de produtos ou serviços. Através da utilização de cartões visuais, a aplicação dos *Kanbans* facilita sistemas de produção puxados, dando autorização para produzir ou transportar um determinado número de produtos (Kumar & Panneerselvam, 2007). Este sistema foi criado para satisfazer algumas das necessidades das organizações, tais como: visibilidade, controlo da produção e do inventário (Kouri, Salmimaa, & Vilpola, 2008).

O sistema *Kanban* apresenta dois diferentes desígnios de implementação: produção e transporte. O *Kanban* de produção define uma determinada quantidade de um produto específico que um respetivo Posto de Trabalho deve produzir de modo a repor a quantidade retirada. O *Kanban* de transporte define a quantidade de produto que deve ser transportado de um determinado posto para o seu sucessor. No caso dos Postos de Trabalho se encontrarem próximos, então deve prezar-se pela utilização de *Kanban* de produção. Caso contrário, recomenda-se a utilização de *Kanbans* de transporte.

A literatura retrata as maiores vantagens da aplicação do *Kanban* como sendo: redução do inventário, melhoria do fluxo de material, eliminação da sobreprodução, gestão de processos, minimização do inventário obsoleto e melhoria da cadeia de abastecimento (Groos, J. M., 2003; Lage Junior & Godinho Filho, 2010; Lin, Chen, & Chen, 2013). Naufal, Jaffar, Yusoff, & Hayati (2012) descrevem uma redução de 40% do *lead time* e minimização de 23%-29% do inventário, após aplicação de um sistema *Kanban* numa organização.

2.3.3 Standard Work

A normalização do trabalho (*Standard-Work*) consiste na documentação e registo de métodos e sequências de trabalho que procuram aumentar a eficiência de um processo, de forma a condicionar o trabalho do operador e, com isso, diminuir a variabilidade nos processos. Spear & Bowen (1999) apontam 3 pontos fundamentais para o *Standard-Work*:

- *Takt-Time*: Ritmo a que a produção tem que atender, de forma a responder à procura.

- Sequência normalizada de operações: Representa a sequência total de operações que o trabalhador deve respeitar na execução de determinada tarefa.
- Normalização do *Work-In-Process* (WIP): nivelamento do número dos produtos em processamento.

Liker, J. K., & Meier (2005) consideram a existência do *Standard-Work* sob a forma de três documentos diferentes:

- ***Standard Work Chart***: Expõe o movimento do operador e a localização do material necessário à tarefa, num *layout* correspondente à área de trabalho. Este documento, deve apresentar o *takt-time*, a sequência de trabalho e o WIP esperado.
- ***Standard Work Combination Table***: Este documento mostra a combinação do trabalho manual com o tempo de percurso percorrido e o tempo de processamento da máquina para cada operação na sequência de produção. Este formato pode ser útil na deteção de desperdícios.
- ***Production Capacity Sheet***: Gráfico que transmite a capacidade de uma determinada máquina no processo, considerando o tempo de *Setup* ou outras paragens.

Para além de garantir a estabilidade dos processos, a aplicação do *Standard-Work* no quotidiano das organizações promove a preservação do conhecimento, assim como uma melhor identificação de desperdícios inerentes aos processos de trabalho (Dennis, 2007).

2.3.4 Ciclo PDCA

O ciclo Planear-Fazer-Verificar-Atuar (Plan-Do-Check-Act) é uma abordagem sistemática de 4 passos utilizada para controlar e, continuamente, melhorar processos e produtos (Beshah B, 2014). As organizações empregam o ciclo PDCA na redução ou eliminação de desperdícios organizacionais ou na resolução de outros problemas (Marrs & Mundt, 2007). Este ciclo de fases sequenciais (

Figura 6) cria uma abordagem sistemática e iterativa para a MC. Na primeira fase, planear, procede-se à seleção e descrição da situação (uma operação, atividade ou processo), que precisa de ser melhorada. Nesta fase, toda a informação disponível é recolhida, de forma a assegurar uma exposição rigorosa do problema a enfrentar. Perante total compreensão da situação a melhorar, é desenvolvido um plano de ação e, na segunda fase, implementam-se as medidas planeadas, monitorizando sempre o progresso e o impacto que essas medidas

trazem. A terceira fase, verificar, resume e analisa os resultados obtidos das ações tomadas, avaliando possíveis desvios inesperados. Por fim, a última fase corresponde à documentação do processo, caso as medidas tomadas tenham sido um sucesso. Se tal não acontecer, atua-se novamente, reiniciando o ciclo. Este ciclo repete-se as vezes necessárias, até que se consiga atingir o objetivo estipulado no princípio.

Ainda que seja um modelo simples, o ciclo PDCA é poderoso na resolução de problemas em qualquer organização. Através de uma abordagem repetitiva, que encontra e testa soluções, é vasto o leque de possíveis aplicações do ciclo de PDCA, como ferramenta de apoio da MC, porque na implementação de qualquer mudança, aquando do desenvolvimento ou otimização de um novo processo, acompanha desde o início o novo projeto de melhoria (Keivan Zokaei & Simons, 2006).

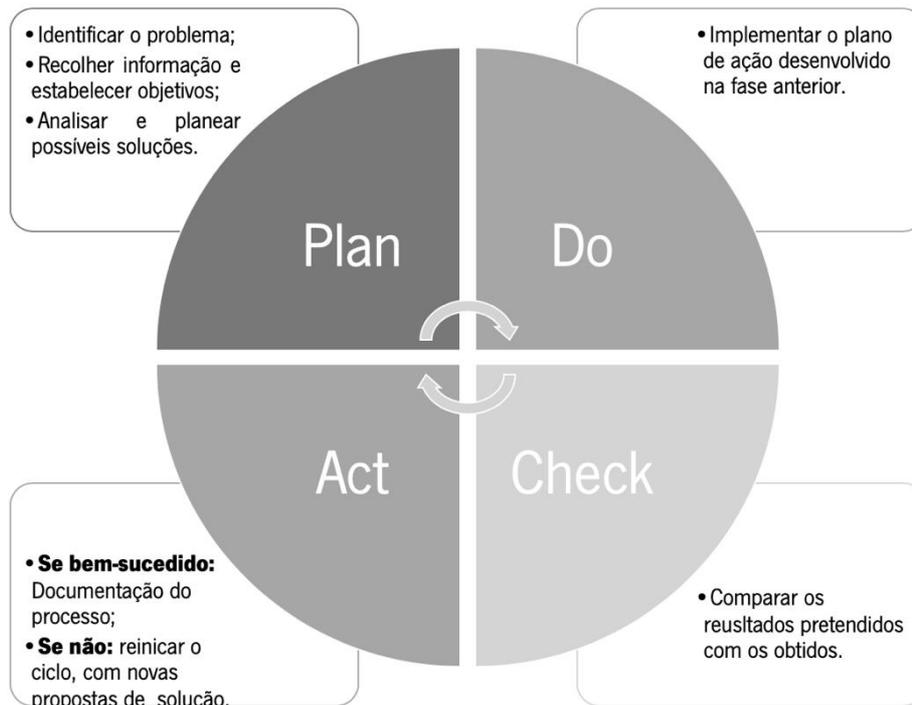


Figura 6. Ciclo PDCA

2.3.5 Diagrama de Spaghetti

O diagrama de Spaghetti (Figura 7) é uma ferramenta de mapeamento. Através de linhas de fluxo contínuo, este diagrama permite fazer uma representação visual do trajeto desempenhado por uma pessoa ou produto (Chalice, 2007).

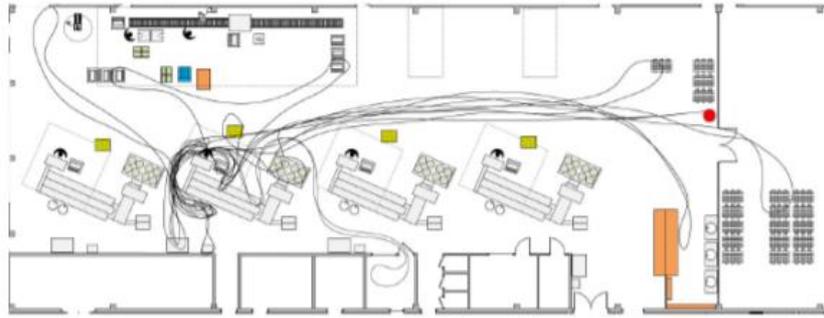


Figura 7. Diagrama de Spaghetti

Com a análise desta ferramenta, é possível identificar a distância percorrida, assim como o número de movimentos e caminhos não otimizados (Senderská, Mareš, & Václav, 2017). Esta ferramenta presta, também, auxílio na identificação de insuficiências de *layout*, movimentos excessivos e incongruências no processo produtivo (Goyal & Verma, 2019), permitindo estabelecer uma relação comparativa de situações do sistema em diferentes estados.

2.3.6 Business Process Modelling and Notation (BPMN)

Os processos de gestão de negócios são baseados na observação dos diversos processos de uma organização, sendo o resultado uma representação da sequência de atividades. Consequentemente, a representação formal das atividades e informação associada, permite compor, monitorizar e melhorar o fluxo organizacional (Pillat, Oliveira, Alencar, & Cowan, 2015).

Uma das representações gráficas utilizadas nestes diagramas de atividades denomina-se *Business Process Modelling Notation* (BPMN), sendo uniformizada pela organização *Object Management Group* (OMG) (Rui M. Lima, 2003).

Segundo OMG (2008), o BPMN é uma linguagem de modulação que se desdobra por quatro categorias de elementos:

Objetos de fluxo: Eventos, que são representados por círculos de linha simples (eventos de início), linha dupla (eventos intermédios) ou linha grossa (eventos finais); Atividades, representadas por retângulos, dizem respeito a um trabalho executado num processo de negócio; Portas (*gateways*), representadas por losangos, utilizados como identificadores de decisões no decurso do processo.

Objetos de ligação: O fluxo de sequência define a ordem sequencial dos objetos de fluxo; o fluxo de mensagem define a sequência de comunicação entre duas entidades; a associação, é utilizada para ligar artefactos a objetos de fluxo.

Objetos de agrupamento: Os chamados *swimlanes* têm como função organizar a rede de atividades. São utilizadas para agregar subconjuntos da atividade.

Artefactos: São objetos de dados, cuja função é a representação de documentos e dados; são utilizados para categorizar a secção, e também como anotações para adicionar comentários.

Em síntese, podemos dizer que para a construção de um BPMN recorre-se a seis elementos: atividades, eventos e portas (*gateways*), que são objetos de fluxo, a objetos de agrupamento (*swimlanes*), a artefactos e a objetos de ligação.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

O presente capítulo destina-se à apresentação da empresa APTIV, local onde o projeto de dissertação foi realizado.

No desenvolvimento deste capítulo, é realizada uma breve descrição da empresa global. Seguidamente, discorre-se sobre as empresas representantes da APTIV em Portugal, dando principal enfoque à unidade produtiva de Braga, sendo descritos, em pormenor, os clientes, os produtos fabricados e o sistema produtivo.

3.1 O grupo APTIV

A APTIV é uma empresa, a nível global, de tecnologia de componentes eletrónicos. O grupo APTIV surge em 2017, como consequência de um desmembramento do grupo Delphi Automotive. Desse desmembramento resultaram duas empresas distintas, a Delphi Technologies e a APTIV. A primeira ficou responsável pelo setor *Powertrain*, enquanto que a segunda, a APTIV, ficou responsável pela área de negócio *Advanced Safety & User Experience & Power Solutions*.

A empresa APTIV tem como missão a criação de uma nova geração de segurança ativa, veículos autónomos, cidades inteligentes e conectividade. Encontra-se sediada em Dublin e expande-se por 45 países, contando com 109 fábricas produtivas e 14 centros de desenvolvimento. Atualmente, a empresa conta com aproximadamente 147.000 colaboradores. Na Figura 8 encontram-se ilustradas as principais fábricas e centros de investigação APTIV.



Figura 8. Localizações APTIV no mundo

3.2 APTIV – Portugal

A APTIV Portugal está implantada em três localizações diferentes. Em Braga e em Castelo Branco conta com duas unidades produtivas. E tem no Lumiar um centro de investigação tecnológico.

A unidade produtiva de Braga insere-se na categoria de *Infotainment & User Experience*, enquanto que a de Castelo Branco diz respeito à produção de sistemas elétricos e eletrónicos, nomeadamente cabelagens, para a indústria automóvel.

A empresa de Braga emprega aproximadamente 900 pessoas e as suas instalações compreendem quatro edifícios, Figura 9, que totalizam uma área de 32.921 metros quadrados.



Figura 9. APTIV Braga

O primeiro edifício destina-se, exclusivamente, à produção de componentes eletrónicos. O segundo edifício está dividido em três secções, uma das quais se destina à produção de componentes plásticos e as outras duas à produção de componentes eletrónicos. O terceiro edifício destina-se ao armazenamento de matéria-prima. Por fim, no quarto edifício, chamado *Technical Center*, ocorre o desenvolvimento de novos produtos.

Na fábrica de Braga produzem-se autorrádios, displays, sistemas de navegação e centralinas, sendo clientes as principais marcas do ramo automóvel (Figura 10).



Figura 10. Clientes APTIV

3.3 Descrição do sistema produtivo

Foi referido anteriormente que os setores produtivos da fábrica de Braga estão distribuídos por dois edifícios. No primeiro edifício funcionam as áreas de *Surface Mount Technology* (SMT) e *Final Assembly*. Já no segundo funciona a área de componentes plásticos, a área de *Infotainment*, destinada à montagem de rádios e a área de *Connectivity & Safety* (C&S), onde o presente projeto teve lugar, cujo produto final é o *Body Systems Interface* (BSI).

Desta forma, a descrição detalhada do processo produtivo centrar-se-á apenas na área de C&S.

A área de C&S é constituída por duas secções produtivas, a linha de *Circuit Board Assembly* (CBA) e a linha de montagem final.

Estas duas linhas tratam de processos interdependentes. A primeira, que é a linha de CBA, tem como atividade a produção de placas *Power*. Esta linha é constituída por seis máquinas de inserção de componentes, encadeadas em série, e uma máquina de inspeção visual das peças, a *Automatic Optical Inspection* (AOI).

A segunda linha inicia com o posto de limpeza de placas eletrónicas. As placas eletrónicas são fabricadas no edifício 1 das instalações APTIV e, por razões que se prendem com a qualidade, a empresa introduziu este posto de trabalho para garantir que não há partículas que estejam na origem de produtos defeituosos. Seguem-se os postos de *Coating* linha e *Stand-Alone*. Ambos os postos servem o mesmo propósito, embora sejam de diferentes conceções. O primeiro posto, chamado *Coating linha*, consiste numa linha produtiva, em que dão entrada

as placas eletrónicas. É-lhes dispensada a pasta e as placas são retiradas na mesma zona em que foram inseridas. Já o *Coating Stand-Alone* consiste num conjunto com duas dispensadoras independentes e uma máquina de secagem (*dryer*), onde dão entrada todas as placas com a pasta já dispensada. Nestes postos, as placas eletrónicas contam com uma pasta que lhes confere propriedades químicas e físicas, e as protege deste modo contra condições desfavoráveis, tais como, humidade e temperatura. A este posto segue-se um processo de repouso, que é a câmara de exaustão, onde todas as placas ficam a secar, de modo a ser-lhes retirado o odor, o que demora um mínimo de meia hora. Às placas *Power*, que saíram da linha de CBA, segue-se o *In-Circuit-Test* (ICT), cuja função é a de testar os componentes inseridos em CBA. Posteriormente, estas placas são submetidas ao conjunto de inserção de fusíveis. Este conjunto é constituído por três máquinas, que operam em série e são, responsáveis pela inserção de fusíveis. No fim deste processo as placas são submetidas a um teste visual dos fusíveis inseridos, chamado *Automatic Visual Inspection* (AVI).

Os três conjuntos de Press Fit são os postos onde se reúnem as placas *Power* e Eletrónicas. Cada um dos conjuntos é representado com duas máquinas, a primeira coloca fichas conetoras na placa *Power* e a segunda une as duas placas. O processo avança para os dois postos de etiquetagem, que é o local onde é uma etiqueta com o código de barras único ao produto. Neste posto surge o casamento de ambas as placas, sendo criado o código do módulo. Por fim, seguem-se os postos de teste finais, os sete postos encadeados de *Functional Test* (FT), seguidos por quatro postos de testes de programação e o posto de embalagem. A sequência produtiva descrita encontra-se ilustrado na Figura 11.

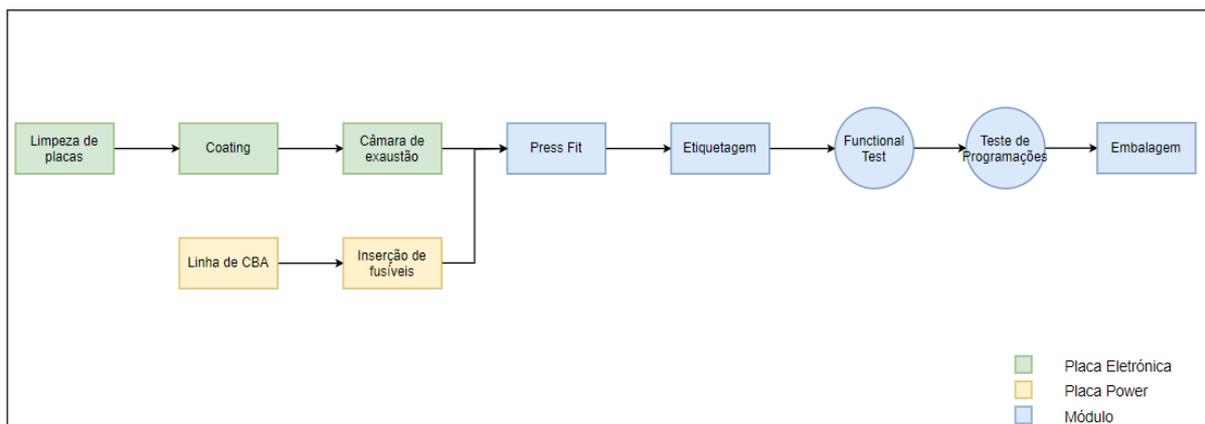


Figura 11. Sequência produtiva

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO

Este capítulo descreve todo o procedimento necessário ao normal funcionamento das ferramentas e práticas de monitorização adotadas pela empresa, desde a inserção dos dados da produção no sistema ao posterior tratamento e utilização desses dados. Será também feita uma análise crítica a este sistema de monitorização da produção, julgando os seus pontos fortes e pontos fracos.

4.1 Entrada de dados da produção no sistema

Para que as ferramentas de apoio à produção consigam ter informação suficiente para reportar e auxiliar na tomada de decisões, é importante que a entrada de dados relativos à produção seja constante. Nesse sentido, são muitas as etapas por onde o produto passa em que são introduzidos dados no sistema e que tornam possível um rastreamento efetivo do produto.

Assim, de modo a facilitar e agilizar a inserção de dados, todos os produtos na área C&S possuem um código de barras ou código 2D respetivo, que é lido à medida que os produtos passam pelas diferentes etapas do processo produtivo. Esta leitura pode ser realizada de duas diferentes formas: ou através de um *scanner* fixo nos equipamentos, ou então, manualmente, pelos operadores do posto, através de um *scanner* pistola. A Figura 12 representa os dois exemplos de *scanners* encontrados no chão de fábrica.

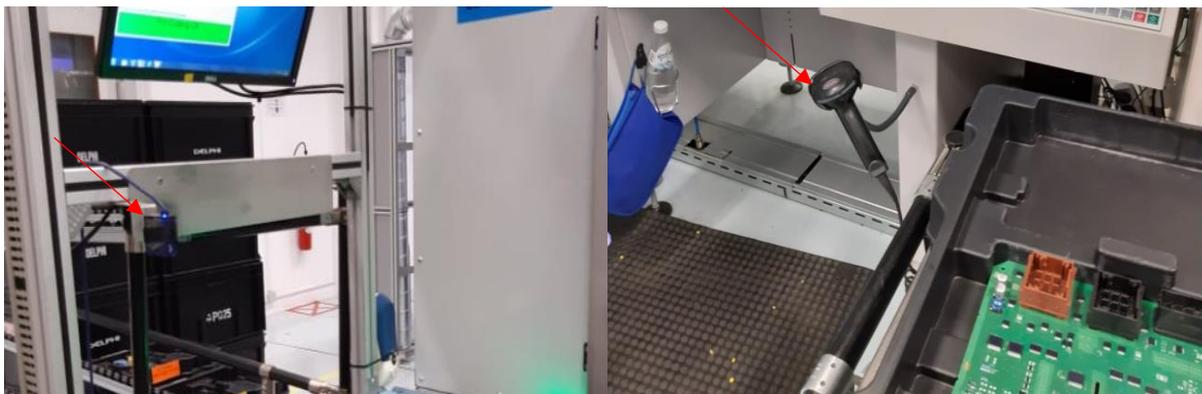


Figura 12. *Scanners* de dois Postos de Trabalho

A leitura do código de barras do artigo associa o código deste ao código da estação pelo qual o artigo acabou de passar, registando uma hora e data. Em estações de teste é memorizado, adicionalmente, o estado do produto: conforme ou não conforme. Por fim, esta informação é

convertida para uma *string*, através do programa *PassResClient*. A *string*, detentora da informação do produto, é transmitida para o *Factory Information System* (FIS), onde todos os dados são transformados e agrupados, tornando mais fácil a sua análise e acessibilidade. Este processo está representado na Figura 13, que representa o fluxo de dados desde os Postos de Trabalho até ao FIS.

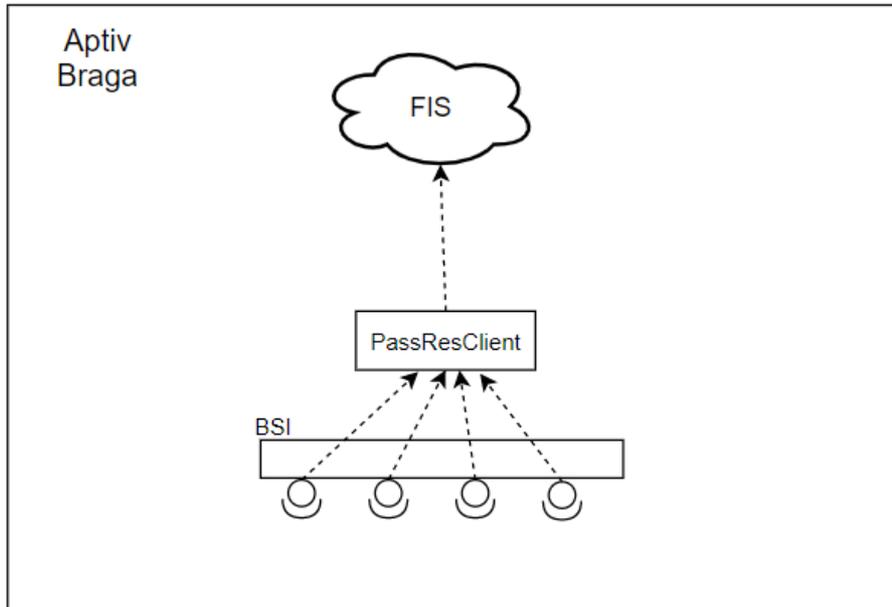


Figura 13. Fluxo de dados

O FIS é detentor de todos os dados que a produção transmite, o que faz dele a fonte de informação à qual as diversas ferramentas de monitorização e controlo da produção recorrem para apresentar os dados, sob forma de medidores de desempenho, ou então, de informação valiosa à produção.

A Figura 14 demonstra o fluxo de informação acima explicado, com os dados a chegar ao FIS, a partir do *PassResClient*, e a informação a ser distribuída para as diferentes ferramentas e controlos de apoio à produção.

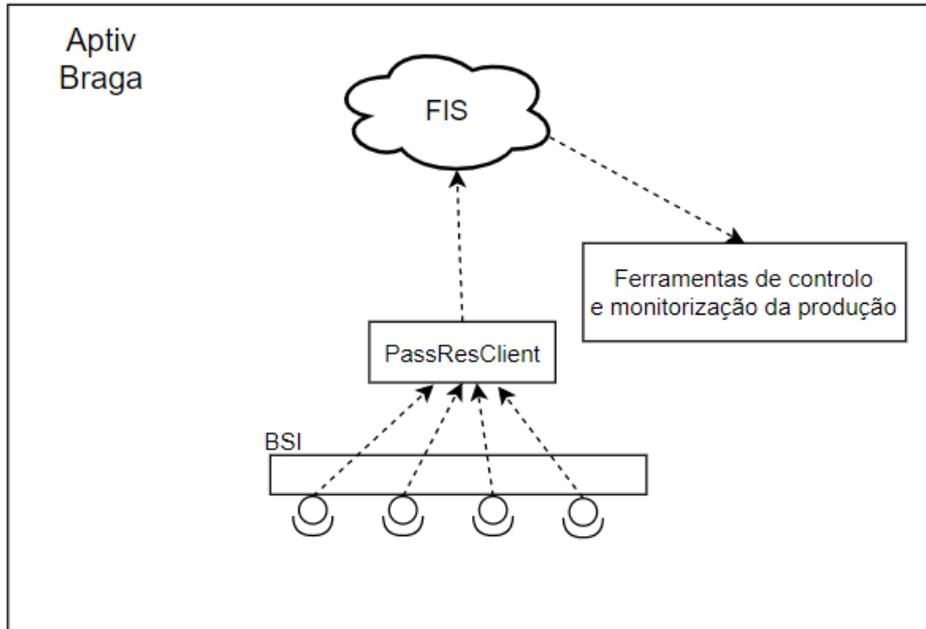


Figura 14. Distribuição de informação

Este fluxo de informação dos produtos representa um importante fator no funcionamento da empresa e está muito enraizado no dia a dia dos colaboradores. Não só assegura que o produto atravesse o processo na íntegra, funcionando como *Poka Yoke*, como também permite rastrear o produto, sendo fulcral na deteção da origem do problema, aquando da produção de produtos não conformes.

4.2 Ferramentas e práticas de monitorização da produção

A inserção dos dados no sistema permite que, ao segundo, a informação disponível sobre a produção descreva o real estado do sistema. Esta informação é tratada de diferentes formas, umas de forma automática, outras de forma manual, e serve diferentes propósitos. Mediante esses diferentes propósitos, a APTIV emprega diferentes ferramentas que, combinadas, constroem todo o sistema de monitorização, o que torna a tomada de decisões factual e assertiva. Nesta secção retratam-se as diferentes ferramentas existentes, as quais, servidas pela informação do FIS, tratam e utilizam os dados de diferentes formas.

4.2.1 *Factory Information System (FIS)*

O FIS é considerado um *Manufacturing Execution System (MES)*, que se caracteriza por ser um sistema informático, acessível pela intranet da empresa. Como já foi mencionado acima, o FIS desempenha um papel preponderante na distribuição e na acessibilidade rápida de dados

atualizados da produção, sendo o cerne de todo o sistema de monitorização e controlo da empresa. A Figura 15 apresenta a página do FIS.

Process Info			Product Info			
Area	Process	Station Type	Part Nr	Module Code	Part Desc	Qty Prod
PLAS	Laser	Laser Print	0000000000000	28408394	TRIMPLATE-S/A-RE TEA2, BASE	22
		Laser Print	0000000000000	28408398	TRIMPLATE-S/A-RE TEA2, MID	3
		Laser Print	0000000000000	990005E1	Unknown	1
PLAS	PL-FT	EMBAL	000028503162		PANEL-S/A-ABT-9X1-HIGH-2SLOT-PLA	48
		EMBAL	000028503161		PANEL-S/A-ABT-9X1-HIGH-3SLOT-PLA	265
		EMBAL	000028589648		TRIMPLATE-S/A, NAV, VW	1317
		EMBAL	000028589645		TRIMPLATE-S/A, RDO, VW	817
		EMBAL	000028618426		TRIMPLATE-S/A, STRALIS A5	105
		EMBAL	000028620367		TRIMPLATE-S/A-1398T, PLASTIC	305
		EMBAL	000028647435		TRIMPLATE-S/A-1398T, PLASTIC, LOW	232
		EMBAL	000028408394		TRIMPLATE-S/A-RE TEA2, BASE	43
		EMBAL	000028408398		TRIMPLATE-S/A-RE TEA2, MID	47
		TILU	000028589645	28589645	TRIMPLATE-S/A, RDO, VW	817
		TILU	000028589648	28589648	TRIMPLATE-S/A, NAV, VW	1317
PLAS	Plast-FA	EMBAL	000028532238		BRACKET-CD-ASM	1170
		EMBAL	000028489809		BRACKET-CD-ASM, MIB VW+AU J6	1543
		Cravação	000028489809	28489809	BRACKET-CD-ASM, MIB VW+AU J6	1525
		Cravação	000028503165	28503165	COVER-S/A-9X1-HIGH-SLOT	74
		Cravação	000028503174	28503174	HOUSING-ASM-9X1-HIGH	168
		Cravação	000028532238	28532238	Bracket HS MCIP	1172
		Cravação	000028540196	28565197	TRIMPLATE-IVECO- HEATSTICKED	113
SLFA1	Audis	Containment	0000000000000	705201	PSA BSI EL4	616
		Containment	0000000000000	706901	PSA BSI EL3	54
		Containment	0000000000000	707101	PSA BSI EL5	10
		Containment	0000000000000	723801	Audi HI-SC, CHINA B9	168
		Containment	0000000000000	724201	Audi HI-SC, CHINA A3	314
		Containment	0000000000000	741801	Audi HI-SC, EU NAV PH DAB A3	151
		Containment	0000000000000	742001	Audi HI-SC, NAR, SIR, A3	2
		Containment	0000000000000	755401	Unknown	23
		Containment	0000000000000	755601	PSA RCP P87 K9 P1VO	33
		Containment	0000000000000	758301	PSA BSI EL3	135
		Containment	0000000000000	766301	PSA BSI EL4	480

Figura 15. Interface do FIS

Considerado o núcleo e detentor de todos os dados da produção, ao FIS associamos duas diferentes funcionalidades. A primeira funcionalidade é a distribuição, de forma automática, da informação relativa à produção e ao sistema logístico da empresa pelas diferentes ferramentas. Por outro lado, numa perspetiva do utilizador, podemos referir a maior rapidez no acesso a informação importante e à introdução de documentação. No que diz respeito à informação passível de consulta, o FIS disponibiliza o acesso à quantidade e qualidade produtiva em tempo-real dos Postos de Trabalho, ou num período de tempo pretendido, assim como a consulta de avarias correntes dos recursos, que são lançadas manualmente nas áreas fabris. Já na ótica da introdução de documentação, o FIS torna possível a inserção de diferentes ficheiros, tais como ordens de produção, instruções de trabalho, documentos referentes a manutenções preventivas, histórico de avarias, ou outro tipo de documentação. Assim, podemos considerar o FIS não só como um banco de dados, mas também como uma biblioteca de todos os documentos úteis à produção.

O FIS não está concebido para manipular automaticamente os dados. Ou seja, ainda que nos providencie informação importante, não a apresenta sob a forma de medidores de desempenho no chão de fábrica.

4.2.2 Electronic Production Status Report (ePSR)

A um nível mais baixo de monitorização, a empresa utiliza um *software* designado de *electronic Production Status Report* (ePSR). O ePSR é um programa desenvolvido pela unidade produtiva em Braga, cujo objetivo maior é o de monitorizar, individualmente, a eficácia produtiva (OEE) dos diferentes postos de trabalho. Por essa razão, este *software* está instalado numa fração dos computadores existentes nos Postos de Trabalho: os Postos de *Coating*, em ambos os conjuntos, na estação de teste pós inserção de fusíveis, no Posto AVI e no Posto de etiquetagem. Pela Figura 16, verifica-se que há ainda muitos postos de trabalho, nomeadamente postos de *Press Fit*, no local afeto aos testes funcionais e programações e também na linha de CBA, que não gozam de qualquer ferramenta de suporte de monitorização, informação representada na figura através de círculos verdes.

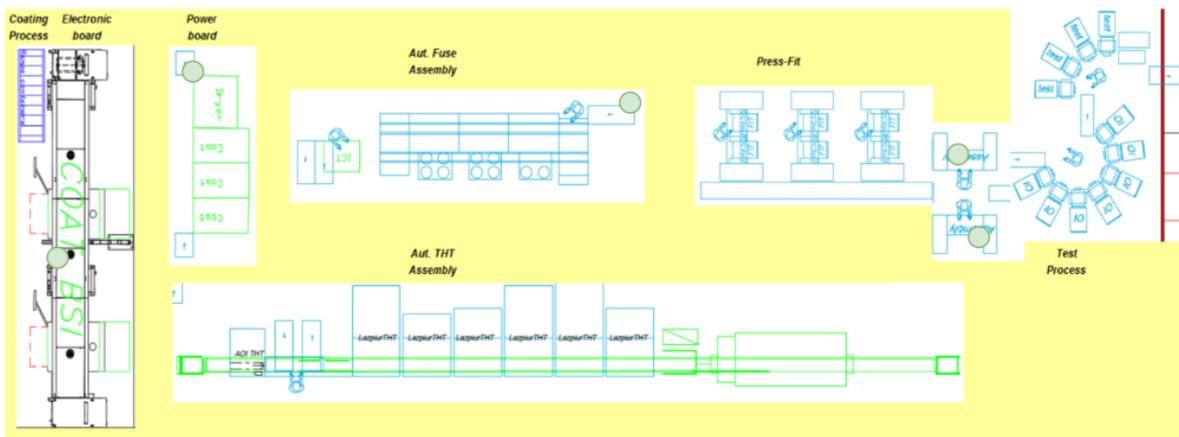


Figura 16. Postos de Trabalho com ePSR

O ePSR não pode ser manipulado pelos operadores, pelo que é apenas de carácter informativo e tem o aspeto representado na Figura 17, delimitado pelo retângulo vermelho. Esta ferramenta, mediante os dados recebidos pelo FIS, foi concebida para tratar e transformar, automaticamente, os dados crus, permitindo a visualização nos ecrãs de um medidor de desempenho produtivo percentual, em tempo-real (OEE), assim como o *part number* respetivo do artigo que está a ser produzido. E, mediante o valor do OEE, exhibe uma cor verde, se a Eficácia Operacional estiver acima de 95%, amarela, se a eficácia estiver acima de 85%, ou vermelha, conforme o desempenho produtivo do posto.

Os operadores que tenham à sua disposição no posto de trabalho esta ferramenta, conseguem compreender e autoavaliar a sua cadência de trabalho, através do valor da eficácia operacional que o programa exhibe. De salientar ainda que a informação disponibilizada pelo

ePSR é, na realidade, direcionada apenas aos operadores e pretende desenvolver nestes a consciencialização para a auto-monitorização.

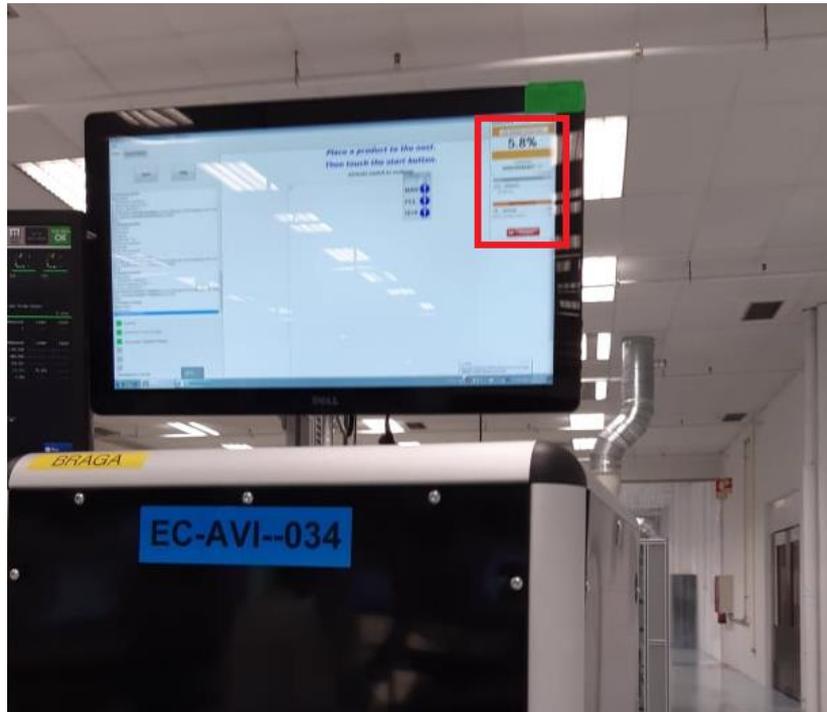


Figura 17. ePSR no Posto de Trabalho

Os chefes de linha também conseguem aceder ao ePSR e, embora o utilizem com pouca frequência, têm acesso a uma informação mais pormenorizada do Posto de Trabalho em questão. O mostrador presente nos seus computadores indica, não só a taxa produtiva em tempo real, como também indica a taxa produtiva das horas anteriores, sendo possível, além disso, consultar a produção dos dias anteriores (Figura 18).

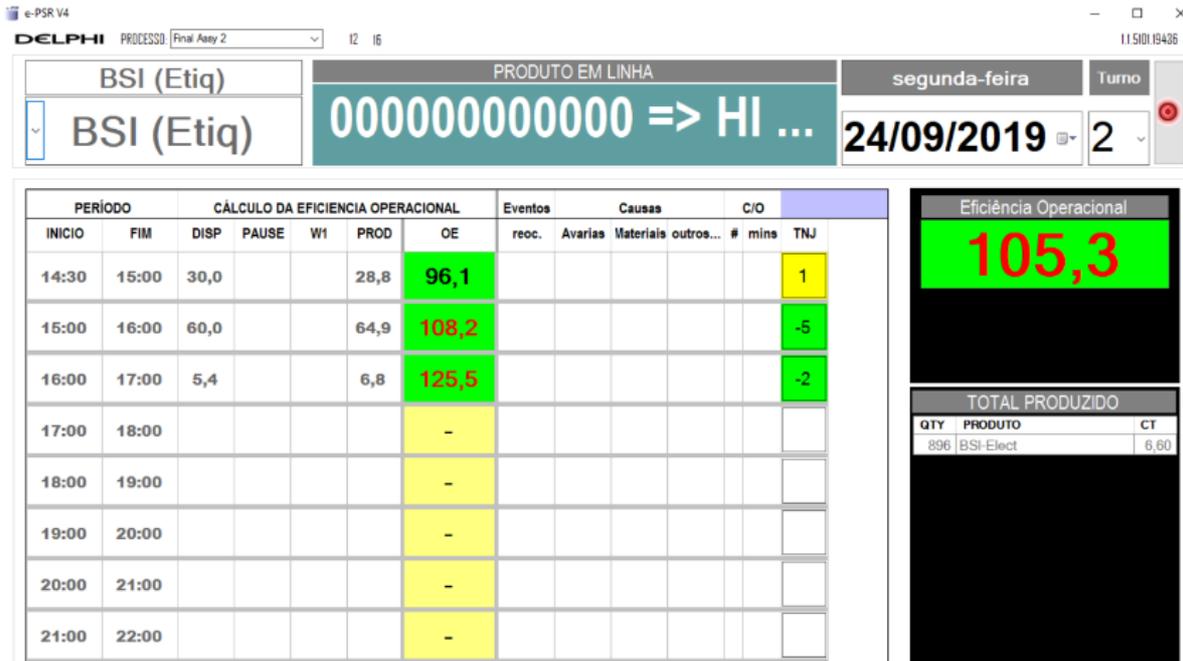


Figura 18. Mostrador ePSR

4.2.3 Alarm Trigger

Nos Postos de Trabalho que realizam testes de conformidade na área C&S, nomeadamente os testes funcionais, existe um programa designado de *Alarm Trigger* que, como a designação indicia, é um alarme ou *pop up*, que é exibido no ecrã do monitor do posto em questão, assim que um de dois cenários ocorra:

- Quando três produtos seguidos passarem pelo posto, sendo verificado o mesmo código de erro;
- Quando cinco artigos forem registados com o mesmo erro na última hora.

Estes incidentes pressupõem a existência de falsas rejeições da máquina. Nesse sentido, quando o *Alarm Trigger* é acionado, ocorre uma série de ações, de modo a prevenir a produção de artigos falsamente rejeitados, ou mesmo danificados. O sistema de teste é, então, bloqueado e o chefe de linha declara uma avaria do posto no FIS, até que os elementos da manutenção ou o engenheiro de teste da área intervenham.

4.2.4 Monitor Andon

No chão de fábrica da empresa está exposto um monitor, bem visível, dentro de cada uma das áreas produtivas.

Este Monitor *Andon* tem a aparência da Figura 19, onde se verifica a divisão do ecrã em três distintas categorias: Manutenção (MAN), Planeamento e Controlo Logístico (PCL) e Qualidade (QUA).



Figura 19. Monitor Andon

O propósito do Monitor *Andon* é o de tornar visível e intuitiva a existência, ou não, de problemas dentro das categorias enunciadas (MAN, PCL, QUA), que influenciem o normal estado da produção. Este processo ocorre através da alteração de cores das faixas respetivas para verde, se está tudo correto; para amarelo, caso haja avarias parciais, ou avarias que tenham sido declaradas há pouco tempo; e ainda para vermelho, se houver distúrbios maiores.

No que diz respeito à primeira categoria, Manutenção, a faixa fica amarela ou vermelha, sempre que uma avaria no chão de fábrica é reportada no FIS. Mas não é o FIS o responsável pelo despoletar desta ação, como já foi referido na Secção 4.2.1., o FIS apenas armazena a informação, sem alertar qualquer colaborador responsável para a resolução da mesma. É o programa do Monitor *Andon* que vai complementar esse registo, através de um alerta visual do problema. Ou seja, este *software* foi desenvolvido para extrair automaticamente do FIS os registos de avarias em aberto, permitindo que a partir do momento em que é declarada qualquer avaria no chão fabril, o ecrã revele um mostrador com a indicação da hora em que a avaria foi reportada e há quanto tempo está em aberto.

A segunda e terceira divisões, Planeamento e Controlo Logístico e Qualidade, compreendem os problemas relacionados com a falta de material e a conformidade de produtos, respetivamente. Quando há falta de material na área produtiva, ou quando ocorre uma

anomalia qualitativa em determinado posto de trabalho, estes problemas são registados manualmente pelo chefe de linha no FIS, e ficam patenteados no Monitor *Andon*, até que a situação seja normalizada.

4.3 Rotinas de monitorização da produção

A informação resultante das ferramentas, gerada automaticamente ou manualmente, causa efeitos nos seus utilizadores. Os medidores de desempenho isolados não trazem ganhos às organizações. Associados a eles deve haver sempre um momento de análise, que permita o eventual desencadeamento de ações de melhoria. Assim, são várias as reuniões rotineiras que se servem dos valores disponibilizados para definir ações de melhoria.

Como dito anteriormente, o FIS apenas permite a manipulação dos seus dados manualmente, o que aliás acontece com bastante frequência.

Diariamente, pela manhã, ocorre uma reunião operacional de cerca de 15 minutos com os intervenientes indiretos da área, sendo eles o líder operacional, o líder de área, o *Operations Excellence* (OPEX), o engenheiro de qualidade, o engenheiro de testes, o responsável pela manutenção e o chefe de linha.

No decorrer da reunião são apresentados num monitor (Figura 20) o OEE, com o respetivo impacto dos eventos, o *First Time Quality* (FTQ), correspondente aos postos de teste, e o material de refugo (em valor monetário) do dia anterior.

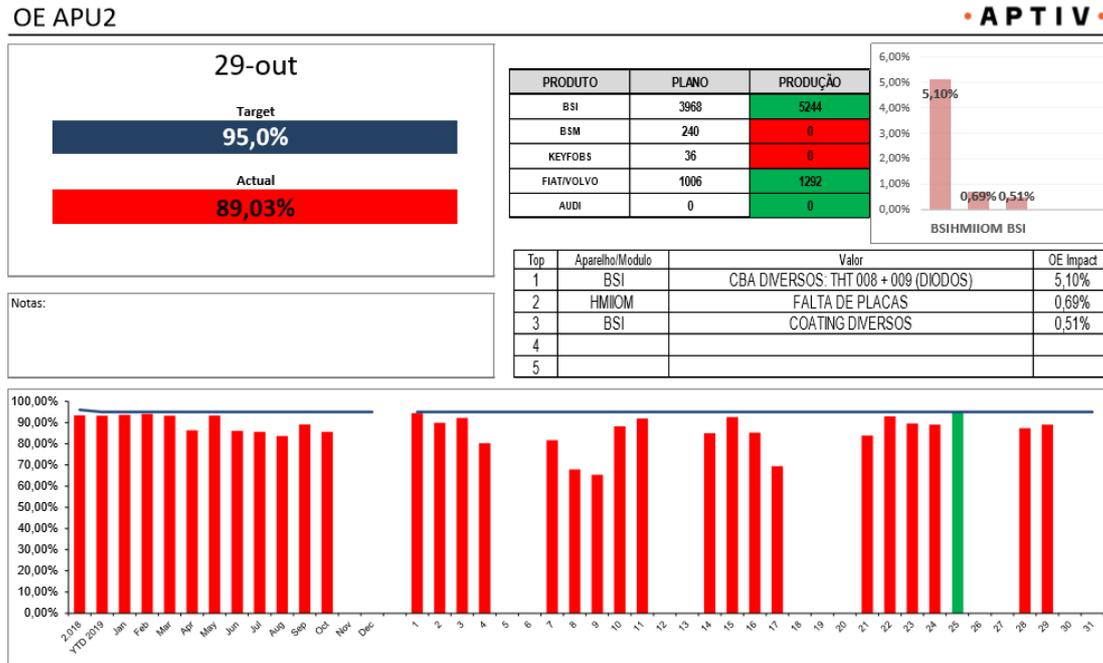


Figura 20. OEE apresentado na reunião Operacional

No final, reservam-se uns minutos para debater ações a serem tomadas para mitigar a ocorrência dos eventos reportados e evitar a sua repetibilidade.

Por forma a calcular o OEE, o OPEX da área recolhe do FIS a quantidade produzida no dia anterior e verifica o histórico de avarias. Ademais, o OPEX consulta o chefe de linha, por forma a entender se houve algum impedimento adicional, que resultasse em perdas produtivas.

Uma outra reunião decorre no início dos turnos, entre o chefe de linha da área e os operadores. De um modo semelhante à reunião de operações, retratada acima, o chefe de linha recolhe do FIS os dados produtivos, relativos ao dia anterior. No decorrer desta reunião são expostos os problemas produtivos do dia anterior, numa perspetiva de prevenção de novas ocorrências. Esta reunião consiste apenas num diálogo de cinco minutos, não havendo qualquer tipo de documentação de apoio ou informação ilustrativa que a sustentem.

Aos operadores é disponibilizado o ePSR. Este, utilizado quase exclusivamente pelos operadores, expõe a Eficácia Operacional do Posto de Trabalho e visa a criação de uma rotina de auto-monitorização, dotando o operador da informação necessária para alterar, ou não, o seu comportamento.

4.4 Análise crítica da situação inicial

Neste capítulo são apontadas ineficiências do sistema de monitorização da empresa. Numa primeira instância é feita uma abordagem à interligação das ferramentas utilizadas para controlo e monitorização da produção, sendo dada ênfase, num primeiro momento, à sua estruturação. Num segundo momento são abordadas as práticas de monitorização que resultam da utilização das diversas ferramentas.

4.4.1 Revisão das ferramentas de monitorização

Embora as ferramentas retratadas estabeleçam uma relação simbiótica no sistema de monitorização da empresa, nem todas são utilizadas na sua plenitude.

Não obstante aos diferentes objetivos correspondentes a cada ferramenta de monitorização e controlo, a sua finalidade é idêntica: Promover a produção de produtos conformes, com o mínimo de interrupções possíveis, a uma cadência otimizada.

O ePSR apresenta a eficácia produtiva e torna possível a monitorização individual por posto de trabalho. Contudo, a sua fiabilidade está em declínio e é possível listar uma série de fatores que contribuem para essa decadência:

- Os tempos de ciclo dos diversos produtos utilizados para o cálculo da Eficácia Operacional têm que ser introduzidos manualmente;
- Os medidores de desempenho são apenas consumidos pelo operador no posto respetivo.

O facto de se exigir a inserção manual dos tempos de ciclo faz com que, muitas vezes, as pequenas alterações, que são feitas nos processos de trabalho, não sejam atualizadas no programa e, conseqüentemente os tempos sejam bastante díspares dos tempos reais. Esta incoerência faz com que o valor percentual da taxa produtiva possa apresentar valores extremamente reduzidos, assim como valores inflacionados, podendo mesmo em alguns casos exceder os 100%. Ao operador, que está diretamente a trabalhar com a ferramenta, a informação que recebe pode limitar a sua cadência de trabalho. Se o objetivo da ferramenta é o de auto-monitorização, é imperativo que a informação recebida seja precisa e fomente uma atitude de trabalho, sincera e consciente.

O facto de ser apenas o operador a utilizar a ferramenta leva a um esquecimento, por parte dos responsáveis, em atualizar e credibilizar a ferramenta. Isto revela um sentimento de

descuido e de indiferença por parte da gestão em relação a esta ferramenta, que culmina num programa muito pouco assertivo e funcional. Para além disso, é de realçar que em muitos Postos de Trabalho da área de C&S, o ePSR não se encontra instalado, muitas vezes por falta de recursos. E em certos locais, quando a leitura do código descritivo do produto é realizada, é enviado para o FIS mais do que um *part number*. Como consequência, temos dados duplicados da produção, que deixam os operadores desses postos sem qualquer informação disponível acerca do seu desempenho.

No que diz respeito ao *Alarm Trigger*, pode-se dizer que se trata de uma ferramenta que passa despercebida à produção, pelo que apenas intervém, quando se verifica um conjunto de condições. Este programa apenas pode ser instalado num processo já estável e bem calibrado. É compreensível que não esteja implementado na máquina AOI da linha de CBA, por exemplo, devido à imaturidade e volatilidade do processo. No entanto, há outras estações de teste na área de C&S já estáveis, como é o caso dos testes programáticos, dos *Press Fit* ou ainda do teste AVI. Nestes postos mencionados, há condições suficientes para instalar o programa. Outra particularidade do *Alarm Trigger*, na área C&S, reside no facto de este, quando acionado, não reportar avaria diretamente no FIS, limitando-se apenas ao bloqueio da estação de teste.

O Monitor *Andon*, engloba três categorias: Qualidade, Planeamento e Controlo de Logística e Manutenção. Como foi referido, a primeira categoria (Qualidade), é utilizada para casos em que a produção regista vários produtos não conformes. A segunda categoria (Planeamento e Controlo de Logística), é empregue quando ocorre escassez de material numa área fabril. E, por fim, a terceira categoria (Manutenção), é referente às avarias dos equipamentos ou anomalias produtivas, que necessitem de supervisão de elementos da Equipa de Manutenção. Uma observação cuidada da utilização deste programa possibilitou aferir que, no que diz respeito à eficácia e ao propósito desta ferramenta, a realidade está distante daquilo que seria expectável. No âmbito da Qualidade, em situação alguma se verificou o despoletar de qualquer ação, graças à intervenção do Monitor *Andon*. Não faz parte das rotinas dos chefes de linha reportar a ineficiência qualitativa, através do Monitor *Andon*.

Já para os casos associados ao Planeamento e Controlo de Logística, nomeadamente a falta de material na área produtiva, o procedimento regular é um processo de escalação, que não recorre ao Monitor *Andon*. Primeiramente, averigua-se com o operador da rota externa a existência de material no armazém externo. No caso da não existência, o material é requerido

no armazém de entrada de matéria-prima. Caso não haja, verificam-se as existências desse material na fábrica. Raras são as situações em que de facto se utiliza o monitor *Andon* para reportar o problema de falta de material.

A Manutenção é a única categoria que parece lucrar com a utilização desta ferramenta. Poder-se-á mesmo afirmar que o Monitor *Andon* é uma ferramenta apenas para o uso de reportagem de avarias, que requerem intervenção da manutenção. A reportagem de uma irregularidade de um recurso ocorre e o aviso no Monitor *Andon* surge. As avarias dos recursos encontram-se expostas em todos os monitores afetos às diversas áreas. Deste modo, independentemente do lugar onde os colaboradores da manutenção se encontrem, poderão visualizar os recursos com avaria e a duração da ocorrência. Embora este processo seja eficaz na reportagem de avarias, há registo de avarias que demoram um tempo excessivo até que ocorra uma intervenção.

Em jeito de resumo, a Tabela 5 compila toda a informação referente a cada uma das ferramentas empregues.

Tabela 5. Ferramentas empregues

Ferramenta	Métrica	Propósito	Utilizadores
FIS	FTQ	Dispõe de todos os dados e documentos necessários à produção e cálculo de métricas.	Gestão e chefes de linha
ePSR	Eficácia Operacional (OEE)	Auto monitorização do operador.	Operadores e chefes de linha
<i>Alarm Trigger</i>	Número de produtos não conformes	Provocar uma ação corretiva e preventiva, de forma a evitar que as falsas rejeições se perpetuem.	Manutenção e engenheiros de testes

Monitor <i>Andon</i>	Avarias nos equipamentos	Informar a ocorrência de avarias.	Manutenção
----------------------	--------------------------	-----------------------------------	------------

4.4.2 Análise crítica das práticas de monitorização

O sistema atual de monitorização e controlo da produção pressupõe ainda muita intervenção humana nos cálculos manuais de importantes indicadores de desempenho. Como foi referido anteriormente, na reunião diária são discutidos valores de desempenho de cada área. Estes valores são calculados pelo OPEX respetivo, através da fórmula, $OEE = \frac{\text{Tempo produtivo}}{\text{Tempo disponível}} * 100$, assim como pela consulta dos tempos, que ocupam em média, cerca de 15 minutos do seu tempo laboral, o que não acrescenta qualquer valor à produção ou às suas funções. Esta intervenção, passível de erros humanos, suporta o conteúdo de uma reunião, admitindo a tomada de ações de melhoria.

Na outra reunião referida, entre o chefe de linha e os intervenientes diretos na área, não há qualquer informação ilustrativa que sustente a reunião, consistindo apenas num diálogo.

Naquilo que se pode considerar o tratamento automático de dados, encontram-se algumas incongruências no sistema, como, aliás, foi já mencionado.

5. INTEGRAÇÃO DE UMA NOVA FERRAMENTA DE MONITORIZAÇÃO

A consciencialização de que há problemas na atual monitorização de desempenho faz despontar a necessidade de adotar outras abordagens/ferramentas, que colmatem as falhas detetadas e se traduzam num modelo fiável e útil. Nesse sentido, este capítulo descreve uma nova ferramenta de monitorização de produção, assim como as etapas da sua implementação no chão de fábrica, abordando as diferenças que esta nova ferramenta traz para o quotidiano dos colaboradores da APTIV. Numa última fase, e utilizando a informação proveniente da aplicação da ferramenta, ilustram-se alguns exemplos da sua aplicabilidade na deteção e eliminação de desperdícios.

5.1 Descrição do *Production Status Display* (PSD)

O *Production Status Display* (PSD) é uma *webpage* de controlo e monitorização da produção, desenvolvida pela APTIV, nos Estados Unidos. Na sua génese está o desejo de uniformização das ferramentas de monitorização utilizadas entre as diferentes empresas APTIV, permitindo o *benchmarking* entre elas.

O PSD, tal como acontece com as ferramentas enunciadas na Secção 4, recorre ao MES, integrado no modelo de monitorização de desempenho (FIS), e transforma automaticamente os dados relativos aos diversos postos de trabalho, apresentando-os sob forma de medidores de desempenho.

Uma das particularidades do PSD é a possibilidade, através da configuração no *website*, de associar os postos de trabalho aos processos de recolha de dados do FIS, agregando-os ou como estações de teste de qualidade ou como estações de contagem. Para cada processo associado deve introduzir-se também o tempo de ciclo de cada posto de trabalho. A Figura 21 ilustra um posto de trabalho na *webpage* do PSD, onde é possível visualizar as seguintes informações:

- 1- Quantidade produzida em tempo real;
- 2- Quantidade expectada;
- 3- Eficácia operacional;
- 4- FTQ (4);
- 5- *Part Number* em produção;

- 6- Eficácia operacional por período de tempo.

O desempenho do posto de trabalho é exibido a verde, amarelo ou vermelho, conforme o desempenho da linha, apresentando-se a verde, se a eficácia operacional for acima dos 95%, a amarelo, se a eficácia operacional estiver acima de 85%, e a vermelho, para os restantes casos. O mesmo jogo de cores é utilizado para a representação do desempenho qualitativo (FTQ) e para a eficácia operacional por período de tempo, servindo esta para estudar tendências de produção.

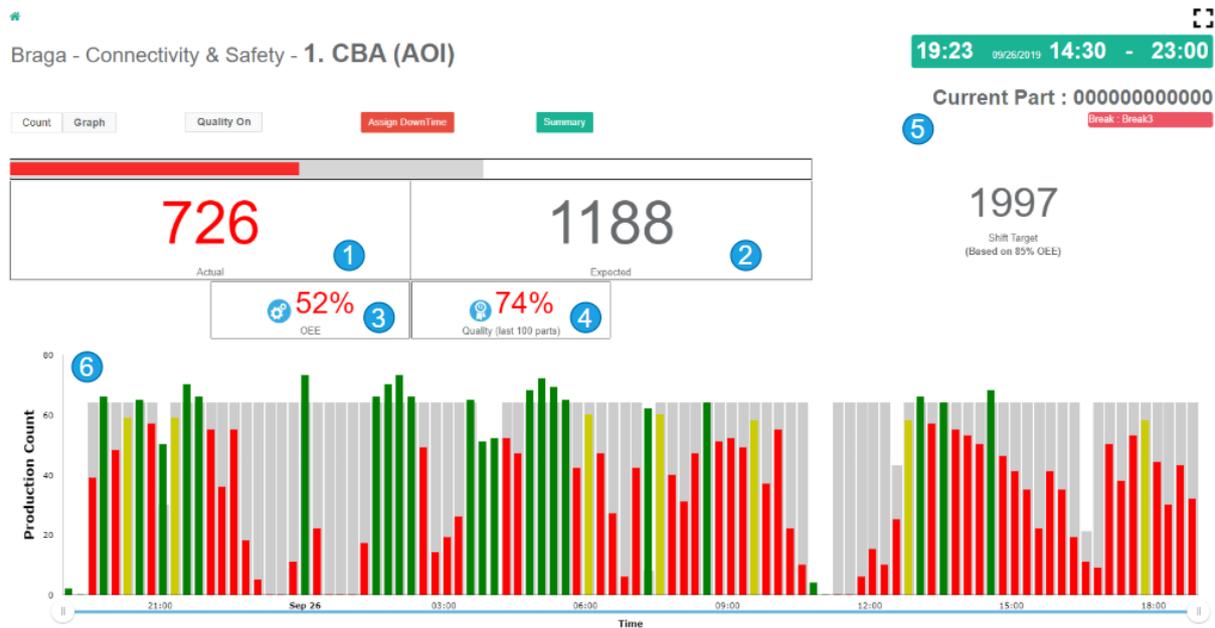


Figura 21. *Webpage* de um Posto de Trabalho no PSD

Adicionalmente, é possível selecionar diversos postos de trabalho do chão de fábrica e monitorizá-los todos simultaneamente. A Figura 22 ilustra um mostrador com exibição do desempenho de diferentes Postos de Trabalho. Neste mostrador é possível ler a seguinte informação:

- 1- Designação da estação;
- 2- Estado da estação;
- 3- OEE e FTQ.

Caso o posto de trabalho esteja a produzir, o resultado é exibido com uma seta ascendente verde. No caso de não haver produção nos últimos 10 minutos, é exibida uma seta descendente amarela e, se o posto estiver inativo há mais de 10 minutos, é exibida uma seta vermelha. Para os casos em que não se espera que haja produção, devido a intervalos de turno, é exibido um ícone azul.

A finalidade deste *Dashboard* é tornar visível a progressão dos diversos postos de trabalho, a todos os intervenientes na respetiva área fabril. À semelhança da página da progressão individual dos Postos de Trabalho, o *Dashboard* da Figura 22, indicada abaixo, expõe a taxa de produção e o FTQ dos diversos postos (3).



Figura 22. Monitorização de diversos Postos de Trabalho

Paralelamente a estas particularidades, o PSD permite a realização de registos de quebras de produção, como ilustra a Figura 23. Se o OEE do posto de trabalho exibido for abaixo de 100%, então é possível e aconselhável a justificação dos eventos que provocaram atrasos na produção, descrito como “*Unassigned*” no gráfico respetivo. Para a reportagem dessas quebras produtivas, a APTIV selecionou um conjunto de parâmetros fixos, presentes no (Anexo I – Tabela de preenchimento de *un-assigned tasks* da ferramenta PSD), que o utilizador deve escolher e preencher com o tempo respetivo.

Ainda na secção de reportagem de desempenho, é de enaltecer que, no gráfico de OEE, a percentagem relativa à qualidade do posto de trabalho é introduzida automaticamente, a partir do FTQ recolhido pelo FIS.

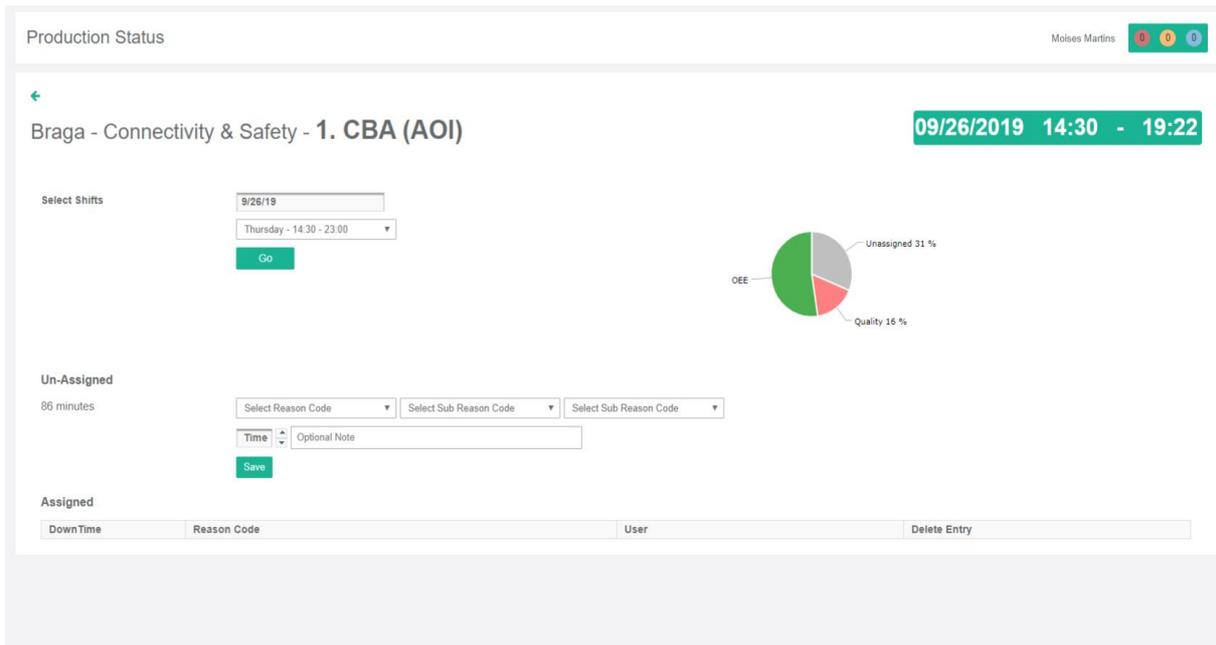


Figura 23. Registos de quebras de produção

O preenchimento integral dos eventos que causam quebras de produção, com a sua respetiva duração, permite a criação de relatórios informativos que, de forma automática, justificam o desempenho da produção no intervalo de tempo pretendido (Figura 24).

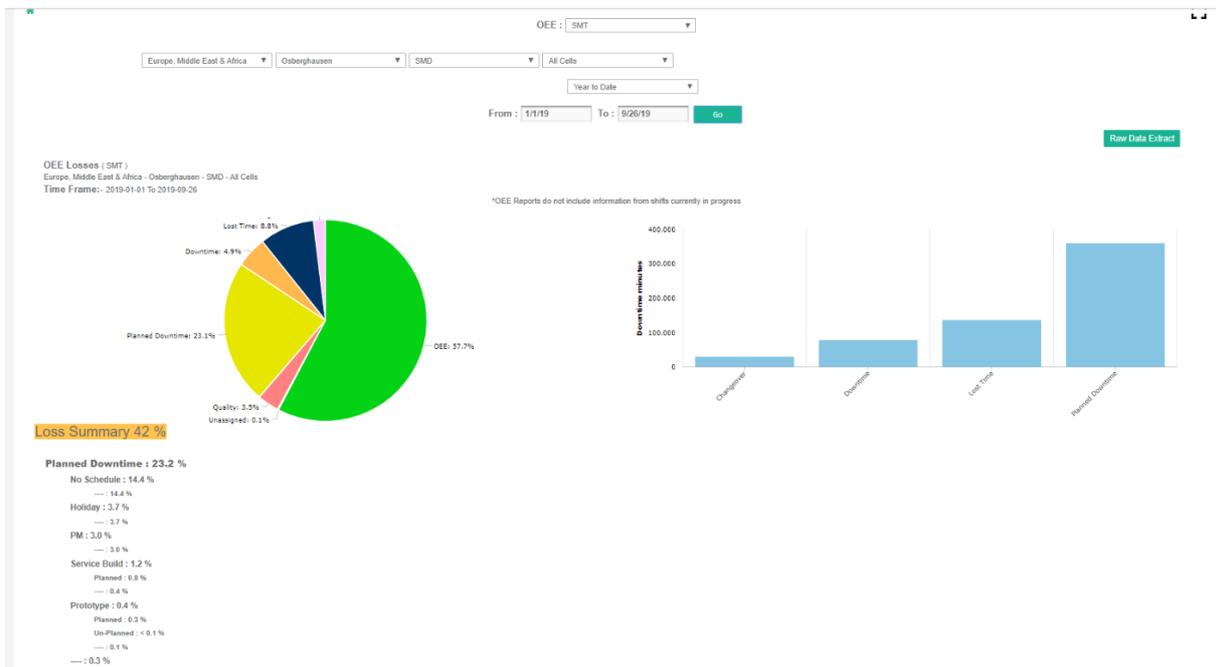


Figura 24. Relatório da ferramenta PSD da APTIV - Osberghausen

A ferramenta tem também a funcionalidade de criar alertas, via email ou telemóvel, de eventos ocorridos na produção, por forma a auxiliar a tomada de decisões e a diminuir o tempo de resposta aos obstáculos enfrentados pela produção. Os alertas podem ser definidos

para as seguintes situações: alterações no tempo de ciclo de um dado posto de trabalho; ocorrência de *changeovers* mais longos que o expectável; produção de produtos em não conformidade que desviem da média, ou ainda, quando um recurso estiver deteriorado.

A implementação de uma nova ferramenta deve trazer indicadores inovadores à organização, não causando entropia com as ferramentas já existentes. Nesse sentido, a implementação do PSD procura estabelecê-la como a ferramenta de monitorização basilar de suporte à produção.

Esta ferramenta de monitorização serve um propósito semelhante ao ePSR. Tal como se verifica na ferramenta em vigor na empresa, o PSD também permite facilidade na acessibilidade da taxa produtiva por parte dos operadores. Não obstante, a nova ferramenta fornece informações relevantes quanto a outros medidores de desempenho, nomeadamente a qualidade produtiva, à qual, na atualidade, não é dada tanta importância quanto carecia. Um outro aspeto significativo do PSD reside na possibilidade de monitorizar todos os postos de trabalho como um conjunto.

Embora o Monitor *Andon* transmita informação relativamente às avarias dos recursos aos elementos da manutenção, nota-se, por vezes, que as avarias se prolongam bastante até que a devida intervenção ocorra. Com a implementação do PSD, e através da emissão de alertas para o telemóvel ou via email, a equipa de manutenção e outros intervenientes da área podem ser alertados de forma mais rápida, podendo mesmo escolher os recursos relativamente aos quais pretendem receber alertas, aquando da ocorrência de uma anomalia. O BPMN da Figura 25, retrata o tratamento de avarias quando implementada a ferramenta de monitorização. Quando um recurso entra em quebra, o técnico de máquina intervém. Passados 5 minutos, caso a situação não esteja resolvida, é declarada avaria no FIS e emitido um alerta para os membros da manutenção.

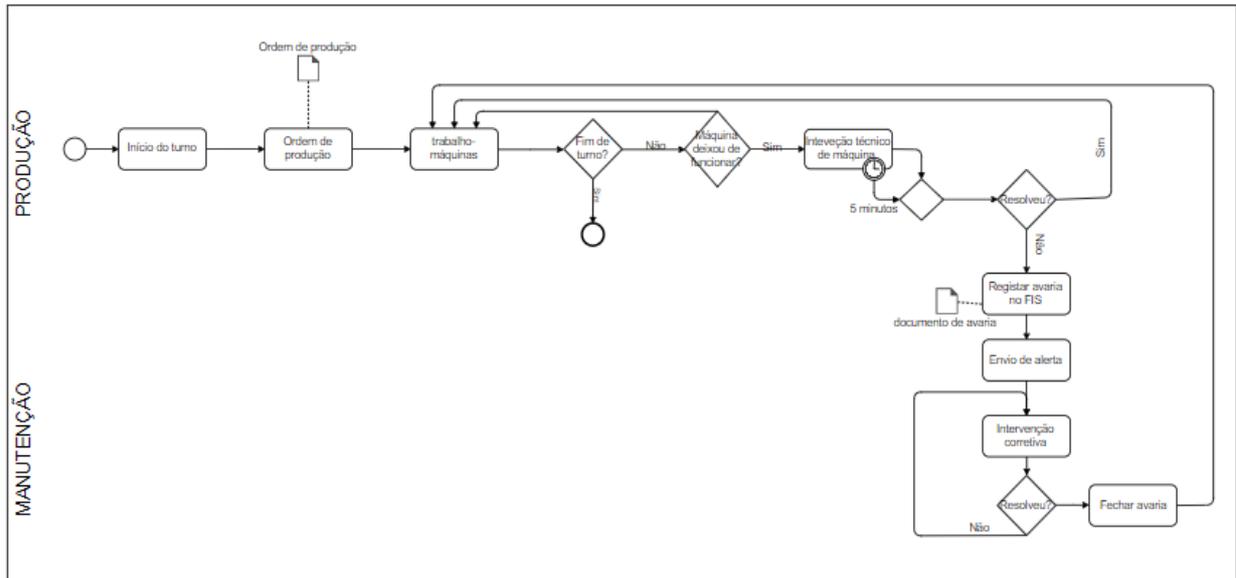


Figura 25. Tratamento de avarias com o PSD

Como já foi explicado anteriormente, o PSD é uma ferramenta desenvolvida fora do domínio de Braga.

As diversas empresas APTIV enviam os dados inerentes à produção para a *Cloud*, denominada *Data Lake*, que por sua vez processa os dados e devolve a informação à ferramenta PSD. É de salientar que para tal ser possível, os dados são submetidos a uma ferramenta de *software*, chamada *Extract-Transform-Load* (ETL), que uniformiza os dados, por forma a serem corretamente processados no *Data Lake*. Por fim, a informação é devolvida sob forma de medidores de desempenho, através da página *web* do PSD. A Figura 26 sintetiza a forma como a informação integra o sistema.

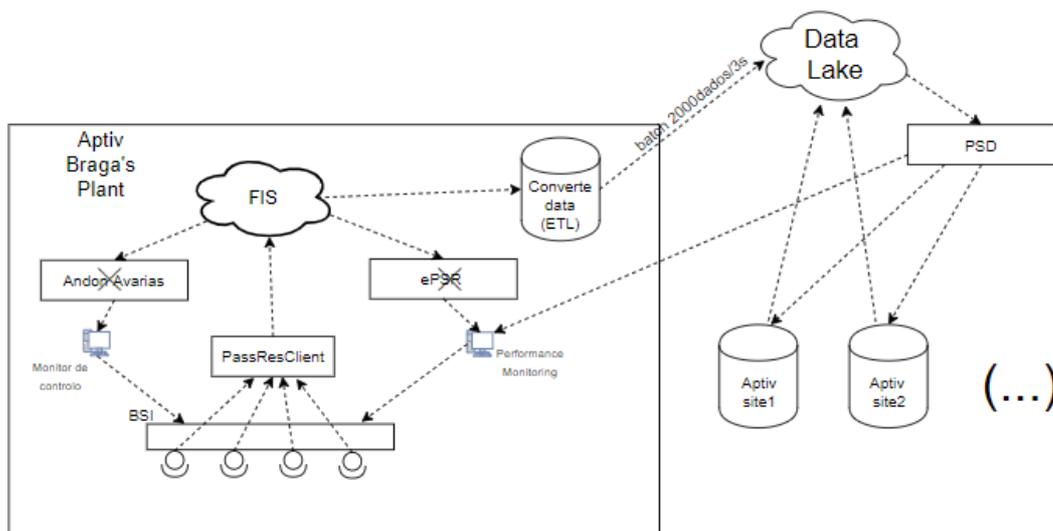


Figura 26. PSD integrado no sistema de produção da APTIV

5.2 Escolha da área-piloto

A escolha da área piloto precede à, propriamente dita, implementação da nova ferramenta de monitorização. Para que esta implementação possa decorrer de forma transparente, determinou-se que o processo produtivo da área em questão deveria corresponder a determinados parâmetros:

- A área-piloto apresenta um processo produtivo simples e de fácil integração na ferramenta;
- A rastreabilidade dos produtos é realizada de forma sistemática e atualizada ao minuto;
- A área não apresenta ferramentas fiáveis de suporte de monitorização;
- Uma equipa de pequenas dimensões, por forma a facilitar a integração da ferramenta.

A área de C&S é uma área composta apenas por duas linhas, a linha de montagem final e a linha de CBA. Devido à simplicidade da área, que conta com 22 operadores e apenas com seis produtos diferentes, sendo o processo produtivo idêntico para todos eles, a integração da ferramenta desenrolar-se-ia de forma mais rápida do que em áreas com muita força laboral e muitas linhas de produção.

Contrariamente ao que se verifica em outras áreas produtivas, na área C&S todos os produtos são rastreados em tempo real, permitindo deste modo tirar melhor proveito da ferramenta, não havendo perdas de informação, nem atrasos que signifiquem incoerências entre os resultados da produção e os resultados exibidos pela ferramenta.

A equipa envolvida na implementação do PSD reconhece que a exposição de medidores de desempenho de cada posto de trabalho origina ganhos produtivos e que, envolver os intervenientes nos objetivos da empresa é essencial. Mediante essa opinião, a fácil acessibilidade aos monitores e a exposição visual para toda a equipa da área de C&S são considerados como fatores de sucesso para a correta implementação da ferramenta.

Dado que a ferramenta que monitoriza a taxa produtiva em vigor (ePSR) na área vai ser extinta, é imperativo que o PSD tenha capacidade de substituição eficiente. Nestas circunstâncias, ficou assente que para a correta implementação da ferramenta seria necessário um monitor, de dimensões grandes, que tornasse visível os resultados da produção, em todos os locais da área fabril. Adicionalmente, o PSD deveria contar com dois monitores na área C&S, um monitor representativo da linha de CBA e o outro na montagem

final. O primeiro localizar-se-ia na zona intermédia da linha de CBA, direcionado para a produção, e o segundo na zona dos postos de etiquetagem, uma vez que este posto é o último posto de processamento dos módulos, antes dos testes de qualidade, sendo esta zona uma estação crítica da produção.

A Tabela 6 exibe um completo levantamento de necessidades.

Tabela 6. Levantamento de necessidades

Necessidades	Preço (em €)	Quantidade
Monitor Pequeno	120	X2
Monitor Grande	400	X1
Computador	600	X3
Cabo HDMI	-	X3
Cabo de rede internet	-	X3
<i>netID</i> APTIV	-	X1

Deve considerar-se que as respostas às necessidades referidas exigem dois elementos da manutenção e a instalação tem uma duração de duas horas. E dado o facto de os colaboradores representarem um custo estimado de 25.000€ anuais à empresa, que labora 252 dias/ano, o custo total de implementação do sistema de monitorização na área C&S é de 2465 €.

5.3 Configuração da ferramenta

Na *webpage* da ferramenta foi criado um processo que retrata a área C&S de Braga. Neste ponto, foram definidas as células da área C&S, as quais foram, por sua vez, associadas às diversas bancadas de trabalho. Por forma a configurar os tempos de ciclo dos diversos postos de trabalho, foi realizado um estudo dos tempos normalizados. Para este estudo definiu-se um nível de confiança de 95% e uma precisão de $\pm 5\%$ para a amostragem.

Recorrendo à fórmula $N' = \left(\frac{Z*s}{\epsilon*m}\right)^2$, em que $Z=1.96$ (valor obtido através da tabela da distribuição normal padronizada) e $\epsilon=0.05$, calcularam-se os tempos de ciclo para os diversos postos de trabalho da área C&S.

No (Anexo II – Estudo dos tempos de ciclo dos Postos de Trabalho da área de C&S) encontra-se apresentado o estudo dos tempos que deram origem aos resultados expressos na Tabela 7.

Tabela 7. Tempos normalizados

Estação	Tempo de ciclo (segundos)
<i>Coating</i>	11.5
ICT	12.5
Inserção de Fusíveis	11.3
<i>Press Fit</i>	9
Etiquetagem	7
<i>Functional Tests</i>	11.8
Testes de Programação	11.9
AOI	11.8

Numa fase inicial, de forma a se assegurar uma boa configuração da ferramenta, foi necessário definir alguns conceitos, por forma a criar um dicionário para a APTIV Braga, que prevenisse ambiguidades e mal-entendidos entre a unidade local e a APTIV Central. Assim, e como cada fábrica APTIV utiliza a sua própria base de dados relacional estruturada de maneira diferente, a normalização da notação da base de dados é crucial. A título de exemplo, aquilo que a APTIV Braga considera como processo de trabalho diverge do significado assumido pela APTIV Central, o que despontou uma revisão e mudança dos processos no *Data Lake*. A equipa de Braga agrupava os processos dos postos de trabalho por linhas produtivas, enquanto que a equipa da APTIV Central entendia que o processo de uma estação de trabalho deve estar agrupado pelo propósito que a estação desempenha.

Na imagem seguinte é observável o agrupamento de dados, enviados para o *Data Lake*, tanto antes da mudança como após a mudança, juntando agora os processos, de acordo com a função que desempenham (Figura 27).

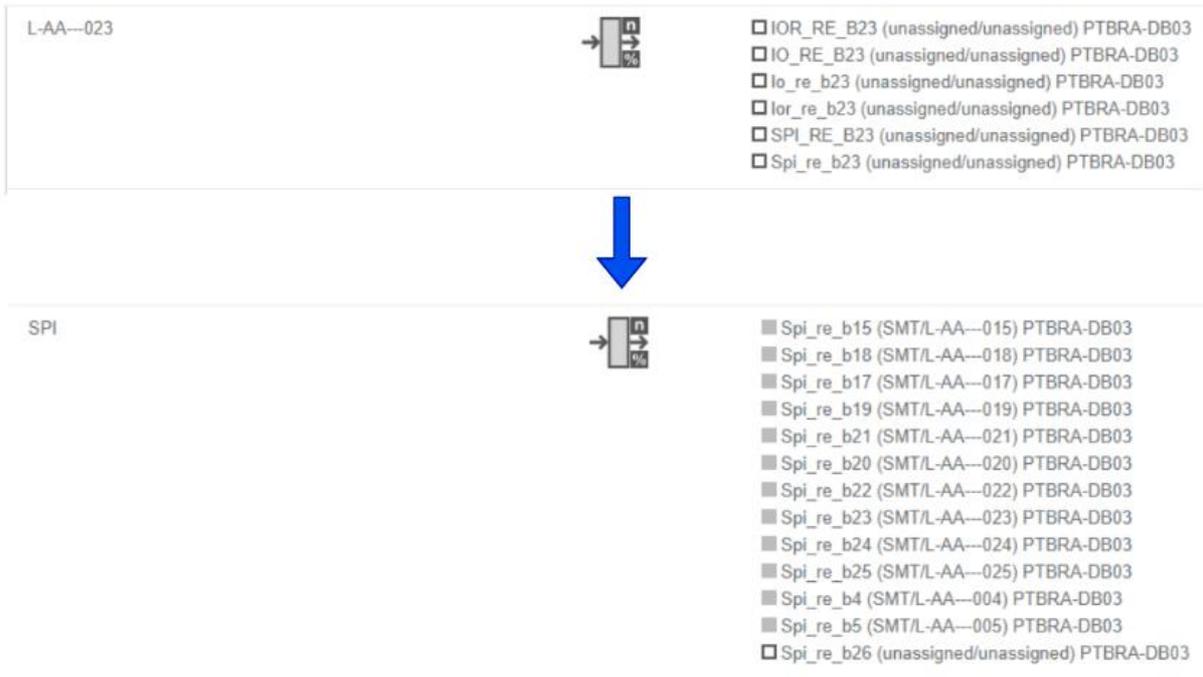


Figura 27. Alteração do agrupamento de dados

Para a montagem dos monitores na área foi utilizada a tabela dos dados antropométricos (Anexo III - Tabela antropométrica), para satisfazer 95% da população portuguesa feminina, dado que a área C&S conta apenas com operadoras nas linhas.

Foram também tidas em conta as dimensões antropométricas recomendadas para o trabalho em pé, representadas na Figura 28.



Figura 28. Dimensões antropométricas

Nas três figuras que se seguem (

Figura 31, Figura 30, Figura 31), é possível verificar os monitores instalados na área C&S, em concordância com o descrito anteriormente, um monitor exposto na linha de CBA, outro na

montagem final, e o monitor de maiores dimensões, junto do Monitor *Andon*, de modo a monitorizar todos os Postos de Trabalho e que a sua visibilidade seja possível em toda a área.

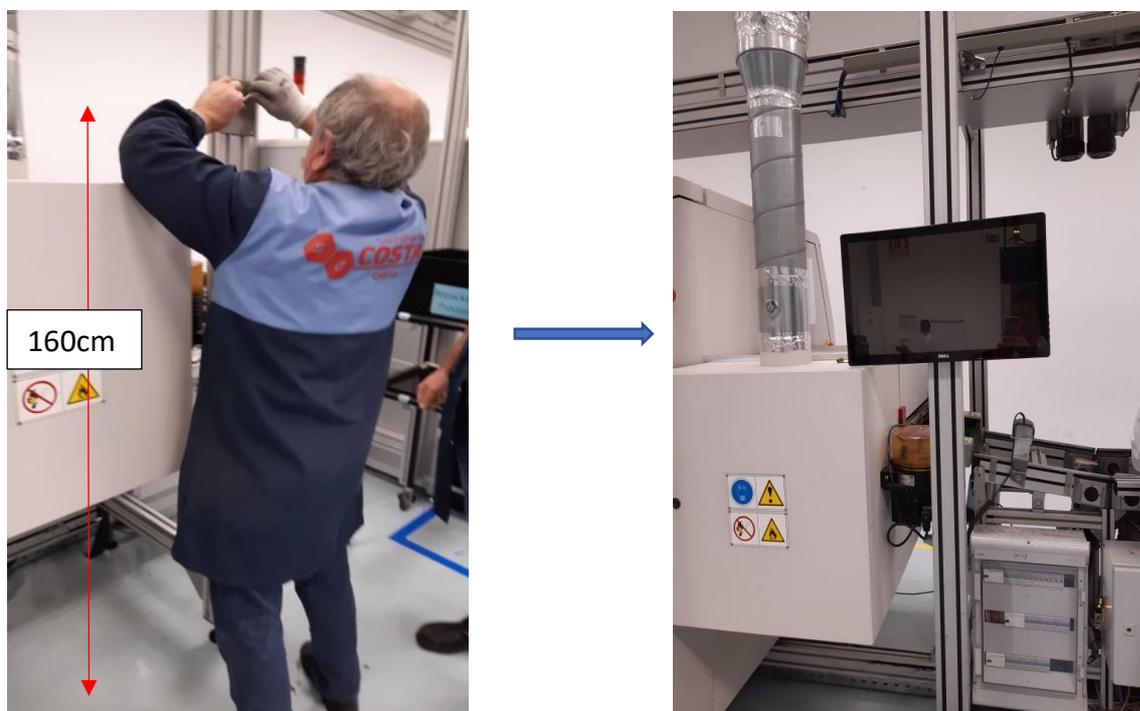


Figura 29. Instalação dos monitores

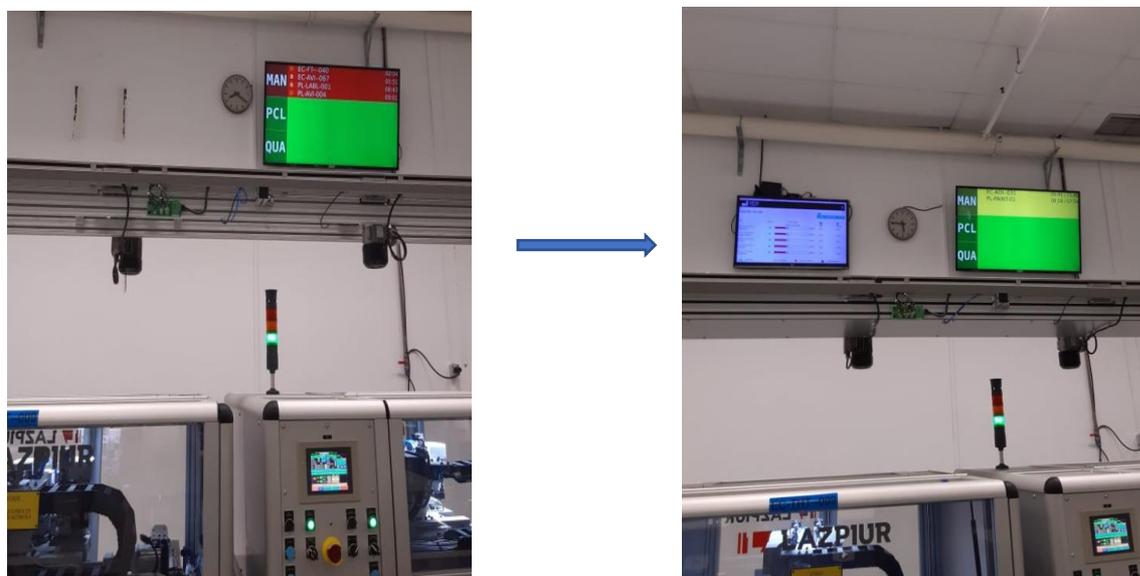


Figura 30. Monitor em funcionamento

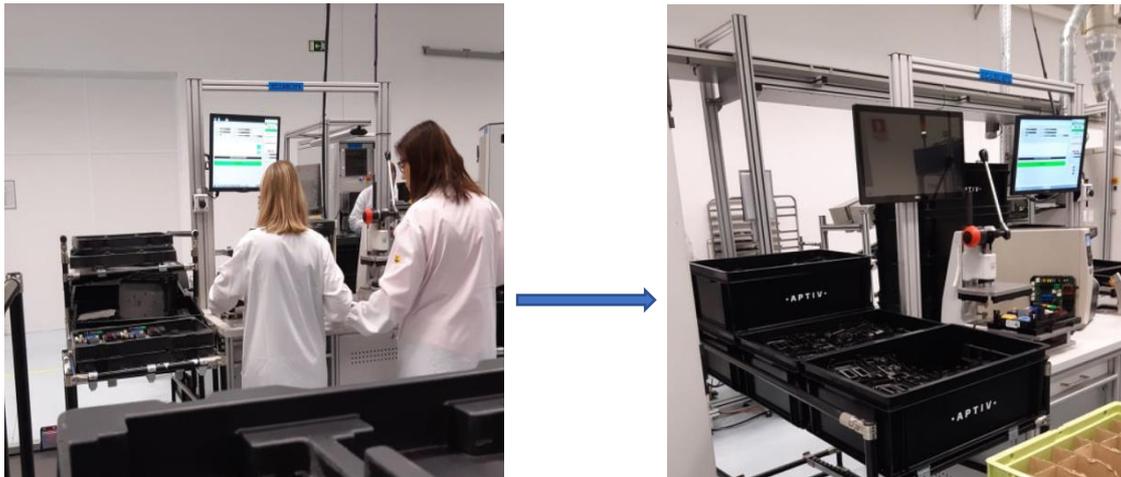


Figura 31. Monitor no Posto de Trabalho

5.4 Implementação de práticas de monitorização

A implementação de uma nova ferramenta exige um alinhamento total das expectativas por parte de todos os intervenientes. Nesta secção são referidas as medidas criadas para promover as condições ideais para a adaptação do PSD.

5.4.1 Inquérito de gestão de expectativas

A integração de uma nova ferramenta de monitorização pressupõe alguma complexidade. Como foi referido na revisão de literatura (Secção 2.1), a MC fomenta a envolvência de toda a gente na organização, num esforço comum. Contudo, dotar todas as partes envolvidas na produção de autonomia e responsabilizar os intervenientes não é fácil. A sua integração tem que ser pensada de forma estruturada, de modo a que seja possível retirar o devido proveito da ferramenta. Foi realizado um inquérito de gestão de expectativas, para dar suporte à implementação da ferramenta. O intuito do inquérito foi o de perceber o nível de conhecimento dos operadores da área C&S acerca do sistema de monitorização de desempenho e aferir quanto ao seu grau de envolvimento dentro da organização.

O inquérito foi estruturado de modo a serem dadas respostas a algumas questões-chave, que permitissem entender e diagnosticar a opinião dos operadores, de forma a garantir a adequação e a adaptação das pessoas envolvidas na implementação do PSD. Como questões a serem respondidas encontravam-se as seguintes:

1. Conheço o atual sistema de monitorização da produção (ePSR);
2. Tenho conhecimento do que é o OEE;
3. Costumo ter em atenção a produtividade percentual nos Postos de Trabalho;
4. A visualização da cadência produtiva em valor numérico permitir-me-ia ter uma melhor noção do andamento da produção;
5. A visualização percentual de artigos em conformidade ser-me-ia útil;
6. Sinto-me envolvido nos objetivos de produção;
7. Quais os benefícios que uma ferramenta em que seja possível visualizar a cadência produtiva e a conformidade de todos os postos traria?

O inquérito pode ser consultado no (Anexo IV – Inquérito). A Figura 32 apresenta os resultados dos inquéritos, a que foram submetidos os operadores do turno da manhã, resultando numa amostra de 18 colaboradores.

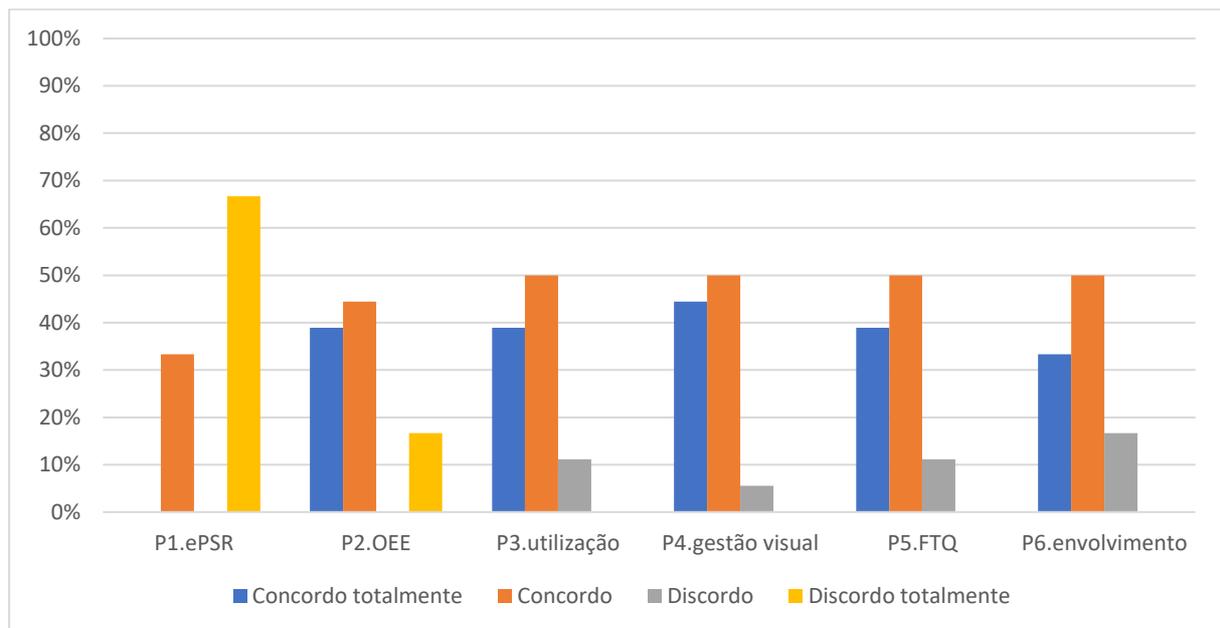


Figura 32. Resultado dos inquéritos

Da leitura dos resultados dos inquéritos resulta que, muito embora a maioria dos operadores consultem o ePSR, para verificar o desempenho do seu Posto de Trabalho, 94% dos inquiridos concorda que a visibilidade em valor numérico produzido, face ao esperado, contribuiria para uma perceção mais clara do andamento da produção. A grande maioria dos colaboradores (89%) entende a importância da produção em conformidade e entende que um medidor qualitativo de desempenho traria benefícios à produção.

A resposta foi praticamente unânime no que diz respeito à envolvimento nos objetivos da produção. Além disso, as respostas à pergunta de resposta aberta (P7) apontam todas no sentido da necessidade de uma ferramenta que renove a monitorização da produção, acrescentando novas medidas de desempenho, como forma de aumentar a produtividade.

5.4.2 Formação

A formação adequada deve ser uma preocupação transversal à empresa. Com a envolvimento de todos os colaboradores e o conhecimento das matérias englobadas na ferramenta de monitorização, torna possível a boa implementação e a motivação necessária para levar a cabo o projeto.

Com o intuito de alinhar todas as partes envolvidas nas práticas de uso da nova ferramenta, realizou-se uma formação com colaboradores diretos e indiretos da área piloto. Essa formação compreendeu dois momentos:

- Tornar transparente os objetivos e funcionalidades da ferramenta;
- Transmitir o conhecimento adequado para o bom funcionamento da ferramenta.

Na primeira etapa da formação, destinada aos intervenientes diretos da área produtiva, operadores e chefe de linha, introduziu-se a ferramenta, sendo colocado o enfoque nas medidas de desempenho introduzidas por esta e o seu alinhamento com os objetivos de produção. Através de um modelo participativo, foram identificadas as lacunas do sistema de monitorização, nomeadamente a falta de rigor nos indicadores obtidos pela ferramenta.

Já na segunda fase da formação foram abordadas as rotinas necessárias para o sucesso da sua implementação. Foi realçada a necessidade de introdução dos dados das quebras de produção e assinalada a forma de a empresa beneficiar com os relatórios produtivos. Por fim, foi estabelecido que esta reportagem seria realizada, numa primeira instância, pelos técnicos de máquina e pelos chefes de linha, aproximadamente de hora em hora. E quando este sistema estivesse bem rotinado na linha de CBA, os operadores introduziriam também as quebras que achassem pertinentes na linha de montagem final.

5.4.3 Criação de folha de registo de tempos improdutivo

Tendo em vista o desenvolvimento de práticas de uso da ferramenta PSD e de forma a antecipar potenciais ganhos produtivos, procedeu-se nesta fase à criação de uma folha de

registos dos impedimentos para linha de CBA, enquanto a implementação do PSD não ocorresse. A folha foi estruturada de forma a retratar e a treinar os operadores para a rotina de reportagem de quebras produtivas que a implementação do PSD requer.

Assim sendo, a folha de registos dos tempos improdutivos, presente no (Anexo V – Folha de rotinas para preenchimento de eventos), teve como propósito criar nos operadores o hábito de reportar, corretamente, as quebras de eficácia produtiva. Nessa folha, os operadores de máquina e os chefes de linha deviam indicar quaisquer impedimentos da linha, fossem eles de natureza mecânica, informáticos ou até de pessoas.

De salientar que, nesta fase que sucedeu à formação, os operadores de máquina e os chefes de linha já estavam cientes do propósito da utilização destas folhas. Portanto, o método adotado serviria apenas como método transitório, enquanto a ferramenta PSD não fosse devidamente implementada.

5.5 Ações desencadeadas pelas práticas de monitorização

Contrariamente aos relatórios da ferramenta, que serão efetuados automaticamente, assim que a ferramenta estiver corretamente implementada e as práticas de utilização rotinadas, procedeu-se à análise das folhas de registo dos tempos improdutivos dos dois turnos, obtidas num período de oito dias. Estas folhas de registo agruparam a natureza dos impedimentos em categorias, conforme o que é categorizado na ferramenta (Figura 33). Note-se que os eventos foram agrupados conforme a ferramenta *6 Big Losses*. Da mesma forma, o relatório realizado através da análise da folha de impedimentos teve em consideração as mesmas seis Grandes Perdas.

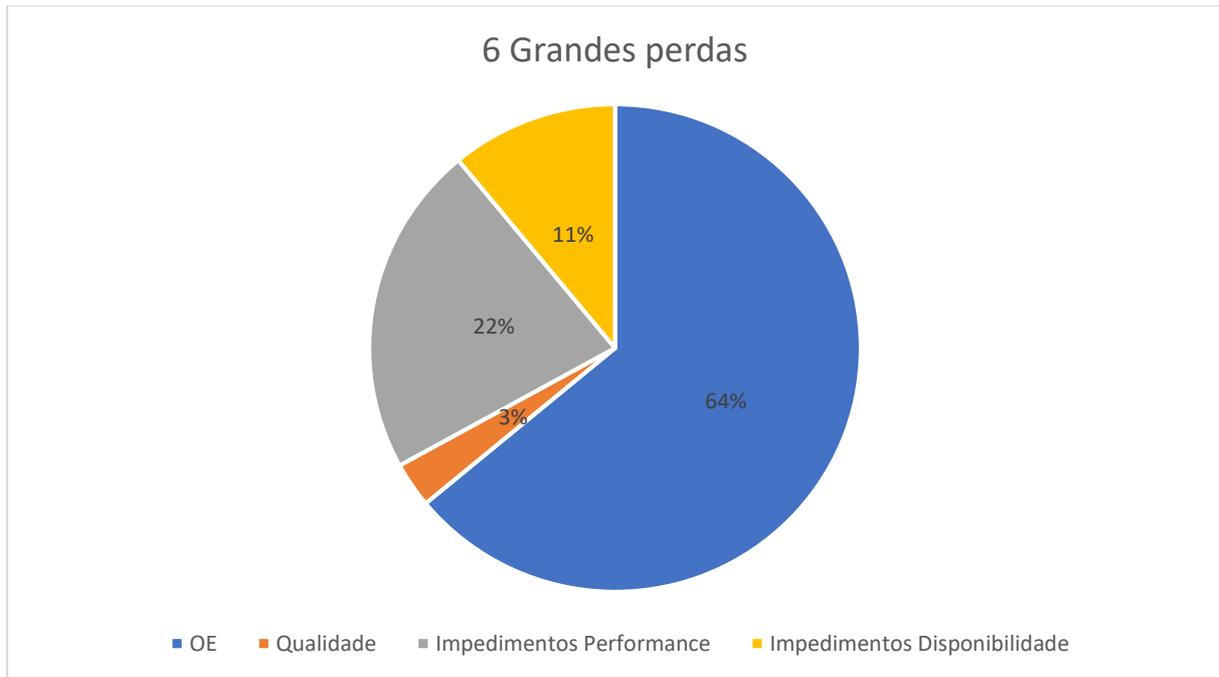


Figura 33. Perdas registadas

A um nível macro, verificou-se no PSD que o OEE apresenta um valor de 64%, sendo que os restantes 36% se repartem entre problemas de qualidade (3%) e impedimentos registados (33%).

Neste estudo não foram capturados os atrasos produtivos de velocidade reduzida das máquinas, sendo desprezado este tipo de atrasos.

Por forma a entender melhor a natureza dos impedimentos, consultou-se novamente as folhas de registo e procedeu-se ao seu agrupamento em subcategorias. Dos 33% de impedimentos de desempenho e disponibilidade, registou-se uma maior incidência em erros de força de inserção, seguida de faltas de material, os quais tiveram um impacto de 37% e 25%, respetivamente (Figura 34).

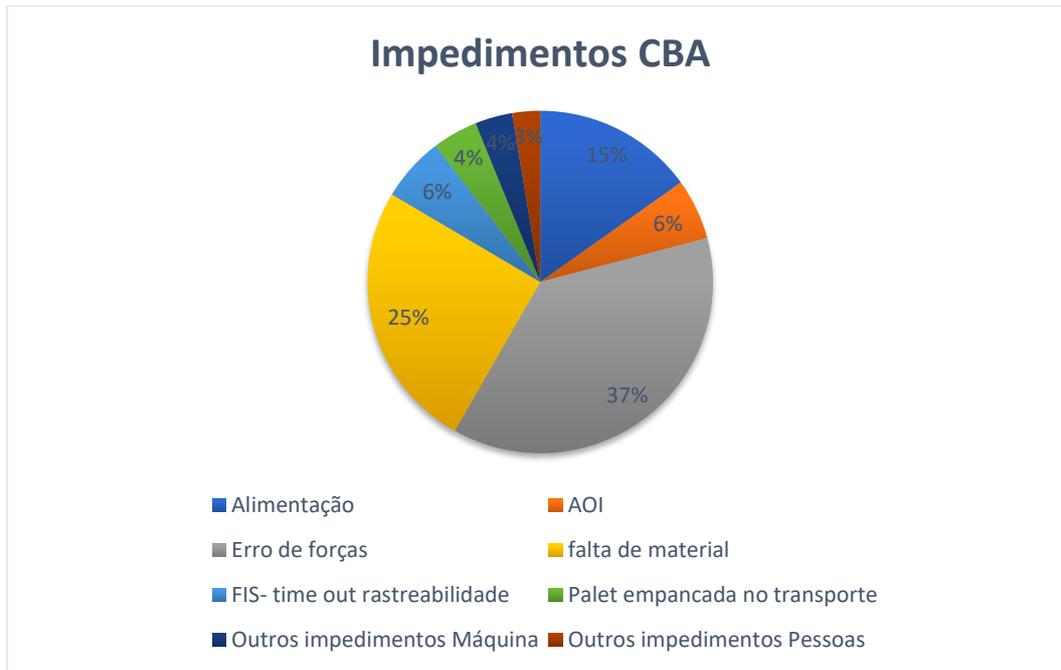


Figura 34. Discriminação dos impedimentos

5.5.1 Estudo dos tempos improdutivos da linha de CBA

Observa-se, na Figura 34 que os erros de forças, que ocorrem quando a força de inserção dos componentes carece dos limites estabelecidos, ou os excede, são os mais impactantes para a produção, em termos de duração.

Procedeu-se ao acompanhamento da produção para entender melhor o motivo das paragens e a razão da sua elevada duração.

A área C&S conta com três técnicos de máquina. Dois deles, são responsáveis pela linha de CBA. O primeiro técnico, assinalado na Figura 35 com o número 1, está encarregue pelos erros-máquina, que ocorrem aquando da inserção de componentes. Os erros-máquina em causa são de forças de inserção, ou então, relativos a outras paragens, de natureza mais esporádica. Este técnico tem também a função de verificar se as placas têm os componentes todos e se estão inseridos de forma correta, antes da *Wave Solder* (G). Caso não estejam, o técnico ajusta o componente ou insere o componente em falta. Nenhuma placa avança para o processo de soldadura, sem a confirmação do técnico de máquina. Quanto ao segundo técnico de máquina, refira-se que atua pela parte da frente da linha, assinalado na Figura 35 com o número 2. As funções deste técnico de máquina concretizam-se pela resposta a problemas de *feeders* e de vibradores e pelo *changeover* dos rolos de díodos das máquinas A e B. O terceiro técnico é responsável pela linha de inserção de fusíveis, atende aos

impedimentos da linha e presta auxílio às restantes máquinas da área, quando entram em quebra.

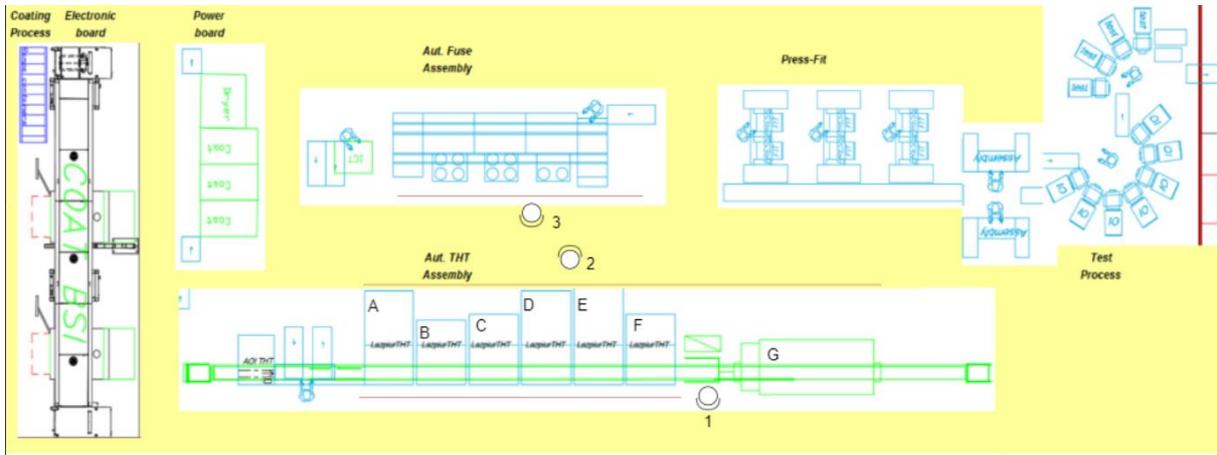


Figura 35. Área C&S

O técnico de máquina assinalado com o número 1, na Figura 35, está normalmente na posição indicada, apenas se movimentando quando ocorre um erro das máquinas da linha de CBA. Como há um elevado número de micro paragens e paragens não planeadas, este técnico efetua muitas deslocações para resolver o problema da máquina em questão. Reforce-se que, quando tal acontece, a produção é interrompida até aprovação de reinício da produção.

Este problema resulta em paragens de duração acrescida, pois o tempo de resposta não é o mais otimizado. Para colmatar este problema realizou-se um estudo dos tempos médios de resposta aos impedimentos ocorridos e das deslocações realizadas pelos técnicos de máquina, resultantes de uma hora de amostragem.

Na Tabela 8 observam-se os impedimentos mais impactantes e a duração registada para cada impedimento.

Tabela 8. Maiores impedimentos

Ocorrências	Número de ocorrências	Minutos perdidos
Erro de forças de inserção	16	06:09
Alimentação de componentes	14	05:53
Imagens AOI não aparecem	1	01:30
Vibrador	2	01:20
Fitas enrodilhadas	1	01:30

Tendo em vista reduzir os tempos de intervenção, repetiu-se o mesmo estudo, com a mesma duração, com uma alteração do processo. Aquando da ocorrência de *micro* paragens, o técnico de máquina 2, comanda a máquina para ignorar o erro ocorrido, procurando, desta forma, manter o fluxo produtivo a uma cadência tão normal quanto possível. Quando a peça atravessa o posto de trabalho em que o técnico 1 se encontra, este corrige o componente mal inserido. Desta forma, o técnico de máquina 1 não realiza quaisquer movimentações. Os tempos registados dos impedimentos com maior duração encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9. Tempos registados

Ocorrências	Número de ocorrências	Minutos perdidos
Erro de forças de inserção	18	03:26
Alimentação de componentes	4	02:09
Falta de material	1	00:26
Linha congestionada devido à reposição manual de componentes	1	00:24
Vibrador	1	00:17

Embora na segunda situação tenha sido registado um número mais reduzido de eventos, 32 ao todo, face aos 40 impedimentos anteriormente registados (Anexo VI – Eventos do Estudo dos Tempos Improdutivos da linha de CBA (situação 1) e (Anexo VII – Eventos do Estudo dos Tempos Improdutivos da linha de CBA (situação 2), é importante referir que a duração média dos eventos, com esta experiência, foi reduzida (Tabela 10).

Tabela 10. Comparação dos tempos médios

Tempo médio de paragens 1	00:29
Tempo médio de paragens 2	00:17

5.5.2 Redefinição da rota interna na área C&S

A rota interna de abastecimento de linhas na área de C&S está definida na instrução de trabalho, com um tempo normalizado de 5 minutos, havendo um operador responsável pelo abastecimento de toda a área de C&S.

Na Figura 36 é possível observar a sequência de movimentos que o operador desempenha. O circuito é iniciado na câmara de exaustão de placas eletrónicas, de onde o operador retira um carrinho de 18 níveis, com placas eletrónicas da exaustão, e transporta-o para os postos de *Press Fit* (1). Após o abastecimento dos postos de *Press Fit*, o operador leva o carrinho vazio

para o posto de *Coating* e transporta um carrinho com placas eletrónicas para a zona de exaustão. Seguidamente, recolhe as placas *Power*, trabalhadas na linha de CBA e coloca-as na rampa de *In-Circuit Test* (ICT). As placas já submetidas ao teste de ICT são transportadas no movimento (4) para a zona de inserção de fusíveis. Finalmente, as placas com fusíveis inseridos e já submetidas ao teste visual AVI são transportadas para os *Press Fit*.

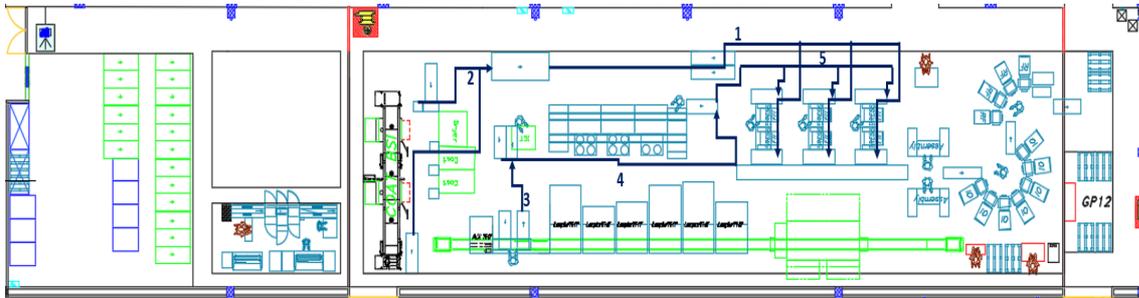


Figura 36. Sequência de movimentos

O operador da rota interna abastece ainda a linha de CBA, que compreende seis máquinas e reaproveita os tubos de componentes vazios para o reenvio para o fornecedor, colocando-os em caixas.

As funções do operador da rota interna não se prendem apenas com a provisão dos postos de trabalho. Compete ao operador da rota informar o operador de planeamento e controlo logístico (PCL), aquando da escassez de matéria-prima na área C&S. Este controlo é feito visualmente e a informação é comunicada ao operador de rota PCL.

Para entender exatamente as rotinas que o operador da rota interna desempenha procedeu-se à elaboração de um diagrama de *Spaghetti*. Observou-se, não só que as suas funções eram bastantes mais do que as estabelecidas na instrução de trabalho, como também se observou que o operador não tinha conhecimentos acerca da sequência da rota pretendida, razão pela qual acabou por desempenhá-la de forma ineficiente. Por vezes, o caminho que o operador da rota interna não era o caminho mais eficiente para chegar às rampas de abastecimento (Figura 37). Nesses casos, o operador via-se obrigado a retirar as placas do carrinho, junto do posto de *Press Fit* e a transportá-las até à rampa de abastecimento.

Observou-se, também, que o operador faz muitas deslocações até ao armazém interno, para informar os operadores da rota externa dos materiais em falta na área produtiva (Figura 37).

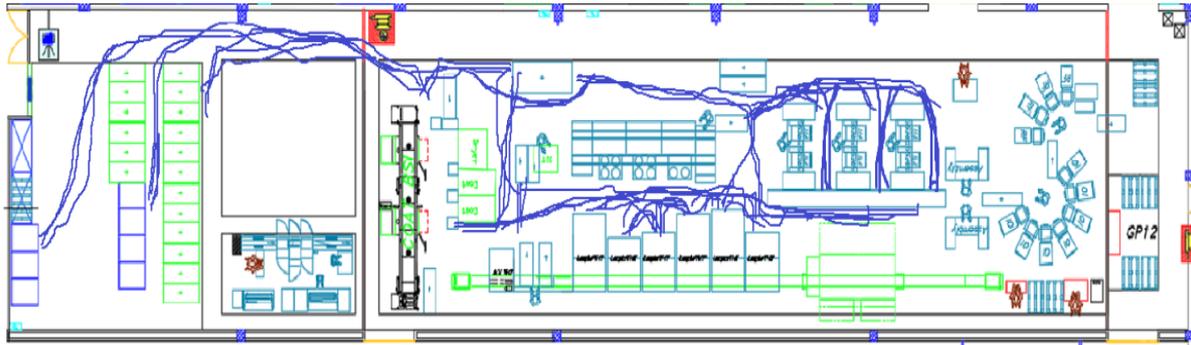


Figura 37. Diagrama de *Spaghetti* para o movimento do operador

Por forma a entender a carga laboral do operador da rota interna, realizou-se um estudo dos tempos médios.

Para a realização deste estudo, estimou-se um intervalo de confiança de 95% e uma precisão de $\pm 5\%$. Nestas condições, tem-se um nível de significância de 5% e $Z=1,96$, valor obtido da tabela da distribuição Normal. Os passos intermédios de onde se obtiveram os resultados do estudo encontram-se no Anexo VIII – Estudo dos tempos da rota interna (situação 1). Foram captados todos os tempos de deslocações e de abastecimento de linhas, bem como as funções adicionais desempenhadas pelo operador, tal como está apresentado na Tabela 11. Em Anexo IX – Standard Work Combination Table (situação 1) apresenta-se um *Standard Work Combination Table*, por forma a demonstrar, de forma clara, a dualidade de movimentos e o trabalho manual desempenhado pelo operador da rota interna.

Constata-se que o tempo de uma rota completa, executada pelo operador da rota interna é de 15:35 minutos. A este tempo vêm a acrescentar-se as movimentações que o operador realiza até ao armazém da área, para informar o operador PCL do requerimento de material. Esta operação tem uma duração média de 2:25 minutos.

Tabela 11. Tempos de deslocações

Movimentos		Tempo médio (minutos)
De:	Para:	
Exaustão	<i>Press Fit</i>	01:20
<i>Coating</i>	Exaustão	00:57
CBA	ICT	00:37
ICT	Inserção de Fusíveis	00:55

Inserção de Fusíveis	<i>Press Fit</i>	00:53
<i>Press Fit</i>	CBA	09:39
Recolha dos tubos vazios para caixas vazias		01:14
Total		15:35

Através da análise do gráfico de impedimentos, observou-se que a falta de material constitui 25% dos impedimentos registados na linha de CBA. Neste cenário, a sequência do abastecimento não é padronizada. Com efeito, os operadores estimam as necessidades dos postos de trabalho, à medida que os abastecem.

Perante estes problemas, estabeleceu-se uma nova instrução de trabalho, que compreende uma nova rota, com caminhos diferentes, tendo por objetivo minimizar o percurso entre Postos de Trabalho.

Como a carga laboral do operador excedia o tempo de consumo dos postos de trabalho, note-se o caso de uma máquina da linha de CBA cujo consumo é dos materiais é de 12:12, decidiu-se distribuir o abastecimento da linha de CBA entre o operador de rota e os técnicos de máquina. Com esta sinergia, o operador passou a ficar apenas encarregue do abastecimento das últimas duas máquinas da linha (Figura 38).

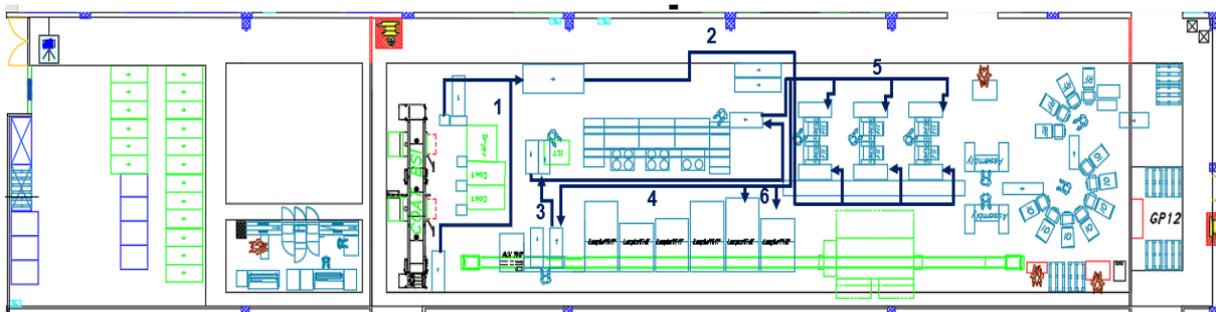


Figura 38. Nova rota

Realizou-se o mesmo estudo dos tempos médios, nos mesmos parâmetros, para validar a nova rota (Tabela 12). Os passos intermédios, que deram origem aos resultados da Tabela 12, apresentam-se no Anexo X – Estudo dos tempos da rota interna (situação 2). Com a introdução da nova rota, a movimentação entre postos foi diminuída e a carga laboral do operador foi reduzida em 5:30 minutos. Em Anexo XI - Standard Work Combination Table (situação 2) é apresentado o *Standard Work Combination Table*, que ilustra os movimentos, os transportes

e o tempo despendido no abastecimento pelo operador de rota. Nos cálculos desta redução laboral não foram considerados os tempos de movimentações ao armazém da área, que embora tenham sido extintos, não fazem parte da instrução de trabalhos.

Tabela 12. Tempos da nova rota

Movimentos		
De:	Para:	Tempo médio (minutos)
<i>Coating</i>	Exaustão	00:26
Exaustão	<i>Press Fit</i>	01:02
CBA	ICT	00:57
ICT	Inserção de Fusíveis	00:55
Inserção de Fusíveis	<i>Press Fit</i>	00:53
<i>Press Fit</i>	CBA	04:38
Recolha dos tubos vazios para caixas vazias		01:14
Total		10:05

Com o intuito de garantir um bom fluxo de abastecimento, procedeu-se à formação, tanto do operador de rota, como dos técnicos de máquina, de modo a que a rota pudesse ser executada de forma padronizada e o abastecimento pudesse decorrer de forma organizada e eficaz.

Para colmatar a ineficiência de comunicação entre os operadores de rota interna e externa, que despoletava trocas no material requerido e provocava movimentos desnecessárias no armazém, foi criado um cartão *kanban* para a requisição de materiais, tanto da linha de CBA, como da linha de inserção de fusíveis (Figura 39).

Máquina	FriendlyName	Part Number	Status	Máquina	FriendlyName	Part Number	Status
EC-THT--008	FUSE BLOCK -1	28399937					
EC-THT--008/009	DIO -SURGE, DO-15	28319780		EC-THT--007	FUSE MINI 7,5A	09401730	
EC-THT--010	RELAY-SPST, EX1 -2K1S	28212550		EC-THT--007	FUSE MINI 20A	09398583	
EC-THT--010	HEADER CUST -16G	28399944		EC-THT--007	FUSE MINI 3A	28043395	
EC-THT--010	HEADER CUST -16 BLUE	28399945		EC-THT--007	SHUNT 30A	28463080	
EC-THT--010	HEADER CUST -16 BLACK	28399947		EC-THT--008	FUSE MINI 15A	09398582	
EC-THT--011	FUSE BLOCK -2	28399934		EC-THT--008	FUSE 30A, ATO	09398584	
EC-THT--011	RELAY -SPST	28166029		EC-THT--008	FUSE MINI 10A	09398581	
EC-THT--012	FUSE BLOCK -4	28399935		EC-THT--008	FUSE MINI 5A	09398580	
EC-THT--012	FUSE BLOCK -9	28399936		EC-THT--009	FUSE MINI 5A	09398580	
EC-THT--013	RELAY-SPST, EX2-2K1S	28219543					
EC-THT--013	HEADER -2COND	28191828					

Figura 39. Cartões Kanban

Foi sinalizado um local, próximo de ambas as linhas, em que, quer os técnicos de máquina, quer os operadores, assinalam as necessidades das linhas (Figura 40).



Figura 40. Localização do Cartão Kanban

O operador PCL da rota externa ao realizar o circuito recolhe o cartão, trazendo os materiais solicitados e recolocando o cartão no sítio alocado na rota seguinte. Desta forma, em situação alguma o operador de rotas internas necessita de efetuar qualquer movimentação até ao armazém localizado fora da área C&S.

No diagrama de *Spaghetti* da Figura 41, é possível verificar os caminhos que o operador de rota interna agora realiza. A padronização dos movimentos é agora denotada na área, o

abastecimento dos postos de trabalho é mais eficiente e com a introdução do cartão *kanban* ocorre uma maior fluidez de comunicação, dado que um tal procedimento permitiu um *gemba* livre de materiais em excesso.

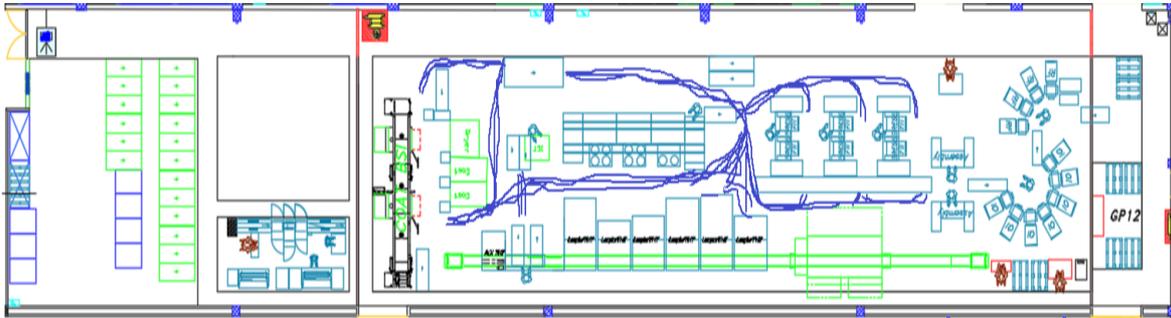


Figura 41. Diagrama de *Spaghetti* da nova rota

5.5.3 Monitorização da eficácia produtiva

Com o intuito de estudar as tendências da produção e testar as capacidades de deteção de desperdícios com o PSD, acompanhou-se a produção de um turno através desta ferramenta. O resultado foi o de se verificar que, por vezes, ocorria uma quebra abrupta de produção no posto de etiquetagem e no posto de embalagem (Figura 42).

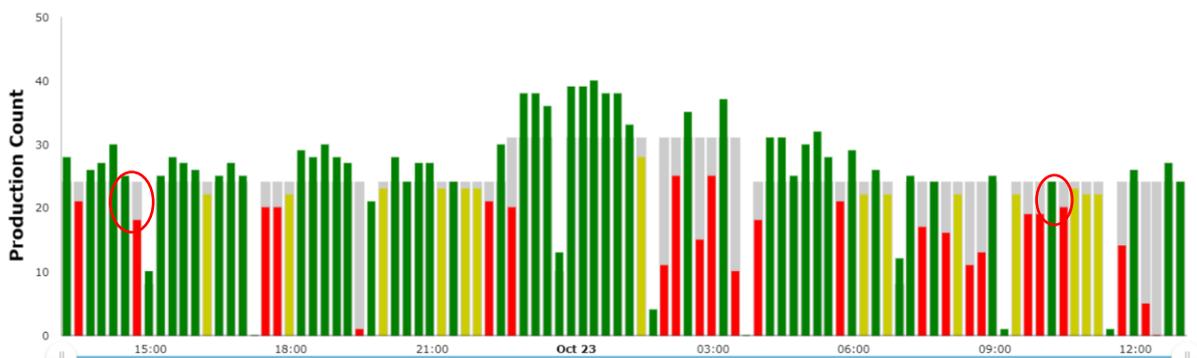


Figura 42. Produção de um turno

Após várias deslocações pelo chão fabril, notou-se que estas perdas de produção, assinaladas na Figura 42 com um círculo vermelho, estavam associadas à mistura de módulos no processo produtivo. Tal acontecimento provocava atrasos nos processos finais da linha de montagem final, uma vez que os testes programáticos têm *changeovers* automáticos, de 30 segundos, e no posto seguinte, de embalagem, apenas um tipo de produto é admitido por caixa. Apesar dos operadores da área estarem instruídos para seguirem o FIFO (*First in First Out*) e estarem alarmados para este tipo de situações, a mistura de produtos continua a ser uma realidade

comum no dia a dia. Nem todos os operadores conseguem identificar diferenças entre os produtos e, mesmo aqueles que o conseguem, não dão conta do sucedido, dada a exigente cadência produtiva imposta.

Perante este cenário, foram identificadas duas causas para a mistura de produtos, ambas no posto *Coating*. Neste posto verifica-se uma elevada desorganização, quando é introduzido um novo modelo de placas eletrónicas. O posto *Coating* é dividido em duas partes consequentes: a linha de *Coating* e o conjunto *Stand-Alone*. O tempo de ciclo da linha de *Coating* é significativamente mais reduzido que o tempo de ciclo do conjunto *Stand-Alone*, concretamente 27seg/placa no primeiro caso, e 36seg/placa, no segundo. Quando ocorre uma alteração de modelo na produção, a linha de *Coating* inicia o processo antes do conjunto *Stand-Alone*. Este acontecimento leva a que os carrinhos transportados para a câmara de exaustão contenham um modelo diferente dos modelos que ainda estão a ser processados no conjunto *Stand-Alone*, não respeitando o FIFO. Como consequência deste processo é desencadeado um acréscimo de *changeovers*. Na Figura 43 encontra-se ilustrado o processo. As diferentes cores indicam produtos diferentes.

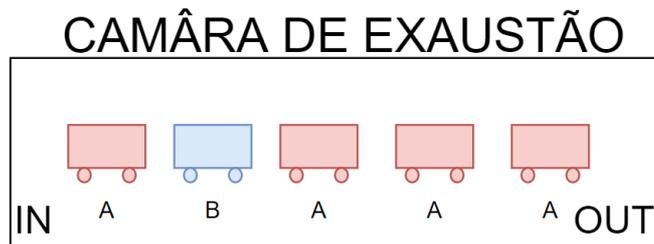


Figura 43. Mistura de produtos na câmara de exaustão

A outra causa detetada reside no facto de o conjunto de *Stand-Alone* ser constituído por duas dispensadoras de *Coating* e por uma máquina de secagem (*dryer*) rotacional, com capacidade de 28 placas eletrónicas, 7 em cada conjunto de prateleiras, como é indicado na Figura 44.



Figura 44. Máquina *dryer*

Em grande parte, devido à natureza complexa da instrução de trabalho, que apresenta 32 passos (Anexo XII – Instrução de Trabalho do Posto de Trabalho de Coating Stand-Alone), torna-se difícil o seguimento correto da instrução. A instrução de trabalho indica que os operadores devem apenas preencher cinco posições do *dryer*, colocando em primeiro lugar as placas eletrónicas na posição mais abaixo e retirando também em primeiro as placas dispostas nas posições de cima. Por vezes, as placas são retiradas do *dryer*, não respeitando a instrução de trabalho, o que gera misturas de modelos de placas eletrónicas nos carrinhos, que se repercutem à frente no processo fabril (Figura 45).

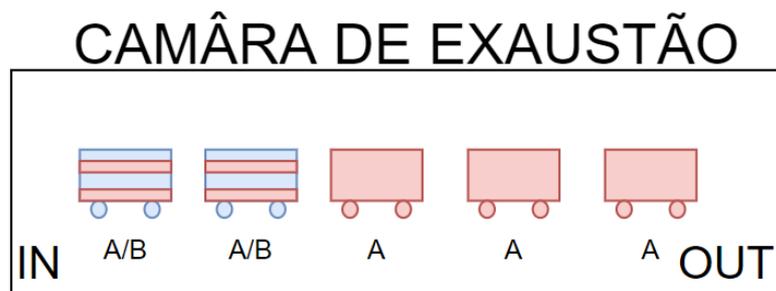


Figura 45. Mistura de produtos no mesmo carrinho

É de salientar que a instrução de trabalho refere que apenas um tipo de modelo deverá constar em cada carrinho e que, aquando da mudança de modelo, dever-se-á utilizar um carrinho diferente para o novo modelo. Não só este evento proporciona *changeovers*, como também gera uma correção mais demorada na organização dos diversos produtos.

Face a este problema, recorreu-se a uma ferramenta de GV diretiva, colocando-se etiquetas em tabuleiros vazios, os quais foram alocados no posto anterior ao de *Coating*, na zona de limpeza de placas (Figura 46).



Figura 46. Gestão visual nos tabuleiros

Desta forma, sempre que um novo modelo entra no processo, um tabuleiro vazio é colocado por cima dos tabuleiros com as placas. Desse modo, quando há o transporte das placas, entre os diferentes processos, os tabuleiros permanecem intactos e etiquetados corretamente, passando a informação ao operador de rota externa de que há mudança de material naquele lote.

Como os tabuleiros são amontoados em pilhas de quatro, um tabuleiro de identificação de cada produto não basta. Por esta razão, foi estimado um valor de dez tabuleiros para os modelos mais produzidos, oito para os intermédios, seis para os de baixa rotação e quatro para os modelos residuais, conforme é indicado na

Tabela 13.

Tabela 13. Número de tabuleiros por modelo

Modelo	Número de tabuleiros
EL3 Eletrónica Módulo 28641125 / Placa 014	10
EL3 Eletrónica Módulo 28550129 / Placa 635	10
EL4 Eletrónica Módulo 28641132 / Placa 018	8

EL5 Eletrónica Módulo 28550137 / Placa 644	8
EL5 Eletrónica Módulo 28641143 / Placa 022	6
EI4 Eletrónica Módulo 28641141 / Placa 454	4

Dado o elevado número de tabuleiros, e para que não seja gerada uma desorganização no chão fabril, designaram-se duas zonas específicas para o arrumo destes tabuleiros.

A gestão visual dos distintos modelos permite que os módulos atravessem o processo de modo mais ordeiro, não impactando na produção quando se troca de produtos.

6. RESULTADOS

Embora no desenlace do projeto, a ferramenta PSD não tenha sido implementada na sua plenitude, foi possível retirar resultados quanto às práticas de monitorização implementadas, e também quanto à exposição dos problemas e soluções que das práticas resultaram.

Este capítulo destina-se à exposição das mudanças do modelo de monitorização da produção, que a introdução da nova ferramenta pressupõe. Serão referidas as principais vantagens no tratamento de informação, assim como serão assinaladas de que modo as mudanças introduzidas concorrem para a eliminação da ambiguidade. Além disso, é também realizada a exposição dos resultados, decorrentes da introdução da nova ferramenta. Uns advieram das práticas de monitorização, desenvolvidas ao longo do projeto. Outros são consequência da redefinição das rotas e da introdução do cartão *Kanban* de transporte de materiais. Outros ainda, resultam do estudo dos tempos improdutivos das máquinas da linha de CBA e da GV diretiva dos tabuleiros na área de C&S.

Ao longo dos seis meses de projeto foram vários os desafios impostos para a correta implementação da nova ferramenta. Dos três monitores destinados à área de C&S, apenas um está devidamente operacional, o monitor de exposição do desempenho de todos os Postos de Trabalho. Em entrevistas informais com os chefes de linha e operadores da área, a exposição do desempenho de toda a área de C&S permite ter um conhecimento direto de todos os Postos de Trabalho. Permite, pois, priorizar ações, criando um ambiente participativo que promova o alinhamento com os objetivos da produção.

Apesar de os restantes monitores estarem já expostos na área, estes não estão ainda operacionais, por falta de um netID especial, que permita o *login* de múltiplos computadores no domínio APTIV, sendo este um processo moroso. No entanto, quando as condições estiverem alinhadas, sem dúvida que o processo de adaptação da ferramenta será mais fácil, estando as rotinas já devidamente criadas, bastando apenas mudar de paradigma.

No preâmbulo do projeto foram identificadas as inconsistências no sistema de monitorização da APTIV. A ferramenta ePSR perdeu força e o seu propósito original, a apresentação da taxa produtiva em tempo real, deixou de ser realista. O Monitor *Andon* também apresenta as suas inconsistências, sendo esta uma ferramenta de controlo de incidentes de avarias de máquinas, de qualidade produtiva e faltas de material na área, apenas é utilizado por

elementos da Manutenção, para os incidentes de avarias, sendo a informação transmitida de modo mais lento que o espetável.

Face a este cenário, a introdução de uma ferramenta que acrescente medidores de desempenho à área produtiva e que permita uma resposta aos problemas produtivos mais pronta, renova a monitorização e o controlo da produção, assim como a veracidade da informação por esta devolvida.

A ferramenta PSD vem simplificar todo o sistema de monitorização e controlo, na medida em que as práticas de monitorização e controlo passarão a ser, em larga escala, realizadas com o recurso a esta ferramenta.

O *benchmarking* entre as diversas fábricas APTIV constitui, também, um passo importante para a deteção de problemas inerentes ao processo produtivo, permitindo às empresas consultar a informação inerente às produções das diversas fábricas e identificar inconsistências no seu processo.

Por outro lado, a realização automática de relatórios de OEE torna visíveis problemas produtivos que não seriam observáveis de outra forma, permitindo, desta forma, dar uma resposta mais sustentada e mais rápida.

No subcapítulo 4.4.2, foi referido que os OPEX encarregues das diversas áreas produtivas demoram 15 minutos em média, diariamente, no cálculo do OEE do dia anterior. No início de cada mês, o mesmo cálculo é realizado, agora para o mês anterior, ocupando em média 1h do tempo laboral.

O cálculo do OEE não acrescenta valor à empresa, apenas a sua análise traz uma mais-valia à produção. Considerando que um ano laboral tem 252 dias, o OPEX da área de C&S despende aproximadamente 74,5 horas por ano, o que perfaz um total de 3,70% do tempo laboral do colaborador, numa prática que será extinta com o novo processo de monitorização. Considerando que um colaborador OPEX tem um custo anual associado à empresa de 25.000€, a empresa poupará aproximadamente 925€ anuais com o colaborador da área C&S, valor próximo do custo de implementação da ferramenta na área produtiva (2465€).

A criação das folhas de rotinas foi bem aceite e serviu como método de adaptação aos técnicos de máquina.

Com a redefinição de uma nova rota, que compreende um número mais razoável de operações, agora padronizadas, a um tempo de circuito que permita o abastecimento eficiente de todos os Postos de Trabalho, sendo estes providos antes que o posto de trabalho

cesse, como se verificava anteriormente. O operador de rota poupou aproximadamente 5,5 minutos por circuito, o tempo médio por rota passou de 15,58 minutos para 10,08 minutos, perfazendo uma diminuição de 35.3% no tempo de rota.

É claramente notória, a fluidez de comunicação e a diminuição de deslocações, agora verificada com a utilização do *kanban one card*. Desde que o cartão foi introduzido, não houve registo de faltas de material no *gemba*. E também não houve registos de troca de material, devido a confusões ou a esquecimento do material requerido. O novo processo contribui, desta forma, para uma área mais livre e organizada.

Este conjunto de medidas traduziram um aumento de 8,25% ($0.33 * 0.25$) do tempo disponível para produção na linha de CBA, valor calculado através dos eventos de ocorrência de falta de material no período de duração do estudo. Estas medidas diminuiram, também, o desperdício de deslocações do operador da rota interna.

Apesar de não ter sido implementada na empresa, foi proposta uma mudança nos modos operatórios dos técnicos de máquina na linha de CBA. Esta proposta, que consiste na correção dos erros-máquina, numa fase mais avançada do processo fabril, por forma a garantir que a linha esteja na sua capacidade máxima, evitando intervenções longas e, desta forma, produzir mais, convergiu para um tempo mais reduzido de resposta aos eventos penalizadores, tendo sido reduzida a duração média de intervenção de 29 segundos para 17 segundos, o que traduz uma redução de 41,4% no tempo de resposta. Durante este estudo, que se estendeu por duas horas, houve um aumento de 11,3% na produção no segundo cenário. Devido ao reduzido tempo de amostragem não é possível aferir que seriam obtidos tais ganhos à organização. No entanto, parece haver uma tendência positiva, indicando ganhos a níveis produtivos.

O processo de identificação de tabuleiros no chão de fábrica permitiu a perceção do modelo que se está a operar. Todos os dias se verificavam quebras produtivas devido a misturas de placas eletrónicas. Quando o novo tratamento de mudanças de tabuleiros foi aplicado, este problema foi fortemente mitigado. Embora ainda haja ocorrências esporádicas, oriundas da mistura de modelos, que se repercutem, principalmente, no posto de etiquetagem, a introdução de um método visual trouxe benefícios à produção.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No sétimo capítulo, e final, são apresentadas as principais conclusões resultantes do projeto de dissertação, assim como são abordadas, também, as perspetivas futuras, que poderão dar seguimento ao conteúdo apresentado ao longo desta dissertação.

7.1 Conclusões

No primeiro capítulo foram definidos os objetivos que se pretendiam atingir ao longo do projeto. De um modo geral, esses objetivos são a implementação de uma ferramenta de monitorização e controlo da produção (PSD), a criação de rotinas que permitam a boa integração e sustentabilidade da ferramenta e a avaliação da eficácia da mesma. Para atingir tais objetivos foi necessário rever a eficácia das ferramentas utilizadas na APTIV para esse mesmo efeito.

Numa primeira fase, foi levada a cabo uma análise detalhada de todo o sistema de monitorização e controlo da empresa, assim como das inerentes práticas estabelecidas nas rotinas dos colaboradores da empresa. Para tal ser possível, foi necessário compreender detalhadamente todo o processo produtivo da área piloto (C&S) e sensibilizar os operadores para a importância da monitorização da produção.

Paralelamente, por forma a conservar a integridade da informação fornecida pela ferramenta, procedeu-se à sua configuração, através do alinhamento dos conceitos requeridos pela ferramenta e pela equipa de Braga, e pela definição de sistemáticas para a sua correta adaptação e utilização. Na qualidade da informação recebida pela ferramenta, foram definidas métricas de mitigação de inconsistências no processo produtivo.

Dada a elevada dependência e a larga envolvência de colaboradores da empresa no projeto (equipa operacional, equipa de manutenção, equipa de *software*), o desenvolvimento deste projeto de dissertação desenrolou-se de forma mais lenta do que o esperado inicialmente.

Embora no estado final deste projeto de dissertação a ferramenta de monitorização e controlo não estivesse implementada na sua plenitude, o desfecho foi bastante positivo, visto que foram apontadas as principais falhas no sistema de monitorização e controlo da produção.

Destas falhas, destacam-se a inadequada e desatualizada informação fornecida pelo ePSR, que põe em causa a fidedignidade e a confiabilidade na ferramenta, assim como a redundância das ferramentas aplicadas, visto prover à organização de informação que não

acrescenta valor. Um exemplo analisado é o caso do Monitor *Andon* que, das três funcionalidades (reportagem de avarias, reportagem de problemas de qualidade e faltas de material), apenas a primeira é utilizada e, a transmissão da informação aos elementos da manutenção não é tão rápida quanto se desejaria.

Analisado de forma rigorosa o sistema de monitorização aplicado, é justo aferir que o PSD apresenta funcionalidades que, facilmente, poderão substituir praticamente todo o sistema de monitorização e controlo e torná-lo mais eficiente e integrado. A informação fornecida por esta ferramenta é atualizada mais facilmente, assegurando a fiabilidade e sustentabilidade da informação recebida, e a comunicação aos elementos da manutenção é mais pronta com a criação de alertas que informam os elementos da manutenção aquando de uma anomalia.

Através das rotinas desenvolvidas durante o projeto para a correta integração do PSD no quotidiano dos operadores, nomeadamente a reportagem de eventos/anomalias que penalizam a produção, foram implementadas algumas medidas, designadamente a redefinição da rota interna de abastecimento de materiais, a introdução de cartões *Kanban* de transporte, e ainda, a criação de tabuleiros identificativos que garantam o FIFO no processo produtivo. O conjunto destas medidas, despoletadas pelas rotinas importadas pelo PSD, traduziram numa melhor fluidez no processo produtivo, em termos de redução de desperdícios e aumento do volume produzido.

Comparado com o sistema implementado, cujas ferramentas não funcionam em uníssono, causando entropia nas funções que desempenham, o PSD providencia ao utilizador informação real e tratada de forma intuitiva, tornando mais fácil e ágil a deteção dos problemas e desperdícios na produção.

7.2 Trabalhos futuros

O desenlace do projeto foi bastante positivo. Ficaram, no entanto, alguns pontos em aberto, nomeadamente o propósito macro do projeto, a implementação do PSD na sua plenitude. Foram criadas as rotinas e estas tornaram possível a localização de alguns problemas. Das rotinas criadas, desenvolvidas à margem das funcionalidades do PSD, decorreram propostas de solução, algumas das quais foram implementadas.

É de salientar, todavia, que a proposta de redefinição da abordagem aos eventos penalizadores da linha de CBA não chegou a ser implementada, pelo que deve ser aprofundada.

Pondo de parte a montagem dos equipamentos, o que é facto é que o trabalho não está concluído, a sustentabilidade do projeto é o verdadeiro desafio. Tendo em vista a melhoria contínua, é necessário haver um esforço comum, reforçado pela gestão de topo, em prol de um sistema mais coeso de monitorização e controlo da produção.

A ferramenta PSD tem capacidade para se tornar transversal à organização, podendo expandir-se facilmente por todas as áreas fabris da empresa.

Embora a equipa de *software* responsável pela ferramenta não laborar na fábrica de Braga, ainda há pela frente uma grande jornada, a ter em conta no desenvolvimento da ferramenta principalmente no que respeita à otimização da programação da página PSD. A quantidade de informação sobrecarrega a página e quando certas ações são requeridas, o seu tempo de resposta não é tão rápido quanto o desejado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ante, G., Facchini, F., Mossa, G., & Digiesi, S. (2018). Developing a key performance indicators tree for lean and smart production systems. *IFAC-PapersOnLine*. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.227>
- Beshah B, J. K. (2014). The Plan-Do-Check-Act Cycle of Value Addition. *Industrial Engineering & Management*. <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000124>
- Bititci, U., Cocca, P., & Ates, A. (2016). Impact of visual performance management systems on the performance management practices of organisations. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1005770>
- Bititci, U. S., Mendibil, K., Nudurupati, S., Garengo, P., & Turner, T. (2006). Dynamics of performance measurement and organisational culture. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443570610710579>
- Bond, T. C. (1999). The role of performance measurement in continuous improvement. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443579910294291>
- Bourne, M. (2001). *Implementation issues, hand book of performance measurement*. GEE Publishing Ltd.
- Bourne, Mike, Neely, A., Mills, J., & Platts, K. (2003). Why some performance measurement initiatives fail: lessons from the change management literature. *International Journal of Business Performance Management*. <https://doi.org/10.1504/ijbpm.2003.003250>
- Bourne, Mike, Neely, A., Platts, K., & Mills, J. (2002). The success and failure of performance measurement initiatives: Perceptions of participating managers. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443570210450329>
- Chalice, R. (2007). *Improving Healthcare Using Toyota Lean Production Methods: 46 steps for improvement*. ASQ Quality Press.
- Cho, F. (2001). *The Toyota Way*. Toyota City.: Toyota Motor Institute.
- Cottyn, J., Van Landeghem, H., Stockman, K., & Derammelaere, S. (2011a). A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. In *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.548409>

- Cottyn, J., Van Landeghem, H., Stockman, K., & Derammelaere, S. (2011b). A method to align a manufacturing execution system with Lean objectives. In *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.548409>
- Daniels, R. C. (1995). Performance measurement at the sharp end: Driving continuous improvement on the shop floor. *Engineering Management Journal*. <https://doi.org/10.1049/em:19950507>
- De Toni, A., & Tonchia, S. (2001). Performance measurement systems Models, characteristics and measures. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443570110358459>
- De Ugarte, B. S., Artiba, A., & Pellerin, R. (2009). Manufacturing execution system - A literature review. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537280902938613>
- Deming, W. E. (1982). *Out of the crisis*. Cambridge: Center for Advanced Engineering Study.
- Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified, Second Edition: A Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System*. Productivity Press.
- Deuel, A. C. (1994). The benefits of a manufacturing execution system for plantwide automation, *33*, 113–124.
- Diego Fernando, M. D., & Rivera Cadavid, L. (2007). Lean manufacturing measurement: the relationship between lean activities and lean metrics. *Estudios Gerenciales*. [https://doi.org/10.1016/s0123-5923\(07\)70026-8](https://doi.org/10.1016/s0123-5923(07)70026-8)
- Eaidgah, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodae, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/ijlss-09-2014-0028>
- Esmaeel, R. I., Zakuan, N., Jamal, N. M., & Taherdoost, H. (2018). Understanding of business performance from the perspective of manufacturing strategies: Fit manufacturing and overall equipment effectiveness. In *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.142>
- Flapper, S. D. P., Fortuin, L., & Stoop, P. P. M. (1996). Towards consistent performance management systems. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443579610119144>
- Franco, M., & Bourne, M. (2003). Factors that play a role in “managing through measures.” *Management Decision*. <https://doi.org/10.1108/00251740310496215>
- Ghalayini, A. M., Noble, J. S., & Crowe, T. J. (1997). An integrated dynamic performance

- measurement system for improving manufacturing competitiveness. *International Journal of Production Economics*. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(96\)00093-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(96)00093-X)
- Gosselin, M. (2005). An empirical study of performance measurement in manufacturing firms. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/17410400510604566>
- Goyal, G., & Verma, D. S. (2019). Optimization of plant layout in manufacturing industry. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 3115–3118. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B2679.078219>
- Granerud, R. L., & Rocha, R. S. (2011). Organisational learning and continuous improvement of health and safety in certified manufacturers. *Safety Science*. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.009>
- Graves, R. J., Konopka, J. M., & John Milne, R. (1995). Literature review of material flow control mechanisms. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537289508930296>
- Groos, J. M., and K. R. M. (2003). *Kanban Made Simple: Demystifying and Applying Toyota's Legendary Manufacturing Process*. New York: AMA-COM.
- Gupta, S., & Jain, S. K. (2013). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.825074>
- H. Thomas Johnson, & Kaplan, R. S. (1987). Relevance Lost: The Rise and Fall of Management Accounting. *Journal of Accountancy*.
- Hamel, G. (2009). Moon shots for management. *Harvard Business Review*.
- Hayes, R.H., Wheelwright, S.C. and Clark, K. B. (1988). *Dynamic Manufacturing: Creating the Learning Organization*. New York: The Free Press/Collier Macmillan.
- Holloway, J. (2001). Investigating the impact of performance measurement. *International Journal of Business Performance Management*. <https://doi.org/10.1504/ijbpm.2001.000097>
- Hwang, Y. D. (2006). The practices of integrating manufacturing execution systems and Six Sigma methodology. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0164-0>
- Imai, M. (1986). Kaizen: The key to Japan's competitive success. In McGraw-Hill/Irwin (Ed.). New York.

- Imai, Masaaki. (1990). *Kaizen Wave Circles the Globe*. *Tokyo Business Today*.
- Iwao, S., & Marinov, M. (2018). Linking continuous improvement to manufacturing performance. *Benchmarking*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2015-0061>
- J.P. Womack, D.T. Jones, and D. R. (1990). *The Machine that Changed the World*. (Rawson Associates, Ed.). New York.
- Jurburg, D., Viles, E., Tanco, M., & Mateo, R. (2017). What motivates employees to participate in continuous improvement activities? *Total Quality Management and Business Excellence*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1150170>
- Kaplan, R.S. and Cooper, R. (1998). *Cost and Effect - Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance*. Boston: HBS Press.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1992). The balanced scorecard--measures that drive performance. *Harvard Business Review*.
- Kaplan, Robert S. (1983). Measuring manufacturing performance: a new challenge for managerial accounting research. In *Readings in Accounting for Management Control*. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7138-8_14
- Karkoszka, T., & Szewieczek, D. (2007). Risk of the processes in the aspect of quality, natural environment and occupational safety. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*.
- Keegan, D. P., Eiler, R. G., & Jones, C. R. (1989). Are your performance measures obsolete? *Management Accounting*. <https://doi.org/10.1177/004057368303900411>
- Keivan Zokaei, A., & Simons, D. W. (2006). Value chain analysis in consumer focus improvement: A case study of the UK red meat industry. *The International Journal of Logistics Management*. <https://doi.org/10.1108/09574090610689934>
- Kotter, J. P. (2007, January). Leading change: Why transformation efforts fail. *Harvard Business Review*.
- Kouri, I. A., Salmimaa, T. J., & Vilpola, I. H. (2008). The principles and planning process of an electronic kanban system. In *Novel Algorithms and Techniques in Telecommunications, Automation and Industrial Electronics*. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8737-0_18
- Kracik, J. F. (1988). Triumph of the lean production system. *Sloan Management Review*. <https://doi.org/10.1021/je990059p>
- Kumar, C. S., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.

<https://doi.org/10.1007/s00170-005-0340-2>

- Kurpjuweit, S., Reinerth, D., Schmidt, C. G., & Wagner, S. M. (2018). Implementing visual management for continuous improvement: barriers, success factors and best practices. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1553315>
- Lage Junior, M., & Godinho Filho, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.01.009>
- Liker, J. K., & Meier, D. (2005). *The Toyota way fieldbook: a practical guide for implementing Toyota's 4Ps*. McGraw-Hill.
- Liker, J. K. (2004a). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. (New York: McGraw-Hill, Ed.).
- Liker, J. K. (2004b). *The Toyota Way: Fourteen Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, Jeffrey K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. *Action Learning Research and Practice*. <https://doi.org/10.1080/14767330701234002>
- Lin, C. J., Chen, F. F., & Chen, Y. M. (2013). Knowledge kanban system for virtual research and development. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.04.020>
- Marrs, F. O., & Mundt, B. M. (2007). Enterprise Concept: Business Modeling Analysis and Design. In *Handbook of Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.1002/9780470172339.ch2>
- Maskell, B. (1991). *Performance Measurement for World Class Manufacturing: A Model for American Companies*. Cambridge: Productivity Press.
- Mauri, F., Garetti, M., & Gandelli, A. (2010). A structured approach to process improvement in manufacturing systems. *Production Planning and Control*. <https://doi.org/10.1080/09537280903563485>
- Medori, D., & Steeple, D. (2000). A framework for auditing and enhancing performance measurement systems. *International Journal of Operations and Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443570010318896>
- Mello, C. H. P., Turrioni, J. B., Xavier, A. F., & Campos, D. F. (2011). Pesquisa-ação na

- engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. *Production*.
<https://doi.org/10.1590/s0103-65132011005000056>
- Murata, K., & Katayama, H. (2010). A study on construction of a kaizen case-base and its utilisation: A case of visual management in fabrication and assembly shop-floors. *International Journal of Production Research*.
<https://doi.org/10.1080/00207540903373823>
- Murman, E., et. al. (2002). *Lean Enterprise Value: Insights from MIT's Lean Aerospace Initiative*. New York: Palgrave.
- Nanni, A. J., Dixon, J. R., & Vollmann, T. E. (1992). Integrated performance measurement: Management accounting to support the new manufacturing realities. *Journal of Management Accounting Research*.
- Naufal, A., Jaffar, A., Yusoff, N., & Hayati, N. (2012). Development of kanban system at local manufacturing company in Malaysia-Case study. In *Procedia Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.374>
- Neely, A. and Adams, C. (2001). The performance prism perspective. *Journal of Cost Management*.
- Neely, A. (1999). The performance measurement revolution: Why now and what next? *International Journal of Operations and Production Management*.
<https://doi.org/10.1108/01443579910247437>
- Netland, T. H. (2012). Managing strategic improvement programs: the XPS program management framework. *Journal of Project, Program & Portfolio Management*.
<https://doi.org/10.5130/pppm.v3i1.2556>
- Nudurupati, S. S., Bititci, U. S., Kumar, V., & Chan, F. T. S. (2011). State of the art literature review on performance measurement. *Computers and Industrial Engineering*.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2010.11.010>
- Nudurupati, S.S. (2003). *Management and business implications of IT-supported performance measurement*. University of Strathclyde-Glasgow.
- Nudurupati, Sai S., & Bititci, U. S. (2005). Implementation and impact of IT-supported performance measurement systems. *Production Planning and Control*.
<https://doi.org/10.1080/09537280512331333057>
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *University of Toronto*. <https://doi.org/10.3415/VCOT-07-10-0095>

- Object Management Group (OMG). (2008). Business Process Model and Notation , V1.1. Retrieved October 17, 2016, from <http://www.omg.org/spec/BPMN/1.1/PDF>
- Ohno, T. (1988a). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Ohno, T. (1988b). *Toyota Production System. International Journal of Operations*. <https://doi.org/10.1108/eb054703>
- Olsen, E. O., Zhou, H., Lee, D. M. S., Ng, Y., Chewn Chong, C., & Padunchwit, P. (2007). Performance measurement system and relationships with performance results. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/17410400710823624>
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K., & Jambekar, A. B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/0020754021000049817>
- Pillat, R. M., Oliveira, T. C., Alencar, P. S. C., & Cowan, D. D. (2015). BPMNt: A BPMN extension for specifying software process tailoring. In *Information and Software Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2014.09.004>
- Ravelomanantsoa, M. S., Ducq, Y., & Vallespir, B. (2018). A state of the art and comparison of approaches for performance measurement systems definition and design. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1506178>
- Ravelomanantsoa, M. S., Ducq, Y., & Vallespir, B. (2019). A state of the art and comparison of approaches for performance measurement systems definition and design. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1506178>
- Rui M. Lima. (2003). *GIP - GESTÃO INTEGRADA DA PRODUÇÃO*.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). Research Methods for Business Students Fifth edition. In *Research Methods for Business Students Fifth edition*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Scott, D. (1999). Can CIM improve overall factory effectiveness? In *an Pacific Microelectronics Symposium*. Kauai.
- Senderská, K., Mareš, A., & Václav, Š. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*.
- Singh, B., Garg, S. K., S.K., S., & Grewal, C. (2010). Lean implementation and its benefits to production industry, *1(2)*, 157–168. <https://doi.org/10.1108/20401461011049520>

- Singh, J., & Singh, H. (2015). Continuous improvement philosophy – literature review and directions. *Benchmarking*. <https://doi.org/10.1108/BIJ-06-2012-0038>
- Sisson, J., & Elshennawy, A. (2015). Achieving success with Lean: An analysis of key factors in Lean transformation at Toyota and beyond. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-07-2014-0024>
- Slack, N. (2001). *Operations Management*. London, UK: Pearson Education.
- Sloan, K., & Sloan, T. (2011). Dispersion of continuous improvement and its impact on continuous improvement. *International Journal of Technology Management*. <https://doi.org/10.1504/IJTM.2011.041679>
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*. <https://doi.org/http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=2216294&site=ehost-live>
- Stimec, A., & Grima, F. (2018). The impact of implementing continuous improvement upon stress within a Lean production framework. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1494391>
- Subramaniam, S. K., Husin, S. H., Singh, R. S. S., & Hamidon, A. H. (2009). Production Monitoring System for Monitoring the Industrial Shop Floor Performance. *International Journal of System Applications*.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Sweeney, M. T. (1994). Benchmarking for Strategic Manufacturing Management. *International Journal of Operations & Production Management*. <https://doi.org/10.1108/01443579410066703>
- Tangen, S. (2002). *A theoretical foundation for productivity measurement and improvement of automatic assembly systems*. The Royal Institute of Technology.
- Tangen, Stefan. (2003). An overview of frequently used performance measures. *Work Study*. <https://doi.org/10.1108/00438020310502651>
- Tangen, Stefan. (2004). Performance measurement: From philosophy to practice. *International Journal of Productivity and Performance Management*.

<https://doi.org/10.1108/17410400410569134>

- Taylor, A., & Taylor, M. (2014). Factors influencing effective implementation of performance measurement systems in small and medium-sized enterprises and large firms: A perspective from Contingency Theory. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.842023>
- Tezel, B. A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. *International Research Symposium*.
- Tiwari, S., Dubey, R., & Tripathi, N. (2011). The Journey of Lean. *Indian Journal of Commerce & Management Studies*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26800.97284>
- Waal, A. A. (2003). Behavioral factors important for the successful implementation and use of performance management systems. *Management Decision*. <https://doi.org/10.1108/00251740310496206>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996a). *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. *Journal of the Operational Research Society*. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996b). *Lean thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Productivity Press. <https://doi.org/9780743249270>
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). The machine that changed the world. *Business Horizons*. [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(92\)90074-J](https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90074-J)
- Zohoori, B., Verbraeck, A., Bagherpour, M., & Khakdaman, M. (2019). Monitoring production time and cost performance by combining earned value analysis and adaptive fuzzy control. *Computers and Industrial Engineering*, 127, 805–821. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.11.019>

ANEXOS

ANEXO I – TABELA DE PREENCHIMENTO DE UN-ASSIGNED TASKS DA FERRAMENTA PSD

Reason Code	Sub Reason Code	Sub Reason Code	
Lost Time	Refill solder paste		
	Quality		
	Tooling		Lack of Nozzles
			Lack of Containers
			Lack of Stencil
	IT		
	SPC		
	Replace Printer Paper		
	Splicing Issues		
	Late Start		
	People		Training
			Absenteeism
			Waiting for Technician
	Micro-Stop		Reflow Oven
			AOI
			Placement Machine
			Circuit Board Buffer
			Feeders
			Conveyor
			Board Loader
			Solder Paste Inspection
			Solder Paste Printer
			Offline Process
	FIS		
	Reel Change		
	Material		Internal
			External
Facilities		Compressed Air	
		Electricity	
		Nitrogen	
		Cold Water	
FVS			
Downtime	Sticklead	Conveyor	
		Wave Solder	
	Final Assembly	Adhesive Dispense	
		Functional Test	
		Screw Driving	
		Programming	
	SMT	AOI	
		Reflow Oven	
		Circuit Board Buffer	
		Board Loader	
		Conveyor	
		Placement Machine	
		Solder Paste Printer	
		Offline Process	
		Solder Paste Inspection	
Feeders			
Planned Downtime	Holiday		
	Service Build	Planned	
		Un-Planned	
	PV Build		
	Meeting		
	PM		
	No Schedule		
Prototype	Planned		
	Un-Planned		
Changeover	SMT		
	Sticklead		
	Final Assembly		

ANEXO II – ESTUDO DOS TEMPOS DE CICLO DOS POSTOS DE TRABALHO DA ÁREA DE C&S

COATING			
1ª série de 10 observações			
1	13		
2	11		
3	11		
4	12		
5	12		
6	11		
7	11		
8	11	Média =	11,5
9	11	desvio padrão =	0,71
10	12	N' =	7
ICT			
1ª série de 10 observações			
1	13		
2	13		
3	13		
4	12		
5	12		
6	13		
7	12		
8	12	Média =	12,5
9	12	desvio padrão =	0,53
10	13	N' =	3
INSERÇÃO DE FUSÍVEIS			
1ª série de 10 observações			
1	10		
2	11		
3	11		
4	10		
5	11		
6	12		
7	12		
8	12	Média =	11,3
9	12	desvio padrão =	0,82
10	12	N' =	9

PRESS FIT									
1ª série de 10 observações									
1	28								
2	29								
3	26								
4	27								
5	29								
6	28								
7	27								
8	28	Média =	27,6						
9	27	desvio padrão =	0,97						
10	27	N' =	2						
ETIQUETAGEM									
1ª série de 10 observações					série de 10 observações				
1	7				1	7			
2	7				2	6			
3	8				3	8			
4	7				4	7			
5	7				5	7			
6	6				6	7			
7	6				7	7			
8	7	Média =	7		8	6	Média =	7,1	
9	8	desvio padrão =	0,67		9	8	desvio pad	0,7	
10	7	N' =	15		10	8	N' =	16	

FUNCTIONAL TESTS									
1ª série de 10 observações									
1	12								
2	11								
3	12								
4	12								
5	12								
6	12								
7	12								
8	11	Média =	11,8						
9	12	desvio padrão =	0,42						
10	12	N' =	3						
PROGRAMAÇÕES									
1ª série de 10 observações									
1	13								
2	13								
3	12								
4	13								
5	13								
6	13								
7	13								
8	13	Média =	12,8						
9	13	desvio padrão =	0,42						
10	12	N' =	2						
AOI									
1ª série de 10 observações					2ª série de 5 observações				
1	14				1	11			
2	13				2	13			
3	11				3	11			
4	11				4	11			
5	11				5	11			
6	13								
7	11								
8	11	Média =	12,1			Média =	11,86667		
9	13	desvio padrão =	1,2			desvio p	1,125463		
10	13	N' =	16			N' =	15		

ANEXO III - TABELA ANTROPOMÉTRICA

DIMENSÃO ANTROPOMÉTRICA	PERCENTIS MASCULINOS				PERCENTIS FEMININOS			
	5	50	95	dp	5	50	95	dp
1. Altura de pé	1565	1690	1815	76	1456	1565	1674	66
2. Altura dos olhos (rel. ao solo)	1463	1585	1707	74	1355	1465	1575	67
3. Altura do ombro (rel. ao solo)	1277	1395	1513	72	1181	1290	1399	66
4. Altura do punho (rel. ao solo)	664	735	806	43	619	685	751	40
5. Altura do cotovelo (rel. ao solo)	966	1050	1134	51	889	965	1041	46
6. Distância cotovelo-punho	320	350	380	18	292	320	348	17
7. Alcance funcional anterior	628	730	832	62	621	675	729	33
8. Alcance funcional vertical (de pé)	1875	2030	2185	94	1719	1860	2001	86
9. Altura sentado (rel. ao assento)	818	920	1022	62	799	865	931	40
10. Distância olhos-assento	716	810	904	57	696	760	824	39
11. Altura lombar (rel. ao assento)	166	215	264	30	174	220	266	28
12. Espessura da coxa	134	180	226	28	124	165	206	25
13. Altura do joelho (rel. ao solo)	459	525	591	40	434	480	526	28
14. Altura do poplíteo (rel. ao solo)	347	400	453	32	327	365	403	23
15. Distância coxa-poplíteo	419	485	551	40	421	470	519	30
16. Comprimento máximo da coxa	518	590	662	44	517	570	623	32
17. Espessura do peito (busto)	221	265	309	27	226	275	324	30
18. Espessura abdominal	204	260	316	34	201	260	319	36
19. Alcance funcional vertical (sentado)	1117	1250	1383	81	1071	1165	1259	57
20. Distância ombro-assento	576	630	684	33	496	590	684	57
21. Distância cotovelo-assento	206	255	304	30	191	250	309	36
22. Largura dos ombros (biacromial)	299	335	371	22	251	300	349	30
23. Largura dos ombros (bideltóide)	426	475	524	30	379	445	511	40
24. Largura das ancas	341	380	419	24	342	400	458	35
Peso (Kg)	57	75	93	11	49	65	81	10

ANEXO IV – INQUÉRITO

Inquérito sobre a monitorização da produção na APTIV

O presente inquérito está inserido no âmbito da dissertação de Mestrado Integrado de Engenharia e Gestão Industrial, tendo como finalidade a recolha de informação afeta às expectativas e conhecimento dos colaboradores a respeito de ferramentas de monitorização da produção.

Assegura-se o anonimato e a confidencialidade das respostas.

P1. Conheço o atual sistema de monitorização (ePSR)

Concordo totalmente	Discordo	Concordo	Discordo totalmente
			X

P2. Tenho conhecimento do que é o OE

Concordo totalmente	Discordo	Concordo	Discordo totalmente
X			

P3. Costumo ter em atenção à produtividade percentual nos postos de trabalho

Concordo totalmente	Discordo	Concordo	Discordo totalmente
X			

P4. A visualização da cadência produtiva em valor numérico permitir-me-ia ter uma melhor noção da produção.

Concordo totalmente	Discordo	Concordo	Discordo totalmente
	X		

P5. A visualização percentual de artigos em conformidade ser-me-ia útil

Concordo totalmente	Discordo	Concordo	Discordo totalmente
	X		

P6. Sinto-me envolvido nos objetivos de produção

Concordo totalmente	Discordo	Concordo	Discordo totalmente
X			

P7. Quais os benefícios que uma ferramenta em que seja possível visualizar a cadência e a conformidade de todos os postos trará?

Beneficia-nos para uma melhor produção.

ANEXO V – FOLHA DE ROTINAS PARA PREENCHIMENTO DE EVENTOS

Data: 29.8.19		Turno Z		Produção BSI CBA
Hora	Planeado	Produzido	Produzido	Paragens
14:30-15:00	130 132	132		- THT 8 → FORÇA 3x - THT 9 → FORÇA 2x - THT 10 → ALIMENTAÇÃO PEÇACA Z (3x) - THT 13 → FORÇA 3x
15:00-16:00	260 400	268		- THT 8 → FORÇA 4x - THT 9 → FORÇA 2x - THT 10 → ALIMENTAÇÃO PEÇACA Z (4x)
16:00-17:00	216 600	200		- THT 8 → FORÇA 2x - THT 9 → FORÇA 2x - THT 10 → ALIMENTAÇÃO PEÇACA Z (3x)
17:00-18:00	260 840	240		- THT 8 → FORÇA 3x - THT 10 → ALIMENTAÇÃO PEÇACA Z (3x) - THT 13 → FORÇA 4x
18:00-19:00	260 1080	240		- THT 8 → FORÇA 3x - THT 10 → ALIMENTAÇÃO PEÇACA Z (2x) - THT 11 → FORÇA 2x - THT 13 → FORÇA 2x
19:00-20:00	130 1140	60		- THT 8 → FORÇA 2x - THT 9 → FORÇA 2x - THT 10 → ALIMENTAÇÃO PEÇACA Z (3x)
20:00-21:00	260 1340	200		- THT 8 → FORÇA 3x - THT 10 → ALIMENTAÇÃO PEÇACA Z (2x) - THT 11 → FORÇA 4x
21:00-22:00	224 1510	170		- THT 8 → FORÇA 2x - THT 9 → FORÇA 2x - THT 10 → FORÇA 3x - THT 10 → ALIMENTAÇÃO PEÇACA Z (4x) - THT 13 → FORÇA 2x - THT 11 → FORÇA 4x
22:00-23:00	260 1600	90		- FALTA DE PCB'S 15 minutos - THT 8 → FORÇA 3x - THT 9 → FORÇA 2x - THT 11 → FORÇA 3x - THT 10 → FORÇA 4x

→ 10 minutos, entre as 19h50/20h00 FALTA DE PCB'S
 → 15 minutos, entre as 20h45/21h00 FALTA NA AOI

ANEXO VI – EVENTOS DO ESTUDO DOS TEMPOS IMPRODUTIVOS DA LINHA DE CBA (SITUAÇÃO

1)

Maquina	T_paragem	Eventos
THT 010	00:10	Alimentação petaca 3
THT 011	00:15	Erro de forças
AOI	01:30	Imagens aoi não aparecem
THT 012	00:50	Componente preso no vibrador 1
THT 013	01:40	Erro de forças
THT 010	00:45	Alimentação petaca 3
THT 013	00:21	Erro de forças
THT 013	00:26	Erro de forças
THT 010	00:14	Alimentação petaca 3
THT 009	01:30	Fitas enrodelhadas
THT 010	00:12	Alimentação petaca 3
THT 010	00:06	Alimentação petaca 3
THT 010	00:17	Erro de forças
THT 010	00:19	Alimentação petaca 3
THT 010	00:47	Alimentação petaca 3
THT 011	00:13	Erro de forças
THT 008	00:17	Erro de forças
THT 010	00:31	Alimentação petaca 3
THT 008	00:06	Palet preso na entrada
THT 010	00:12	Alimentação petaca 3
THT 010	00:40	Alimentação petaca 2
THT 010	00:07	Alimentação petaca 3
THT 011	00:33	Erro de forças k6
THT 013	00:14	Erro de forças pp2
THT 012	00:19	Erro de forças k7
THT 012	00:06	Erro de forças k6
THT 013	00:18	Erro de forças pp2
THT 010	00:44	Alimentação petaca 3
THT 010	00:41	Alimentação petaca 3
THT 011	00:15	Erro de forças k7
THT 013	00:09	Erro de forças pp2
THT 008	00:24	Vibrador
THT 013	00:16	Erro de forças pp2
THT 010	00:25	Alimentação petaca 3
THT 013	00:30	Erro de forças pp2
AOI	00:30	troca de carrinho de transporte
conveyor fim de linha	00:45	Palet empancada no transporte
AOI	00:25	Esperas carrinho
AOI	00:37	Esperas carrinho
AOI	00:23	Distintos casos de demoras de inserção de placas na AOI
	19:02	

ANEXO VII – EVENTOS DO ESTUDO DOS TEMPOS IMPRODUTIVOS DA LINHA DE CBA (SITUAÇÃO 2)

Maquina	T_paragem	Eventos
THT 012	00:26	falta de material
THT 013	00:11	Erro de forças
Todas as THT	00:26	Erro de leitura do código de barras
THT 011	00:08	Erro de forças
THT 011	00:05	Erro de forças
THT 011	00:03	Erro de forças
THT 011	00:04	Erro de forças
THT 013	00:03	Erro de leitura do código de barras
THT 010	00:46	Alimentação petaca 3
THT 013	00:35	Erro de forças
THT 011	00:25	Erro de forças
THT 010	00:37	Alimentação petaca 4
THT 010	00:17	Alimentação petaca 4
Load	00:16	Atraso do carrinho
THT 013	00:05	Erro de forças
THT 013	00:24	linha congestionada devido à reposição manual de componentes
AOI	00:12	Atraso do carrinho
THT 013	00:09	Erro de leitura do código de barras
AOI	00:16	Atraso do carrinho
THT 010	00:29	Alimentação petaca 3
Load	00:57	Atraso do carrinho
THT 013	00:13	Erro de forças
THT 011	00:03	Erro de forças
THT 013	00:04	Erro de forças
THT 012	00:03	Erro de forças
Todas as THT	00:17	Erro de forças
THT 013	00:03	Erro de forças
THT 012	00:46	Erro de forças
THT 011	00:04	Erro de forças
THT 012	00:17	Vibrador 1
AOI	00:10	Erro de forças
AOI	00:07	Erro de forças
	09:01	

ANEXO VIII – ESTUDO DOS TEMPOS DA ROTA INTERNA (SITUAÇÃO 1)

Operação 1 (transporte de carrinhos de exaustão para pressfit)							
1ª série de 10 observações				2ª série de 10 observações			
1	97			1	75		
2	86			2	80		
3	80			3	83		
4	87			4	82		
5	64			5	80		
6	80			6	81		
7	79			7	81		
8	62	Média =	79,6	8	79	Média =	79,8
9	80	desvio padrão =	10,29779	9	79	desvio padrão =	7,2
10	81	N' =	27	10	80	N' =	14
Operação 2 (Transporte das placas com Coating para exaustão)							
1ª série de 10 observações							
1	62						
2	51						
3	58						
4	57						
5	57						
6	57						
7	56						
8	54	Média =	57,2				
9	63	desvio padrão =	3,457681				
10	57	N' =	6				
Operação 3 (Transporte de placas Power da linha de CBA para ICT)							
1ª série de 10 observações				2ª série de 10 observações			
1	37			1	37		
2	38			2	38		
3	37			3	38		
4	34			4	33		
5	35			5	42		
6	39			6	39		
7	51			7	35		
8	41	Média =	38	8	33	Média =	37,4
9	35	desvio padrão =	5,163978	9	36	desvio padrão =	4,07
10	33	N' =	30	10	37	N' =	19
Operação 4 (Transporte de ICT para inserção de fusíveis)							
1ª série de 10 observações				2ª série de 10 observações			
1	46			1	41		
2	61			2	55		
3	59			3	52		
4	57			4	52		
5	65			5	56		
6	64			6	58		
7	59			7	56		
8	58	Média =	57,4	8	57	Média =	54,9
9	52	desvio padrão =	5,758086	9	49	desvio padrão =	5,937
10	53	N' =	17	10	48	N' =	19

Implementação e avaliação de uma ferramenta de monitorização da produção

Operação 5 (Transporte de AVI para PressFit)									
1ª série de 10 observações									
1	53								
2	54								
3	52								
4	50								
5	56								
6	55								
7	53								
8	49	Média =	52,8						
9	47	desvio padrão =	3,521363						
10	59	N' =	8						
Operação 6 (deslocação de Pfit para linha CBA e abastecimento)									
1ª série de 10 observações					2ª série de 10 observações				
1	590			1	502			1	533
2	687			2	496			2	574
3	699			3	530			3	542
4	550			4	526			4	587
5	453			5	545			5	547
6	561			6	532			6	691
7	543			7	535			7	568
8	492	Média =	589,3	8	658	Média =	567,9	8	579
9	740	desvio padrão =	92,46747	9	601	desvio padrão =	75,09	9	698
10	578	N' =	40	10	540	N' =	28	10	739
									Média = 580,5333
									desvio pad 75,78132
									N' = 28
Operação 7 (recolha dos tubos vazios para as caixas em CBA)									
1ª série de 10 observações			2ª série de observações			3ª série de observações			
1	69			1	48	1	68		
2	90			2	68	2	74		
3	75			3	81	3	74	Média =	73,88
4	73			4	75	4	76	desvio pad	8,398016
5	74			5	76	5	77	N' =	21
6	81			6	80				
7	59			7	74				
8	74	Média =	75,6	8	76	Média =	73,9		
9	71	desvio padrão =	9,406853	9	70	desvio padrão =	9,301		
10	90	N' =	25	10	74	N' =	26		
Operação 8 (Movimentação até ao armazém interno)									
1ª série de 10 observações					2ª série de 10 observações				
1	169			1	148				
2	158			2	151				
3	140			3	136				
4	136			4	140				
5	144			5	144				
6	111			6	145				
7	173			7	143				
8	151	Média =	147,2	8	172	Média =	146,3		
9	155	desvio padrão =	18,19524	9	130	desvio padrão =	14,7		
10	135	N' =	25	10	145	N' =	17		

ANEXO IX – STANDARD WORK COMBINATION TABLE (SITUAÇÃO 1)

Sequência de trabalho		STANDARD WORK COMBINATION SHEET			Trabalho Manual		Movimentos																						
Step No.	Descrição da Operação	Tempo			Tempo de Operação (Em segundos)																								
		Manual	Auto	Movimentos	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	...	800	825	850	875	900	925			
1	Pegar no carrinho na câmara de exaustão	2		43																									
2	Abastecer Press Fits	35																											
3	Abastecer câmara de exaustão	3		54																									
4	Abastecer Máquina ICT	29		8																									
5	Abastecer máquina inserção fusíveis	16		39																									
6	Abastecer Press Fits	35		18																									
7	Abastecer CBA	545		34																									
8	Abastecer caixas para entregar ao fornecedor	74																											
TOTAL		739		196																									

ANEXO X – ESTUDO DOS TEMPOS DA ROTA INTERNA (SITUAÇÃO 2)

Operação 1 (transporte de carrinhos do coating para câmara de exaustão)									
1ª série de 10 observações									
1	24								
2	27								
3	28								
4	26								
5	25								
6	24								
7	24								
8	26	Média =	25,5						
9	26	desvio pad	1,354006						
10	25	N' =	5						
Operação 2 (Transporte das placas de exaustão para press fit)									
1ª série de 10 observações					2ª série de observações				
1	57				1	56			
2	62				2	57			
3	59				3	49			
4	59				4	55			
5	59				5	61			
6	51				6	54			
7	53				7	42			
8	56	Média =	58,3		8	68	Média =	57,05	
9	59	desvio pad	4,6916		9	58	desvio pad	5,880163	
10	68	N' =	11		10	58	N' =	17	
Operação 3 (Transporte de placas Power da linha de CBA para ICT)									
1ª série de 10 observações									
1	61								
2	59								
3	53								
4	52								
5	54								
6	54								
7	58								
8	59	Média =	56,7						
9	62	desvio pad	3,529243						
10	55	N' =	7						
Operação 6 (Deslocação de press fit para linha de CBA e abastecimento)									
1ª série de 10 observações					2ª série de 10 observações				
1	334				1	280			
2	250				2	281			
3	288				3	275			
4	296				4	279			
5	244				5	312			
6	245				6	301			
7	322				7	295			
8	248	Média =	273,5		8	259	Média =	277,55	
9	254	desvio pad	33,95176		9	271	desvio pad	26,3628	
10	254	N' =	25		10	263	N' =	15	

ANEXO XII – INSTRUÇÃO DE TRABALHO DO POSTO DE TRABALHO DE COATING STAND-ALONE

APTIV ELECTRONICS & SAFETY

BRAG WI 1129.00.65 / Ver:01

Standardized Operation Sheet / Instruções de Trabalho

Effective Date: / Data Efectiva:

16/05/2019

Content Reviewed Date: / Data de Revisão:

16/05/2019

Page 1 de 3

Processo / Modelo:		COATING STAND-ALONE BSI			
Lugar:		P1			
Ref. Doc.:					
Sinalética de Segurança: <Quando aplicável>					
Item	Elemento	Element Time			
		Min	Max	Min Time	Max Time
1	P1 Pegar placa, ler código e colocar no lado esquerdo da paleta	4	2,4		
2	P1 Pegar placa, ler código e colocar no lado direito da paleta	4	2,4		
3	P1 Colocar calçador	2	1,2		
4	Pega paleta e desloca-se para P2	6	3,6		
5	P2 Colocar paleta no buffer A	2	1,2		
6	P2 Retirar paleta finalizada da máquina e colocar no buffer B	2	1,2		
7	P2 Pegar paleta do buffer A e colocar na máquina	2	1,2		
8	P2 Pressionar botão verde 2x para iniciar processo (garantir que máquina inicia)	4	2,4		
9	Pega paleta do buffer B e desloca-se para P4	6	3,6		
10	P4 Colocar paleta na posição livre do dryer	2	1,2		
11	P4 Retira paleta do dryer de acordo com a Foto 1 e pousa na bancada D	3	1,8		
12	P4 Se dryer tem posição superior ou inferior livre, pressionar botão verde para avançar gaveta	2	1,2		
13	Desloca-se para P1	1	0,6		
14	P1 Retira calçador e coloca no suporte	2	1,2		
15	P1 Retira placa do lado esquerdo, inspecciona sob a luz UV e coloca no blister	4	2,4		
16	P1 Retira placa do lado direito, inspecciona sob a luz UV e coloca no blister	4	2,4		
17	P1 Pegar placa, ler código e colocar no lado esquerdo da paleta	4	2,4		
18	P1 Pegar placa, ler código e colocar no lado direito da paleta	4	2,4		
19	P1 Colocar calçador	2	1,2		
20	Pega paleta e desloca-se para P3	3	1,8		
21	P3 Colocar paleta no buffer B	2	1,2		
22	P3 Retirar paleta finalizada da máquina e colocar no buffer C	2	1,2		
23	P3 Pegar paleta do buffer B e colocar na máquina	2	1,2		
24	P3 Pressionar botão verde 2x para iniciar processo (garantir que máquina inicia)	4	2,4		
25	Desloca-se para P4	2	1,2		
26	P4 Pegar paleta do buffer C e colocar paleta na posição livre do dryer	3	1,8		
27	P4 Retira paleta do dryer de acordo com a Foto 1 e pousa na bancada D	2	1,2		
28	P4 Se dryer tem posição superior ou inferior livre, pressionar botão verde para avançar gaveta	2	1,2		
29	Desloca-se para P1	1	0,6		
30	P1 Retira calçador e coloca no suporte	2	1,2		
31	P1 Retira placa do lado esquerdo, inspecciona sob a luz UV e coloca no blister	4	2,4		
32	P1 Retira placa do lado direito, inspecciona sob a luz UV e coloca no blister	4	2,4		
Total		93	55,8		

Notas Importantes:
Ao retirar a paleta das máquinas de coating e ao colocar no dryer ter o cuidado de não inclinar a paleta para o coating não escorrer.

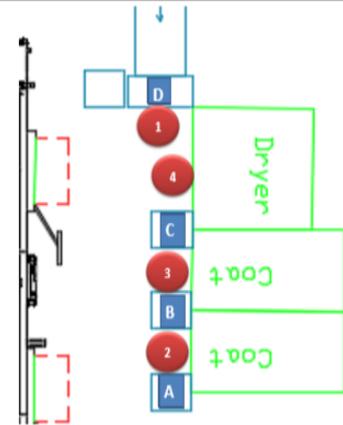
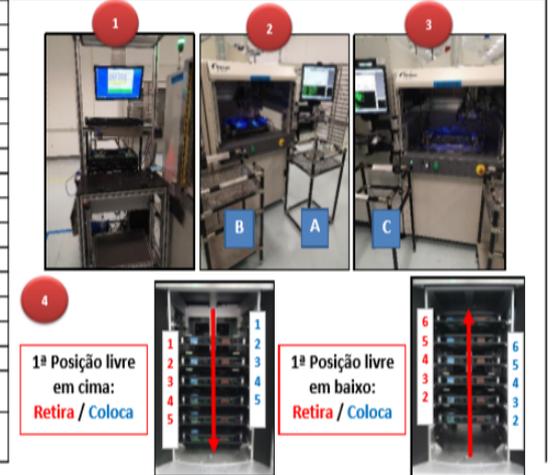


Foto dos postos :



1ª Posição livre em cima: Retira / Coloca

1ª Posição livre em baixo: Retira / Coloca

Realizado por:	Verificado por:	Aprovado por:
Data: 16/05/2019		
Função: Mjuf		
Nome: Gonçalo Pereira		

QUANDO IMPRESSO, ESTE DOCUMENTO NÃO É CONTROLADO A MENOS QUE SEJA ENTREGUEADO COMO CONTROLADO PELO DCC (DOCUMENT CONTROL CENTER)