



Suporte à industrialização OEM e Sistemas de Gestão

JOANA GOMES SÁ RAMOS

julho de 2025

**Suporte à industrialização OEM (*Original
Equipment Manufacturer*) e SG (Sistemas de
Gestão)**

Joana Gomes Sá Ramos 1201528

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em
Gestão Industrial**

Orientador: Professor Doutor António Gonçalves de Magalhães

Júri:

Presidente:

Armando José Vilaça de Campos, Professor Adjunto, ISEP

Vogais:

Delfina Gabriela Garrido Ramos, Professora Auxiliar, UTAD

António Gonçalves de Magalhães, Professor Coordenador, ISEP

Porto, junho, 2025

Dedicatória

Dedico este trabalho, com profunda gratidão, à minha família, pelo apoio incondicional, amor e compreensão ao longo de todo este percurso acadêmico. Aos meus amigos, pelo incentivo constante e pela partilha de momentos que tornaram esta jornada mais leve. Ao meu namorado por tornar tudo mais simples. A todos os professores e orientadores que, com o seu conhecimento e dedicação, me guiaram e inspiraram a crescer enquanto estudante e pessoa. Este trabalho é também uma homenagem a todos aqueles que acreditaram em mim e me ajudaram a transformar este sonho em realidade.

Agradecimentos

Chegado ao final deste percurso, gostaria de expressar a minha sincera gratidão a todos aqueles que tornaram possível a realização desta tese.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador do ISEP, Professor António Magalhães, pelo acompanhamento dedicado, pelos valiosos conselhos científicos e pelo incentivo constante ao longo de todo o processo. A sua orientação foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento académico e pessoal.

Agradeço também ao meu orientador da empresa HBK, Francisco Gonçalves, pela colaboração próxima, pela partilha de conhecimentos práticos e pelo apoio durante o estágio. A sua experiência e disponibilidade foram essenciais para a concretização do projeto no contexto real da empresa.

Deixo ainda um agradecimento a todos os colaboradores da HBK que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a recolha de dados e para a implementação das iniciativas abordadas nesta tese.

Também gostaria de agradecer aos meus amigos, importante não esquecer que o apoio deles é fundamental, pois alguns também estão a fazer a sua dissertação e quando nos ajudamos uns aos outros, as coisas tornam-se mais simples e mais fáceis. Portanto um muito obrigado a todos os amigos que estiveram comigo nestes longos meses de trabalho árduo.

E por último, mas não menos importante, à minha família e ao meu namorado que me deram sempre um apoio incondicional, foram as únicas pessoas que estiveram presentes em todas as fases da minha vida, as boas e as menos boas. Apoiaram-me nos momentos mais stressantes e deram-me sempre forças para nunca desistir.

Sinto-me orgulhosa por ter concluído mais uma etapa da minha vida. Mas mais do que isso é saber que a minha família está extramente feliz por me ver crescer e evoluir desta forma. Mais uma vez, um obrigado a todos! Sem cada uma destas pessoas, a finalização desta dissertação não seria possível.

Mais do que um exercício académico, esta tese representa um percurso pessoal de entrega e convicção. Por isso, termino com uma frase que traduz aquilo em que acredito profundamente:

“O valor de um trabalho está na alma que nele se entrega.”

Resumo

Este relatório aborda a integração entre a industrialização OEM (*Original Equipment Manufacturer*) e os Sistemas de Gestão (SG), analisando como estas abordagens contribuem para a eficiência e qualidade na produção industrial. O estudo tem como base o estágio curricular realizado na empresa HBK, onde foi desenvolvida e implementada uma linha de produção de transdutores OEM, incluindo a criação de instruções de trabalho (ITs) para os postos de produção de *strain gauges*.

O trabalho combina uma revisão bibliográfica sobre os conceitos de OEM, *outsourcing*, recondicionamento e metodologias *Lean* e *Six Sigma*, com uma vertente prática aplicada à realidade da HBK. A investigação evidencia os benefícios da adoção de sistemas de gestão, como a padronização de processos, a integração digital e a monitorização de desempenho através de sensores inteligentes.

A análise de caso permitiu verificar ganhos significativos na padronização, qualidade e eficiência, reforçando a importância das ITs e dos SG para a sustentabilidade e competitividade das empresas. A dissertação conclui com sugestões de melhoria contínua e recomendações para futuras investigações.

Palavras-chave: OEM, Sistemas de Gestão, Instruções de Trabalho, *Strain Gauges*, Industrialização, *Lean*.

Abstract

This dissertation explores the integration between Original Equipment Manufacturer (OEM) industrialization and Management Systems (MS), analyzing how these approaches contribute to industrial production efficiency and quality. The study is based on a curricular internship at the company HBK, where an OEM transducer production line was developed and implemented, including the creation of work instructions (WIs) for strain gauge production stations.

The research combines a literature review on OEM concepts, outsourcing, remanufacturing, and Lean and Six Sigma methodologies with a practical application in HBK's operational environment. The findings highlight the benefits of adopting management systems, such as process standardization, digital integration, and performance monitoring through intelligent sensors.

The case study showed significant improvements in standardization, product quality, and operational efficiency, reinforcing the critical role of WIs and MS in ensuring industrial sustainability and competitiveness. The dissertation concludes with continuous improvement suggestions and recommendations for future research.

Keywords: OEM, Management Systems, Work Instructions, Strain Gauges, Industrialization, Lean.

Índice

Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xv
Acrónimos e Símbolos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodologia	4
1.4. Estrutura da tese	6
2. Revisão Bibliográfica	9
2.1. Industrialização OEM	9
2.1.1. Origem e Evolução da indústria OEM	9
2.1.2. Relação entre OEMs e Recondicionamento	9
2.1.3. <i>Outsourcing</i> para a indústria OEM.....	11
2.1.4. <i>Metodologia Just-in-Time e outsourcing</i>	13
2.2. Sistemas de Gestão (SG) na Industrialização	15
2.2.1. Sistemas de Gestão na Indústria OEM.....	15
2.2.2. Impacto dos Sistemas de Gestão na Padronização e Qualidade dos Produtos..	20
2.2.3. Integração dos diferentes sistemas de gestão	21
2.3. Tendências e Inovações na Industrialização OEM e SG	22
2.3.1. Impacto da Indústria 4.0 na industrialização OEM	22
2.3.2. Transformação Digital e Integração de Dados.....	24
2.3.3. Personalização em massa e flexibilidade na Produção OEM.....	25
3. Análise da situação atual da empresa	27
3.1. Caracterização da empresa	27
3.1.1. Apresentação da empresa	27
3.1.2. Caracterização da Estrutura Organizacional.....	29
3.2. Enquadramento do caso de estudo	31
3.2.1. Introdução aos <i>Strain Gauges</i>	31
3.2.2. Transdutores	35
3.3. Instruções de Trabalho no Processo de Produção	37
3.3.1. Importância das Instruções de Trabalho (ITs).....	37
3.3.2. Desenvolvimento e Implementação das Instruções.....	38
3.4. Produção de transdutores.....	42
3.4.1. Introdução.....	42
3.4.2. Etapas no processo de Produção de Transdutores.....	43

3.4.3. Aplicação da Metodologia <i>Lean</i> na Produção de Transdutores OEM	44
4. Resultados e Discussão	49
4.1. Impacto e Benefícios das Instruções de Trabalho.....	49
4.2. Apresentação de resultados realizados com a produção dos transdutores.....	55
5. Conclusão	59
5.1. Conclusões Finais	59
5.2. Limitações e trabalhos futuros.....	60
Referências.....	63
Declaração de Integridade	67
Apêndice A - Análise de co-ocorrência	69
Apêndice B – Análise de citação	71
Apêndice C – Análise de co-citação	73
Apêndice D - <i>Value Stream Mapping da linha de produção dos transdutores</i>	75

Lista de Figuras

Figura 1 – Etapas do processo de recondicionamento [APA 2023]	10
Figura 2 – Metodologia Just-in-time [Dreamstime].....	15
Figura 3 – Cinco princípios do Lean.....	16
Figura 4 – Desperdícios no Lean	17
Figura 5 – Sistema 5S	18
Figura 6 – Six Sigma.....	19
Figura 7 – Sistema de Gestão de Qualidade [Softexpert]	20
Figura 8 – Diagrama do PDCA	21
Figura 9 – Pilares da Indústria 4.0 [TEKTELIC 2024]	23
Figura 10 – Sede da HBK em Portugal.....	28
Figura 11 – Organograma da Empresa HBK	30
Figura 12 – Strain gauges Lineares Duplos e Lineares, respetivamente [HBK].....	32
Figura 13 – Strain gauges do tipo Rosetas [HBK]	33
Figura 14 – Montagem em quarto de ponte.....	33
Figura 15 – Montagem em Ponte completa	34
Figura 16 – Montagem em meia-ponte	34
Figura 17 - Montagem com compensação térmica	35
Figura 18 – Transdutores fabricados pela HBK [HBK, 2025]	37
Figura 19 – Etapas do processo produtivo.....	39
Figura 20 – Exemplo de instrução de trabalho do processo de Desbaste de um Strain Gauge	40
Figura 21 – Linha temporal de atualizações na IT referente ao desbaste	41
Figura 22 – Fluxo de trabalho e fases envolvidas no processo de desenvolvimento das instruções	42
Figura 23 – Transdutores a serem produzidos.....	43
Figura 24 – Etapas iniciais para mapear o fluxo de valor.....	46
Figura 25 – Simbologia comum utilizada num mapa de fluxo de valor	46
Figura 26 – Exemplos de Layouts utilizados para otimizar processos de produção [Wood & Co]	47
Figura 27 – Inquérito Interno sobre a Importância das Instruções de Trabalho	50
Figura 28 – Média de respostas ao questionário geral.....	51
Figura 29 – Inquérito Interno sobre a Importância das Instruções de Trabalho – Linha Strain Gauges	53
Figura 30 – Média das respostas do inquérito realizado aos novos colaboradores.....	54
Figura 31 – Simbologia personalizada utilizada para destacar notas importantes no VSM.....	56
Figura 32 – Layout da linha de produção dos transdutores	58

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Pesquisa das palavras-chave para análise bibliométrica (elaboração própria).....	5
Tabela 2 – Elementos da Transformação Digital.....	24

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

AI	Inteligência Artificial
API	<i>Application Programming Interfaces</i>
CM	<i>Contract Manufacturers</i>
CRM	<i>Customer Relationship Management</i>
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
GF	<i>Gauge Factor</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
ITs	Instruções de Trabalho
JIT	<i>Just-in-Time</i>
MEM	Mestrado em Engenharia Mecânica
MES	<i>Manufacturing execution system</i>
METIP	Metodologias de Investigação e Planeamento
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PI	<i>Process Integration</i>
PLM	<i>Product Lifecycle Management</i>
SaaS	<i>Software as a Service</i>
SCM	<i>Supply Chain Management</i>
SCQ	Sistema de Controlo da Qualidade
SG	Sistemas de Gestão
SPT	Sistema de Produção da Toyota
TC	Tempo de ciclo
TT	<i>Takt Time</i>
UC	Unidade curricular
WI	<i>Work instructions</i>

Lista de Símbolos

V	Tensão elétrica	V
R	Resistência	Ω

1. Introdução

O presente documento foi desenvolvido no âmbito da dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica (MEM) do ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto, no ramo de Gestão Industrial, no ano curricular de 2024/2025.

Este trabalho tem como objetivo principal explorar e analisar a integração entre a industrialização OEM e os Sistemas de Gestão (SG) no contexto da produção industrial, com foco particular na aplicação prática desses conceitos numa empresa real – a HBK. A investigação contempla ainda a implementação de boas práticas industriais, como a padronização dos processos através de instruções de trabalho (ITs) e a utilização de *strain gauges* para monitorização estrutural e controlo da qualidade.

Este capítulo apresenta, numa primeira fase, a contextualização do tema e a justificação da sua relevância no panorama atual da indústria. Posteriormente, são definidos os objetivos gerais e específicos do estudo, bem como a metodologia adotada, que inclui a revisão bibliográfica, a análise do caso de estudo e a aplicação de ferramentas práticas de melhoria contínua. Por fim, é descrita a estrutura do relatório, com a organização dos capítulos e os principais tópicos abordados em cada secção.

1.1. Contextualização

Atualmente, as organizações enfrentam fortes desafios devido a três principais fatores: crescente complexidade dos processos industriais, globalização e inovação tecnológica. Nesse sentido, os OEMs e os SG associados cumprem um papel crítico na estrutura e operações de otimização da produção.

O modelo baseado no recurso a OEMs é altamente utilizado em empresas que adquirem componentes ou produtos complexos comercializados por outras empresas para os incorporarem no seu produto final. Este modelo é bastante utilizado em setores da indústria automóvel, eletrónica, IT e software.

Este modelo de negócio apresenta inúmeras vantagens no contexto industrial atual, nomeadamente:

- **Estabilidade do calendário de produção:** O estabelecimento de contratos a longo prazo ajuda as empresas no planeamento e manutenção do seu calendário de produção;

- **Otimização de Custos e Eficiência:** os OEMs permitem que as empresas se concentrem nas suas competências essenciais, como design, marketing e vendas, enquanto delegam a fabricação de componentes e produtos. Isso não reduz apenas custos operacionais, mas também melhora a eficiência, uma vez que os OEMs têm mais experiência e capacidade nos processos de produção;
- **Aceleração da Inovação:** a colaboração com OEMs permite que as empresas tenham acesso a tecnologias de ponta e inovações que, de outra forma, poderiam ser dispendiosas ou demoradas de desenvolver internamente. Os OEMs estão frequentemente na vanguarda da pesquisa e desenvolvimento nas suas áreas de especialidade, trazendo novos materiais, processos e soluções que podem ser integrados rapidamente nos produtos finais;
- **Componentes personalizados:** os OEMs possuem a capacidade para personalizar o tipo de componentes para atender aos requisitos do cliente, de modo a garantir que o produto final adere totalmente às exigências desejadas;
- **A Importância da Qualidade:** A qualidade dos produtos finais depende em grande parte da qualidade dos componentes e do processo de fabricação. Os OEMs, mais especializados no produto específico, proporcionam altos padrões de qualidade, minimizando riscos associados a defeitos e garantindo que os produtos atendam às expectativas dos clientes;
- **Economias de escala:** Beneficiam da aquisição dos componentes em grandes volumes. Isso leva a preços melhores e a poupanças consideráveis nos custos;
- **Globalização e Acesso a Mercados:** Com a crescente globalização, muitos OEMs operam em várias regiões do mundo. Isso permite que as empresas beneficiem de um acesso mais amplo a mercados internacionais e utilizem a experiência local dos OEMs para o cumprimento de regulamentações e práticas comerciais específicas de cada país;
- **Sustentabilidade e Responsabilidade Social:** cada vez mais, as empresas estão sob pressão para adotar práticas sustentáveis. Os OEMs estão adaptados a essas exigências, inovando em processos que reduzem desperdícios e emissões. Ao trabalhar com fabricantes que compartilham os seus valores em relação à sustentabilidade, as empresas podem melhorar a sua imagem corporativa e atender às expectativas dos consumidores conscientes.

No entanto, existem preocupações subentendidas para a sua existência, uma vez que este modelo é extremamente dependente dos fornecedores de componentes, pois qualquer problema na produção do fornecedor pode levar a uma alteração de custos ou até à falha da empresa para produzir e fornecer a sua mercadoria final.

Deste modo, para que esse modelo funcione de forma eficaz, o suporte à industrialização é fundamental. Esse suporte envolve inúmeras práticas, como o desenvolvimento de produtos de acordo com especificações precisas, a implementação de processos de produção eficientes, a gestão rigorosa da cadeia de abastecimento e o desenvolvimento de práticas de monitorização.

A monitorização pode ser entendida em diferentes contextos. Envolve os processos no sentido da sua otimização e melhoria da sua eficiência para desenvolver produtos dentro das especificações requeridas, mas, também, a capacidade de observação do comportamento estrutural dos componentes e estruturas, permitindo ajustes nos processos de fabrico para melhorar a durabilidade e o desempenho dos produtos.

A integração dos *strain gauges* com sistemas IoT e inteligência artificial permite a recolha e análise contínua de dados, contribuindo para uma manutenção preditiva eficaz e reduzindo tempos de inatividade na produção. São também cruciais na certificação de produtos em conformidade com normas como a ISO 9001 (Gestão da Qualidade) e a ISO 14001 (Gestão Ambiental), garantindo que os componentes atendem a critérios rigorosos antes de serem integrados no produto final. Um exemplo são as empresas do setor aeroespacial que utilizam extensivamente *strain gauges* para monitorizar o desempenho estrutural de aeronaves em tempo real, prevenindo falhas críticas e otimizando o design para uma maior eficiência e segurança. No setor da construção civil, sensores de tensão são incorporados em estruturas como pontes e edifícios para detetar desgastes estruturais antes que se tornem um risco para a segurança. Embora a implementação inicial de *strain gauges* possa representar um investimento significativo, a longo prazo estes sensores contribuem para a redução de custos operacionais, evitando falhas prematuras, minimizando desperdícios de materiais e melhorando a eficiência produtiva. Com a adoção de manutenção preditiva baseada em dados dos sensores, é possível diminuir paragens não planeadas e otimizar a gestão de ativos industriais.

Os Sistemas de Gestão são um conjunto de políticas que uma empresa implementa para apoiar a cumprir objetivos precisos em diferentes áreas da gestão. Estes sistemas incluem vários domínios dos processos de uma empresa, tais como, as finanças, as relações com os clientes, a satisfação dos trabalhadores e o cumprimento das normas de qualidade e dos regulamentos de segurança. Na abrangência dos Sistemas de Gestão da Qualidade, a utilização de sensores, onde se incluem os *strain gauges*, permite a recolha de dados em tempo real sobre o comportamento dos materiais e dos componentes. Esses dados podem ser integrados em sistemas de monitorização industrial, auxiliando na deteção antecipada de falhas e na otimização da produção.

1.2. Objetivos

Os principais objetivos inerentes ao presente trabalho foram organizados em dois níveis: um objetivo geral, que sintetiza a finalidade global da investigação e intervenção realizada, e um conjunto de objetivos específicos que orientam as diversas etapas do projeto.

O objetivo geral foi desenvolver e aplicar uma abordagem integrada para a industrialização OEM, com foco na criação e otimização de uma nova linha de produção de transdutores OEM e de uma linha já existente de *strain gauges*, através da implementação de boas práticas de

organização industrial, Instruções de Trabalho, ferramentas *Lean* e sistemas de gestão, com vista à melhoria da eficiência, qualidade e controlo do processo produtivo.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Avaliar a eficiência da produção com recurso ao modelo OEM, considerando a conformidade com especificações dos clientes e identificando oportunidades de redução de custos e otimização da produção;
- Analisar a relevância dos Sistemas de Gestão no contexto da produção OEM e a sua interligação com os processos de fabrico e controlo de qualidade, incluindo o papel dos *strain gauges* na recolha de dados para suporte à decisão;
- Conceber de raiz o layout de uma linha de produção de transdutores OEM, com base nos princípios *Lean*, promovendo o fluxo contínuo, a ergonomia e a redução de desperdícios;
- Desenvolver, implementar e avaliar Instruções de Trabalho (ITs) nos diferentes postos da linha de produção, com o objetivo de padronizar processos, facilitar a formação de novos colaboradores e reforçar a qualidade operacional;
- Aplicar ferramentas de melhoria contínua, como o *Value Stream Mapping* (VSM), para identificar gargalos e propor soluções de melhoria nos fluxos de produção;
- Recolher e analisar dados qualitativos e quantitativos junto dos operadores, através de inquéritos, de modo a aferir a perceção, aplicabilidade e impacto das ITs implementadas;
- Fornecer recomendações viáveis para a otimização do modelo OEM e para a integração eficaz de sistemas de gestão como suporte estratégico à tomada de decisão.

1.3. Metodologia

Com o objetivo de alcançar os objetivos estabelecidos, na fase inicial do estudo, foi adotada a seguinte metodologia de pesquisa:

- Pesquisa bibliográfica sobre conceitos e princípios de industrialização OEM;
- Pesquisa bibliográfica sobre Sistemas de Gestão (SG);
- Análise da relação entre os processos de fabricação OEM e a implementação de Sistemas de Gestão;
- Análise de estudos realizados por outros autores, com o objetivo de identificar as ferramentas e técnicas de gestão aplicadas à industrialização OEM, compreender como essas práticas se difundem ao longo do ciclo de produção e como podem contribuir para o sucesso da operação e da gestão.

No que diz respeito à metodologia de pesquisa, foi orientada no sentido de permitir responder aos seguintes tópicos, nomeadamente:

- que combine elementos de abordagem dedutiva e indutiva para oferecer uma compreensão abrangente do problema e;
- desenvolvimento de estratégias de investigação com destaque em empresas que adotam estas metodologias.

Para realização de uma pesquisa orientada para a procura das principais referências foi executada uma análise bibliométrica com recurso à base de dados da *Web Of Science* e ao software *VOSviewer*. A pesquisa decorreu entre os dias 25 de outubro de 2024 e 17 de dezembro de 2024 utilizando como palavras-chave: "OEM" ou "*Original Equipment Manufacturer*"; "*Management System*" ou "*Business Management*" e, por fim, "*Manufacturing Support*" ou "*Production Support*". Para diminuir o elevado número de artigos, refinou-se um pouco mais a pesquisa com a introdução de novas palavras-chave, como, "*Remanufacturing*", "*Remanufacturing strategy*", "*outsourcing*", "*outsourcing strategy*", "*contract manufacturer encroachment*" e "*co-opetitive supply chain*". Na Tabela 1 encontra-se a *query* utilizada e os resultados obtidos.

Tabela 1 – Pesquisa das palavras-chave para análise bibliométrica (elaboração própria)

Base de Dados	Query	Resultados
<i>Web Of Science</i>	TOPIC (("OEM" OR " <i>Original Equipment Manufacturer</i> " AND (" <i>Management System</i> " OR " <i>Business Management</i> ") AND (" <i>Manufacturing Support</i> " OR " <i>Production Support</i> ")).	2,764

Inicialmente foi realizada a análise de co-ocorrência, cuja representação se encontra no APÊNDICE A, com as vistas da rede (Figura A 1), temporal (Figura A 2) e densitométrica (Figura A 3). De acordo com esta análise, é possível verificar que as palavras-chave mais significativas são "*outsourcing*", "*remanufacturing*", "*cloud-computing*", "*close-supply chain*" e "*circular economy*".

Posteriormente, fez-se a análise de citação, que se encontra no APÊNDICE B. Esta está dividida em três tipos de unidade de análise: documentos, fontes e autores (Figura B 1, Figura B 2, Figura B 3, respetivamente). Relativamente à análise por documentos (Figura B 1), verifica-se que, de acordo com as restrições, as publicações predominam no ano de 2021 e 2022. Na análise por fontes, Figura B 2, retira-se que as áreas onde este tema é predominante são a engenharia gestão industrial e de computadores, produção e processos de fabrico e, por fim, a

sustentabilidade. De acordo com a Figura B 3, é possível analisar que, de todos os autores referidos, nenhum apresentou uma predominância muito forte.

Por fim, efetuou-se a análise de co-citação, representada no APÊNDICE C. Esta está também dividida em três tipos de unidade de análise: referências citadas, fontes citadas e autores citados. De acordo com a análise por referências citadas, referências é possível destacar a citação de Savaskan rc. Seguidamente, na análise de fontes citadas, Figura C 2 - Análise por co-citação - fontes, destacam-se as revistas referentes à produção sustentável, produção e gestão e, por fim, gestão de economia. Na análise por autores citados, Figura C 3 - Análise por co-citação - autores, refere-se que a *Web Of Science* apenas considera o primeiro autor de um documento citado.

Para além da pesquisa teórica, este trabalho integrou uma componente prática desenvolvida durante o estágio curricular na empresa HBK *FiberSensing*. As atividades incluíram a observação direta dos processos produtivos, o levantamento de necessidades na linha de produção e o desenvolvimento de Instruções de Trabalho (ITs) específicas para os postos de produção de *strain gauges*. A recolha de dados foi realizada através de interações com operadores, engenheiros de processo e supervisores, bem como pela aplicação de inquéritos internos para avaliar o impacto das ITs implementadas. Esta abordagem permitiu aplicar e validar os conceitos abordados na revisão bibliográfica num contexto real, contribuindo para a padronização de processos e melhoria da qualidade e eficiência produtiva.

Importa referir que, à data de início do estágio, não existia uma linha de produção formalmente definida para os transdutores, nem *layout*, fluxos estabelecidos ou documentação técnica associada. Todo o processo produtivo foi, assim, concebido de raiz, incluindo o desenho do layout da linha, a estruturação do fluxo de produção, e o mapeamento completo do fluxo de valor. Esta abordagem exigiu uma análise detalhada dos requisitos técnicos, a consulta de vídeos da produção realizados na empresa da China, bem como o apoio e validação contínuos por parte do orientador de estágio, Francisco Gonçalves.

1.4. Estrutura da tese

A estrutura desta dissertação obedece a um modelo pré fornecido, estruturado em 5 capítulos, apresentando de forma organizada e clara toda a informação necessária para a execução do trabalho.

- Capítulo 1: Introdução;
- Capítulo 2: Revisão Bibliográfica.
- Capítulo 3: Análise da situação atual da empresa
- Capítulo 4: Resultados e Discussão
- Capítulo 5: Conclusão

O primeiro capítulo contextualiza a temática, apresenta os objetivos e a metodologia adotada. Adicionalmente, é introduzida a componente prática do estágio curricular, cuja execução teve um papel central no desenvolvimento deste trabalho;

O segundo capítulo comporta a revisão do estado da arte e toda a problemática envolvida na produção OEM. Este capítulo foi dividido em quatro subcapítulos: o primeiro dedicado à Industrialização OEM onde são discutidos tópicos como a sua origem, evolução ao longo do tempo e os motivos que impulsionaram o desenvolvimento deste setor. São também abordadas as Interações com as práticas de Recondicionamento e *Outsourcing*, que envolvem a Industrialização OEM para novos desafios. No segundo subcapítulo faz-se um levantamento dos vários Sistemas de Gestão passíveis de serem integrados nesta indústria e discutidas as vantagens da sua interligação como forma de potenciar a qualidade dos produtos e a satisfação dos clientes. São também discutidas as tendências e as inovações previsíveis na Industrialização OEM e nos Sistemas de Gestão que lhe servem de suporte.

O terceiro capítulo apresenta uma análise detalhada da situação atual da empresa em estudo, com especial foco na sua estrutura organizacional, processos produtivos, modelo de negócio OEM e os principais desafios enfrentados. São ainda avaliados os recursos disponíveis, os sistemas implementados e os indicadores de desempenho que ajudam a compreender o contexto real da organização. É também nesta fase que se enquadra o ponto de partida da vertente prática do estágio, que incluiu a criação integral da linha de produção dos transdutores OEM.

No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos com a aplicação prática do projeto desenvolvido durante o estágio na empresa HBK. São descritas, em detalhe, as atividades realizadas, desde o desenho e implementação de raiz da linha de produção de transdutores OEM, incluindo o layout físico, o mapeamento do fluxo de valor (VSM) e, a criação das Instruções de Trabalho (ITs) e a aplicação de inquéritos aos colaboradores na linha de produção dos *strain gauges*. Os resultados obtidos são analisados de forma crítica e comparados com os conceitos teóricos abordados na revisão bibliográfica, permitindo identificar pontos fortes, limitações e oportunidades de melhoria. A componente de análise de dados recolhidos através de questionários permite, ainda, validar empiricamente a eficácia das ITs e a perceção dos colaboradores face às mudanças implementadas.

Por fim, o quinto capítulo apresenta as conclusões do trabalho, sintetizando as principais evidências, a relevância prática das mesmas, bem como recomendações para futuros estudos ou intervenções na área da industrialização OEM. Com base nesta reflexão, são apresentadas recomendações para melhorias futuras e sugestões para possíveis linhas de investigação ou desenvolvimento, caso o projeto venha a ser replicado ou expandido noutras áreas da empresa ou em contextos semelhantes.

2. Revisão Bibliográfica

Ao longo deste capítulo são tratados os diferentes aspetos ligados à industrialização OEM, nomeadamente a sua origem, as vertentes onde se destaca a sua intervenção, as vantagens e as desvantagens. Os aspetos organizativos e os sistemas de gestão aplicáveis no sentido da melhoria da eficiência, do estabelecimento de políticas de gestão que potenciem o alcance dos objetivos estratégicos e operacionais são igualmente abordados.

2.1. Industrialização OEM

2.1.1. Origem e Evolução da indústria OEM

A partir de 1980, a subcontratação de operações de produção a fabricantes contratados para diminuir os custos e possibilitar melhor eficiência tornou-se uma prática bastante corrente. A implementação de uma industrialização OEM resultou da necessidade de enfrentar a subida nos custos de produção nos países desenvolvidos com a introdução de políticas orientadas para uma mais alta eficiência operacional.

Para os fabricantes originais, o desenvolvimento de um novo produto a partir do zero é um processo demorado e intenso, que foi desencorajador em vários segmentos industriais. O modelo espalhou-se bastante por todas as indústrias, incluindo a eletrónica, automóvel e farmacêutica, fortalecendo a subcontratação como uma forma de negócio convencional (Allied Market Research, 2023). Desta forma, a subcontratação permitiu que as empresas se concentrassem noutros aspetos fundamentais do seu negócio, como o marketing. Neste caso, a produção tornou-se responsabilidade dos fornecedores cujos preços de fabrico foram reduzidos (Arya, Mittendorf, & Sappington, 2008).

2.1.2. Relação entre OEMs e Recondicionamento

O recondicionamento é um processo industrial sustentável que restaura produtos usados para um estado "como novo" ou até superior, proporcionando uma alternativa lucrativa para os OEM's. Segundo Lund (1984), esse processo não diminui apenas o desperdício de materiais e energia, como também oferece produtos de elevada qualidade a preços mais acessíveis, permitindo que os OEMs acedam a novos mercados e respondam à crescente procura por soluções sustentáveis (Procedia CIRP 122, 2024).

Atasu, Sarvary & Van Wassenhove destacam que o recondicionamento é a oportunidade estratégica que os OEMs têm para expandir a sua entrada no mercado e, ao mesmo tempo, alcançar as metas ambientais e de sustentabilidade. Tem havido uma tendência pela prática em vários setores, incluindo a automóvel e eletrónica, em empresas como a Bosch e Caterpillar, que lideraram os investimentos para reduzir os custos e melhorar a competição. Hufford regista que estes OEMs estão a corresponder às exigências regulamentares e a realizar poupanças substanciais. Para algumas indústrias, como a máquina de controlo com comando numérico, o recondicionamento pode diminuir o custo de produção até 60% (Du et al., 2012). Contudo, esta enfrenta muitos desafios. Estes incluem variabilidade em qualidade de produtos devolvidos e incerteza em produtos da reutilização. Para superar estas barreiras é fundamental que os OEMs desenvolvam modelos empresariais fortes e estratégias orientadas. Além disso, o sucesso pode ser alcançado através do desenvolvimento de projetos de recondicionamento que oferecem todos os benefícios e dificuldades às condições do mercado e ultrapassam desafios de logística e técnicos (Procedia CIRP 122, 2024). Na Figura 1 é possível visualizar as diversas etapas do recondicionamento.

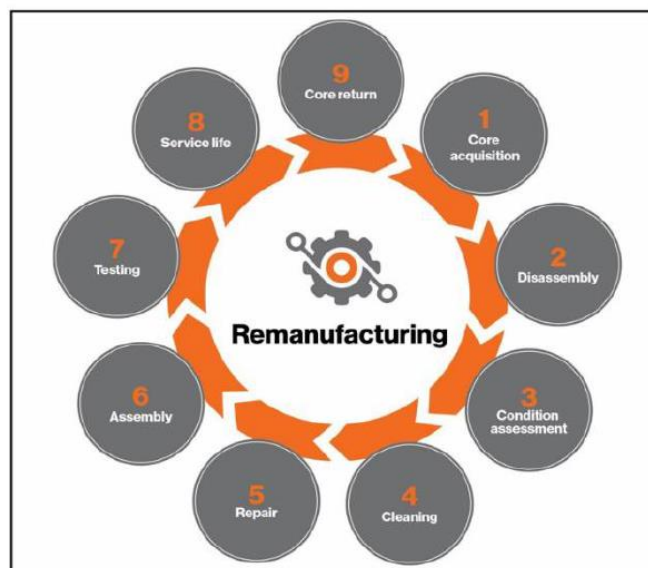


Figura 1 – Etapas do processo de recondicionamento [APA 2023]

O recondicionamento pode proporcionar vantagens competitivas importantes para os OEMs, especialmente em indústrias onde a durabilidade dos produtos e as atualizações constantes são fundamentais. Os principais tópicos a serem discutidos são:

- Redução de custos;
- Benefícios Ambientais e Implicações Económicas;
- Setores que mais beneficiam.

Relativamente à redução de custos, como o recondicionamento utiliza partes de produtos já utilizados, acaba por existir uma diminuição nos gastos de fabricação, como por exemplo, a possibilidade de recondicionar motores de automóveis.

Para além disso, as oscilações no preço de matérias-primas tornam os OEMs mais fortes, diminuindo os efeitos financeiros em crises no fornecimento. Este modelo também melhora a logística de fornecimento, principalmente em momentos de falta, ao utilizar peças recondicionadas como opção.

Contudo, recondicionar não diminui apenas os custos, mas também incentiva a adoção de práticas ambientais sustentáveis, que são cada vez mais importantes no mercado. Uma delas é a reutilização de materiais, o que ajuda a diminuir resíduos, minimizar emissões de carbono e reduzir o consumo de energia de forma significativa. Por exemplo, de acordo com Neto e Bloemhof (2012), estes examinaram a eficiência do recondicionamento na indústria dos computadores portáteis e dos telemóveis e, concluíram que o recondicionamento é uma forma eficaz de reduzir a energia total consumida durante os ciclos de vida dos computadores e dos telemóveis.

Para além disso, implementar o recondicionamento ajuda os OEMs a cumprir as normas ambientais, obter benefícios fiscais e a melhorar a sua reputação com clientes preocupados com o meio ambiente. A disponibilidade de produtos recondicionados de excelência e preços competitivos também contribui para a fidelização dos consumidores, especialmente daqueles que procuram opções mais acessíveis e amigas do ambiente.

Um exemplo à vista de todos é a Apple que recondiciona computadores e telemóveis e, posteriormente vende-os como produtos certificados com garantia e a preços mais acessíveis. Esta prática acaba por atrair mais consumidores e reforça a sustentabilidade.

Os setores que mais beneficiam da relação entre os OEMs e o recondicionamento são o setor automóvel, eletrónico e equipamentos relacionados com a medicina. Empresas como a Toyota e a BMW estão na liderança da reparação de motores, transmissões e baterias de veículos híbridos e elétricos para atender à necessidade de peças de qualidade e acessíveis. A Apple e a Samsung lideram no setor eletrónico. Por fim, empresas como a GE Healthcare recondicionam equipamentos avançados, incluindo máquinas de ressonância magnética e ultrassons, para tornar as tecnologias sofisticadas mais acessíveis e económicas em mercados em desenvolvimento.

2.1.3. Outsourcing para a indústria OEM

O *outsourcing* é uma estratégia corporativa comum que as empresas adotam para reduzir custos e manter a competitividade com sucesso e, visa também externalizar atividades não essenciais (Gilley & Rasheed, 2000). É também uma abordagem que permite que as empresas se concentrem em atividades essenciais mantendo as suas competências: ações que agregam valor, conduzidas por um único parceiro. (Contractor et al., 2010).

No contexto dos OEMs, isso pode envolver a fabricação de peças, logística, suporte ao cliente ou até mesmo a criação de programas de computador. A principal motivação para escolher o

outsourcing é a diminuição de gastos e a maximização de recursos, possibilitando que a companhia direcione o seu foco para tarefas que genuinamente acrescentem valor, como inovação e design de produtos. Existem três tipos de categorias de *outsourcing*:

- Produção;
- Logística;
- Serviços.

Segundo os especialistas, os custos administrativos são minimizados pela manutenção de uma empresa contratada num local único com um mínimo de fornecedores alternativos. No entanto, uma compilação de um grande número de documentos científicos sobre o impacto do *outsourcing* no desempenho das empresas levou a resultados contraditórios. Além disso, após alguma pesquisa, também se confirma a afirmação de que a atividade não essencial é mais rentável em termos de *outsourcing* do que a atividade principal.

Os OEMs optam pelo *outsourcing* de tarefas desnecessárias para poderem focar nas suas áreas mais estratégicas, como o design, a pesquisa e o desenvolvimento. Quando as empresas apontam as atividades menos importantes para outras pessoas ou setores, acabam por conseguir cortar alguns gastos operacionais e investir em melhorias na qualidade, proporcionando um incentivo à inovação dos seus produtos.

Para além disso, este processo permite que os OEMs poupem em gastos relacionados com as infraestruturas, preparações, entre outros recursos, uma vez que os fornecedores especializados conseguem produzir de maneira mais eficaz e com custos menores. Isto permite que as empresas direcionem o seu foco para as suas competências principais, como a inovação e a criação, e ações que são fundamentais para se destacarem no mercado, assegurando a sua competitividade no futuro.

As vantagens do *outsourcing* são:

- Custos: Os OEMs compram componentes ou produtos acabados a menores preços do que custaria produzi-los. Os fabricantes utilizam escalas economizadas e flexibilidade para reduzir os custos de produção;
- Centro de competências críticas: Os OEMs podem-se concentrar noutras áreas estratégicas;
- Acesso a Tecnologias Inovadoras: As empresas podem aproveitar a experiência e as tecnologias de fornecedores especializados, acedendo a inovações que, de outra forma, seriam caras ou demoradas para desenvolver internamente.
- Velocidade de entrada no mercado: Permite que os OEMs atinjam rapidamente a produção para atender à procura de mercado.

No entanto, este método também apresenta alguns riscos, tais como, perda de controlo, elevada dependência e riscos de confidencialidade do negócio. A perda de controlo diz respeito ao facto de o *outsourcing* poder levar à diminuição da visibilidade de alguns processos, levando a problemas de qualidade e falhas no cumprimento de prazos.

Relativamente à elevada dependência, esta é notória, uma vez que ao contar excessivamente com fornecedores externos, os OEMs acabam por correr o perigo de não ter um elevado domínio sobre os processos essenciais, o que pode resultar numa má qualidade ou desempenho do produto final. Por fim, mas não menos importante, podem existir sempre riscos de confidencialidade do negócio, uma vez que se torna dependente de fornecedores externos.

Um dos mais importantes benefícios esperados do *outsourcing* é a poupança de custos (Jennings, 2002), a redução das despesas de capital (Kremic et al., 2006) e a conversão de custos fixos em custos variáveis (Razzaque e Sheng, 1998). A maioria das empresas ocidentais recorre à subcontratação principalmente para poupar nas despesas gerais e para instigar economias de custos a curto prazo (Kakabadse e Kakabadse, 2000a). Esta conclusão foi comprovada por Ellram et al. (2008), que investigou que sete das oito empresas analisadas apontaram a redução de custos como o principal fator de motivação. Essa redução de custos pode ser realizada devido a menores custos de mão de obra e de produção, bem como a preços de compra mais baixos (fornecidos pelo fornecedor, que possui tecnologia de custo mais baixo). As despesas de capital podem ser reduzidas devido à transferência de atividades e, por consequente, à diminuição dos ativos, o que acaba por conduzir a uma diminuição dos custos. A transformação de custos fixos em custos variáveis deve ser conseguida se a procura aumentar para além da capacidade de uma empresa, pelo que a empresa é forçada a recorrer a terceiros. Uma vantagem para uma empresa é a especialização; o *outsourcing* permite que uma empresa se concentre nas suas competências essenciais, elimine investimentos em processos não essenciais e crie flexibilidade estratégica (Mishra et al., 2008). Para além da concentração nas competências essenciais, a qualidade, a rapidez e a flexibilidade podem ser significativamente melhoradas através da externalização. A subcontratação permite às organizações aumentar a velocidade e a flexibilidade do processo de introdução, de modo a respeitar os limites de capacidade (Jennings, 1997). Além disso, as pequenas empresas, alinhadas com os seus clientes, são mais rápidas e rentáveis do que as grandes empresas a responder às alterações da procura. Assim, as empresas terceiras são mais capazes de lidar com as flutuações da procura.

2.1.4. Metodologia Just-in-Time e outsourcing

Como já foi referido anteriormente, o trabalho durante as operações está a tornar-se um ponto importante para os sistemas de logística e gestão. Como tal, uma solução é a análise da eficiência das atividades de trabalho JIT. O *Just-in-Time* é uma filosofia de base alargada que consiste em fazer bem as coisas simples e, gradualmente, fazê-las melhor (Harrison e Hoek van, 2005). Na prática, o objetivo é minimizar o stock existente e, se possível alcançar um stock de zero. A exigência dos consumidores está a tornar-se um dos fatores mais importantes para a existência de um calendário de produção. Para que esse desenvolvimento seja bem sucedido, é necessária uma coordenação e/ou colaboração intensiva entre o fornecedor e a empresa principal (Machuca, 2002; Wong e Johansen, 2006).

Contudo, a filosofia JIT está a ser crescente e seriamente questionada (Polito e Watson, 2006). Existem cinco grandes preocupações antes da implementação do JIT:

- Decisões económicas e orientadas para o cliente;
- Logística;
- Cultura e condições organizacionais;
- Práticas contabilísticas e financeiras intratáveis;
- Dificuldades dos pequenos fornecedores.

Os estudos a longo prazo sobre o cálculo de custos JIT nas empresas basearam-se em indicadores financeiros estáticos, necessitando de um pensamento dinâmico. Para as empresas, de acordo com a análise do custo de outsourcing no modelo de execução JIT, tem uma compreensão mais abrangente que levou a melhores métodos técnicos sobre a eficiência empresarial e a competitividade da contabilidade de custos. Este facto pode servir de referência para a tomada de decisões na matéria de outsourcing das empresas, uma vez que permite que as empresas saibam qual a diferença entre a poupança de custos em realizar o outsourcing completo ou não. Como tal, o principal objetivo é minimizar o tempo total ponderado para completar todas as tarefas e os custos totais de *outsourcing*.

Os resultados a longo e a curto prazo do *outsourcing* e do JIT podem variar significativamente. A poupança de custos, a redução das despesas de capital, a conversão de custos fixos em custos variáveis e o aumento da resposta à procura são elementos de resultados positivos a curto prazo. A longo prazo, estes benefícios podem alargar-se à especialização e à melhoria da qualidade, da rapidez e da flexibilidade, desde que estas práticas sejam bem geridas. Infelizmente, existem também alguns riscos, que podem ocorrer a longo prazo, em todas as fases da cadeia de abastecimento que têm de ser tidos em conta.

No lado da disponibilidade da cadeia, podem surgir prazos de entrega mais longos e, por conseguinte, necessidade de maiores stocks, o que conduz a um aumento dos custos. Além disso, elementos de custo não visíveis, como problemas de comunicação, barreiras linguísticas e diferenças de interpretação, são riscos significativos que podem ocorrer.

A fase de produção da cadeia de abastecimento é muito vulnerável, visto que depende totalmente do desempenho das atividades a montante e a jusante. A criação de um processo resiliente pode diminuir o risco de implicações de vulnerabilidades nessas atividades. O lado a jusante da cadeia de abastecimento pode criar alguns riscos para as fases anteriores da cadeia. Os riscos neste caso são uma procura demasiado baixa ou inadequada, problemas no cumprimento das encomendas dos clientes e deficiências em termos de recursos, desenvolvimento e flexibilidade. Na Figura 2 encontra-se um esquema do que é a metodologia *Just-in-Time*.

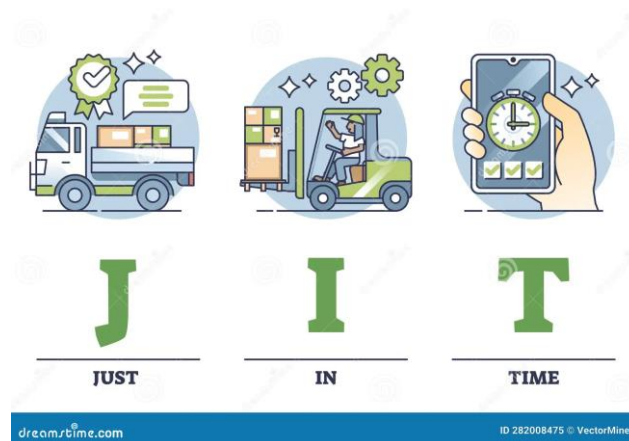


Figura 2 – Metodologia Just-in-time [Dreamstime]

2.2. Sistemas de Gestão (SG) na Industrialização

2.2.1. Sistemas de Gestão na Indústria OEM

Os Sistemas de Gestão têm um papel crucial na organização, monitorização e aperfeiçoamento constante dos processos industriais, sobretudo na era da industrialização contemporânea. A sua implementação possibilita que as empresas estabeleçam um conjunto organizado de políticas, procedimentos e práticas para atingir os seus objetivos estratégicos, enquanto asseguram eficiência operacional e conformidade com as normas regulatórias.

A integração dos Sistemas de Gestão nos processos OEM é essencial para assegurar que as operações sejam organizadas, eficazes e estejam em conformidade com os padrões de qualidade necessários nos mercados globais. Indústrias OEM fabricam peças, conjuntos ou produtos finais para serem usados por outras marcas em áreas importantes como automobilística, aeroespacial e eletrónica. Dentro dessa situação, os sistemas de gestão atuam como a principal ligação entre as diferentes fases de produção e viabilizam uma administração abrangente de todo o processo de valor.

Para maximizar a eficiência e garantir um elevado padrão de qualidade, muitas empresas OEM adotam metodologias como *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*. O *Lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão que tem como objetivo principal a eliminação de desperdícios e a maximização do valor entregue ao cliente. No contexto dos OEMs, a aplicação do *Lean* permite otimizar processos produtivos ao reduzir stocks excessivos, tempos de espera, movimentações desnecessárias e defeitos nos produtos.

Existem cinco princípios da metodologia *Lean* que devem ser aplicados de forma cíclica (Figura 3):

- **Valor:** compreender o que o cliente realmente valoriza no produto ou serviço.

- **Fluxo de Valor:** analisar todas as etapas do processo produtivo para identificar desperdícios.
- **Fluxo Contínuo:** assegurar que os processos fluem sem interrupções ou gargalos.
- **Produção Puxada (Pull System):** produzir apenas o necessário, com base no pedido real, evitando stocks desnecessários.
- **Perfeição (Kaizen):** promover uma cultura de aperfeiçoamento constante dentro da organização.



Figura 3 – Cinco princípios do Lean

Para este método é também fundamental entender quais são os sete desperdícios. Estes são o Transporte, superprocessamento, inventario, defeitos, movimentação, superprodução e a espera como é possível visualizar na Figura 4.



Figura 4 – Desperdícios no Lean

O Transporte diz respeito à movimentação excessiva de artigos que acaba por exigir tempo e dinheiro. No entanto, não agrega valor ao produto. A Movimentação corresponde aos movimentos excessivos de operadores como andar longas distâncias entre estações de trabalho. O inventário faz referência ao excesso de stocks, que resulta em custos de armazenamento e desperdício de espaço. A espera é também um desperdício de tempo. O superprocessamento diz respeito a ações no processo de produção que acabam por ser um excesso desnecessário. A superprodução é considerada o desperdício mais grave, uma vez que a empresa produz muito mais que o necessário, isto é, produz e não obtém lucro. Por fim, a existências de erros de qualidade geram produtos com defeitos e acabam por gastar mais tempo e recursos, além de afetar a credibilidade para os clientes.

Na produção OEM, a adoção da ferramenta *Lean* contribui para reduzir custos operacionais, aumentar a flexibilidade produtiva e diminuir os prazos de entrega. Estes são fatores essenciais para manter a competitividade no mercado global. Para alcançar esses benefícios, o *Lean* utiliza um conjunto de ferramentas que auxiliam na organização, no controle da produção e na melhoria contínua, permitindo a otimização dos processos, a eliminação de desperdícios e o aumento da qualidade dos produtos. Essas ferramentas são:

- 5S - Método utilizado para a organização e padronização do ambiente de trabalho. Na Figura 5 é possível visualizar o significado de cada S.



Figura 5 – Sistema 5S

- *Just in Time* (JIT) - Produção baseada no requisito real, reduzindo desperdícios e stocks.
- *Kanban* - Sistema visual de controlo de produção para manter o fluxo contínuo e evitar gargalos.
- *Poka-Yoke* - Mecanismos à prova de erro para evitar defeitos nos processos produtivos.
- *Value Stream Mapping* (VSM) - Ferramenta utilizada para mapear e analisar fluxos de valor e eliminar desperdícios.

Relativamente ao *Six Sigma*, esta é uma abordagem baseada em dados e estatísticas que visa reduzir a variabilidade nos processos industriais, garantindo a entrega de produtos com altos níveis de qualidade. No setor OEM, onde a precisão e a confiabilidade são fundamentais, a aplicação do *Six Sigma* permite minimizar defeitos, melhorar a consistência da produção e reduzir desperdícios decorrentes de falhas.

O *Six Sigma* é estruturado em torno da metodologia **DMAIC**, que envolve cinco etapas principais (Figura 6):

- **Definir** (*Define*) – Identificar o problema e os requisitos do cliente.
- **Medir** (*Measure*) – Colher e analisar dados para avaliar o desempenho atual do processo.
- **Analisar** (*Analyze*) – Identificar causas-raiz dos defeitos e ineficiências.
- **Melhorar** (*Improve*) – Implementar soluções para otimizar o processo.
- **Controlar** (*Control*) – Monitorizar de forma contínua para garantir a sustentabilidade das melhorias.



Figura 6 – Six Sigma

A aplicação do *Six Sigma* nos OEMs permite reduzir falhas de fabricação, melhorar a qualidade dos produtos fornecidos a outras empresas e aumentar a confiabilidade das operações.

A combinação dessas metodologias, conhecida como *Lean Six Sigma*, permite que os processos OEM sejam cada vez mais eficientes, reduzindo custos operacionais, melhorando a produtividade e assegurando que os produtos atendem aos padrões rigorosos exigidos pelos clientes. Desta forma, os Sistemas de Gestão aliados a essas abordagens tornam-se essenciais para a competitividade e sustentabilidade das empresas OEM no cenário industrial global.

As práticas de gestão são cada vez mais entendidas num contexto alargado onde múltiplas ferramentas se interligam no sentido de potenciar o resultado pretendido. Uma das principais preocupações é acompanhar estas práticas como meio para atingir padrões elevados de qualidade que possam diferenciar as empresas dos seus concorrentes diretos.

Existem várias formas de integrar sistemas de gestão num modelo de negócio para melhorar a eficiência, a qualidade e a colaboração com parceiros e clientes. Alguns dos principais sistemas de gestão podem ser facilmente incorporados neste modelo com claras vantagens:

- **Sistema de Controlo de Qualidade (SCQ)** - A implementação de normas como a ISO 9001 que visa estabelecer procedimentos de controlo de qualidade para assegurar que os produtos estejam de acordo com as exigências dos clientes. A introdução do Sistema de Gestão da Qualidade ajuda a reduzir o desperdício ao evitar a produção de componentes fora das especificações, aumenta a contentamento do cliente e promove

o aperfeiçoamento constante dos processos. Na Figura 7 é possível visualizar como se implementa um Sistema de Gestão da Qualidade.



Figura 7 – Sistema de Gestão de Qualidade [Softexpert]

2.2.2. Impacto dos Sistemas de Gestão na Padronização e Qualidade dos Produtos

Nos sistemas OEM, onde a conexão e a confiança são essenciais, os Sistemas de Gestão têm um papel fundamental na padronização e garantia da qualidade dos produtos. Esses sistemas garantem que todas as unidades de produção sigam os mesmos protocolos, reduzindo variações indesejadas entre locais ou lotes de fabricação. A uniformidade é necessária para cumprir as exigências dos clientes e prevenir complicações decorrentes da falta de padronização.

Os sistemas de gestão, SG, incluem técnicas e ferramentas de garantia de qualidade que possibilitam a detecção e a resolução de erros nos procedimentos antes que afetem o resultado. Uma metodologia muito comum é o PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), que estimula um processo constante de planejamento, realização, revisão e ajustes. Essa metodologia assegura a resolução sistemática de problemas, auxiliando na evolução contínua de processos e produtos e, permitindo às equipas evitar erros recorrentes. Na Figura 8 encontra-se um diagrama da metodologia PDCA.

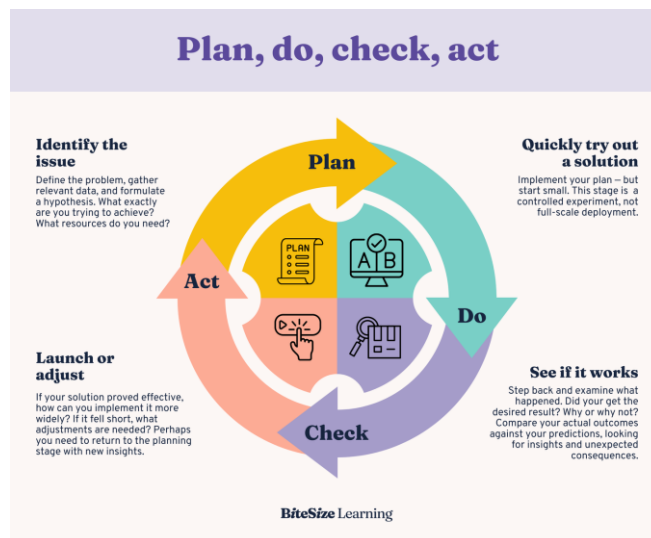


Figura 8 – Diagrama do PDCA

Estes são também essenciais para avaliar o desempenho, isto é, através dos KPIs (*Key Performance Indicator*) ou Indicadores Chave de Performance podemos tornar medível as metas, os objetivos e as estratégias específicas que ajudam a impulsionar o sucesso do desempenho. Entre estes indicadores estão, por exemplo, taxas de defeitos, tempos de ciclo e eficiência dos equipamentos. Esta monitorização em tempo real permite fazer mudanças rapidamente, assegurando a manutenção dos níveis de qualidade e a satisfação dos pedidos dos clientes.

Resumidamente, os Sistemas de Gestão não só garantem a uniformização e a excelência dos produtos, como também estabelecem uma base robusta para a inovação e a competitividade na indústria OEM.

2.2.3. Integração dos diferentes sistemas de gestão

A integração de diversos sistemas de gestão, tais como, ERP, MES, SCM, CRM é crucial para assegurar eficiência, ajudar na tomada de decisão baseada em dados, alinhamento estratégico e total visibilidade das atividades nas empresas OEM. Essa integração possibilita o fluxo contínuo de informações entre departamentos e sistemas, prevenindo a ocorrência de redundâncias, erros e atrasos.

Existem alguns métodos e tecnologias que podem ser utilizados, tais como:

- *Middleware* é um tipo de software que atua como uma ponte entre diversos sistemas ajudando a traduzir e sincronizar dados. Plataformas como a SAP PI (*Process Integration*) e a Apache Camel são exemplos deste tipo de software.

- APIs (*Application Programming Interfaces*) possibilitam a troca de informações em tempo real entre diferentes sistemas. Um exemplo é quando um sistema ERP utiliza uma API para obter informações de produção de um sistema MES.
- Bases de Dados Centralizadas, acessíveis a todos os sistemas, facilita a comunicação de informações e assegura a uniformidade dos dados.
- Sistemas em nuvem (como por exemplo SaaS - *Software as a Service*) proporcionam flexibilidade, possibilitando a integração fácil entre sistemas hospedados em localidades distantes.
- Antes de se realizar a integração dos sistemas, é essencial fazer um planejamento dos processos de negócio e encontrar os fluxos de trabalho que podem ser melhorados, utilizando métodos como fluxogramas e análises de pontos de interseção entre departamentos.
- Implementação de KPIs com o objetivo de reduzir o tempo de ciclo, aumentar a precisão e o tempo de resposta aos pedidos dos clientes.

Apesar da necessidade de um elevado investimento e planejamento, os benefícios na eficiência, qualidade e flexibilidade do produto fazem com que a iniciativa da integração seja fulcral para conquistar uma vantagem competitiva significativa no mercado.

2.3. Tendências e Inovações na Industrialização OEM e SG

2.3.1. Impacto da Indústria 4.0 na industrialização OEM

O avanço das tecnologias da informação e a sua adoção nos processos de produção estão a transformar a indústria tradicional, colocando-a num diferente/novo nível de desenvolvimento organizacional. Com o objetivo de aumentar a competitividade no mercado global, está a ser defendida uma transformação do modelo de produção global. Alguns dos termos utilizados para essa transformação, que é caracterizada pela implementação de tecnologias avançadas que se comunicam de forma independente ao longo da cadeia de valor, são indústria 4.0 ou 4ª revolução industrial. Este processo é impulsionado pelo crescimento dos dados e da sua interligação, do armazenamento em *cloud* e da sua análise, da robótica, da interação homem-máquina, da inteligência artificial (AI), da Internet das Coisas (IoT), entre outras, como é possível visualizar na Figura 9. Esta Indústria 4.0 conduz a um aumento da automatização, da manutenção preditiva, da auto-otimização das melhorias dos processos e de uma maior personalização dos produtos.



Figura 9 – Pilares da Indústria 4.0 [TEKTELIC 2024]

A Indústria 4.0 permite que a produção OEM obtenha uma tomada de decisões mais informada e consciente, devido à recolha e análise de dados assistida pela tecnologia avançada. Deste modo, esta ajuda a reduzir o risco de avarias e a diminuir o tempo de paragem do equipamento, isto é, o período em que a produção é temporariamente interrompida, uma vez que a máquina não estaria a funcionar.

Ao adotar algoritmos de aprendizagem automática, os OEMs podem, também, minimizar os erros de fabrico e detetar os existentes numa fase inicial, facilitando a produtividade. Entretanto, a análise em tempo real auxiliada pela inteligência artificial permite recolher os dados mais recentes sobre a utilização dos produtos. Esta solução permite uma produção, um serviço e uma comunicação mais personalizados entre os clientes e a empresa.

Algumas das principais vantagens/benefícios para os OEMs implementarem a indústria 4.0 são:

- Fechar contratos com clientes melhores;
- Possibilidade de utilizar dados para desenvolver perfis de clientes;
- Um mercado estável com stock extra, devido à monitorização do estado em tempo real;
- Possibilidade de melhorar os processos de prestação de serviços e programação com base no estado atual da base instalada;
- Maior oportunidade de vender novos equipamentos no fim de vida útil;
- Possibilidade de compreender os requisitos dos clientes e receber um feedback importante que leva a uma melhor conceção do equipamento.

2.3.2. Transformação Digital e Integração de Dados

A Transformação Digital é um processo fundamental para modernizar as operações industriais, proporcionando uma eficiência, rapidez e competitividade superiores à indústria OEM. Esta mudança estende-se para além do plano da implementação de novas tecnologias, incluindo também uma reconfiguração significativa de processos, cultura organizacional e modelos de negócios, priorizando a integração e utilização estratégica de dados.

Os elementos-base da Transformação Digital são: a Digitalização dos Processos, Integração de Sistemas e, por fim, o Uso de Dados em Tempo Real. Na Tabela 2, são discriminados com detalhe estes elementos da Transformação Digital.

Tabela 2 – Elementos da Transformação Digital

Transformação Digital	
Digitalização dos Processos	<ul style="list-style-type: none"> - Troca de processos analógicos por digitais; - Utilização de programas para gestão de produção e design assistido por computador (CAD); - Automatização de atividades manuais para diminuir falhas e acelerar decisões.
Integração de Sistemas	<ul style="list-style-type: none"> - Implementação de tecnologias como ERP; - Uso de MES para relacionar o planeamento, produção e a logística; - Maior alinhamento e clareza operacional entre departamentos.
Uso de Dados em Tempo Real	<ul style="list-style-type: none"> - Seleção de dados através de sensores IoT durante a cadeia de produção. - Análise de dados em tempo real para melhoria de processos. - Antecipação de falhas e modificações rápidas na produção de acordo com as exigências do mercado.

A referida Transformação Digital é vantajosa para os OEMs, uma vez que, implementada corretamente nesta área, estes terão uma maior eficiência operacional, devido à automação e integração de processos, que os agilizam; uma elevada flexibilidade e adaptação às novas necessidades do cliente/consumidor. Permitirá, de igual modo, uma análise mais completa e digestível de dados, facilitando a sua análise e as tomadas de decisão que têm de se basear nos mesmos.

Todavia, o processo da Transformação Digital apresenta elevados custos de implementação, aliado a uma forte política de segurança, devido à Lei da Proteção de Dados e ao risco que os

ter acarreta, e uma forte capacidade de adaptação para lidar com novas ferramentas e métodos de trabalho.

2.3.3. Personalização em massa e flexibilidade na Produção OEM

A capacidade de as empresas satisfazerem as necessidades específicas de cada cliente sem comprometer a eficiência produtiva típica da produção em grande volume é denominada de personalização em massa. O principal objetivo desta é conseguir contrabalançar a produção em massa e a customização individual. A Produção em Escala procura maximizar a eficiência e reduzir os custos unitários através de processos uniformizados. Por sua vez, a Customização Individual concentra-se nas necessidades particulares dos consumidores, disponibilizando produtos com características personalizadas.

Uma das grandes vantagens é o fortalecimento das parcerias, uma vez que a capacidade de fornecer produtos sob medida conforme as necessidades dos clientes eleva a confiança entre estes. Assim, os OEMs tornam-se parceiros estratégicos, causando um grande impacto diretamente às marcas que dependem da sua fabricação.

Outro benefício significativo é o aumento da competitividade. Num mercado onde a diferenciação se torna cada vez mais importante, a capacidade de disponibilizar produtos personalizados garante uma vantagem competitiva aos OEMs. Estes conseguem destacar-se ao atender às necessidades específicas, posicionando-se como fornecedores de alto valor.

Para além disso, a customização em larga escala permite a diminuição de despesas com stocks, visto que a fabricação por requisito elimina a necessidade de manter grandes volumes de produtos em stock. Isto não só maximiza a utilização de recursos e espaço, mas também possibilita aos OEMs aperfeiçoarem as suas operações de maneira mais eficaz.

Relativamente à Flexibilidade, esta é um elemento crucial para a personalização em massa e para os OEMs, uma vez que permite uma adaptação rápida a variações nos requisitos dos clientes, uma redução de tempos de configuração em linhas de produção e, por fim, uma integração de tecnologias que fornecem dados em tempo real para direcionar mudanças operacionais.

3. Análise da situação atual da empresa

3.1. Caracterização da empresa

3.1.1. Apresentação da empresa

A Hottinger Brüel & Kjær (HBK) é uma empresa líder mundial em soluções integradas de teste, medição, controlo e simulação para avaliação do desempenho de produtos ou infraestruturas. Fundada a 1 de janeiro de 2019 pela fusão da Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM) e da Brüel & Kjær Sound & Vibration (BKSv), ambas pertencentes ao grupo britânico Spectris plc, a HBK combina décadas de experiências em medições elétricas, mecânicas e acústicas. A HBM foi fundada na Alemanha em 1950 e, é especializada em sensores de força, momento, pressão e deformação, além de sistemas de aquisição de dados e análise estrutural. Por outro lado, a BKSv foi fundada na Dinamarca em 1942 e é conhecida pelas suas ótimas soluções em acústica e vibração, incluindo microfones, acelerómetros e software para análise de ruído.

Com sede em Darmstadt, Alemanha, a HBK emprega mais de 3000 pessoas em todo o mundo e apresenta instalações de produção em diversos países, tais como, Alemanha, Dinamarca, Estados Unidos da América, China, Reino Unido e Portugal. Em 2014, a HBM adquiriu a empresa portuguesa FiberSensing, especializada no desenvolvimento e produção de sensores de fibra ótica baseados em redes de Bragg, reforçando assim a sua presença no setor da medição ótica. A sede em Portugal encontra-se situada na Rua Via José Régio 256, 4485-860, em Vilar do Pinheiro, como é possível ver na Figura 10.

A HBK FiberSensing é uma unidade especializada dentro da HBK, focada no desenvolvimento de soluções inovadoras para monitorização estrutural e medição de parâmetros físicos críticos. Os sensores de fibra ótica baseados em redes de Bragg oferecem diversas vantagens em relação às tecnologias tradicionais, como alta precisão, resistência a condições ambientais adversas e capacidade de medição distribuída em grandes infraestruturas. Esses sensores são amplamente utilizados em aplicações que exigem confiabilidade a longo prazo, como monitorização de pontes e barragens.

A empresa oferece uma ampla gama de produtos que abrangem toda a cadeia de medição, desde sensores e transdutores até sistemas de aquisição de dados e software de análise. Essas soluções podem ser aplicadas em diversos setores, como o automóvel, aeroespacial, energia e telecomunicações, ajudando os engenheiros a impulsionar a inovação em todas as fases do ciclo

de vida do produto. No setor automóvel, as soluções focam-se em testes de componentes, medições de momento e força, análises de ruídos e vibração e testes em baterias para veículos elétricos. No caso do aeroespacial, são disponibilizadas soluções para ajudar na simulação e testes estruturais de aeronaves, análises de vibrações em motores a jato e sensores para medições críticas. Nos setores de energia, o principal objetivo é proporcionar uma boa monitorização em turbinas eólicas, testes de confiabilidade de materiais e uma análise de eficiência de motores elétricos. Por fim, no setor da eletrónica, estas ferramentas são importantes para uma boa análise de ruído em dispositivos eletrónicos e testes de confiabilidade de semicondutores.

A HBK investe constantemente em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar a precisão e a eficiência das medições. Além disso, as suas soluções ajudam as indústrias a adaptarem-se às exigências da Indústria 4.0, integrando automação, IoT e análise avançada de dados. A empresa está comprometida em fornecer um suporte abrangente e, se for pedido, personalizado, aos seus clientes, oferecendo serviços como calibração, manutenção de software e hardware e formação de pessoal.



Figura 10 – Sede da HBK em Portugal

3.1.2. Caracterização da Estrutura Organizacional

A Estrutura Organizacional de uma empresa é a forma como os seus funcionários são organizados, seja por departamento, função ou cargo. A estrutura organizacional mostra as relações e hierarquias que compõem uma empresa. Estas relações são representadas no organograma da Figura 11, onde é apresentada a estrutura organizacional da HBK Fiber Sensing organizada por departamentos e trabalhadores.

A secção assinalada a amarelo é o departamento onde me inseri durante o estágio, integrada na área de Gestão de Projetos, sob a orientação direta do meu supervisor, Francisco Gonçalves, que exerce funções neste departamento. No âmbito das minhas tarefas, tive um contacto frequente com os engenheiros de processo, uma vez que foi necessário alinhar e validar as diversas instruções de trabalho com base nos requisitos técnicos definidos por esta equipa. Esta colaboração foi essencial para garantir a consistência e aplicabilidade prática dos documentos desenvolvidos.

3.2. Enquadramento do caso de estudo

A HBK é um dos principais fornecedores globais de soluções para OEMs, oferecendo suporte à industrialização através de sensores, sistemas de medição e softwares avançados. O foco da empresa está em ajudar os fabricantes a integrar medições precisas nos seus produtos e processos, garantindo confiabilidade e inovação tecnológica.

A empresa produz sensores e transdutores sob medida para serem incorporados diretamente em produtos OEM, tais como, *strain gauges*, células de carga e sensores de momento e, por fim, sensores de vibração e acústica.

Os OEMs precisam de sensores que possam ser facilmente integrados a sistemas eletrónicos e software de controlo. Deste modo, a HBK oferece interfaces digitais e analógicas, aquisição de dados de alta velocidade e soluções para a Indústria 4.0.

3.2.1. Introdução aos *Strain Gauges*

Os *strain gauges*, ou extensómetros de resistência, são sensores amplamente utilizados na medição de deformações em materiais e estruturas. Estes desempenham um papel fundamental na análise experimental de tensões mecânicas, permitindo a monitorização e a avaliação da integridade estrutural em diversas aplicações de engenharias. O funcionamento desses sensores baseia-se na variação da resistência elétrica de um material condutor quando submetido a um alongamento ou compressão. O princípio de funcionamento dos *strain gauges* está fundamentado na relação entre a deformação mecânica e a resistência elétrica do material, descrita pela equação 1:

$$\Delta R = R G_f \varepsilon \quad \text{Eq. (1)}$$

sendo que, ΔR representa a variação da resistência elétrica, R é a resistência inicial do sensor, G_f é o fator sensibilidade do sensor e ε a deformação aplicada. Existem vários tipos de *strain gauges*, tais como:

- Linear;
- Linear Duplo;

- Rosetas.

Os *Strain Gauges* lineares têm apenas uma grelha de medição numa direção de carregamento e podem ser utilizados em testes estruturais em vigas, suportes mecânicos e análises em materiais. Por outro lado, os *strain gauges* lineares duplos apresentam duas grelhas de medição apenas numa direção, mas podem ser conectados de diferentes formas dependendo da aplicação. Estes são utilizados para compensações térmicas, análises estruturais detalhadas e medições de alto desempenho. Ambos são constituídos por folhas de grelha de medição de níquel puro com um material de suporte PEEK modificado de alto desempenho. Deste modo, os *strain gauges* proporcionam um manuseamento fácil com uma elevada precisão e um excelente comportamento à humidade, Figura 12.

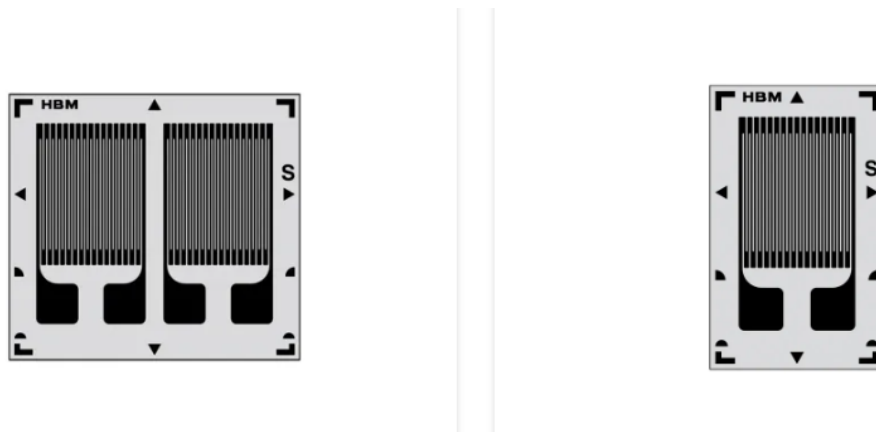


Figura 12 – *Strain gauges Lineares Duplos e Lineares, respetivamente [HBK]*

Relativamente às rosetas, estas são conjuntos de *strain gauges* dispostos em várias/diferentes orientações, habitualmente $0^\circ/90^\circ$ ou $0^\circ/45^\circ/90^\circ$, e servem para medir deformações em múltiplas direções. São utilizadas para analisar estados de tensão em materiais quando a direção principal da deformação não é conhecida. Algumas aplicações práticas são a determinação de tensões principais em componentes mecânicos e estruturas, projetos de otimização estrutural, análises de materiais sob cargas complexas e a prevenção de falhas estruturais, evitando danos inesperados em equipamentos e construções. Um exemplo de roseta é o que se encontra na Figura 13. No entanto, existem vários tipos de rosetas de *strain gauges*, tais como, roseta biaxial, triaxial, circular e retangular, isto é, estas são denominadas consoante a sua aplicação e a disposição dos sensores.

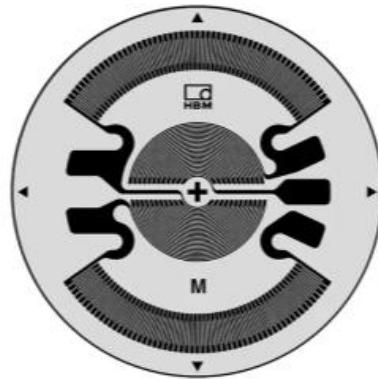


Figura 13 – Strain gauges do tipo Rosetas [HBK]

Para garantir que as medições são precisas, os *strain gauges* são frequentemente ligados num circuito de Ponte de *Wheatstone*, que amplifica a resposta do sensor e reduz interferências externas. Este tipo de configuração permite uma avaliação mais fiável das tensões mecânicas, sendo amplamente utilizada na indústria aeroespacial, automobilística, civil e biomédica. Esta consiste em quatro resistências dispostas em forma de losango, com uma fonte de tensão aplicada entre dois pontos opostos e um voltímetro ligado entre os outros dois pontos.

Quando uma das resistências é um *strain gauge*, esta varia conforme a deformação aplicada, resultando num desequilíbrio da ponte. Como tal, gera-se uma diferença de potencial que pode ser convertida numa medida de deformação. Esse circuito é amplamente utilizado devido à sua sensibilidade e capacidade de compensar variações térmicas.

Existem várias montagens da ponte, tais como, montagem em quarto, em meia-ponte ou em ponte completa, podendo ser realizada compensação térmica, como é possível visualizar nas Figura 14, 15, 16 e 17, respetivamente.

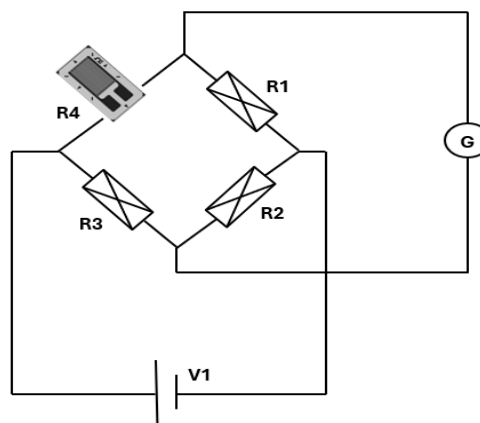


Figura 14 – Montagem em quarto de ponte

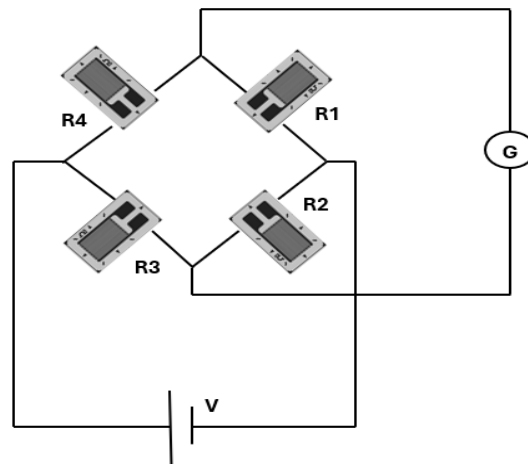


Figura 15 – Montagem em Ponte completa

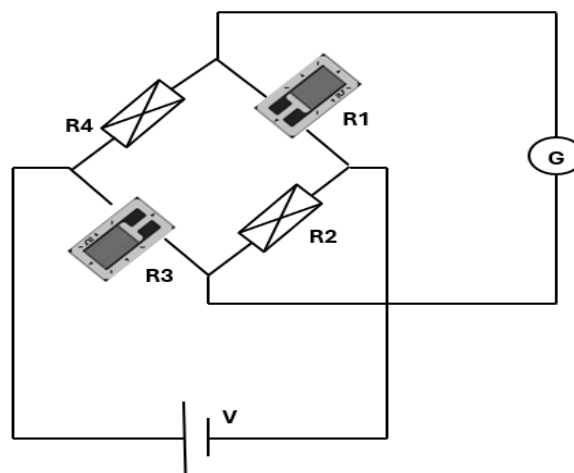


Figura 16 – Montagem em meia-ponte

Relativamente à montagem em ponte completa e em meia-ponte, ambas têm enorme aplicação consoante os casos práticos de que se pretendem concluir os estados de deformação, ou tensão, respetivos. As variações térmicas resultantes de alterações ambientais e inerentes a solicitações cíclicas podem ser compensadas. Esta compensação baseia-se no princípio de que numa ponte de *Wheatstone* duas resistências variam em sentidos opostos desde que duas resistências opostas variem no mesmo sentido. Deste modo, nestas condições, os efeitos térmicos são eliminados, tendo em conta o princípio enunciado ao posicionar o *strain gauge* ativo e o *strain gauge* compensador, e apenas são detetadas as deformações causadas por tensões. Um tipo de montagem compensadora é a que se encontra esquematizada na Figura 16. Esta é constituída por um extensómetro ativo num braço da ponte e três resistências fixas.

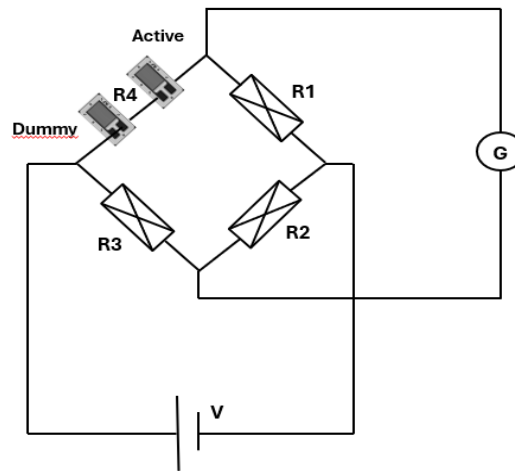


Figura 17 - Montagem com compensação térmica

3.2.2. Transdutores

Os transdutores são dispositivos essenciais na medição de grandezas físicas, convertendo variáveis mecânicas, como força, pressão ou momento, em sinais elétricos mensuráveis. Estes desempenham um papel fundamental em diversas aplicações industriais, de engenharia e pesquisa científica, garantindo medições precisas e confiáveis.

Dentro dos transdutores, um dos principais componentes utilizados para detectar deformações mecânicas é o *strain gauge*. Este sensor funciona com base na alteração da resistência elétrica quando o material no qual está aplicado sofre deformação. Assim, ao ser incorporado num transdutor, o *strain gauge* permite a conversão direta da deformação mecânica num sinal elétrico proporcional à grandeza medida. A relação entre os *strain gauges* e os transdutores pode ser observada em diversas aplicações, tais como:

- Transdutores de Força - São utilizados para medir forças aplicadas a um objeto ou estrutura. Um exemplo são as células de carga, que utilizam *strain gauges* para medir a deformação de um elemento estrutural quando uma carga é aplicada. A variação na resistência do *strain gauge*, devido à deformação, é convertida num sinal elétrico proporcional à força aplicada.
- Transdutores de Pressão – São dispositivos que convertem a pressão de um fluido (líquido ou gás) num sinal elétrico. Estes transdutores podem ser baseados em vários princípios, tais como, a variação da resistência elétrica, a variação da capacidade em condensadores e piezoelectricidade.
- Transdutores de Temperatura – Estes convertem a temperatura num sinal elétrico. O princípio básico de funcionamento envolve a variação de resistências ou a variação na tensão elétrica (em termopares), que está diretamente relacionada à temperatura.
- Transdutores de Posição e Deslocamento - Medem o deslocamento linear ou angular de um objeto. Estes podem utilizar diferentes princípios, como potenciômetros,

sensores capacitivos, ou sistemas baseados em variações de resistência elétrica, como os *strain gauges*, para medir a deformação de um corpo quando este se desloca.

- Transdutores de Aceleração e Vibração - São usados para medir a aceleração de um corpo em movimento e, geralmente, utilizam sensores piezoelétricos ou *strain gauges* para detetar a deformação gerada pela aceleração. Estes são amplamente empregues para monitorização de vibrações e análise de dinamismo em máquinas e estruturas.
- Transdutores de Velocidade - São usados para medir a velocidade de objetos em movimento. Estes podem ser baseados em diversos princípios, como a variação de um sinal elétrico proporcional à velocidade de um objeto, utilizando sistemas óticos, magnéticos ou de indução.
- Transdutores Óticos - Os transdutores óticos convertem a luz num sinal elétrico. Este processo é frequentemente realizado através de sensores foto díodos ou fotocélulas, que geram um sinal elétrico proporcional à quantidade de luz que incide sobre estes.
- Transdutores Piezoelétricos – Geram um sinal elétrico a partir de uma deformação física devido à aplicação de uma pressão ou força. São amplamente usados em aplicações de medição de pressão, aceleração, vibração e até em sensores de som.
- Transdutores de Corrente Elétrica – Convertem a corrente elétrica num sinal elétrico e são usados em circuitos de medição e controlo para monitorar e controlar a corrente elétrica em sistemas elétricos.

Os transdutores desempenham um papel crucial na medição de uma ampla gama de grandezas físicas. Além dos *strain gauges*, que são frequentemente aplicados em transdutores de força, pressão e momento, existem muitos outros tipos de transdutores que convertem outras grandezas, como temperatura, posição, aceleração e luz, em sinais elétricos. A versatilidade dos transdutores permite a sua aplicação em diversas áreas industriais, científicas e tecnológicas, e a sua integração com os *strain gauges* amplia ainda mais as possibilidades de medição e monitorização de sistemas mecânicos e estruturais. Na Figura 18 são apresentados os vários tipos de transdutores fabricados pela HBK.

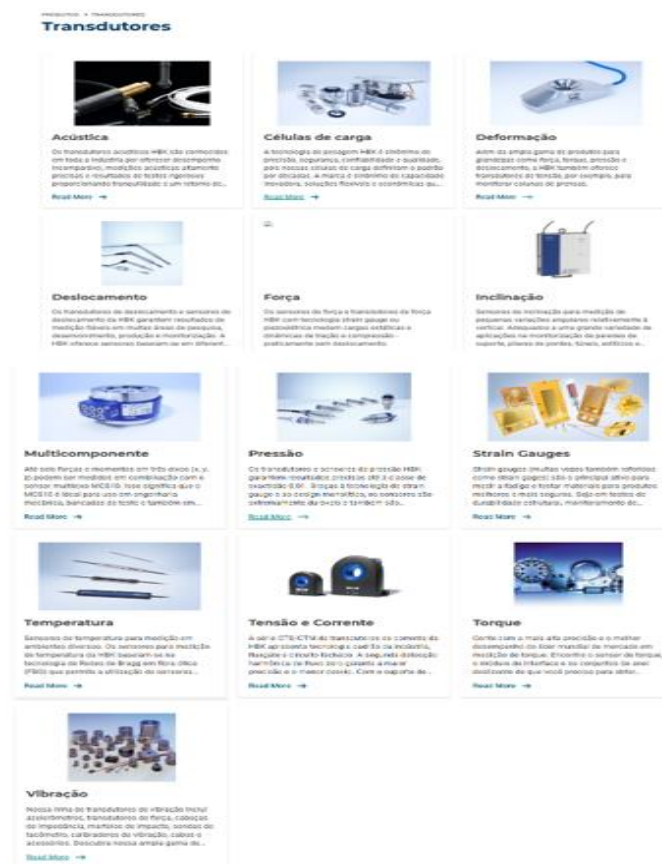


Figura 18 – Transdutores fabricados pela HBK [HBK, 2025]

3.3. Instruções de Trabalho no Processo de Produção

3.3.1. Importância das Instruções de Trabalho (ITs)

As instruções de trabalho (*work instructions*) desempenham um papel fundamental na padronização dos processos industriais e na garantia da qualidade dos produtos fabricados. No contexto da produção de *strain gauges*, onde a precisão e a uniformidade são essenciais, a existência de instruções de trabalho bem estruturadas assegura que cada etapa do processo seja realizada de forma consistente, minimizando erros e variações indesejadas.

A padronização proporcionada pelas instruções de trabalho permite que todos os operadores sigam os mesmos procedimentos, independentemente da sua experiência. Dessa forma, reduz-se a dependência do conhecimento individual e evita-se a ocorrência de discrepâncias na execução das tarefas. Para além disso, estas instruções desempenham um papel crucial na formação de novos funcionários, garantindo que a aprendizagem seja mais rápida e eficaz, com base em diretrizes claras e documentadas.

No que diz respeito à qualidade, as *work instructions* ajudam a prevenir falhas na montagem, calibração e inspeção dos produtos. Um processo bem definido reduz significativamente o risco

de defeitos, melhorando a confiabilidade do produto final. No caso dos *strain gauges*, qualquer desvio na sua fabricação pode comprometer a precisão das medições, tornando essencial a implementação de procedimentos rigorosos e bem documentados. Além disso, a existência de instruções detalhadas facilita a monitorização e o controlo da qualidade, permitindo uma identificação mais rápida de eventuais falhas e a sua correção antes que comprometam a produção em larga escala.

Outro fator bastante importante é a conformidade com normas e regulamentos. Muitas empresas operam sob padrões de gestão da qualidade, como a ISO 9001, que exige a documentação e a implementação de procedimentos padronizados. As WI garantem que todas as operações estejam alinhadas com esses requisitos, tornando mais simples a realização de auditorias e a demonstração de conformidade com as normas internas e exigências dos clientes OEM.

Para além dos fatores referidos anteriormente, estas também contribuem para a segurança no ambiente industrial. Ao definir claramente os procedimentos corretos para a operação de máquinas e equipamentos, ajudam a prevenir acidentes e garantem que os operadores sigam as diretrizes adequadas de segurança. Em processos mais sensíveis, como a fabricação de sensores de medição, as instruções podem incluir informações sobre a manipulação cuidadosa dos componentes e a necessidade de ambientes controlados para evitar contaminações ou danos aos dispositivos.

Por estas razões, as *ITs* são um instrumento essencial para a melhoria contínua. Como documentos dinâmicos, podem ser atualizadas à medida que novas práticas são implementadas ou que ajustes são feitos no processo produtivo. Isso permite não só a otimização das operações, mas também um aumento da eficiência e produtividade, pois elimina dúvidas, reduz desperdícios e melhora a comunicação entre as diferentes equipas envolvidas na produção. Desta forma, ao desenvolver instruções de trabalho para os postos de produção de *strain gauges*, garante-se não apenas a uniformidade dos processos, mas também um impacto direto na qualidade dos produtos, na conformidade com normas e na segurança dos operadores.

3.3.2. Desenvolvimento e Implementação das Instruções

No desenvolvimento e implementação das instruções de trabalho para os postos de produção de *strain gauges*, foi essencial adotar uma abordagem metódica que garantisse a clareza, precisão e aplicabilidade dos procedimentos documentados. Importa referir que, até ao início deste projeto, não existiam quaisquer instruções de trabalho formalizadas nesta linha de produção, sendo, por isso, da minha inteira responsabilidade a criação destas instruções desde o zero. O primeiro passo envolveu uma observação detalhada do processo produtivo, permitindo compreender cada etapa da produção, desde a preparação dos materiais até ao embalamento do produto. Após a análise do processo produtivo, foi possível identificar claramente as etapas envolvidas, Figura 19, o que permitiu estruturar as instruções de trabalho de forma sequencial e lógica. Cada instrução foi elaborada com base em critérios de clareza,

objetividade e fácil compreensão pelos operadores, utilizando linguagem simples, ilustrações explicativas e destaques visuais para pontos críticos.



Figura 19 – Etapas do processo produtivo

Durante essa fase, foi fundamental interagir com os operadores e responsáveis de produção, uma vez que são eles que conhecem em detalhe as dificuldades e particularidades do trabalho no dia a dia.

Após esta análise inicial, iniciou-se a estruturação das instruções de trabalho, seguindo uma metodologia baseada na clareza e objetividade. Para garantir que os documentos fossem facilmente compreendidos, optou-se por um formato visualmente intuitivo, com descrições passo a passo acompanhadas por imagens e diagramas. Esse recurso foi particularmente relevante, pois facilita a assimilação das informações e reduz a margem de erro na execução das tarefas. Para além disso, as instruções foram redigidas de forma simples e direta, evitando ambiguidades que pudessem comprometer a interpretação dos operadores. Na Figura 20 é possível visualizar uma página de uma das *work instructions* do processo de desbaste.

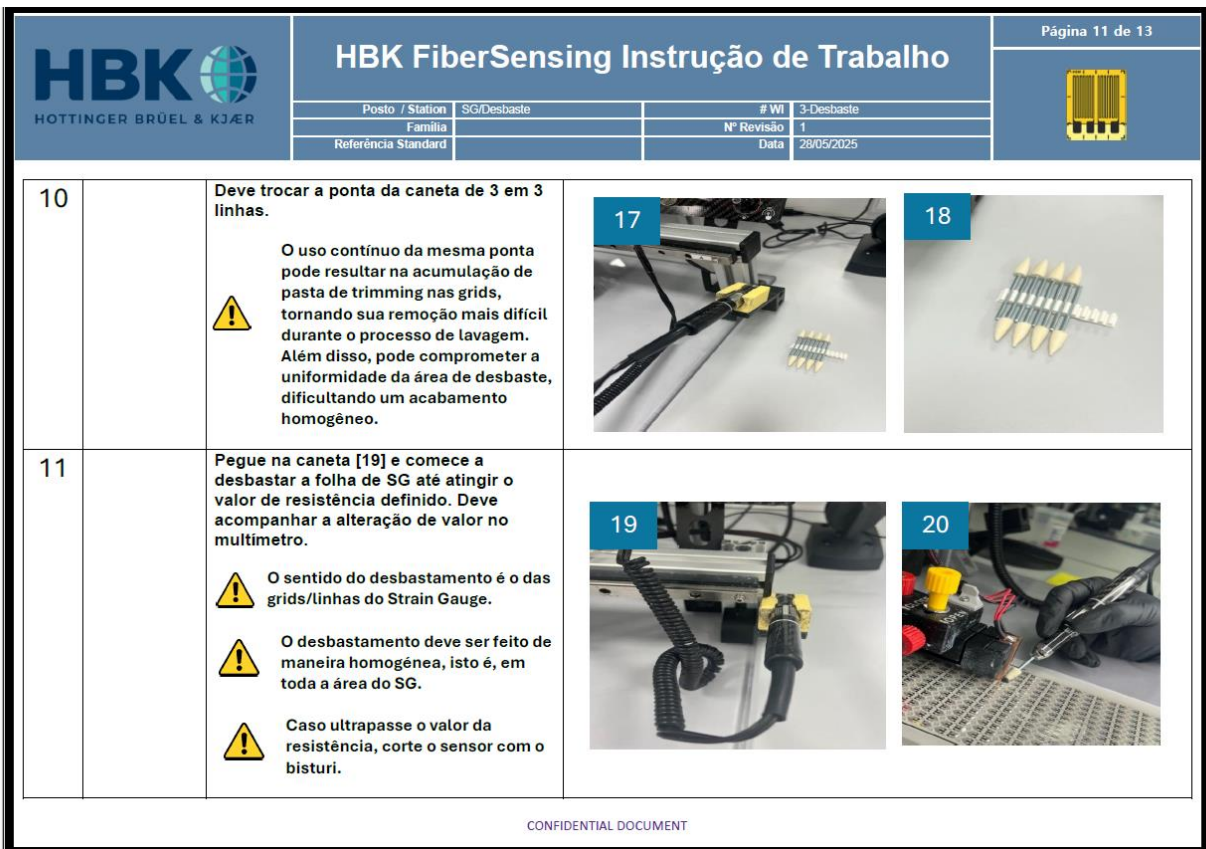


Figura 20 – Exemplo de instrução de trabalho do processo de Desbaste de um Strain Gauge

Um dos principais desafios enfrentados durante este processo foi a necessidade de alinhar a padronização com a flexibilidade operacional. Em alguns casos, os operadores já possuíam métodos próprios para realizar determinadas tarefas, e a introdução de um documento formal exigiu um período de adaptação. Para minimizar possíveis resistências, foi adotada uma abordagem participativa, envolvendo os operadores na revisão das instruções antes da sua implementação definitiva. Esse processo colaborativo não só facilitou a aceitação das novas instruções, mas também permitiu identificar melhorias que tornaram as instruções mais eficazes e alinhadas com a realidade da produção. Outro desafio importante foi garantir que as instruções fossem suficientemente detalhadas para eliminar dúvidas, mas ao mesmo tempo não fortemente extensas a ponto de dificultar a sua consulta rápida durante o trabalho. Para resolver essa questão, foi estabelecido um equilíbrio entre a profundidade da informação e a acessibilidade do documento, garantindo que cada instrução contivesse apenas os elementos essenciais para a execução correta da tarefa.

Por fim, a implementação das instruções exigiu um acompanhamento contínuo para verificar a sua eficácia na prática. Deste modo, durante esse período, foram recolhidos feedbacks do team leader da linha de produção, dos operadores e da engenheira de processo envolvida na industrialização e ajustadas algumas informações para melhor se adequarem ao fluxo de

trabalho. Esta monitorização continua também permitiu identificar oportunidades de melhoria no processo produtivo, reforçando o papel das instruções de trabalho não apenas como um documento normativo, mas como uma ferramenta dinâmica para a otimização da produção e da qualidade dos produtos fabricados.

Com o objetivo de evidenciar essa abordagem dinâmica, foi realizado um registo cronológico das versões das instruções de trabalho desenvolvidas ao longo do projeto. Este histórico reflete os momentos de criação, revisão, validação e alteração, com base nas contribuições dos operadores, da equipa de produção e da engenharia de processo.

A Figura 21 apresenta a linha temporal de atualizações, demonstrando o carácter iterativo do processo e o compromisso com a melhoria contínua.

HBK		HBK FiberSensing Instrução de Trabalho		Página 2 de 13	
HOTTINGER BRÜEL & KJÆR		Posto / Station	SG/Desbaste	# WI	3-Desbaste
		Família		Nº Revisão	1
		Referência Standard		Data	28/05/2025
Nº da revisão	Data da revisão	Elaborado por	Descrição da modificação		
00	11/11/2024	C. Espinha	Criação do documento		
01	24/02/2025	Joana Ramos	Estruturação do documento		
02	11/03/2025	Joana Ramos	Atualização do processo		
03	27/03/2025	Joana Ramos	Atualização do processo		
04	08/04/2025	Joana Ramos	Informação em falta		
05	17/04/2025	Joana Ramos	Atualização do processo		
06	14/05/2025	Joana Ramos	Alteração do setup de trimming		
07	22/05/2025	Joana Ramos	Atualização do processo		
08	28/05/2025	Joana Ramos	Atualização do processo		

Figura 21 – Linha temporal de atualizações na IT referente ao desbaste

Para ilustrar melhor o fluxo de trabalho e as fases envolvidas no processo de desenvolvimento das instruções, segue abaixo um esquema que sintetiza as principais etapas do processo. [Figura 22]

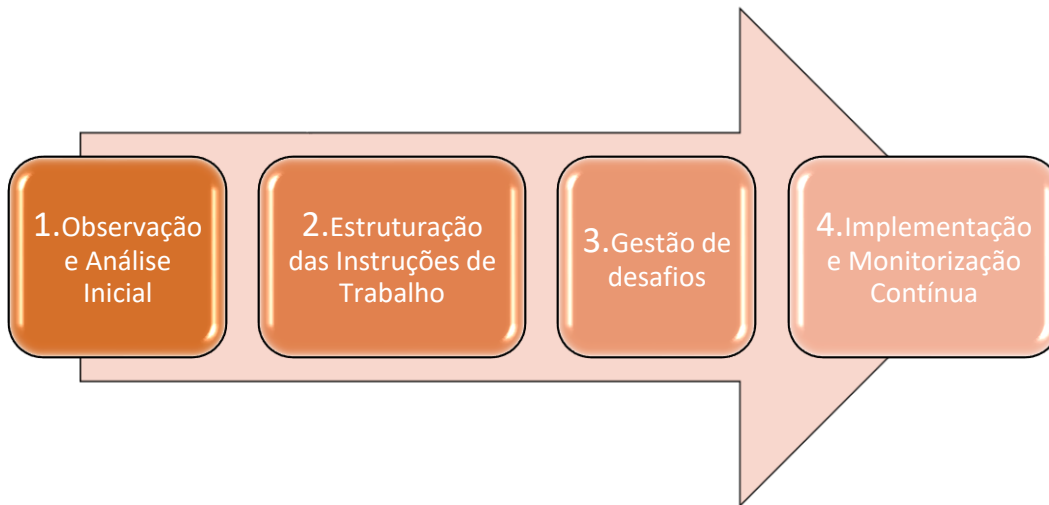


Figura 22 – Fluxo de trabalho e fases envolvidas no processo de desenvolvimento das instruções

3.4. Produção de transdutores

3.4.1. Introdução

A HBK Fiber Sensing, reconhecida pela sua vasta experiência na produção de *strain gauges* de alta precisão, está a expandir o seu portfólio de soluções com o desenvolvimento de transdutores OEM personalizados [Figura 23]. Este projeto visa a integração direta dos *strain gauges* nos transdutores, otimizando a medição de deformações para diversas aplicações industriais.

O principal objetivo deste novo projeto é fornecer transdutores OEM inovadores que combinem a fiabilidade e precisão dos *strain gauges* da HBK com designs adaptáveis às necessidades dos clientes. A abordagem personalizada permite a criação de soluções específicas para setores como a indústria automóvel, aeroespacial, engenharia civil e monitorização estrutural.

A integração direta dos *strain gauges* nos transdutores representa um avanço tecnológico significativo, permitindo não só uma maior sensibilidade e exatidão nas medições, como também a redução de ruído elétrico e de interferências externas. Além disso, esta solução minimiza a complexidade do processo de montagem e calibração, uma vez que os sensores são incorporados no próprio dispositivo de medição, o que facilita a instalação em campo e melhora a fiabilidade do sistema.

Do ponto de vista estratégico, este desenvolvimento posiciona a HBK como um parceiro tecnológico de referência, capaz de oferecer soluções completas e adaptadas às necessidades específicas de cada cliente. Os novos transdutores OEM respondem a exigências crescentes de digitalização, integração com sistemas IoT e manutenção preditiva, ao fornecer dados precisos em tempo real que alimentam plataformas de análise e controlo de ativos.

Por outro lado, este projeto implica diversos desafios técnicos, como a seleção adequada de materiais, a compatibilização entre os *strain gauges* e os elementos estruturais dos transdutores, o controlo de qualidade rigoroso e a necessidade de garantir robustez e estabilidade dos dispositivos em ambientes exigentes. O desenvolvimento do layout de produção e a padronização dos processos foram fatores críticos para assegurar a repetibilidade e eficiência na linha de produção.

Assim, este projeto não só contribui para a diversidade da oferta da HBK, como também reforça a sua capacidade de inovação, alinhando-se com os princípios da Indústria 4.0 e com a crescente procura por sensores inteligentes, modulares e fiáveis.



Figura 23 – Transdutores a serem produzidos

3.4.2. Etapas no processo de Produção de Transdutores

A produção dos transdutores envolve uma série de etapas críticas que garantem a precisão, estabilidade e fiabilidade dos sensores. A seguir, são descritos os principais processos envolvidos:

- **Gravação a Laser na Placa** - Marcação inicial da placa para identificação e rastreabilidade.
- **Preparação do Elemento** - Limpeza e preparação da superfície onde o *strain gauge* será aplicado.
- **Medição & Cura** - Aplicação do *strain gauge* no transdutor, medição inicial para verificação de posicionamento e funcionalidade e cura do adesivo para garantir fixação adequada.
- **Instalação Elétrica** - Ligação dos cabos elétricos e verificação da resistência de entrada (R_{in}), saída (R_{out}), resistência de isolamento (R_{is}), ponto zero e direção do sinal.
- **Sobrecarga** - Aplicação de uma carga controlada para verificar a resposta do transdutor e garantir que está dentro dos parâmetros esperados.

- **Verificação Pontual** - Testes de compensação térmica (TCO) e sensibilidade.
- **Ajuste de Zero e Compensação TCO** - Ajustes elétricos para calibrar a resposta do transdutor.
- **Revestimento** - Aplicação de resina de epóxico na saída do cabo para proteção mecânica e preenchimento da cavidade do PCB com silicone para isolamento e estabilidade.
- **Soldadura a Laser da Placa e Proteção Anti humidade** - Fixação definitiva dos componentes com soldagem a laser e aplicação de Humiseal para proteção contra humidade e outros fatores ambientais.
- **Teste Final** - Verificação final das propriedades elétricas (R_{in} , R_{out} , R_{is}) e ajuste final do zero e da direção do sinal.
- **Embalamento** - Proteção e embalamento dos transdutores para envio ao cliente ou integração em sistemas.

3.4.3. Aplicação da Metodologia *Lean* na Produção de Transdutores OEM

A aplicação de ferramentas *Lean* na produção de transdutores OEM visa a otimização contínua dos processos, com foco na eliminação de desperdícios, melhoria da qualidade e aumento da eficiência. No contexto da industrialização dos transdutores OEM, foram utilizadas várias ferramentas *Lean*, nomeadamente a análise de fluxos de valor (*Value Stream Mapping*) e a medição de tempos de produção, com destaque no Takt time e no Tempo de Ciclo.

O Takt time representa o tempo de produção necessário para satisfazer a procura do cliente [Equação 2]. Este permite alinhar o tempo de produção com a procura real, evitando o excesso de produção ou subprodução.

$$Takt\ Time = TT = \frac{Tempo\ de\ produção/dia}{Número\ de\ peças\ encomendadas/dia} \quad Eq. (2)$$

Por outro lado, o Tempo de Ciclo diz respeito ao tempo efetivo que uma unidade leva a ser produzida, desde o início até ao fim do processo [Equação 3]. A análise do tempo de ciclo permite identificar gargalos, avaliar a eficiência do processo e propor melhorias.

$$Tempo\ de\ ciclo = TC = \frac{Tempo\ de\ produção/dia}{N^o\ de\ Unidades\ Produzidas} \quad Eq. (3)$$

A comparação entre o takt time e o tempo de ciclo é essencial para detetar desequilíbrios na linha de produção e orientar decisões de melhoria contínua. O objetivo da linha de produção é igualar o ritmo de produção ao ritmo de consumo do cliente. No entanto, o tempo de ciclo deve ser menor que o Takt Time de forma a prevenir eventuais anomalias que ocorram na linha de produção.

A HBK Fiber Sensing adota a metodologia *Lean* para otimizar os seus processos de produção, garantindo não apenas a eficiência, mas também a entrega de produtos com alta qualidade, respeitando os prazos e as expectativas dos clientes.

Deste modo, o primeiro passo é definir o valor, ou seja, entender o que realmente agrega valor para o cliente. No caso dos transdutores OEM, o valor está na precisão, confiabilidade e na personalização dos sensores, que precisam de atender às exigências específicas de cada cliente.

O próximo passo é mapear o fluxo de valor. Ao mapear todas as etapas do processo de produção, desde a gravação a laser na placa até ao embalamento final, é possível identificar claramente não só o fluxo de materiais, mas também o fluxo de informações. Para além disso, ajuda bastante no processo de visualização da situação atual e na construção da situação futura. Foca-se, sobretudo, nos desperdícios, como gargalos, tempos de espera (Lead Time) e etapas que não agregam valor ao produto. A partir dessa ferramenta, consegue-se melhorar a eficiência e reduzir as ineficiências no processo, garantindo que cada etapa do processo de produção é otimizada. O mapeamento do fluxo de valor pressupõe algumas etapas básicas, como é possível visualizar na Figura 24.

O processo tem início com a escolha de um produto específico, ou de uma família de produtos que compartilham etapas semelhantes de processamento. De seguida, é elaborado o mapa do fluxo de valor atual, utilizando uma simbologia técnica adequada que permita representar no papel todas as informações relevantes. Após a análise do fluxo e a identificação dos desperdícios, desenha-se o mapa do estado futuro, definindo os objetivos a serem alcançados. Com base nesses objetivos, é elaborado um plano de ação com as medidas necessárias para atingir o estado desejado. Uma vez alcançado esse novo estado, realiza-se um novo mapeamento, dando continuidade ao ciclo de melhoria contínua.

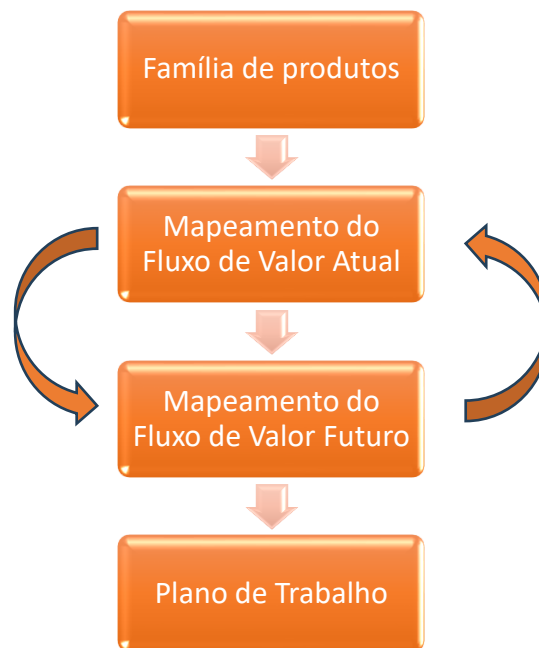


Figura 24 – Etapas iniciais para mapear o fluxo de valor

De forma a garantir uma linguagem comum para todos os intervenientes de uma organização, de modo que, em conjunto seja possível identificar os problemas e desperdícios, é necessária a utilização de uma simbologia normalizada e intuitiva com o objetivo de fornecer informação clara e simples que ajude a definir estratégias para a melhoria dos processos. Alguns desses símbolos mais utilizados encontram-se Ilustrados na Figura 25.

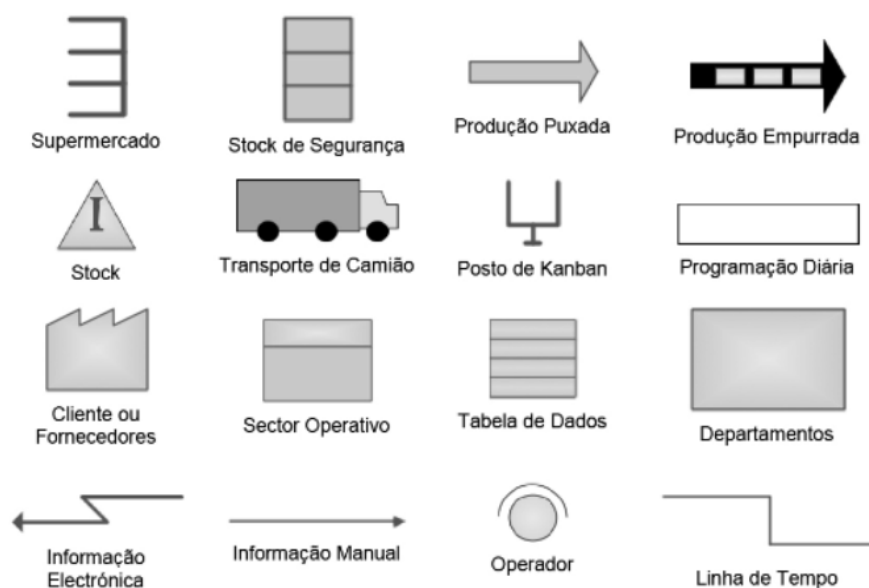


Figura 25 – Simbologia comum utilizada num mapa de fluxo de valor

Após mapear o fluxo de valor, o passo seguinte é criar um fluxo contínuo de produção. O objetivo é eliminar interrupções e garantir que a produção dos transdutores ocorra de forma fluida, sem paragens ou atrasos desnecessários. Para tal, é necessário organizar o layout da produção para que as etapas críticas, como a instalação elétrica e a soldadura, estejam próximas umas das outras.

O Layout é o desenho e organização de uma linha de produção, que é criado com o propósito de dar o máximo de flexibilidade possível, sem comprometer o fluxo de materiais e de pessoas. Deste modo, é importante que o movimento entre postos de trabalho seja o menor possível para garantir uma elevada otimização de tempos. Na Figura 26 é possível visualizar alguns exemplos de layouts utilizados para otimizar processos de produção, tais como, fila única, duas filas paralelas, forma em L, forma em U, forma em G e ilha.

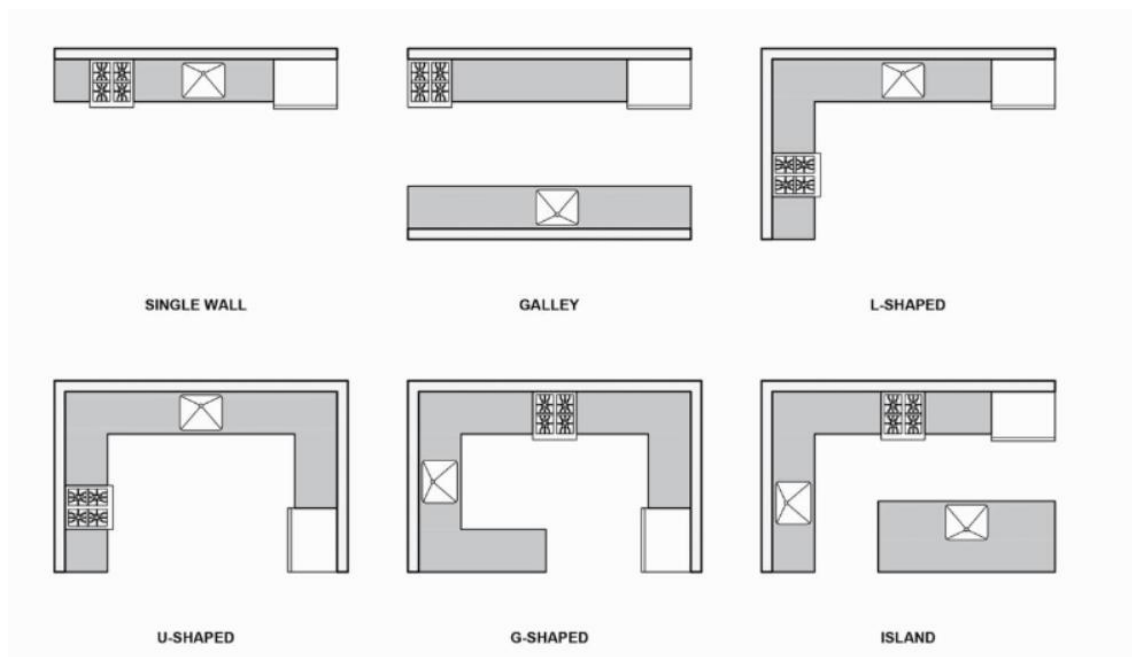


Figura 26 – Exemplos de Layouts utilizados para otimizar processos de produção [Wood & Co]

O quarto passo é estabelecer a produção puxada, ou seja, a produção será feita conforme a procura do cliente, o que ajuda a evitar a superprodução e a acumulação de stock. Deste modo, será importante implementar o sistema *Kanban* para controlar o fluxo de materiais e componentes, acionando a produção apenas quando existir procura. Isto permitirá um melhor controlo de stock, minimizando desperdícios e reduzindo custos relacionados com o armazenamento de componentes.

Por fim, o último passo é alcançar a perfeição, o que significa que a melhoria contínua estará sempre presente na produção dos transdutores. Deve-se incentivar uma cultura *Kaizen*, ou seja, a melhoria contínua, dentro da equipa de produção.

4. Resultados e Discussão

Neste capítulo serão apresentados e analisados os resultados obtidos ao longo do estudo, com foco no impacto e benefícios das instruções de trabalho (ITs) na produção de *Strain Gauges* e na aplicação das ferramentas *Lean* no processo de industrialização de transdutores OEM. Os dados recolhidos durante o estágio permitiram avaliar não só a eficiência e padronização dos processos produtivos, mas também o grau de adesão dos operadores às novas práticas introduzidas.

A análise inclui a comparação entre o desempenho produtivo antes e depois da implementação das instruções de trabalho. Serão discutidos os resultados dos inquéritos internos aplicados, que visaram compreender a perceção dos trabalhadores quanto à clareza, utilidade e impacto das ITs no seu desempenho diário.

Adicionalmente, será analisado o efeito da aplicação de ferramentas *Lean*, como o *Value Stream Mapping* (VSM), o sistema 5S e princípios de produção puxada, no layout da linha de produção dos transdutores.

4.1. Impacto e Benefícios das Instruções de Trabalho

Com o objetivo de compreender melhor o impacto real da implementação das Instruções de Trabalho (ITs) na linha de produção dos *Strain Gauges*, foram realizados dois inquéritos dirigidos aos operadores e colaboradores diretamente envolvidos no processo produtivo. Os questionários foram desenvolvidos e distribuídos através da plataforma Google Forms, o que permitiu uma recolha de respostas rápida, anónima e acessível a todos os participantes.

O primeiro inquérito foi aplicado de forma transversal a todos os colaboradores da área de produção, com o intuito de aferir a perceção global relativamente às ITs já existentes na organização. Através deste questionário (Figura 27), foi possível recolher *feedback* sobre aspetos como a clareza das instruções, a sua utilidade no quotidiano, o impacto na autonomia dos operadores e a eficácia na prevenção de erros.

Este questionário incluía as seguintes questões:

- Em que linha de produção está inserido;
- As Instruções de Trabalho (ITs) são importantes para o meu desempenho diário;
- As ITs ajudam a garantir a qualidade e consistência do meu trabalho;
- As ITs são úteis para colaboradores novos;

- Consulto as ITs com regularidade para realizar as minhas tarefas;
- Uso as ITs quando tenho dúvidas ou preciso de confirmar algum procedimento;
- As ITs são claras, objetivas e fáceis de entender;
- Tenho fácil acesso às ITs sempre que preciso;
- As IT estão atualizadas e refletem os processos reais de trabalho;
- Sinto-me confiante a usar as ITs sem precisar da ajuda de terceiros;
- Considero que seria útil receber formação ou reforço sobre a utilização das ITs;
- Sempre que inicio funções num novo posto, recebo formação com base nas Instruções de Trabalho (ITs).

Inquérito Interno sobre a Importância das Instruções de Trabalho

(Selecione apenas uma opção) Classificação: 1-2 -> Pouco importante ou nada aplicável;
3 -> Neutro / Indiferente; 4-5 -> Importante ou muito importante

* Indica uma pergunta obrigatória

Em que linha de produção está inserido. *

	Strain Gauges	Interrogadores	Sensores óticos	Outros
Classificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

As Instruções de Trabalho (ITs) são importantes para o meu desempenho diário. *

	1-Discordo Totalmente	2-Discordo	3-Mais ou menos	4-Concordo	5-Concordo Totalmente
Classificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

As ITs ajudam a garantir a qualidade e consistência do meu trabalho. *

	1 (Discordo totalmente)	2 (Discordo)	3 (Mais ou menos)	4 (Concordo)	5 (Concordo Totalmente)
Classificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 27 – Inquérito Interno sobre a Importância das Instruções de Trabalho

A Figura 28 apresenta as médias das respostas ao questionário agrupadas por categoria de produção. Verifica-se que os colaboradores da área de “Outros” e “Sensores Óticos” tendem a classificar as ITs de forma mais favorável, sobretudo em aspetos como a sua utilidade para novos colaboradores, a necessidade de formação e o acesso à documentação. Por outro lado, os operadores dos Strain Gauges registam valores ligeiramente inferiores, especialmente na clareza das ITs, na consulta regular e na perceção de que os documentos refletem os processos reais. Esta diferença pode ser explicada pelo facto desta linha de produção ser a mais recente da organização e ainda estar a sofrer diversas alterações e ajustes operacionais.

Como consequência, os documentos associados ainda não se encontram completamente estabilizados e os colaboradores também não se habituaram à ideia da utilização diária das ITs, o que impacta a confiança e utilidade percebidas pelos operadores. Esta análise segmentada permite, assim, identificar áreas específicas onde as melhorias nas ITs poderão ter maior impacto e urgência.

A linha a tracejado presente na Figura 27 representa o valor médio da escala (2,5 numa escala de 1 a 4), servindo como referência para interpretar a perceção geral dos colaboradores em cada categoria. Se existirem valores abaixo desta média, isto indica perceções menos favoráveis, podendo sinalizar áreas que justificam uma intervenção mais urgente ao nível da melhoria das ITs.

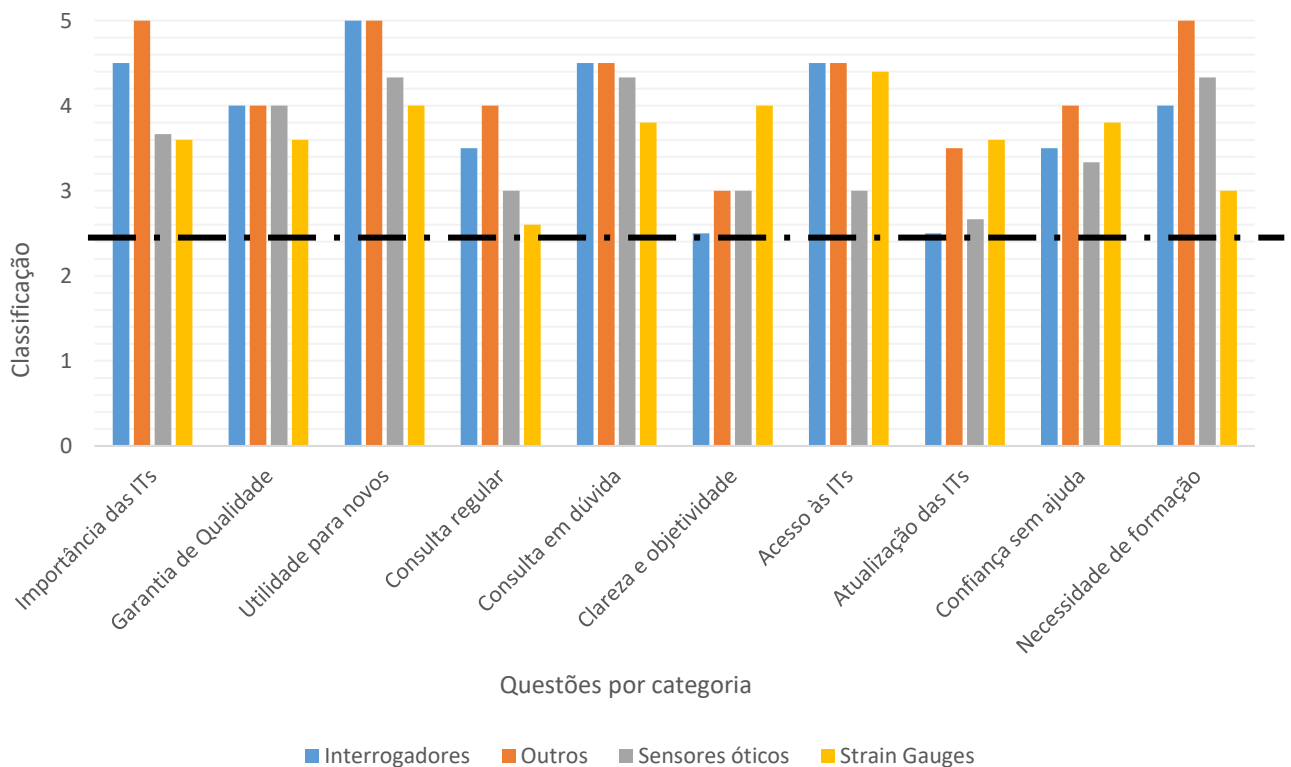


Figura 28 – Média de respostas ao questionário geral

Para além das respostas quantitativas, o questionário permitiu recolher diversas sugestões de melhoria por parte dos colaboradores. Entre as principais propostas destacam-se: a necessidade de disponibilizar as instruções de trabalho (ITs) em formato digital, preferencialmente através de uma plataforma acessível por tablet; a importância de utilizar linguagem mais clara e objetiva; a preferência por textos curtos e concisos acompanhados de imagens CAD em vez de fotografias; e a sugestão de envolver mais os operadores na elaboração e atualização das ITs, garantindo que estas sejam testadas na prática antes da sua implementação definitiva. Foi ainda referida a importância de garantir que as ITs estejam sempre atualizadas e redigidas em português. Estas contribuições refletem o envolvimento dos colaboradores e representam oportunidades valiosas para a melhoria contínua dos procedimentos internos.

Após a análise dos resultados do primeiro inquérito, aplicado aos operadores da linha de *strain gauges*, verificou-se que algumas respostas indicavam um grau de insatisfação ou perceção negativa relativamente às Instruções de Trabalho (ITs). De forma a compreender melhor as causas subjacentes a essas avaliações, foi realizada uma reunião com os trabalhadores da área, na qual foram discutidos os principais pontos de dificuldade sentidos durante a utilização das ITs. Durante esta reunião, surgiram questões relacionadas com a falta de familiaridade inicial com os novos documentos, resistência à mudança face aos métodos anteriormente adotados e, em alguns casos, a ausência de acompanhamento próximo no processo de adaptação às novas instruções.

Este segundo inquérito foi direcionado especificamente a um grupo de novos operadores recentemente integrados na empresa, afetos à linha de produção onde foi implementada de raiz a nova estrutura de ITs desenvolvida no âmbito deste projeto (Figura 29). O objetivo foi avaliar a eficácia das instruções junto de colaboradores sem experiência prévia no processo, identificando a sua utilidade na fase de *onboarding* e treino inicial e, comparar os resultados com os dos trabalhadores já inseridos na mesma linha de produção.

A escolha de novos operadores permitiu avaliar a eficácia das ITs sem o condicionamento de hábitos anteriores, oferecendo uma perspetiva mais objetiva sobre a sua clareza, utilidade e aplicabilidade prática desde o primeiro contacto com os processos.

As perguntas incluídas neste questionário foram:

- As Instruções de Trabalho (ITs) são claras, objetivas e fáceis de entender;
- As ITs estão organizadas de forma lógica;
- Tenho fácil acesso às ITs sempre que preciso;
- As imagens e/ou diagramas ajudaram-me a compreender melhor as tarefas;
- As ITs ajudaram-me a evitar erros durante a execução das tarefas;
- Senti-me mais confiante ao realizar o trabalho depois de consultar as instruções;
- As ITs são úteis para colaboradores novos;
- As ITs estão atualizadas e refletem os processos reais de trabalho.

Inquérito Interno sobre a Importância das Instruções de Trabalho - linha Strain Gauges

(Selecione apenas uma opção) Classificação: 1-2 -> Pouco importante ou nada aplicável; 3 -> Neutro / Indiferente; 4-5 -> Importante ou muito importante; NA (Não Aplicável)

As Instruções de Trabalho (ITs) são claras, objetivas e fáceis de entender.

	1-Discordo Totalmente	2-Discordo	3-Mais ou menos	4-Concordo	5-Concordo Totalmente
Classificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

As ITs estão organizadas de forma lógica.

	1-Discordo Totalmente	2-Discordo	3-Mais ou menos	4-Concordo	5-Concordo Totalmente
Classificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Tenho fácil acesso às ITs sempre que preciso.

	1-Discordo Totalmente	2-Discordo	3-Mais ou menos	4-Concordo	5-Concordo Totalmente
Classificação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 29 – Inquérito Interno sobre a Importância das Instruções de Trabalho – Linha Strain Gauges

A Figura 30 apresenta a média das respostas ao questionário apresentado anteriormente. De uma forma geral, os resultados revelam uma perceção positiva por parte dos colaboradores novos, com todas as categorias a apresentarem médias superiores a 4, numa escala de 1 a 5.

Os aspetos mais valorizados foram a organização lógica das ITs, a facilidade de acesso e a sua utilidade para novos colaboradores, o que demonstra que a documentação está, na maioria dos casos, bem estruturada e cumpre eficazmente o seu papel no apoio às tarefas diárias e na integração dos novos elementos na equipa. Para além disso, o uso de imagens e diagramas foi considerado útil, facilitando a compreensão visual dos processos.

Por outro lado, as questões com médias ligeiramente inferiores foram a atualização das ITs e a sua eficácia na prevenção de erros. Estes resultados sugerem que, apesar da base documental ser sólida, existem oportunidades de melhoria ao nível da revisão e atualização contínua das instruções, bem como no reforço da sua utilidade prática em situações críticas.

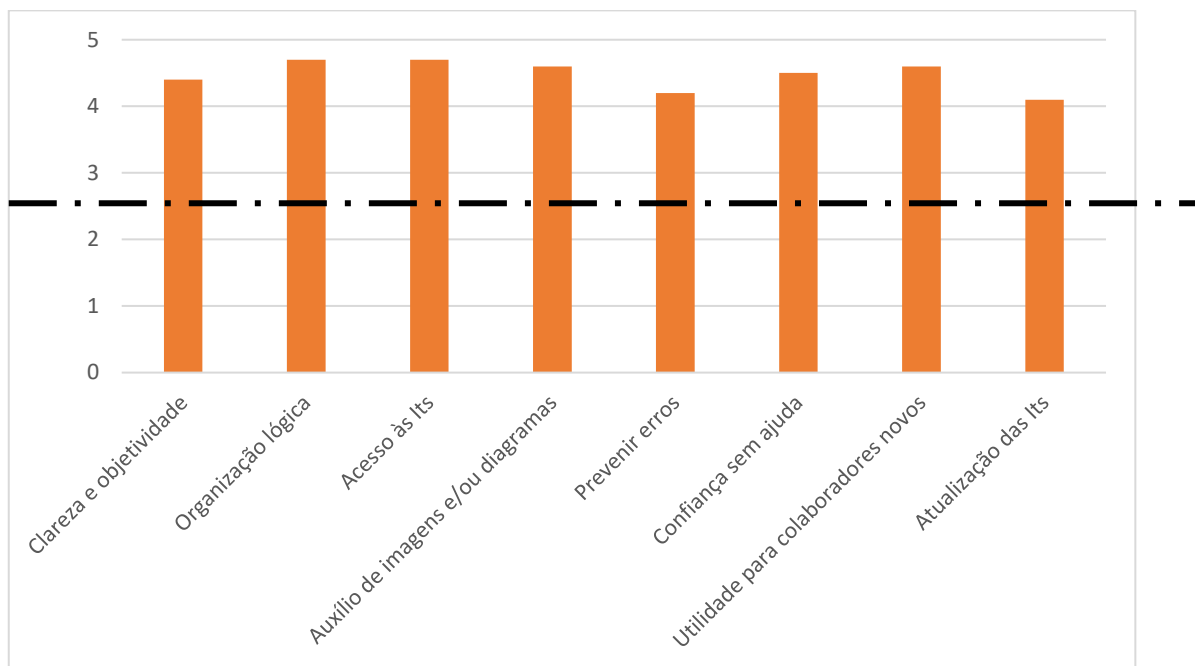


Figura 30 – Média das respostas do inquérito realizado aos novos colaboradores

De forma geral, esta análise evidencia que os colaboradores reconhecem o devido valor das ITs, mas também identificam pontos onde um reforço do conteúdo e da consistência dos documentos poderá ter impacto direto na confiança, na adoção no dia a dia e na redução de erros operacionais. Além disso, destaca-se a importância de garantir que as ITs se mantenham atualizadas e alinhadas com a realidade, uma vez que a linha é bastante recente e está sujeita a mudanças frequentes. É fundamental promover a participação ativa dos operadores na revisão e melhoria contínua das instruções, visto que poderá não só aumentar o nível de adesão, como também contribuir para uma cultura mais forte de qualidade e padronização. Por fim, estes resultados oferecem uma base sólida para orientar ações de melhoria específicas, assegurando que as ITs permanecem uma ferramenta útil, prática e eficaz no apoio à execução das tarefas e na formação dos colaboradores.

4.2. Apresentação de resultados realizados com a produção dos transdutores

Neste subcapítulo, são apresentados os resultados obtidos na fase de planeamento e desenvolvimento da futura linha de produção de transdutores. Tendo em vista a necessidade de garantir um processo produtivo eficiente e alinhado com a procura anual, foi realizado um estudo detalhado com base em previsões de produção, capacidades operacionais e metodologias de engenharia e gestão industrial apresentadas anteriormente. Como a linha ainda se encontra em fase de implementação, foi necessário conceber integralmente o processo produtivo, desde a definição do fluxo de valor até ao layout físico da unidade.

Através da análise de dados e da aplicação de ferramentas como o dimensionamento da capacidade produtiva, foi possível calcular indicadores-chave como o Takt Time e o Tempo de Ciclo necessário, considerando fatores como a eficiência global do equipamento (OEE). Estes elementos permitiram validar, de forma teórica, a viabilidade da nova linha de produção e constituem a base para a sua futura implementação na unidade industrial em Portugal.

Com base na previsão de produção anual (3000 peças em 11 meses úteis) e no tempo de trabalho disponível por operador (7h30 por dia durante 21 dias úteis), calcula-se um total mensal de 9900 minutos disponíveis por colaborador. Dividindo este valor pelo número médio mensal de peças (273), obtém-se um Takt Time de 35 minutos por peça. Ao considerar um OEE de 80%, o tempo de ciclo realista necessário para garantir o cumprimento da procura é ajustado para 28 minutos por peça.

Como a linha ainda não está em funcionamento, foi necessário desenvolver todos os elementos do processo produtivo a partir do zero, incluindo:

- O *Value Stream Mapping* (VSM) que representa o fluxo ideal de materiais e informações.
- O layout físico preliminar, projetado para garantir fluidez no processo, minimizar deslocações e facilitar a implementação futura das Instruções de Trabalho (ITs).

Relativamente ao VSM, como não existem dados reais de tempos de operação na HBK de Portugal, foi necessário recorrer a uma abordagem alternativa para estimar os tempos de produção. Para esse fim, foram utilizados como referência os tempos praticados na unidade de produção da China, que já opera uma linha semelhante de transdutores.

Estes tempos foram adaptados ao contexto local, considerando possíveis diferenças em termos de organização do trabalho, experiência dos operadores, diferentes tipos de máquinas, infraestruturas e outros fatores relevantes. Embora não representem com total precisão a realidade futura da unidade portuguesa, estes valores fornecem uma base realista e suficientemente fiável para a simulação de cenários e o planeamento inicial do processo produtivo.

O VSM desenvolvido encontra-se no Apêndice D, onde é possível visualizar o fluxo ideal de materiais e informações definido para a futura linha de produção. Com o objetivo de facilitar a leitura e interpretação do mapa, para além da simbologia já conhecida, foram utilizados

símbolos coloridos personalizados (Figura 31), escolhidos de forma a destacar visualmente algumas notas e informações relevantes.

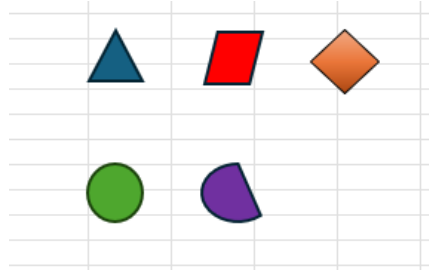


Figura 31 – Simbologia personalizada utilizada para destacar notas importantes no VSM

Segue-se a legenda dos símbolos, com a respetiva explicação das funções que cada um representa:

Triângulo azul- Equipa do planeamento informa sobre chegada de materiais em falta e materiais a abastecer as linhas de produção. Equipa do armazém reporta materiais em falta.

Círculo verde- Equipa de planeamento negocia compra e entrega de matérias-primas. Fornecedor confirma disponibilidade e datas de entrega.

Meio círculo roxo- Equipa do planeamento define e informa *Team Leader* sobre plano de produção. *Team Leader* valida plano de produção e reporta declaração de produção.

Trapézio vermelho- Tempo estimado, uma vez que ainda não existem fornecedores locais validados.

Losango laranja- Cliente requisita venda e entrega de produtos. Equipa de planeamento confirma execução e datas de entrega.

Considerando que o **Lead Time** total do processo é de 23 dias, correspondendo a 10382 minutos, e que o tempo de valor acrescentado é de apenas 72 minutos, obtém-se uma taxa de valor acrescentado de aproximadamente 0,70%. Este valor evidencia que o processo em análise é extremamente ineficiente, apresentando uma grande predominância de tempos de espera em relação ao tempo efetivo de transformação do produto. Deste modo, tal resultado revela um elevado potencial de melhoria.

Esta ineficiência é característica de processos em fase inicial de industrialização, onde ainda não foram implementadas práticas *Lean* estruturadas. Destaca-se que os maiores tempos de espera estão associados a:

- Cura do silicone, cuja duração prolongada é incompatível com ciclos de produção curtos;
- Testes de estanquidade (IP68), cuja execução e validação requerem um tempo considerável;

- Dependência de fornecedores externos, que impacta o início do processo produtivo.

Nesse sentido, torna-se essencial procurar soluções para otimizar estas operações, tais como, substituir por materiais com um tempo de cura reduzido, uma automatização parcial dos testes de qualidade (por exemplo, uso de sistemas de detecção automática de falhas durante o teste IP68), rever o layout da linha de modo a eliminar movimentações desnecessárias, adotar métodos JIT e Kanban para melhorar a gestão de materiais e sincronização entre etapas e, criar de células de produção autónomas, capazes de executar todo o ciclo de fabrico com mínima dependência de outras áreas.

Embora não tenham sido calculadas estimativas exatas de redução de tempo, espera-se que, com a implementação destas melhorias, seja possível aumentar significativamente a taxa de valor acrescentado. Em setores industriais com maturidade *Lean*, este valor pode situar-se entre 5% e 20%, o que reforça o elevado potencial de otimização identificado neste processo.

Estas conclusões mostram a relevância do VSM como ferramenta estratégica para a tomada de decisão e para a definição de planos de ação que visem aumentar a eficiência, reduzir desperdícios e melhorar a fluidez do fluxo de produção.

Para além da análise do estado atual, e em concordância com os princípios do Sistema de Produção da Toyota (SPT), é fundamental desenvolver um VSM de estado futuro (*Future State Map*) que represente a visão-alvo otimizada da linha de produção. Este mapa deverá incorporar as melhorias propostas — como redução de tempos de espera, aplicação de células de produção, e sincronização entre operações — permitindo uma representação clara dos fluxos ideais de materiais e informação. Tal como sugerido no modelo Toyota, o desenvolvimento de um *Future State Map* é essencial para orientar de forma sistemática os esforços de melhoria contínua, estabelecer metas realistas e alinhar todas as equipas envolvidas com uma visão comum de eficiência e excelência operacional.

No que diz respeito ao *layout*, este foi desenvolvido em conjunto com o orientador de estágio com base nas melhores práticas de organização industrial, tendo como objetivos principais a eficiência operacional e a ergonomia dos postos de trabalho. As áreas de produção foram organizadas de forma sequencial e lógica, desde a marcação a laser até ao embalamento do produto final, otimizando o fluxo de materiais e reduzindo desperdícios. As setas vermelhas indicam o fluxo de produção principal e os círculos cor-de-rosa dizem respeito aos pontos críticos de controlo (Figura 32).

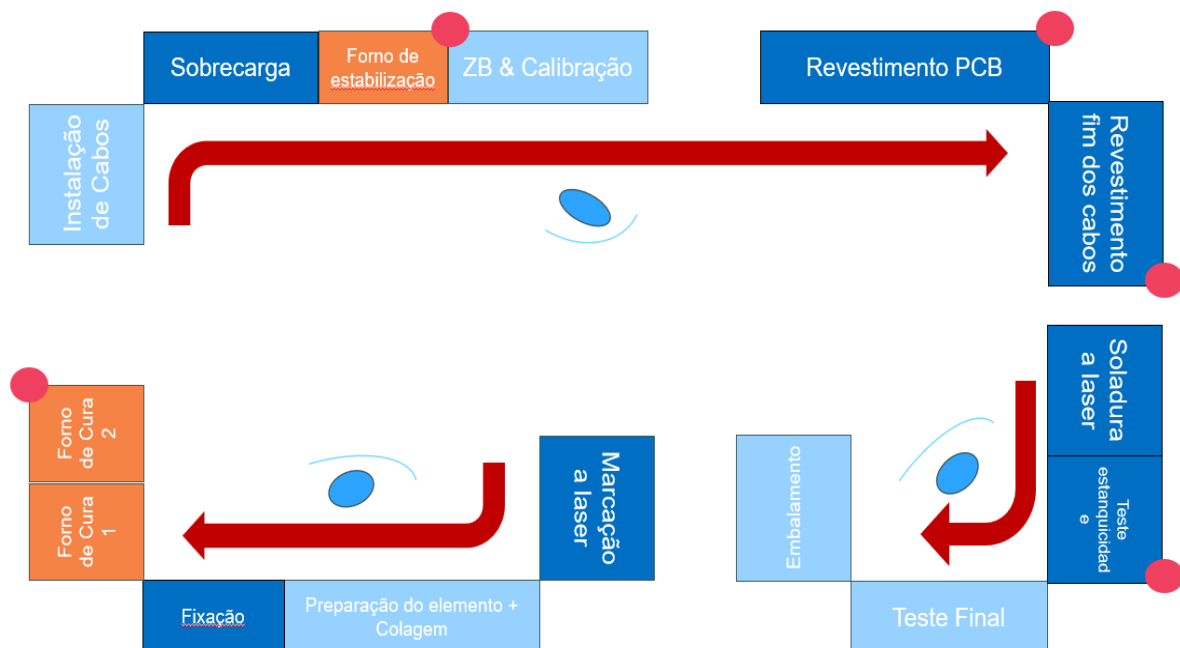


Figura 32 – Layout da linha de produção dos transdutores

Para além de representar a disposição física dos postos de trabalho, o layout assume um papel estratégico na gestão da linha de produção. A sua conceção teve por base uma análise crítica dos requisitos técnicos e operacionais, incorporando elementos que promovem o fluxo contínuo, a comunicação visual entre etapas e a minimização de tempos não produtivos. O layout foi organizado segundo uma configuração em U permitindo que os operadores se desloquem com facilidade entre os diferentes postos com trajetos curtos e lógicos. Esta disposição favorece a polivalência, possibilitando que um mesmo operador acompanhe várias fases do processo, o que contribui para a flexibilidade da linha e redução de tempos de espera.

A organização do trabalho em ilhas, como ilustrado neste layout, permite ainda uma gestão mais eficiente dos recursos humanos e materiais, melhorando a comunicação entre as etapas, a deteção de problemas em tempo real e a coordenação geral do processo.

Importa destacar que o layout foi desenhado a pensar na sua flexibilidade futura, permitindo adaptações em função da introdução de novos produtos ou de alterações na cadência produtiva. Esta abordagem garante que a linha de produção se mantém ajustável e resiliente, assegurando a continuidade da melhoria contínua.

Por fim, o layout não constitui apenas um suporte físico à operação, mas um verdadeiro instrumento de gestão industrial, alinhado com os princípios *Lean* e com os objetivos definidos para este projeto. A sua implementação reforça a articulação entre padronização documental, organização no espaço e desempenho operacional.

5. Conclusão

5.1. Conclusões Finais

O presente trabalho teve como objetivo central a análise da integração entre a industrialização OEM (*Original Equipment Manufacturer*) e os Sistemas de Gestão (SG), explorando o potencial conjunto destas abordagens para promover a eficiência, a qualidade, a flexibilidade e a sustentabilidade nas operações industriais. A dissertação desenvolveu-se em torno de duas vertentes complementares: uma componente teórica, que consistiu numa revisão bibliográfica alargada e detalhada; e uma componente prática, realizada no âmbito de um estágio curricular na empresa HBK FiberSensing, onde foi implementado um projeto piloto de organização industrial com base em boas práticas *Lean* e de gestão da qualidade.

A revisão do estado da arte focou-se no estudo do acondicionamento e do *outsourcing* como estratégias-chave no contexto OEM, analisando tanto os benefícios económicos e ambientais como os desafios operacionais e logísticos associados. O acondicionamento surgiu como uma prática industrial altamente relevante no enquadramento da Economia Circular, permitindo prolongar o ciclo de vida dos produtos, reduzir desperdícios e minimizar custos, enquanto responde a exigências ambientais cada vez mais presentes nos mercados globais. O *outsourcing*, por sua vez, foi analisado como um mecanismo de flexibilidade operacional, que permite às empresas focarem-se nas suas competências nucleares e acederem a tecnologias e especializações externas, ainda que com riscos associados ao controlo de qualidade, dependência e confidencialidade.

Paralelamente, foram analisadas as metodologias *Lean*, *Six Sigma* e outros instrumentos de gestão aplicáveis à industrialização OEM, destacando-se a sua capacidade para eliminar desperdícios, padronizar processos, otimizar fluxos produtivos e garantir elevados níveis de qualidade. A integração de sistemas de gestão, como ERP, MES e SCM, mostrou-se igualmente essencial para garantir a coerência, rastreabilidade e visibilidade dos processos, reforçando a tomada de decisões baseada em dados e o alinhamento estratégico da organização.

Na vertente prática, a aplicação dos conceitos anteriormente estudados permitiu validar o seu impacto real no ambiente empresarial. A criação de raiz das ITs na linha de produção dos *strain gauges* na HBK permitiu a implementação direta de uma estrutura de Instruções de Trabalho (ITs), elaboradas com base em observações de campo, levantamento de requisitos técnicos e envolvimento dos operadores. As ITs revelaram-se um elemento fundamental para a padronização dos processos, redução de variabilidade, melhoria da qualidade do produto e

Conclusão

apoio ao *onboarding* de novos colaboradores. Através de dois inquéritos realizados — um dirigido a operadores experientes e outro a novos elementos da equipa — foi possível aferir o impacto real da utilização das ITs na linha de produção, verificando-se uma evolução positiva na perceção dos utilizadores, sobretudo ao nível da clareza, acessibilidade e confiança na execução das tarefas.

Adicionalmente, o desenvolvimento e análise do *Value Stream Mapping* (VSM) na nova linha de produção de transdutores permitiu identificar ineficiências relevantes, como longos tempos de espera, baixa taxa de valor acrescentado (cerca de 0,70%) e gargalos em processos como a cura do silicone e os testes de estanquidade (IP68). Estas observações suportaram a formulação de propostas concretas de melhoria, nomeadamente a utilização de materiais com tempos de cura reduzidos, a automatização parcial dos testes de qualidade e a reorganização do layout produtivo. Com base no pensamento *Lean*, defendeu-se também a necessidade de desenvolver um VSM de estado futuro, à semelhança do preconizado no Sistema de Produção da Toyota, como forma de estruturar e orientar a evolução da linha de produção rumo a um cenário mais eficiente, integrado e sustentável.

O uso de *strain gauges* demonstrou ser um fator diferenciador na estratégia de industrialização OEM da HBK, permitindo uma monitorização precisa de deformações e contribuindo ativamente para o controlo da qualidade, a rastreabilidade dos processos e a manutenção preditiva dos produtos. Esta tecnologia, aliada à digitalização e integração de sistemas, insere-se numa lógica de transição para a Indústria 4.0, onde sensores inteligentes e análise de dados em tempo real suportam a tomada de decisões, a melhoria contínua e a criação de valor.

Por fim, conclui-se que a combinação entre práticas de gestão modernas, tecnologias emergentes e estratégias operacionais flexíveis constitui um caminho sólido para aumentar a competitividade das organizações num ambiente industrial marcado por rápidas mudanças tecnológicas, exigências regulatórias e pressão por maior sustentabilidade. A aplicação articulada dos conceitos teóricos e das práticas desenvolvidas ao longo deste trabalho demonstrou ser eficaz para estruturar processos, melhorar o desempenho e estimular a inovação em contextos industriais reais.

Neste sentido, espera-se que os resultados e reflexões aqui apresentados possam servir de base para a adoção de abordagens semelhantes noutras organizações e setores, contribuindo para a evolução do paradigma produtivo e para a consolidação de um modelo industrial mais inteligente, adaptável e sustentável.

5.2. Limitações e trabalhos futuros

Apesar dos contributos relevantes deste trabalho, existem algumas limitações que importa reconhecer. A primeira limitação diz respeito ao facto de a análise ter sido realizada com base num único caso de estudo, a empresa HBK, que é uma empresa recente em Portugal. Embora esta tenha proporcionado um contexto real e detalhado para a aplicação dos conceitos teóricos,

Conclusão

a limitação a um só cenário reduz a generalização dos resultados a outras empresas ou setores industriais com características diferentes.

Adicionalmente, os dados recolhidos têm um horizonte temporal relativamente curto, o que impede a avaliação dos efeitos a médio e longo prazo das ações implementadas, como a introdução/atualização das instruções de trabalho ou a utilização sistemática dos *strain gauges*. Os impactos reais dessas medidas, sobretudo em termos de ganhos de produtividade, melhoria da qualidade e redução de falhas, poderão só ser plenamente visíveis após um período mais alargado de monitorização e acompanhamento. Outra limitação relevante prende-se com a ausência de dados quantitativos robustos que permitam validar com maior precisão os benefícios operacionais das mudanças implementadas. Embora se tenha verificado uma aceitação positiva por parte dos operadores e supervisores, não foi possível realizar uma comparação estatística entre indicadores de desempenho anteriores e posteriores à intervenção, o que teria enriquecido a análise crítica. Por fim, a integração tecnológica entre os sensores de medição e os sistemas de gestão, embora conceptualmente sólida, ainda apresenta limitações práticas. Estas incluem dificuldades na compatibilidade entre plataformas, barreiras de comunicação de dados e dependência de competências técnicas específicas para garantir o funcionamento eficaz dos sistemas interligados.

No seguimento deste trabalho, várias oportunidades de investigação futura podem ser exploradas. Seria pertinente a realização de estudos longitudinais que avaliem o impacto sustentado das instruções de trabalho na eficiência produtiva e na qualidade dos produtos. Do mesmo modo, estudos comparativos entre diferentes empresas OEM, com distintos níveis de maturidade digital e organizacional, poderiam ajudar a identificar fatores críticos de sucesso e replicabilidade de boas práticas.

Outra linha de investigação promissora será o aprofundamento da aplicação de tecnologias emergentes, tais como a inteligência artificial e os *Digital Twins*, para reforçar a monitorização e a tomada de decisão em tempo real nos processos industriais. Adicionalmente, a automatização da atualização das instruções de trabalho com base em alterações dos processos, bem como o desenvolvimento de indicadores de desempenho específicos para monitorizar a eficácia destas instruções, constitui também uma área relevante a explorar.

Será igualmente relevante aprofundar o estudo da integração entre sustentabilidade, recondicionamento e modelos OEM, considerando as crescentes exigências ambientais e regulatórias, e o papel que os sistemas de gestão podem desempenhar na promoção da economia circular.

Por último, seria importante avaliar se o layout implementado no contexto da empresa estudada é, de facto, o mais adequado às necessidades operacionais e fluxos de trabalho existentes, ou se seriam necessárias alterações para otimizar o desempenho e a ergonomia dos postos de trabalho. Esta análise torna-se ainda mais relevante considerando que a linha em questão ainda não começou a produzir, o que oferece uma oportunidade valiosa para realizar ajustes antes do início da produção efetiva, minimizando impactos e facilitando a implementação de melhorias desde o arranque.

Conclusão

Referências

- Alireza Goli a, E. B. (14 de Maio de 2019). A robust just-in-time flow shop scheduling problem without outsourcing option on subcontractors.
- Atalay Atasu, V. D., & Production and Operations Management. (s.d.). Product Reuse Economics in Closed-Loop Supply Chain Research.
- B. P.Santos, A. A.-S. (15 de Janeiro de 2018). INDÚSTRIA 4.0: DESAFIOS E OPORTUNIDADES.
- Bin Shen, Q. L. (2017). Design outsourcing in the fashion supply chain: OEM versus ODM. *Journal of the Operational Research Society* .
- BMW. (s.d.). Genuine vs. OEM vs. OE vs. Aftermarket BMW Parts.
- by Zongbao Zou, ,. W. (30 de Junho de 2022). How Does Retailer-Oriented Remanufacturing Affect the OEM's Quality Choice?
- Carter, C. (1 de Outubro de 2024). *What Is OEM? Definition, Relationship with VARs, Benefits & More*.
- Carter, C. (1 de Outubro de 2024). *OEM vs OE: What's the Difference?*
- Chang Fang, S. F. (Maio de 2003). The optimal remanufacturing strategy, returned quality choice and independent remanufacturers' advantage for tackling extreme weather.
- Chang Fang, S. F. (Fevereiro de 2023). The choice of remanufacturing strategy for the OEM with third-party remanufacturers' advantages.
- Cheng-Han Wu, H.-H. W. (Agosto de 2016). Competitive remanufacturing strategy and take-back decision with OEM remanufacturing.
- Co, W. &. (18 de Novembro de 2020). Kitchen Layouts: 6 Ways to Arrange Your Kitchen.
- communications, T. (s.d.). Industry 4.0.
- Dai, Z. (.-m., & Guo, L. (. (2010). *The Efficiency of Outsourcing Analysis in JIT Production Model with On-line Problems*. Harbin, PEOPLES R CHINA: IEEE.
- Feng LIN, X. Q. (Setembro de 2021). Effects of in-house production on channel structures in a co-opetitive supply chain under supply uncertainty.
- Guan, J., & Vaidyanathan, G. (2004). Value of change in firms from ERP implementations. *International Conference on Service Systems and Service Management*. Beijing, PEOPLES R CHINA: IEEE Syst, Man & Cybernet Soc; Tsinghua Univ, Sch Econ & Management.
- HBK. (2025). Obtido de <https://www.hbkworld.com/pt/products/transducers>
- Hoffmann, K. (s.d.). *An Introduction to Stress Analysis and Transducer Design using Strain Gauges*.
- Hou, D., & Chen, C. (2013). Research on Development Status and Countermeasures of Chinese OEM Enterprises. *International Conference on Sports Medicine and Sports Management (SMSM)*. Auckland, NEW ZEALAND: Hong Kong Educ Soc; Singapore Management & Sports Sci Inst.
- Indeed Editorial Team. (20 de Dezembro de 2023). *What is a management system? Learn their uses and benefits*.

Referências

- International Royale. (4 de Julho de 2024). *OEM: What Is an Original Equipment Manufacturer?*
- Janjic, G., Tanasic, Z., & Stojkovic, R. (. (2022). DEVELOPMENT OF A QUALITY MANAGEMENT MODEL IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY WITH A FOCUS ON THE QUALITY OF INCOMING PRODUCTS (PART I). pp. 115-126.
- Jian Liu, B. M. (16 de Novembro de 2022). Rent, sell, and remanufacture: The manufacturer's choice when remanufacturing can be outsourced.
- Johan Vogt Duberg, E. S.-P. (s.d.). Exploring the incentives for initiating remanufacturing:. p. 6.
- Kagan, J. (24 de Agosto de 2024). *Original Equipment Manufacturer (OEM): Definition and Examples*.
- Kim, B. K. (8 de Novembro de 2010). MES (manufacturing execution system) architecture for FMS compatible to ERP (enterprise planning system).
- Michela Zambetti, M. A. (2020). Enabling servitization by retrofitting legacy equipment for Industry 4.0 applications: benefits and barriers for OEMs.
- Muhammad Ahmad Baballe, M. A. (2023). Advantages and Challenges of Remanufactured Products.
- Nascimento, L. d. (21 de Março de 2006). Fatores que Influenciam a flexibilidade da produção de veículos comerciais.
- Park, H.-S., & Dang, X.-P. (2011). *Design and Simulation-Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold*.
- Paul D. Larson, A. H. (2006). What is SCM? And, Where is it? *Journal of Supply Chain Management* .
- Peng Ma, M. L. (1 de agosto de 2023). *Operational and financing decisions of original equipment manufacturers*, p. 15.
- Qin Zhou, C. M.-B. (Junho de 2023). Remanufacturing mode and strategic decision: A game-theoretic approach.
- Qin Zhou, K. F. (10 de dezembro de 2020). An investigation of original equipment manufacturer's optimal remanufacturing mode and engagement strategy.
- Qin Zhoua, C. M. (19 de Junho de 2023). Optimal remanufacturing strategies for original equipment manufacturers: partner and mode selection.
- R. Canan Savaskan, S. B. (Fevereiro de 2004). Closed - Loop Supply Chain Models with Product Remanufacturing.
- Ray Y. Zhong, Q. D. (Abril de 2013). RFID-enabled real-time manufacturing execution system for mass-customization production.
- Silva, S. L. (2009). *Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Somnath Lahiri, A. K. (24 de outubro de 2021). *Performance implications of outsourcing: A meta-analysis*, p. 14.
- SYMESTIC. (s.d.). Everything you want to know about Manufacturing Execution Systems (MES).
- TECHNIA. (s.d.). What is Product Lifecycle Management (PLM)?
- TOTVS, E. (s.d.). : O que é ERP? Guia completo sobre o sistema de gestão.
- Valdambrini, J. O. (s.d.). O Recall na empresa montadora sob a perspectiva informacional da gestão do ciclo de vida do produto (Product Lifecycle Management – PLM).
- Verhaegh, R. (2008). *Outsourcing & JIT “And what about the risks?”*. Tilburg: Mr. Cleeren.
- Wei Li, R. T. (6 de maio de 2024). *Original equipment manufacturer with remanufacturing:*, p. 19.
- Yujie Zhao, H. Z. (Outubro de 2021). Outsourcing remanufacturing and collecting strategies analysis with information asymmetry.

Referências

- Yuwen Chen, G. K. (14 de Dezembro de 2020). *A Win–Win strategy analysis for an original equipment manufacturer*, p. 13.
- Zenone, L. C. (2007). *Gestão do Relacionamento com o Cliente e a Competitividade Empresarial*. Ruben Prates.

Referências

Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: Joana Gomes Sá Ramos

ISEP, Porto, 07 de julho de 2025

Declaração de Integridade

Apêndice A - Análise de co-ocorrência

Neste apêndice apresentam-se as vistas da rede, temporal e densitométrica, respetivamente.

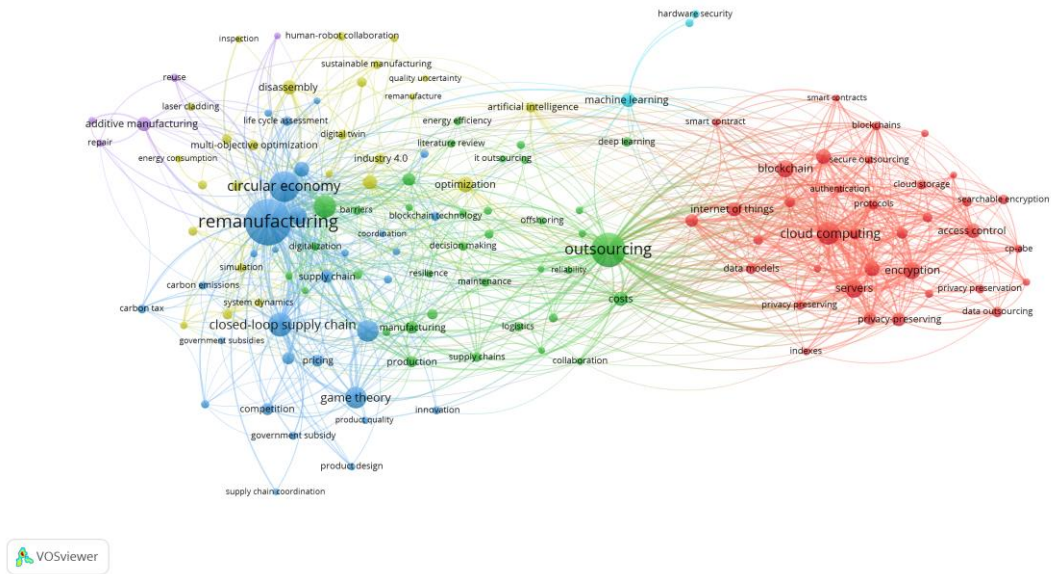


Figura A 1 – Análise de co-ocorrência – vista da rede

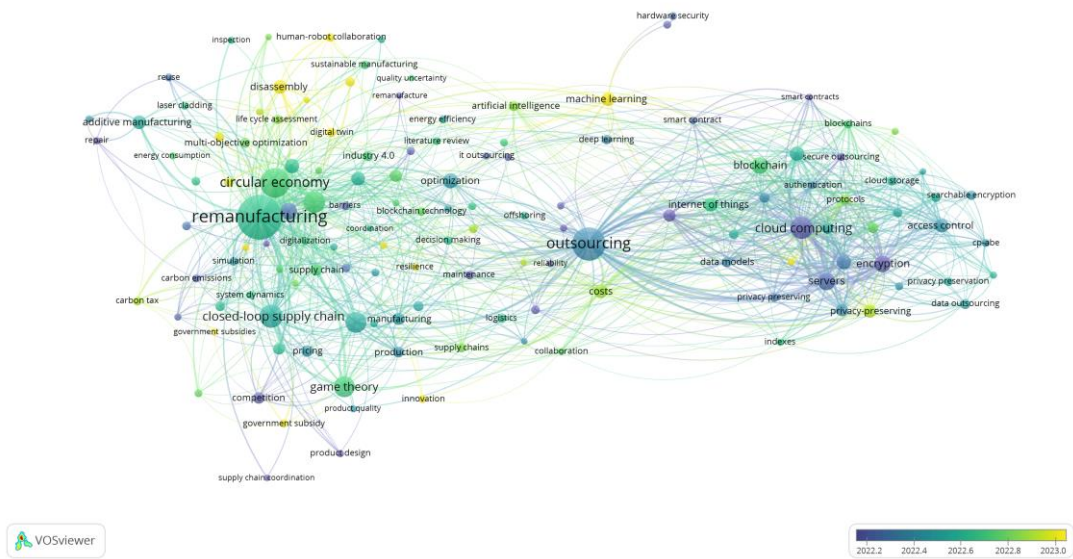


Figura A 2 - Análise de co-ocorrência – vista temporal

Apêndice A - Análise de co-ocorrência

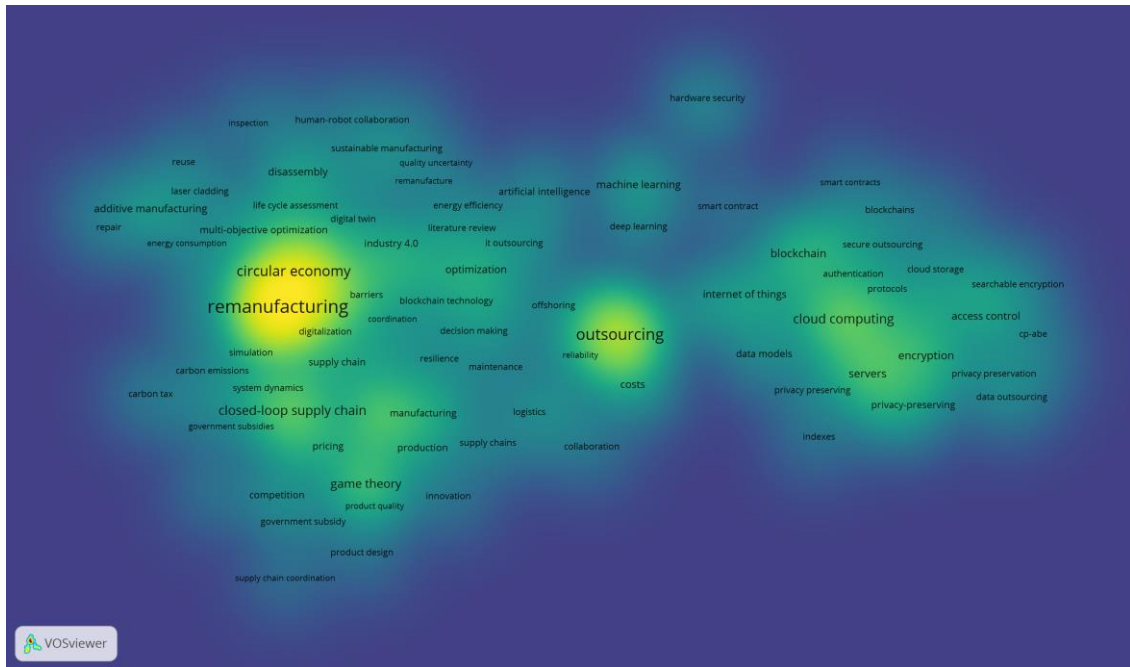


Figura A 3 - Análise de co-ocorrência – vista densitométrica

Apêndice B – Análise de citação

Apresenta-se a análise por documentos, fontes e autores, respetivamente.

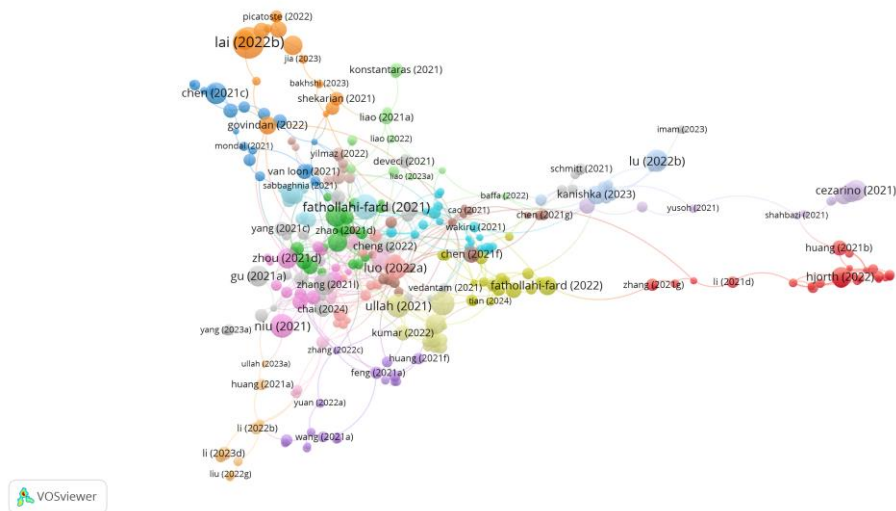


Figura B 1 - Análise por citação - documentos

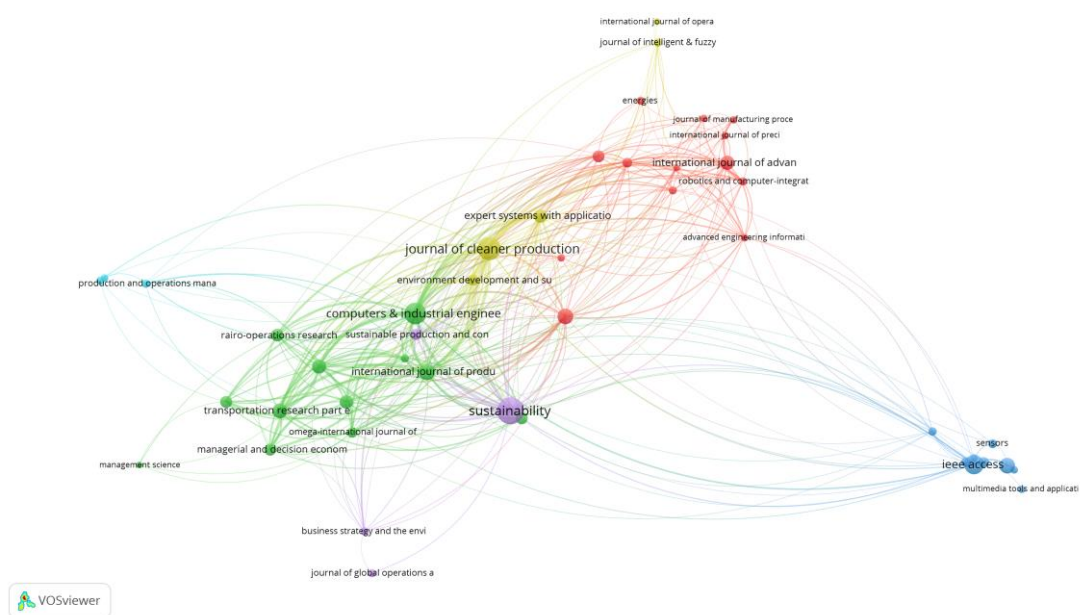


Figura B 2 - Análise por citação - fontes

Apêndice B – Análise de citação

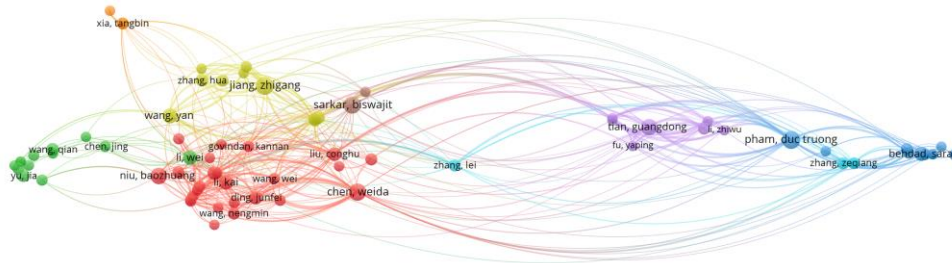


Figura B 3 - Análise por citação - autores

Apêndice C – Análise de co-citação

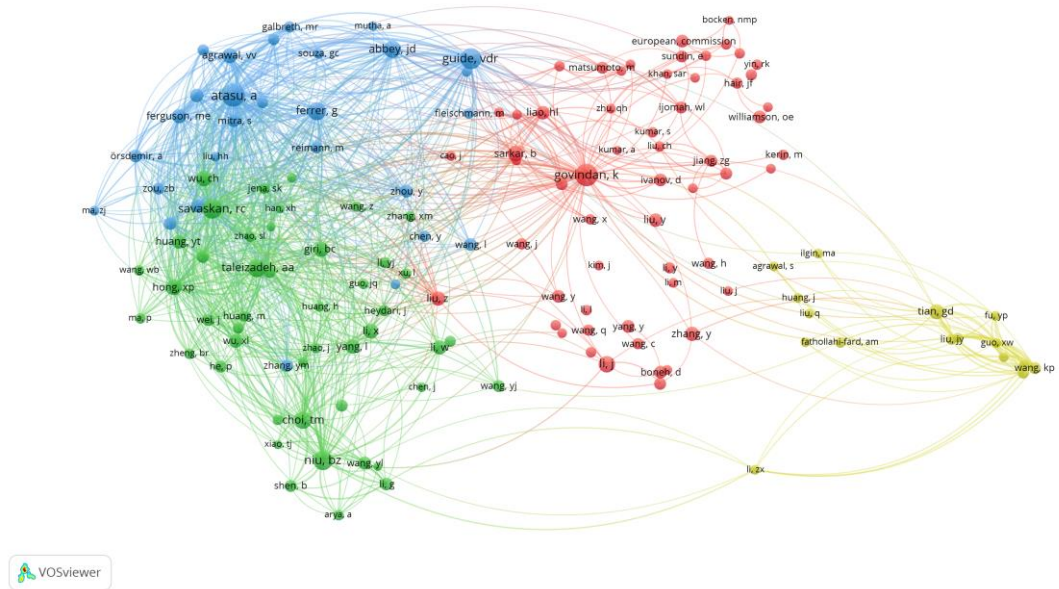


Figura C 3 - Análise por co-citação - autores

***Apêndice D - Value Stream Mapping da linha de produção dos
transdutores***

Apêndice D - Value Stream Mapping da linha de produção dos transdutores

