

Universidades Lusíada

Madureira, Rui Pedro da Silva

Integração de ferramentas lean e metodologia RCM no contexto da indústria automóvel : uma análise do estado atual

<http://hdl.handle.net/11067/7032>

Metadados

Data de Publicação	2022
Resumo	<p>A presente dissertação surgiu da necessidade em identificar e avaliar as vantagens que podem surgir da implementação da abordagem Lean Manufacturing e Reliability Centered Maintenance (RCM) em contexto industrial. Assim, inicialmente foi efetuado o enquadramento do tema, a caracterização teórica das ferramentas Lean e RCM, bem como de uma revisão da literatura sobre a integração das duas abordagens no contexto industrial. Com o estudo bibliométrico era pretendido rever as estratégias atualmente e...</p> <p>The present dissertation is the outcome from the need to identify and evaluate the advantages that may arise from the implementation of the Lean Manufacturing and Reliability Centered Maintenance (RCM) approach in an industrial context. Thus, initially the theme was outlined, through a theoretical characterization of Lean and RCM tools, as well as a literature review was performed on the integration of both approaches in the industrial context. With the bibliometric study, it was intended to sys...</p>
Palavras Chave	Gestão industrial, Indústria Automóvel, Lean manufacturing, Manutenção industrial
Tipo	masterThesis
Revisão de Pares	no
Coleções	[ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-04-28T15:22:42Z com informação proveniente do Repositório



UNIVERSIDADE LUSÍADA
CAMPUS DE VILA NOVA DE FAMALICÃO

**Integração de ferramentas *Lean* e metodologia RCM no
contexto da indústria automóvel:
uma análise do estado atual**

Rui Pedro da Silva Madureira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Vila Nova de Famalicão – dezembro 2022



UNIVERSIDADE LUSÍADA
CAMPUS DE VILA NOVA DE FAMALICÃO

**Integração de ferramentas *Lean* e metodologia RCM no
contexto da indústria automóvel:
uma análise do estado atual**

Rui Pedro da Silva Madureira

Orientadora: Professora Doutora Ana Cristina Ferreira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Agradecimentos

Neste concluir de um ciclo gostaria de agradecer a todos aqueles que me acompanharam ao longo da realização deste projeto e que foram essenciais neste percurso final.

Agradeço às entidades empresariais pela ajuda que demonstraram no preenchimento do questionário para o desenvolvimento do projeto de dissertação.

Gostaria também de agradecer à Professora Doutora Ana Cristina Ferreira pela disponibilidade que teve no apoio, orientação e na obtenção de respostas.

Gostaria de agradecer a todos os professores que fizeram parte do meu percurso académico, pela forma como me transmitiram o seu conhecimento e aos meus pais, à minha família e amigos que estiveram sempre ao meu lado e que foram importantes para o meu futuro profissional, académico e pessoal.

A todos o meu **OBRIGADO!**

Resumo

A presente dissertação surgiu da necessidade em identificar e avaliar as vantagens que podem surgir da implementação da abordagem *Lean Manufacturing* e *Reliability Centered Maintenance* (RCM) em contexto industrial.

Assim, inicialmente foi efetuado o enquadramento do tema, a caracterização teórica das ferramentas *Lean* e RCM, bem como de uma revisão da literatura sobre a integração das duas abordagens no contexto industrial. Com o estudo bibliométrico era pretendido rever as estratégias atualmente existentes na indústria, sobretudo no setor automóvel, e que contribuem para a consolidação dos conhecimentos sobre a eficácia das ferramentas *Lean* e metodologia RCM na melhoria das empresas.

Foi desenvolvido um inquérito por questionário aplicado a empresas fabricantes de componentes para o setor da indústria automóvel. O questionário foi submetido a 111 empresas, tendo sido obtidas 23 respostas, o que corresponde a 21% da amostra. A maior percentagem das empresas que responderam ao questionário (32%) pertencem à indústria metalurgia e metalomecânica. Destes, apenas 56,5% das empresas implementam a abordagem *Lean* e as suas ferramentas, enquanto que apenas 21,7% dizem ter conhecimento acerca da metodologia RCM. De acordo com o questionário, a ferramenta 5S é a metodologia mais utilizada pela empresa (47,8%). O ciclo PDCA também se destaca, uma vez que representa 43,5% das respostas.

O *Lean Manufacturing* mostra-se eficiente na garantia da segurança no trabalho e na redução do desperdício na indústria, de acordo com o estabelecimento de metas para a melhoria da produção.

As abordagens com melhores resultados resultam numa melhor inteligência do processo preditivo na deteção precoce de falhas, na diminuição das exigências das competências técnicas dos colaboradores da empresa, na redução do tempo de inatividade através de um aviso prévio de falha de equipamento. A integração da RCM demonstra-se como um aspeto importante no alcance de poupanças substanciais de custos e objetivos importantes de manutenção de ativos.

Palavras-chave:

Lean Manufacturing, Metodologia RCM, Indústria, Manutenção Industrial

Abstract

The present dissertation is the outcome from the need to identify and evaluate the advantages that may arise from the implementation of the Lean Manufacturing and Reliability Centered Maintenance (RCM) approach in an industrial context.

Thus, initially the theme was outlined, through a theoretical characterization of Lean and RCM tools, as well as a literature review was performed on the integration of both approaches in the industrial context. With the bibliometric study, it was intended to systematically review the strategies currently existing in the industry, especially in the automotive sector, and which contribute to the consolidation of knowledge about the effectiveness of Lean tools and RCM methodology in companies' improving.

A questionnaire survey was developed and applied to companies that manufacture components for the automotive industry. The questionnaire was submitted to 111 companies, being obtained 23 responses, which corresponds to 21% of the sample. The largest percentage of companies that responded to the questionnaire (32%) belong to the metallurgy and metalworking industry. Of these, only 56.5% of companies implement the Lean approach and its tools, while only 21.7% claim to have knowledge about the RCM methodology. According to the questionnaire, the 5S tool is the most frequently used by companies (47.8%). The PDCA cycle also stands out, since it represents 43.5% of the responses.

Lean Manufacturing proves to be efficient in guaranteeing safety at work and reducing waste in the industry, in accordance with the establishment of targets for improving production.

With regard to maintenance, the approaches with the best results result in better predictive process in the early detection of failures, in the reduction of demands on the technical skills of the company's employees, in the reduction of downtime through an early warning of equipment failure. The integration of RCM proves to be an important aspect in achieving substantial cost savings and important asset maintenance goals.

Keywords:

Lean Manufacturing, RCM Methodology, Industry Context, Industrial Maintenance

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas.....	x
Lista de abreviaturas.....	xi
1. Introdução.....	1
1.1 Motivação e enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Identificação das metodologias aplicadas.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Conceitos e fundamentos teóricos.....	4
2.1 Caracterização da abordagem Lean.....	4
2.1.2 Identificação dos oito desperdícios.....	9
2.2.2 Ferramenta 5S.....	11
2.3 Caracterização da abordagem da manutenção centrada na fiabilidade.....	13
2.3.1 História da metodologia RCM.....	13
2.3.2 Definição da Metodologia RCM.....	14
2.3.3 Princípios do RCM.....	17
2.3.4 Etapas de implementação da metodologia RCM.....	18
2.3.5 Análise de modos de falha e efeitos.....	19
2.3.6 Benefícios e limitações da implementação da metodologia RCM.....	20
2.3.7 Áreas de aplicação da metodologia RCM.....	20
2.4 Impacto da metodologia RCM e do Lean nos sistemas produtivos.....	21
2.5 Técnica de inquérito por questionário.....	22
3. Lean Manufacturing e RCM na indústria – Análise Bibliométrica.....	23
3.1 Parametriação da revisão sistemática da literatura.....	23
3.2 Resultados da análise bibliométrica.....	27
3.2.2 Análise da integração da metodologia RCM na indústria.....	33
4. Lean Manufacturing e RCM na indústria automóvel – Análise de questionários.....	40
4.1 Método de recolha de dados e caracterização da amostra.....	40
4.1.1 Inquéritos por questionário.....	40

4.1.2	Construção e estrutura do questionário	40
4.1.3	Caracterização da amostra	41
4.2	Apresentação e análise dos resultados dos questionários	41
4.2.1	Caracterização das empresas inquiridas	42
4.2.2	Análise da integração das ferramentas Lean nas empresas	44
4.2.3	Análise da integração da metodologia RCM nas empresas.....	46
4.2.4	Análise da integração do Lean e da metodologia RCM nas empresas.....	47
5.	Conclusões e considerações finais.....	50
5.1	Principais conclusões	50
5.2	Considerações finais	51
	Referências Bibliográficas	52
	Anexo A – Diagrama de decisão de RCM (fluxograma 1) (Assis, 2014).....	57
	Anexo B – Diagrama de decisão de RCM (fluxograma 2) (Assis, 2014).....	58
	Apêndice 1 – Questionário implementado às empresas	59

Lista de figuras

Figura 1: Pensamento <i>Lean</i> (Faurecia, 2021).....	6
Figura 2: Representação dos pilares do TPS. Adaptado de Liker, (2004).....	9
Figura 3: Seis padrões de falha (Moubray, 1997)	14
Figura 4: Passos da seleção da amostra de documentos para a análise da integração do <i>Lean Manufacturing</i> na indústria automóvel.....	24
Figura 5: Distribuição dos documentos publicados por tipologia relativamente à integração do <i>Lean Manufacturing</i> na indústria automóvel.....	24
Figura 6: Evolução do número de documentos publicados entre 2000 e agosto de 2022 da análise da integração do <i>Lean Manufacturing</i> na indústria automóvel	25
Figura 7: Passos da seleção da amostra de documentos para a análise da integração da metodologia RCM na indústria.....	25
Figura 8: Distribuição dos documentos publicados por tipologia relativamente à integração da metodologia RCM na indústria.....	26
Figura 9: Evolução do número de documentos publicados entre 2000 e agosto de 2022 da análise da integração da metodologia RCM na indústria	26
Figura 10: Mapa da coocorrência bibliométrica das palavras-chave da integração do <i>Lean Manufacturing</i> na indústria automóvel (VOSviewer)	27
Figura 11: Mapa da coocorrência bibliométrica das palavras-chave da integração da metodologia RCM na indústria (VOSviewer)	33
Figura 12: Distribuição das empresas inquiridas em função do CAE.....	42
Figura 13: Tipos de certificação das empresas inquiridas	43
Figura 14: Origem das empresas	43
Figura 15: Distribuição das empresas em função da sua dimensão	43
Figura 16: Destino das atividades/produtos para o mercado nacional, europeu e mundial.....	44
Figura 17: Conhecimento dos diversos tipos de ferramentas <i>Lean</i>	44
Figura 18: Nível de implementação de ferramentas <i>Lean</i> na empresa.....	45
Figura 19: Ferramentas <i>Lean</i> utilizadas pelas empresas	45
Figura 20: Classificação da importância na implementação das ferramentas <i>Lean</i>	46
Figura 21: Nível de conhecimento sobre o RCM por parte das empresas inquiridas	46
Figura 22: Identificação da percentagem de empresas inquiridas que implementam a metodologia RCM	47
Figura 23: Nível de preferência por fornecedores com práticas RCM.....	47
Figura 24: Principais benefícios do RCM	47

Figura 25: Relação das ferramentas Lean e do RCM com a melhoria dos resultados financeiros	48
Figura 26: Importância das ferramentas <i>Lean</i> e do RCM	48
Figura 27: Métrica de desempenho das empresas para avaliar o impacto das ferramentas <i>Lean</i> e RCM	49
Figura 28: Intenção de aplicar as ferramentas <i>Lean</i> e o RCM no futuro.....	49

Lista de tabelas

Tabela 1: Definição dos 8 desperdícios (Badurdeens, 2007)	10
Tabela 2: Análise de conteúdo sobre a integração do <i>Lean Manufacturing</i> na indústria automóvel	29
Tabela 3: Análise de conteúdo sobre a integração da metodologia RCM na indústria	35

Lista de abreviaturas

AFIA	Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CAE	Classificação da Atividade Económica
CBM+	<i>Conditioned Based Maintenance Plus</i>
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
DoD	<i>Definition of Done</i>
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
GO	Gestão de Operações
I&D	Investigação e Desenvolvimento
IATF	<i>International Automotive Task Force</i>
IIoT	<i>Internet Industrial das Coisas</i>
JIT	Just in Time
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
LT	<i>Leadtime</i>
MI	Manutenção Industrial
MIFD	<i>Material and Information Flow Diagrams</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequenas e Médias Empresas
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
TC	Tempo de Ciclo
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	Toyota Production Systems
TT	<i>Tackt Time</i>
VAB	Valor Acrescentado Bruto
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WC	<i>Work Content</i>
WIP	<i>Work in Process</i>

1. Introdução

Este projeto de dissertação surgiu da necessidade em identificar e avaliar as vantagens que podem surgir das práticas das ferramentas *Lean* e da metodologia RCM no contexto industrial. Além da análise das respostas do questionário dirigido às empresas do ramo automóvel, importa referir que o questionário foi elaborado considerando um processo de revisão sistemático da literatura sobre a identificação de diversos tipos de ferramentas *Lean* e do conceito RCM, sobretudo no setor da indústria automóvel.

1.1 Motivação e enquadramento

Existem várias mudanças significativas que obrigam as empresas a tomarem medidas eficazes para melhorar a sua organização e desenvolver a sua flexibilidade. Assim, as empresas podem adaptar-se de forma a evitarem desperdícios, verificando-se assim um aumento da produtividade.

A maioria destas indústrias passa por fusões e aquisições, o que faz com que ocorram mudanças estratégicas, como por exemplo, ao nível de construtores de veículos e na estruturados seus fornecedores e respetiva cadeia de abastecimento (Antoniolli et al., 2017; Gonçalves & Salonitis, 2017; Lim et al., 2013). A indústria de componentes para automóveis é uma indústria complexa com diversas vertentes tais como: a têxtil, plásticos e metalomecânica, trabalhando com diversas tecnologias e competências.

De acordo com a Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA), em Portugal, a indústria de fabricantes de componentes automóveis tem um peso significativo para a economia nacional, sendo que em 2021 representou cerca de 5,2% do Produto Interno Bruto (PIB), o equivalente a 11 mil milhões de euros em volume de negócio. Este valor é bastante significativo, uma vez que representa cerca de 12,3% do Valor Acrescentado Bruto (VAB) da indústria transformadora e 16,9% do investimento no setor (cerca de 5 mil milhões de euros) (AFIA, 2022). Estas empresas distribuem-se por diferentes subsectores de atividade:

- Metalurgia e metalomecânica;
- Manufatura de componentes elétricos e/ou eletrónicos;
- Plásticos, borrachas e outros compósitos;
- Têxteis e outros revestimentos;
- Montagens de sistemas;

Dada as variadas áreas de atuação, são inúmeras as abordagens de gestão da produção e de gestão da manutenção que as empresas deste setor implementam para otimizar os seus processos internos e assim obter a produtividade melhorada.

1.2 Objetivos

O principal objetivo da dissertação consiste na análise de conhecimentos teóricos dos princípios e ferramentas do *Lean Manufacturing* e da metodologia RCM nos sistemas produtivos de empresas do setor da indústria automóvel. Com base neste objetivo geral, foram definidos objetivos específicos:

- (1) Identificar as ferramentas *Lean* que são mais usadas nas empresas do setor automóvel com vista à melhoria dos processos produtivos, redução de desperdícios, aumento de produtividade dos colaboradores e maior rentabilização do esforço humano;
- (2) Identificar abordagens de integração das ferramentas *Lean* com as práticas de manutenção industrial também no setor da indústria automóvel;
- (3) Aplicar um inquérito a empresas do setor automóvel para analisar de que forma é que as empresas consideram a inclusão das ferramentas *Lean* e a metodologia RCM nos seus sistemas produtivos; avaliar se existe uma correlação entre as ferramentas e os diferentes subsectores das empresas inquiridas.

Neste processo, pretende-se efetuar uma análise da revisão da literatura, de forma a identificar as áreas de melhoria e quais as metodologias a aplicar, tais como os controlos visuais (e.g., sistemas *Andon*, *Poke-yoke*, sistemas *Kanban*), organização e normalização do local do trabalho (e.g., *standard work* e 5S), otimização de *layouts* e diminuição do tempo de *setup* (e.g., implementação da ferramenta *Single Minute Exchange of Dies* (SMED)) (Alves et al., 2019; Realyvásquez-Vargas et al., 2018; Ribeiro et al., 2019). A filosofia *Lean* e o RCM abrangem uma procura organizada de melhorias, sendo que a melhoria contínua nunca deixará de existir.

Deste modo, a implementação de algumas melhorias no setor indústria automóvel pode resultar das melhores práticas de implementação do RCM com o *Lean*, uma vez que a otimização das operações e da manutenção estão intrinsecamente relacionadas (Martins et al., 2020; Piechnicki et al., 2017).

1.3 Identificação das metodologias aplicadas

O projeto de dissertação irá debruçar-se em duas componentes distintas: (1) análise de conteúdo da literatura sobre a implementação das ferramentas *Lean* e da metodologia RCM, considerando um processo de revisão sistemática da literatura; (2) análise do posicionamento de diferentes empresas da indústria automóvel, através da implementação de um questionário. Pretende-se analisar qualitativa e quantitativamente os dados sobre o impacto que a implementação conjunta destas ferramentas tem na redução dos desperdícios, na melhoria de manutenção e na maior agilidade dos processos.

Assim, este trabalho pretende identificar os aspetos mais relevantes sobre a integração das ferramentas *Lean* e do RCM nas empresas de indústria automóvel dedicadas ao fabrico de componentes automóveis. Para entender as ferramentas *Lean* e o RCM, e as suas aplicabilidades na indústria, mais especificamente no ramo automóvel, será implementada a metodologia de revisão da literatura.

A segunda metodologia a implementar, diz respeito à aplicação de um inquérito por questionário utilizando uma amostra por conveniência das empresas do setor automóvel, fabricantes de componentes. Foi selecionada uma amostra por conveniência pela maior facilidade de recolher informação para o estudo. Trata-se de um método de base empírica com algumas desvantagens de implementação, nomeadamente, as limitações de rigor de precisão dos estimadores usados. No entanto, é uma forma rápida e económica na obtenção de informação que, por norma é escassa, sobretudo em projetos piloto ou em análises preliminares (Saunders et al., 2007).

1.4 Estrutura da dissertação

O relatório encontra-se dividido em 5 capítulos. O Capítulo 1 descreve a importância deste trabalho e o enquadramento, os objetivos a atingir, a metodologia e a estrutura de trabalho. No Capítulo 2 é retratada a revisão dos conceitos e fundamentos sobre a abordagem e ferramentas *Lean* e metodologias RCM.

Segue-se o capítulo 3, onde são analisados os resultados da análise bibliométrica efetuada sobre a integração das ferramentas *Lean* e da metodologia RCM na indústria. No capítulo 4 a construção do questionário é definida e é apresentada a parametrização da seleção das empresas que serão selecionadas como amostra por conveniência. Neste capítulo apresentam-se os resultados das respostas aos inquéritos. Por fim, no capítulo 5 são reunidas as principais conclusões deste projeto e apresentadas as considerações finais.

2. Conceitos e fundamentos teóricos

Neste capítulo pretende-se efetuar uma contextualização dos conceitos e fundamentos relacionados com a abordagem *Lean* e com o RCM, e também com a técnica de inquérito por questionário. A definição destes conceitos e a identificação das ferramentas mais importantes associados às abordagens *Lean* e RCM permitem uma melhor compreensão da sua integração no contexto industrial. A técnica de inquérito por questionário permite analisar atitudes, interesses, conhecimentos ou opiniões dos inquiridos.

2.1 Caracterização da abordagem *Lean*

A necessidade de implementação do *Lean Manufacturing* surgiu da necessidade de fazer face à constante mudança e grande competitividade na indústria, mudança essa responsável pelo aumento da diversidade de materiais e pela diminuição do ciclo de vida destes mesmos. O *Lean Manufacturing* surge depois da Segunda Guerra Mundial na *Toyota Motor Company* sob o nome de *Toyota Production System* (TPS), na sequência dos elevados estragos provocados pela guerra e pela falta de mão-de-obra e recursos no Japão. Por outro lado, as indústrias americana e europeia comandavam os mercados, visto que detinham recursos e capacidades assentes na produção em massa. Este tipo de produção gerava produtos a preços baixos e elevadas taxas de produção por trabalhador, mas apenas permitia uma pequena diversidade de produtos em grandes quantidades. Os processos de fabricação eram pouco flexíveis, dada a falta de capacidade de ajuste ao mercado, tendo como razão a complexidade da preparação de fabrico e respetivos custos (Jayaram et al., 2010).

Na década de 1980, ocorreu uma modificação de padrões na indústria automóvel na América do Norte e na Europa por causa das ideias implementadas pela *Toyota*. Sendo assim, no início de 1990 a Produção *Lean* substituiu as técnicas tradicionais de gestão científica e a produção em massa. A produção *Lean* tornou-se mais apelativa e passou a ser implementada em diversas indústrias nos Estados Unidos da América e na Europa, revolucionando a fabricação nos grupos de empresas ligadas ao ramo automóvel. Pode-se anotar que os princípios da Produção *Lean*, ou produção magra, têm sido aplicados em variadas áreas e com bastante sucesso ao longo do tempo.

Em 1988, o *Just in Time* (JIT) é apresentado por Taichii Ohno como um método de fluxo puxado, onde as partes chegam à montagem nas quantidades necessárias, atingindo assim, o *stock* zero.

Em 1996, Womack e Jones explicam o conceito de Produção *Lean* como um melhor planejamento e gestão com os fornecedores, clientes, otimização de operações e desenvolvimento de fluxos otimizados de produção, obtendo assim mais produção com menos esforço humano e num período de tempo menor (Womack & Jones, 1996).

Silva et al., (2006) defende no seu estudo a aplicação de muitos dos princípios *Lean* ao paradigma da produção em massa e ao ambiente de produção repetitiva, desde os materiais aplicados durante a produção até à entrega do produto final. O propósito defendido é adaptar a enorme produtividade com o fabrico de uma multiplicidade de produtos.

Segundo Shah & Ward (2002), a abordagem *Lean* abrange uma série de aplicações de gestão, como o JIT, produção celular e sistemas de qualidade. Este afirma ainda que estas aplicações devem ser exploradas de modo sinérgico para obter um sistema compacto e com elevados atributos que produza produtos, sem gastos excessivos e mediante as especificações do cliente.

De um modo geral, todos concluem que a Produção *Lean* é uma abordagem que usa uma combinação de várias práticas tais como a redução dos *stocks*, a produção em pequenos lotes e dar importância ao controlo da qualidade de processos e produtos. De forma geral, pode-se afirmar que a produção *Lean* é sinónimo de produzir com o menor custo possível, num tempo determinado, com os mínimos recursos e com qualidade (Amaro et al., 2021; Randhawa & Ahuja, 2017).

Para otimizar os sistemas produtivos de acordo com esta abordagem torna-se essencial reduzir o *Work In Process* (WIP), eliminando os desperdícios de forma a que as operações e processos possam ter o menor Tempo de Ciclo (TC) possível, tendo em consideração as restrições impostas pelo *Work Content* (WC) para minimizar o *Lead Time* (LT) em função da procura e/ou produção desejada (*Takt Time* (TT)). O WIP define-se como a quantidade de peças que já se encontram na produção, mas que se acumulam entre processos ou operações no sistema até ficarem como um produto final. Assim, o TC é o intervalo de tempo entre duas peças consecutivas, geradas por um posto de trabalho ou um sistema produtivo e o WC é tempo de processamento que a máquina necessita para efetuar uma operação ou um conjunto de operações numa peça ou lote de peças. Este tempo é muitas vezes definido como o tempo da operação com maior duração. O LT é assim o tempo que o material demora a entrar no sistema de fabricação até sair. O TT é definido pela procura do produto ou do conjunto de produtos pelo pedido do cliente em função do tempo disponível à produção.

Desta forma, o TT, significa o tempo de referência que é usado para asincronização da taxa de fabrico de um método *pull* ao nível das vendas (Kootanaeet al., 2013; Puchkova et al., 2016; Schonberger et al., 2018).

A produtividade é uma medida de eficácia e é uma razão entre o que se obtémna produção e a quantidade de recursos indispensáveis para o fazer (Bhasin & Burcher, 2006).

2.1.1 Princípios do *Lean Manufacturing*

Os princípios do *Lean Manufacturing* foram sendo aperfeiçoados ao longo dos anos, com base nas ferramentas de gestão que diminuem o ciclo de produção e suportadas na melhoria contínua. No suporte dos princípios do *Lean Manufacturing*, está o *Lean Thinking* (Figura 1).



Figura 1: Pensamento *Lean* (Faurecia, 2021).

Womack & Jones (1996) definiram o *Lean Thinking* como a forma de quantificar e sequenciar as ações na melhor ordem para a criação de valor, e efetivar estas atividades sem suspender a produção, de modo a torná-las mais eficientes com base na melhoria contínua.

No contexto industrial atual, um aspeto pertinente é procurar entender o que o cliente pretende. O cliente final delimita o custo, e deste modo, o procedimento de produção de um material deve ser observado e aprovado pelo ponto de vista do cliente.

A perfeição é um objetivo que deve estar presente em todas as empresas, o que faz com que todos os colaboradores da empresa entendam que é extremamente necessário aplicar a contínua melhoria. A melhoria contínua baseia-se principalmente na identificação do que é valor acrescentado e o que não é. Isto é, o objetivo primordial passa por identificar tudo aquilo que o cliente “não paga” e reduzi-lo (Keyser et al., 2013). Este pensamento apresenta o modo de produzir mais com menos, e no mesmo instante, tornar-se mais competente. O “desperdício” significa MUDA em Japonês. Este deve ser sempre eliminado, uma vez que é uma atividade que não acrescenta valor ao produto e ao cliente (Hines et al., 2006).

Os cinco princípios *Lean* capazes de eliminar o desperdício são (Badurdeens, 2007; Womack & Jones, 1996):

Definir valor

A existência de um grupo empresarial é fundamentada apenas pela criação de valor, pois este é gerido pelas organizações e é destinado à satisfação de todas as partes interessadas (designadas por *stakeholders*). Todas têm necessidades e interesses próprios e o valor estabelecido pela organização é resultante da sua satisfação. A Produção *Lean* explica o custo do serviço ou produto através da análise dos clientes. Eles avaliam o serviço ou produto, observando o quanto este produto/serviço cumpre todas as suas exigências. O cliente final define qual o custo do produto. Por esta razão, o produtor procura sempre arranjar forma de gerar custo no produto, e assim os desperdícios são eliminados, ou seja, tudo o que os clientes não tencionam pagar (Badurdeens, 2007).

Definir a cadeia de valor

O segundo princípio relaciona-se com a identificação da cadeia de valor. Reconhecendo todos os passos necessários ao longo de toda a linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios para a produção do produto. Para a aplicação deste princípio podem-se usar ferramentas de mapeamento de valor, como por exemplo, os *Material and Information Flow Diagrams* (MIFD). Este tipo de representação identifica todas as ações para a preparação, solicitação e fabrico de um característico produto. Cada passo é definido em três classes: (1) os que adicionam valor; (2) os que são necessários, mas não adicionam valor; e (3) os que podem ser eliminados e não adicionam valor (Badurdeens, 2007).

Otimização do fluxo (fluxo contínuo)

Este princípio é muito relevante, devido ao facto do primeiro passo fixar o foco no produto. O segundo passo corresponde à definição dos limites do trabalho e eliminar os processo e/ou operações que representem *bottlenecks* (postos de trabalho com maior tempo de ciclo) para garantir o fluxo contínuo. O terceiro e último passo, é definir sequências de trabalho para que minimizar a possibilidade de fluxos de trabalho invertidos, seja para reprocessamento ou para acondicionamento (Badurdeens, 2007).

Sistema pull

O facto de se delimitar a quantidade de trabalho em curso numa produção leva a uma eficiência dos mecanismos *pull*. Num sistema *Pull*, o sentido do fluxo de material é o contrário do sentido do fluxo de informação. Portanto, este sistema opera conforme o consumo do produto final pelo cliente, o que significa que as operações são praticadas como intuito de repor o produto retirado pela atividade posterior. Desta forma, cada operação tira o material que sai da operação antecedente. O sistema *pull* evita a superprodução e controla a ocorrência de WIP (Fernandes, 2007).

Melhoria contínua/ procura pela perfeição

O *Lean Manufacturing* incide numa filosofia de melhoria contínua, com o objetivo principal eliminar as atividades que não acrescentam valor ao produto final, ao mesmo tempo que se cria uma envolvimento entre todos os colaboradores da organização (Imai, 2005). Este princípio é fundamentado na filosofia *Kaizen*, caracterizada por 10 princípios:

1. Abandonar as ideias fixas e rejeitar a realidade atual das coisas;
2. Refletir como fazer, em vez de esclarecer o que não pode ser realizado;
3. Fazer rapidamente as boas propostas de melhoria;
4. Não procurar a perfeição e alcançar 60% imediatamente;
5. Retificar logo o erro no local;
6. Pesquisar planos na dificuldade;
7. Investigar a verdadeira causa, aplicar os “Cinco Porquês?” e procurar a resolução;
8. Dar importância às ideias de todos os envolvidos;
9. Testar e depois confirmar a proposta de melhoria;
10. A melhoria é constante e “infinita”.

Desta forma, o *Lean* tem sido proposto à indústria como a solução para os problemas e desafios dos novos tempos, uma vez que os seus princípios são um guia para uma melhoria global das empresas (Bhamu & Singh Sangwan, 2014). Esta abordagem assenta assim nos pilares do TPS, conforme apresentado na Figura 2.

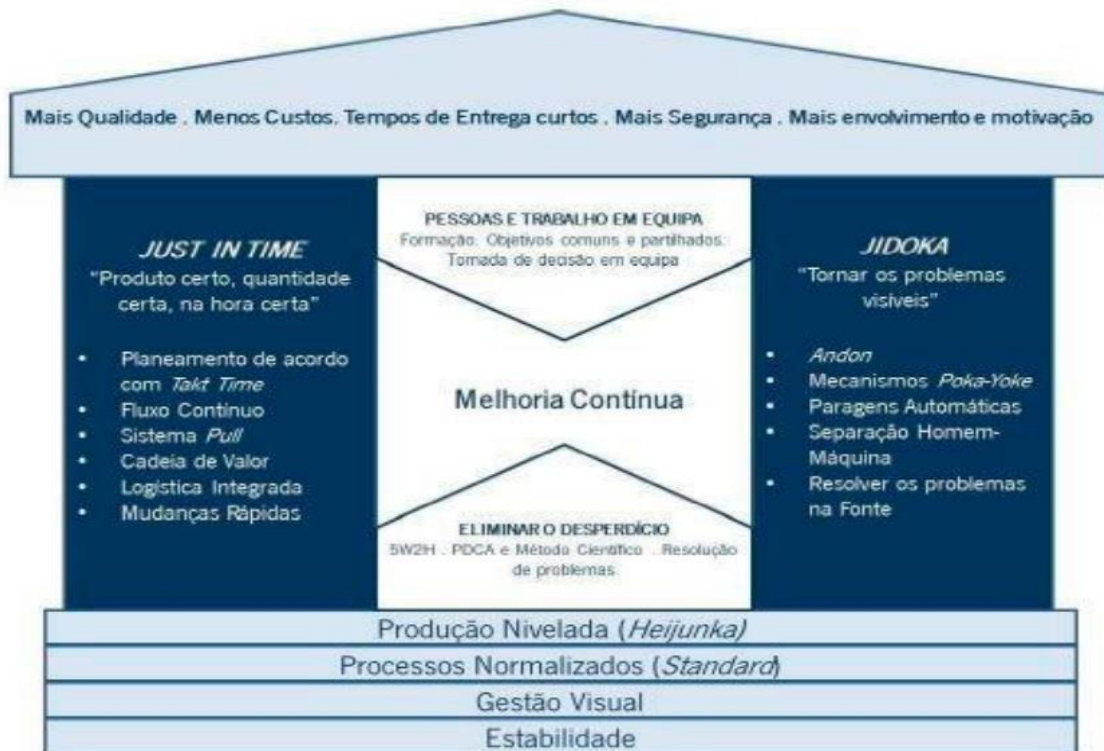


Figura 2: Representação dos pilares do TPS. Adaptado de Liker, (2004)

As organizações conseguem identificar e diminuir desperdícios, através das ferramentas *Lean* (Tyagi et al., 2015). Existem quatro passos imprescindíveis para a sua implementação (Badurdeens, 2007):

1. Reconhecer o facto de haver desperdícios para eliminar;
2. Analisá-los e encontrar as origens para as suas razões;
3. Encontrar soluções para estas razões;
4. Utilização destas soluções e executar o objetivo principal.

2.1.2 Identificação dos oito desperdícios

Nos estudos de Womack e Jones e de Shigeo Shingo foram determinados oito tipos de desperdícios, explicando que estes não obtêm resultados em relação ao produto (Womack & Jones, 1997; Shigo, Shingo (1996)). Estes oito desperdícios incluem: (1) transportes desnecessários; (2) superprodução ou produção em excesso; (3) esperas; (4) *stock*; (5) sobreprocessamento; (6) movimentações em excesso; (7) defeitos; e (8) não aproveitamento das competências. A Tabela 1 apresenta e descreve estes desperdícios.

Tabela 1: Definição dos 8 desperdícios (Badurdeens, 2007)

DESPERDÍCIO	DEFINIÇÃO
TRANSPORTES DESNECESSÁRIOS	A realização de qualquer tipo de transporte não adiciona qualquer mais-valia ao produto final. Deste modo, os transportes devem ser reduzidos e/ou eliminados, visto estão associados às falhas da qualidade e ao elevado WIP
PRODUÇÃO EM EXCESSO	A superprodução de materiais que não são necessários, é representada pela fabricação de algo antes de ser solicitado. Um cliente requisita um serviço ou bem nas quantidades definidas pela encomenda realizada, sendo que os bens adicionais produzidos considerados como custo. A produção em excesso mantém o alto WIP, impossibilitando o fluxo contínuo.
ESPERAS	As esperas são qualificadas como desnecessárias e ocorrem quando os materiais ou indivíduos têm de aguardar para iniciar o passo produtivo seguinte. Um minuto perdido poderá ser imprescindível na recuperação do procedimento, contribuindo para o enorme LT. A redução das esperas indica um WIP reduzido.
STOCK EXCESSIVO (inventário)	É resultante da produção em excesso e das esperas. Utiliza-seo <i>stock</i> para ocultar todas as falhas do sistema de fabrico e deorganização. Este desperdício revela bloqueio do dinheiro, diminuindo assim a flexibilidade do fabrico e dilatando o tempo de permuta da ferramenta entre os materiais diferenciados.
SOBREPROCESSAMENTO	Este desperdício é caracterizado pelas situações em que as operações são realizadas de um modo incorreto no processode produção. A título exemplificativo, existe uma operação que conseguiria ser concretizada em 2 passos e está definidapor 4 passos.
MOVIMENTAÇÕES EM EXCESSO	Estas movimentações descrevem-se como sendo circulações desnecessárias dos colaboradores enquanto trabalham, e que têm de deslocar para encontrar, por exemplo, matéria-prima, consumíveis, ferramentas, percorrendo distâncias entre os seus postos de trabalho e armazéns, supermercados intermédios ou outras infraestruturas logísticas.
DEFEITOS	Os defeitos, sobretudo quando apenas identificados no produto final, representam custos elevados para as empresas. Podem ter efeitos secundários como a perda dos clientes bem como desencadear processos de retrabalho ocupando os recursos produtivos.
COMPETÊNCIAS	Os desperdícios decorrentes do não aproveitamento de competências intelectuais ou habilidades da mão-de-obra disponível dentro da empresa. Podem ter consequências como: dificuldade em melhorar os processos, não entregar o produto da melhor forma, insatisfação e desmotivação do colaborador.

2.2 Ferramentas *Lean*

São inúmeras as ferramentas *Lean* que podem ser usadas em contexto industrial. Neste subcapítulo são apresentadas algumas das ferramentas mais utilizadas na indústria automóvel e são, desta forma, mais frequentemente identificadas na literatura (Alves et al., 2019; Garza-Reyes et al., 2018; Randhawa & Ahuja, 2017).

2.2.1 Sistemas Kanban

O *Kanban* é uma ferramenta acessível e muito útil na produção *Lean* e destaca-se essencialmente na diminuição da produção em excesso. A sua implementação implica adotar um cartão acessível que possui as particularidades da quantidade do produto e local do seu armazenamento individual. Podem ser implementados na forma de cartões físicos ou através de sistemas digitais através da troca de dados eletrónicos complexos (*Kanban* eletrónico) (Badurdeens, 2007). Para o sistema *Kanban* se mover, deve haver permanentemente equilíbrio entre o processo antecedente e o seguinte. Assim o processo antecedente não conseguirá fabricar mais peças que o processo seguinte possa absorver (Badurdeens, 2007). Em 1996, Ohno delimitou seis principais regras para esta ferramenta operar:

- A primeira e segunda mencionam que, o *Kanban* é usado como um pedido de transporte ou entrega e de retirada, e opera como uma regularidade de fabrico;
- A terceira regra impede a recolha de qualquer tipo de material ou a produção de qualquer tipo de mercadoria sem *Kanban*;
- A quarta regra exige a fixação de um *Kanban* às mercadorias;
- A regra cinco requer produtos 100% livres de falhas;
- A sexta e última regra solicita a diminuição do número de *Kanbans*.

A implementação do *Kanban* para artigo definido, começa com a estimativa da quantidade de peças que são necessárias para o sistema, e consecutivamente, a determinação da quantidade de peças a serem lá instaladas e do tipo de contentor. É de realçar o facto do *Kanban* ter diversos aspetos práticos como a configuração física do artigo e também a velocidade de consumo (Savino & Mazza, 2015).

2.2.2 Ferramenta 5S

Para haver melhoria, é imperativo saber o que existe dentro da organização. Esta ferramenta é definida por cinco principais sentidos (Míkva et al., 2016):

Sort (Utilização)

O primeiro senso qualifica os artigos de acordo com a frequência de uso e aplicação, removendo os que não são necessários. Poderá ser aplicado para organizar o posto de trabalho e preservar os objetos mais úteis no local de trabalho. Consegue ser visto como o processo de identificação, numa vertente mais genérica.

Stabilize (Arrumação)

O segundo senso é referente à ordenação dos artigos escolhidos de uma forma bem planificada e com sentido. A título exemplificativo, é a razão de ter perto do colaborador, os utensílios que usa habitualmente. Do ponto de vista mais global, é igual a reformular o processo de trabalho para o tornar mais eficaz.

Shine (Limpeza)

O terceiro senso refere-se à conservação da limpeza, ou seja, é equivalente a ter um método persistente de identificar e remover todos os desperdícios e/ou resíduos resultantes de um determinado posto de trabalho.

Standardize (Padronização)

O quarto senso surge na continuação dos 3 anteriores para alcançar uma localização de trabalho bem estruturada, com todos os elementos bem organizados, seguindo uma norma de arrumação e limpeza.

Sustain (Disciplina)

No último e quinto senso, pretende-se com motivação e boas práticas manter a disciplina de arrumação, limpeza e padronização implementadas ao longo do tempo. Para agarrância desta disciplina ajuda a realização de auditorias 5S.

2.2.3 Redução de *setup* com o *Single Minute Exchange of Dies*

O tempo de troca de ferramentas ou diminuição do tempo de *setup*, prepara as empresas para a progressiva variabilidade de produções. A renovação de produtos é constante e a pesquisa por aqueles que têm um carácter inovador tornou-se muito marcante. É importante que as organizações sejam capazes de fabricar uma série de produtos com o propósito de produzir com os mesmos ou efeitos melhores (Sundar et al., 2014). Este facto contribuiu para um conjunto de alterações na programação, que fizeram com que um mesmo equipamento produza distintos modelos de produtos. O conhecimento que a programação de produção necessita é a quantidade de tempo útil para alterar o formato da máquina e paratrocicar dispositivos e ferramentas, para que seja fabricado outro produto através do sistema produtivo (Costa et al., 2013). O tempo gasto significa um custo e automaticamente, influencia na tomada de decisões (Sugai et al., 2010).

Caso o tempo total de troca de ferramentas seja muito elevado, pode verificar-se o aumento de custo de interrupção de produção, a ocorrência de pausas e esperas, o aumento do nível de *stocks* e, nomeadamente, a dificuldade para o atendimento do cliente.

Shingo (1996) criou o SMED. Esta metodologia é mais generalizada para a sistematização das atividades com o intuito de diminuir o tempo total de *setup*. Desta forma, os objetivos do SMED são:

- Eliminar o desperdício sobre a superprodução ou produção;
- Proporcionar tempos de ciclo mais curtos, sobretudo na produção de lotes;

2.3 Caracterização da abordagem da manutenção centrada na fiabilidade

A MI deve ser considerada como um investimento a longo prazo, alcançado através da garantia de melhorias dos equipamentos, assim como o aumento do seu ciclo de vida e disponibilidade. Ao longo dos anos, novos conceitos, metodologias e técnicas organizacionais têm surgido no sentido de a tornar cada vez mais eficaz e otimizada. Por sua vez, a Fiabilidade é uma área científica que pretende entender o comportamento operacional dos equipamentos e a sua função sem falhas por um período de tempo. A Fiabilidade é muito flexível e possibilita o desenvolvimento de estratégias de manutenção para fazer a diferença na procura contínua pela minimização de custos de manutenção e maximização da disponibilidade. A manutenção centrada na fiabilidade (do inglês *Reliability Centered Maintenance* (RCM)) acrescenta valor ao serviço e/ou produto, identificando a funcionalidade do equipamento, possíveis modos, causas e consequências de falha. Assim, esta pretende criar um suporte de ligação entre as práticas de manutenção e a sua análise.

2.3.1 História da metodologia RCM

A metodologia RCM teve origem na indústria aeronáutica comercial dos EUA na década de 60, tendo mais tarde progredido para as indústrias militar, nuclear e petrolíferas (Igba et al., 2013; Márquez, 2007). *Nowlan*, diretor da análise da manutenção da *United Airlines* e *Heap*, gestor do planeamento do programa de manutenção da *United Airlines* orientaram uma investigação pioneira que culminou na publicação do RCM em 1978. A investigação teve como intuito monitorizar as falhas de várias centenas de componentes mecânicos, estruturais e elétricos dos aviões. Concluiu-se, então, que à medida do envelhecimento dos componentes, apresentavam-se com um determinado padrão de falha (Dunn, 2003).

Foi revelada a existência de seis padrões de risco de falha, ou seja, a probabilidade condicionada de falha de um componente em função do tempo de vida acumulada (funcionamento), como é caracterizado na Figura 3.

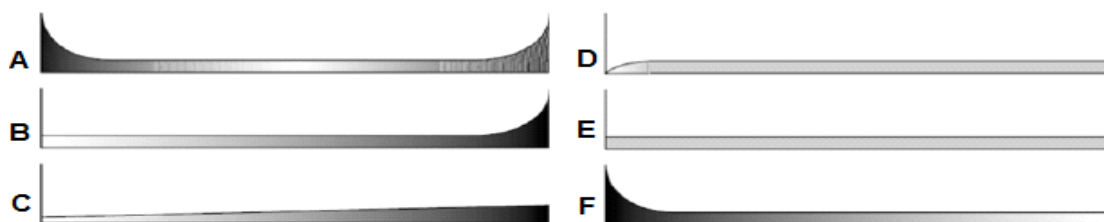


Figura 3: Seis padrões de falha (Moubray, 1997)

O **padrão A** inicia-se com uma elevada probabilidade de falhas, de seguida entra numa zona com uma taxa de falhas constante ou de aumento gradual da probabilidade de falha, concluindo na zona de desgaste, devido ao respetivo aumento da probabilidade de falha. O **padrão B** apresenta-se como um período constante ou de aumento progressivo da probabilidade de falhas, acabando por ficar na zona envelhecimento ou de desgaste. No **padrão C**, a probabilidade de falhas cresce lentamente e não se identifica nenhuma zona de desgaste ou envelhecimento. O **padrão D** caracteriza-se por uma probabilidade inicial baixa de falhas, e de seguida verifica-se um aumento, isto é, a probabilidade de falha cresce até ficar constante. O **padrão E** é caracterizado, durante uma probabilidade de falha constante, ou seja, as falhas são aleatórias ao longo do tempo. O **padrão F** inicia com uma elevada probabilidade de falha que depois diminui e normaliza num valor constante ou de um aumento da probabilidade de falha (Moubray, 1997).

2.3.2 Definição da Metodologia RCM

O RCM é um método de análise sistemática, que possibilita planear a manutenção preventiva de um sistema, fundamentado na identificação dos modos de falha dos equipamentos (e na gravidade das suas consequências), estabelecendo prioridades levando em linha de conta a segurança, fatores ambientais e os custos de manutenção (Rausand, 1998; Tang et al., 2015).

A função essencial do RCM é garantir o bom funcionamento dos equipamentos e componentes fundamentais de um sistema ao menor custo provável. O RCM não se dedica à melhoria da fiabilidade do sistema, mas sim à garantia que o sistema falhe o mínimo possível (Rausand, 1998). Numa instalação, os equipamentos não têm todos a mesma importância em termos de segurança e do ponto de vista económico. O RCM reconhece a utilização de vários tipos de manutenção:

- **Manutenção Preventiva:** Destinada à prevenção ou postergação da falha. Esse tipo de manutenção pode incluir: substituição, restauração ou inspeção.
- **Manutenção Preditiva:** Destinada à detecção do início da falha ou do sintoma da falha. Alguns exemplos deste tipo de manutenção são: medição de espessuras, medição de vibração e termografia.
- **Manutenção corretiva:** É aquela ação realizada após a ocorrência de uma falha. Esse tipo de manutenção deve ser evitado ou minimizado, pois além de gerar transtornos na linha de produção pode ocasionar queda na satisfação dos clientes devido a essas paradas inesperadas.

A aplicação do método RCM envolve a identificação de ações que quando executadas têm o objetivo de reduzir a probabilidade de falha de um equipamento, bem como os seus custos de manutenção. Esta metodologia tem como finalidade responder a sete questões relacionadas com as necessidades de manutenção de componentes (Dhillon, 1999):

1. *Qual a função do equipamento (capacidade, qualidade, nível de serviço, ambiente, custos e segurança) no seu contexto atual?*

A função e performance devem ser definidas no seu contexto operacional e geralmente dividem-se em duas categorias: (1) primárias e (2) secundárias. As primárias resumem as razões pelas quais o equipamento foi adquirido e se cumprem características como velocidade, capacidade de transporte ou armazenamento, qualidade do produto e assistência ao cliente. A função e performance secundárias abrangem as características que admitem satisfazer as expectativas do utilizador. Inclui áreas como a segurança, controlo, conforto, integridade estrutural, proteção, eficiência operacional e aspeto exterior.

2. *De que forma estas funções podem falhar?*

Os objetivos da manutenção são definidos pela função e nível de performance expectáveis para cada bem, a não ser que ocorra uma avaria. É lógico assumir que a manutenção adota uma abordagem apropriada para gerir a ocorrência de avarias. Identificam-se primeiro as circunstâncias do estado de falha e posteriormente, verificam-se as razões de um equipamento entrar em estado de falha. Os estados de falha são conhecidos como *falhas funcionais*, e ocorrem quando um determinado bem perde a capacidade de cumprir a sua função de acordo com o nível aceitável de performance. Esta definição avalia a perda parcial e/ou total do bem para executar a sua função ao nível ambicionado.

3. O que causa cada falha operacional?

Com a falha identificada, há que identificar todas as causas que a provocam. Todos estes eventos são designados como *modos de falha*. A estratégia RCM analisa as causas que provocam estes tipos de falhas funcionais, implicando o conhecimento profundo do equipamento por parte das pessoas envolvidas no processo. A lista dos modos de falha mais comuns inclui falhas devido a deterioração provocada por funcionamento, erro humano (quer do operador ou dos técnicos de manutenção) e erro de *design/projeto*. As falhas devem ser controladas através de medidas preventivas, minimizando a probabilidade de estas virem a ocorrer. É importante que todo o registo de falhas seja feito com detalhe suficiente de forma a poupar tempo e esforço, sem desperdiçar tempo ao introduzir excesso de detalhes.

4. O que acontece quando ocorre a falha?

A cada modo de falha associam-se os seus efeitos, o que acontece quando a mesma ocorre. Esta informação servirá de suporte para esta análise e deverá conter componentes tais como, as implicações de segurança, a forma como afeta a operação e a produção; os danos físicos causados pela falha; o que deve ser realizado para a reparação da falha. As consequências dos modos de falha devem ser analisadas por pessoal qualificado para que não se tirem conclusões precipitadas.

5. Qual a importância de cada falha?

Quantifica-se a importância de cada falha na operacionalidade do equipamento, sendo classificada em quatro grupos: (1) falhas que expõem o sistema a riscos graves ou muito graves, mas sem consequências diretas; (2) falhas que podem pôr em risco a segurança de operadores ou utilizadores ou violar de maneira evidente alguma regra ambiental; (3) falhas operacionais que afetam diretamente a capacidade produtiva do sistema ou equipamento, tais como, a qualidade do produto, prazos de entrega ao cliente e custos operacionais; (4) falha sem consequência operacional, onde o único custo associado é o de reparação.

6. O que fazer para prevenir a falha?

As operações proativas são ações que se tomam antes da ocorrência de uma falha de forma a impedir que qualquer bem entra em estado de falha. Realiza-se uma análise dos possíveis modos de falha para determinar tarefas de manutenção preventivas. Cada modo de falha é analisado através do registo histórico de falhas ou ainda análise estatística, permitindo determinar a curva de distribuição de falhas.

O RCM reconhece os seguintes tipos de ações, conhecidas como manutenção preventiva:

- **Manutenção sob condição** – O bem continua ao serviço dentro dos limites padrão do atributo do serviço e só se intervém quando algo sai fora destes limites;
- **Manutenção ou reparação programada** – Um bem é substituído ou reparado numa data específica mediante a sua condição de atividade.

7. O que fazer no caso de não se encontrar uma solução?

No RCM, o foco está nas funções do equipamento e na prevenção das consequências de falhas enquanto que na manutenção tradicional, o foco está no equipamento e na prevenção das suas falhas. As operações alternativas são um conjunto de ações que são tomadas no caso de não aplicabilidade de ações proativas e incluem:

- **Procura da falha** – Verificação periódica de funções “escondidas” com o objetivo de certificar a sua operacionalidade;
- **Projetar novo bem** – Aplica-se no caso da impossibilidade de se tomar qualquer ação de manutenção que reduza o risco de falha e as suas consequências para valores admissíveis.

A escolha do procedimento a tomar depende das consequências da avaria, quer a nível operacional como económico. A grande vantagem do RCM é que este fornece critérios simples e de fácil compreensão, tecnicamente aplicáveis e economicamente viáveis que devem ser aplicadas bem como a regularidade de aplicação e quem as deve executar (Assis, 2014).

2.3.3 Princípios do RCM

Os princípios do RCM focam-se nas funções do equipamento e na prevenção das consequências das falhas. Deste modo, o RCM é um método:

- **Orientado para a função do sistema:** Procura manter a função do equipamento ou sistema e não apenas a sua operabilidade de componentes.
- **Focado no sistema:** Tem como objetivo a funcionalidade do sistema, priorizando-se face às funções dos componentes.
- **Centrado na fiabilidade:** Procura entender as probabilidades de falha em determinados períodos da vida dos componentes.
- **Condicionado ao projeto:** Tem como objetivo manter a fiabilidade ao projeto atual do equipamento ou sistema.
- **Direcionado para a segurança e economia:** A segurança deve ser assegurada a qualquer custo, sendo a redução de custos abordada como segunda prioridade.

- **Orientado para o tratamento de qualquer situação insatisfatória:** A falha não é opção e considera-se como falha a perda de função de um equipamento ou a não conformidade do produto ou processo.
- **Resultados tangíveis:** Deverá conseguir-se reduzir o número de falhas, ou pelo menos reduzir os danos devidos a elas, e assim, mitigar as consequências.
- **Baseado em três tipos de manutenção:** Combina ações de manutenção preventiva baseada em intervalos de tempo, corretiva e condicionada.
- **Contínuo:** Permite ter revisões constantes. Deve ter uma aplicação contínua, de forma a analisar os resultados para melhoria de novos projetos e da estratégia de manutenção futura do sistema.

2.3.4 Etapas de implementação da metodologia RCM

Segundo Assis (2010), a metodologia RCM pode ser realizada através de um procedimento baseado em 20 passos. O processo pode ser descrito pelos fluxogramas dos Anexos A e B, que descrevem os seguintes pontos:

1. A máquina (sistema) é dividida em grandes blocos funcionais (subsistemas) e suas posições funcionais;
2. Cada subsistema decompõe-se em posições funcionais que podem ser substituídos ou reparados;
3. Cada posição funcional recebe um código;
4. Descrevem-se as funções de cada componente;
5. Apresentam-se os distintos modos de falha prováveis;
6. Um código é recebido por cada um dos modos de falha;
7. Cada modo de falha é classificado como não evidente ou evidente pelo(s) operador(es) em normais condições de operação;
8. Cada modo de falha é classificado por meios automáticos ou não, como sinalizável;
9. Cada modo de falha é classificado como natureza “progressiva” ou “casual”;
10. Para cada modo de falha é identificada a próxima causa;
11. Para cada modo de falha, as consequências “operacionais”, “económicas e/ou de “segurança” são reconhecidas;
12. Cada modo de falha é classificado “não crítico”, “potencialmente crítico” ou “crítico”;
13. Para cada modo de falha, seleciona-se uma política de manutenção em função da descrição nas fases anteriores;

14. Para cada modo de falha, estuda-se o histórico e determina-se a periodicidade mais adequada de inspeções ou, ainda, a alternativa de uma modificação técnica após uma análise de viabilidade económica;
15. Para cada componente, determina-se a frequência com que serão necessárias peças de substituição resultantes das falhas casuais;
16. Para cada componente, regista-se o prazo de aprovisionamento de fornecedores;
17. Para cada componente seleciona-se o nível de serviço desejado;
18. Para cada componente, determina-se o nível de reposição ou de alerta;
19. Os procedimentos anteriores, a partir do 11º, devem ser revistos periodicamente ou sempre que se verifica uma alteração da importância do equipamento para a empresa;
20. Os procedimentos anteriores, a partir do 14º, devem ser revistos sempre que se verifica uma intervenção de manutenção preventiva (sistemática ou condicionada) ou uma falha, seguida de uma intervenção de manutenção curativa, pois pode haver lugar à reformulação dos parâmetros das distribuições de probabilidade descritoras dos comportamentos em falha de cada componente crítico.

2.3.5 Análise de modos de falha e efeitos

A análise de modos de falha e efeitos (do inglês, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)) é considerada uma ferramenta preponderante da metodologia RCM, uma vez que tem como objetivo a resposta às primeiras cinco questões básicas. Esta ferramenta consiste numa análise sistemática de falhas possíveis, com o pressuposto de as evitar, considerando-se um processo preventivo, aplicado antes da implementação de alterações aos produtos ou procedimentos (Ben-Daya et al., 2009). A investigação dos processos pode ser realizada de forma ascendente (*botton-up*). Quando é iniciada pela identificação dos modos de falha no menor grau do sistema, traça os seus efeitos até chegar ao nível mais alto.

A forma descendente (*top-down*) é a outra forma de realizar a investigação com uma análise das falhas potenciais e funcionais que afetam o sistema final, nomeando as causas dessas falhas nos graus inferiores do sistema (Baran & Trojan, 2016). A FMEA tem como propósito os seguintes aspetos (Ben-Daya et al., 2009):

- Reconhecer e identificar as potenciais falhas, avaliando os seus efeitos e causas;
- Priorizar e avaliar os modos de falha já identificados;
- Propor ações a eliminar e/ou reduzir a probabilidade de as falhas ocorrerem.

2.3.6 Benefícios e limitações da implementação da metodologia RCM

Com a implementação da metodologia RCM, diversas organizações de várias áreas industriais, geram benefícios, destacando-se os seguintes:

- **Calendarização de ações:** A monitorização das condições de funcionamento dos equipamentos possibilita antecipadamente, organizar o planeamento da manutenção, adquirir peças sobressalentes, preparar e adequar a equipa de manutenção técnica, informar antecipadamente a interrupção do sistema, com o intuito de obter eficientemente, a intervenção de manutenção e com o menor impacto.
- **Baixos custos:** Os custos são elevados apenas inicialmente, dada a necessidade de obtenção de componentes para a monitorização das condições de funcionamento.
- **Eficiência/produktividade:** A segurança é a primeira preocupação desta metodologia, a segunda é a eficiência, que tem como base a análise de criticidade e avaliação do custo respetivo.
- **Substituição de componentes otimizado:** Os componentes/ equipamentos têm um uso maximizado e a sua substituição é refletida na condição de funcionamento (função), e não com base em calendarizações pré-definidas.
- **Fiabilidade:** A melhoria surge como objetivo fundamental através da constante reavaliação das políticas de manutenção, informações decorrentes no *feedback* que o conjunto de supervisores, gestores de manutenção, técnicos e fabricantes dos equipamentos indicam para a criação de uma base de dados.

Todavia, é também possível reconhecer as limitações seguintes, como: custos significativos na sua implementação, dificuldades de implementação, de necessidade de pessoal especializado e com formação nas práticas RCM, aquisição de equipamentos e *softwares*.

O RCM, depois de implementado, é uma prática eficaz, económica e eficiente (Bergman, 1999). É eficaz, pois as tarefas de manutenção devem ser atuadas na raiz das falhas previamente identificadas. É económica, visto que procura atingir uma melhor relação custo-benefício nas tarefas de manutenção. E, é eficiente, uma vez que, devido ao cumprimento das tarefas de manutenção, deve ser exequível com o esforço mínimo e, também eliminar esforços dispensáveis.

2.3.7 Áreas de aplicação da metodologia RCM

O setor da aviação civil foi pioneiro na implementação da metodologia RCM e contribuiu com a aquisição de benefícios económicos e relacionados com a fiabilidade.

Praticamente todas as indústrias de alta fiabilidade dos Estados Unidos da América, as forças armadas, a indústria aeroespacial, a indústria de submarinos nucleares, a indústria petrolífera e a indústria de energia nuclear, entre outras, iniciaram a sua aplicação, tornando-se bastante eficazes e altamente eficientes no final do século XX (Ridgway et al., 2016).

Por exemplo, numa central termoelétrica no Irão, foi criada uma estrutura baseada no risco para avaliação da criticidade, tendo-se seguido a aplicação da metodologia RCM, conduzindo a políticas de manutenção mais eficientes (Sabouhi et al., 2016).

A título exemplificativo, na China, aplicou-se a metodologia RCM na área industrial de exploração de petróleo e gás, face aos custos elevados de manutenção e as exorbitantes taxas de falhas nos ativos de exploração. Foi criada uma estrutura de preferências, com base na importância dos equipamentos, para determinar as políticas de manutenção a implementar nos diferentes ativos (Tang et al., 2015). Também em circuitos ferroviários urbanos, Maglev na China, comprova-se a aplicabilidade da estratégia baseada na metodologia RCM para otimizar a manutenção e reduzir os custos associados (Dou et al., 2014). Na Tailândia foi desenvolvido um trabalho para a indústria petroquímica e foi proposto a aplicação da metodologia RCM, tendo sido alcançado melhorias significativas no tempo médio entre falhas (fiabilidade), na diminuição dos custos associados e também uma ocupação reduzida das equipas de manutenção (Umpawanwong & Chutima, 2015). Aplicou-se a metodologia RCM numa máquina com tecnologia laser, numa linha de enchimento de óleos lubrificantes na Indonésia, com o objetivo de identificar elementos críticos, definir estratégias de manutenção apropriadas e intervalos de tempo entre inspeções, que foram os princípios para se ajustarem periodicidades económicas ótimas de manutenção preventiva (Suryono & Rosyidi, 2018).

2.4 Impacto da metodologia RCM e do *Lean* nos sistemas produtivos

Quer o RCM como o *Lean* procuram a eficiência máxima dos sistemas produtivos durante o planeamento, projeto, operação e manutenção. A aplicação da metodologia RCM ainda é capaz de obter poupanças de 30 a 50% no orçamento anual de manutenção de uma instalação, redução essa que pode ser importante para a prestação de resultados de um gestor de ativos e apreciada pelas suas organizações (Chalifoux & Baird, 1998).

Algumas estruturas usam avaliações de desempenho financeiras. As suas desvantagens são demonstradas mediante a falta de informação relacionada com a qualidade, falta de disponibilidade, insatisfação dos clientes, elasticidade, longevidade dos processos ou e mensuração de eficiência (Badurdeens, 2007).

Por sua vez, o *Lean Manufacturing* traz benefícios como o aumento de vida das infraestruturas, uma cultura de inovação na estrutura organizacional, maior flexibilidade do sistema de produção e condução a organizações à excelência (Badurdeens, 2007). A sua implementação apresenta diversas vantagens a nível da melhoria da qualidade, aumento da produtividade em pelo menos em 30% e diminuição dos gastos gerais, do WIP e do LT (Maia et al., 2015). Se corretamente aplicadas, estas duas metodologias permitem melhorar os resultados para os sistemas produtivos, resultando em (Belekoukias et al., 2014; Reis et al., 2019; Tayal & Singh Kalsi, 2021):

- Programas de manutenção considerando o planeamento e controlo da produção;
- Redução de custos de operação e de manutenção;
- Conhecimento sobre o sistema analisado com maior detalhe do ponto de vista da *Total Productive Maintenance* (TPM);
- Procedimentos e desempenho operacionais revistos;
- Maior segurança e proteção;
- Maior motivação das pessoas envolvidas em manter os níveis exigentes;
- Melhor trabalho em equipas pois tanto a operação como a manutenção ou a gestão ganham conhecimentos das diversas áreas e permite um melhor entendimento.

2.5 Técnica de inquérito por questionário

Um inquérito por questionário é composto por uma série de questões que são colocadas a uma parte representativa da população, procurando analisar atitudes, interesses, conhecimentos ou opiniões dos inquiridos (Quivy & Campenhoudt, 2005).

Um instrumento de observação indireta porque o investigador envia a informação procurada ao inquirido e é de administração direta, visto que é o próprio inquirido que efetua o preenchimento. É uma técnica precisa e tem como objetivo registar as informações requeridas pelas hipóteses pelos indicadores. Este instrumento é de facto um dos métodos de recolha de dados mais simples. A aplicabilidade destes mesmos dados traduz-se em resultados rápidos e automaticamente, possibilita o alcance de um público-alvo mais alargado e facilita a análise dos dados obtidos, procedendo a numerosas análises de correlação.

Desta forma confere ao sujeito o seu anonimato, oferecendo uma resposta mais fiável. A falta de esclarecimento por parte do inquirido pode levar a questões mal interpretadas pelos inquiridos. É de referir o facto de que os resultados obtidos nem sempre representam a realidade da população em geral, devido às questões que são aplicadas apenas a uma amostra. Este tipo de instrumento pode levar à ausência de respostas tardias.

3. *Lean Manufacturing* e RCM na indústria – Análise Bibliométrica

3.1 Parametrização da revisão sistemática da literatura

A revisão sistemática da literatura foi realizada com base em estudos publicados na base de dados *Scopus*, considerando como termos de pesquisa os campos de “Título”, “Resumo” e “Palavras-chave” ([TTLE-ABS-KEY]). A revisão foi elaborada considerando um conjunto de duas principais pesquisas para as quais foi definido um protocolo de refinamento da pesquisa com base em critérios de exclusão e inclusão. Saliente-se que a pesquisa foi realizada à data de 2 de agosto de 2022. Os documentos selecionados foram alvo de uma análise descritiva com vista à sua melhor caracterização. Nesse sentido, foi analisado o número de documentos publicados anualmente considerando o período compreendido entre 2000 e agosto de 2022. Adicionalmente, os documentos foram analisados por tipo de publicação.

Com base na utilização do *software* VOSviewer®, foram construídos mapas de análise bibliométrica. Esta ferramenta tem como funcionalidade a visualização de mapas bibliométricos e dos potenciais *clusters* de informação, permitindo um estudo focado nos tópicos da pesquisa (Ferreira et al., 2022). Neste estudo foi selecionada a análise de coocorrência das palavras-chave indexadas (*Keywords dataset*) para analisar a integração do *Lean Manufacturing* e RCM na indústria automóvel, ao longo do período considerado. Note-se que os mapas desenvolvidos apresentam a terminologia em língua inglesa.

Por fim, foi feita uma análise crítica dos diferentes documentos analisados através da construção de tabelas de bibliografia anotada e de análise de conteúdo dos documentos.

A primeira pesquisa tinha como propósito analisar os aspetos mais relevantes da integração do “*Lean Manufacturing*” e “*Automotive Industry*”. Na seleção da amostra, a pesquisa inicial produziu 290 resultados. No primeiro nível de refinamento, foram incluídos como critérios de inclusão os estudos na área de “Engenharia” e “Ciências da Decisão”. Foram excluídos todos os documentos não redigidos em língua inglesa. Como resultado de aplicação deste refinamento, foram considerados um total de 268 resultados de documentos. Por fim, foram considerados artigos de revista científica e de conferência, livros e capítulos de livro.

O processo de seleção da amostra de documentos para a análise da integração do *Lean Manufacturing* na indústria automóvel é apresentado na Figura 4.

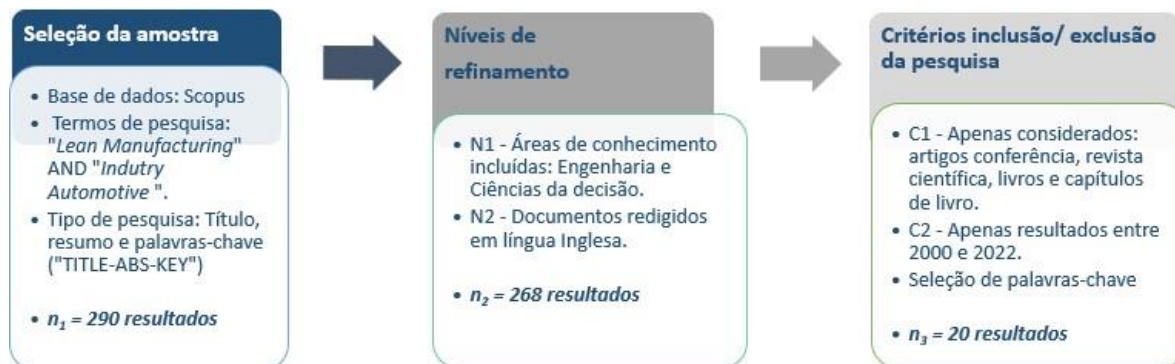


Figura 4: Passos da seleção da amostra de documentos para a análise da integração do *Lean Manufacturing* na indústria automóvel.

Dos 268 documentos selecionados, a maioria dos documentos correspondiam a artigos (47,8%), seguidos por artigos publicados em *proceeding* de conferência (40,7%), artigos de revisão (9%) e capítulo de livro (2,6%), conforme apresentado na Figura 5.

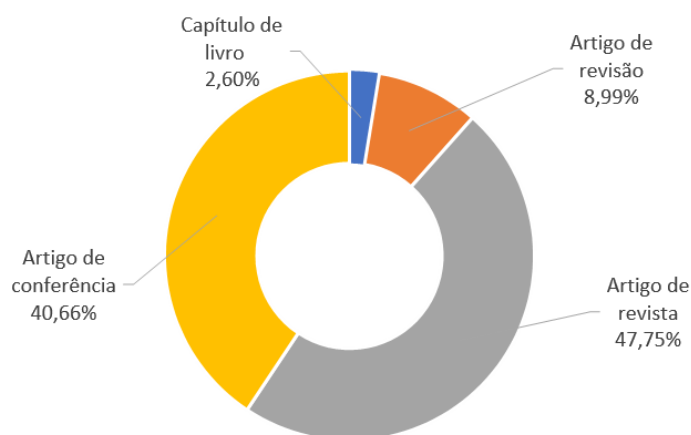


Figura 5: Distribuição dos documentos publicados por tipologia relativamente à integração do *Lean Manufacturing* na indústria automóvel.

A Figura 6 ilustra a evolução dos 268 documentos publicados entre 2000 e agosto de 2022. Como se pode verificar, ao longo dos anos verificou-se uma grande oscilação do número de documentos publicados considerando os conceitos incluídos nesta pesquisa. Desde o ano de 2019, tem-se registado uma redução do número de publicações.

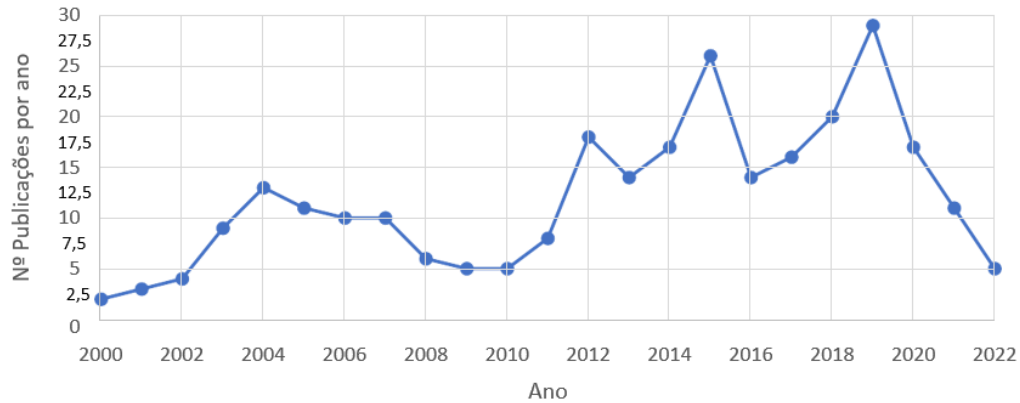


Figura 6: Evolução do número de documentos publicados entre 2000 e agosto de 2022 da análise da integração do *Lean Manufacturing* na indústria automóvel.

Como resultado deste processo, foram selecionados para análise de conteúdo um total de 20 documentos. Estes documentos apresentam o maior número de informações, por exemplo palavras-chaves.

A segunda pesquisa tinha como propósito analisar os aspetos mais relevantes da integração da metodologia “*Reliability Centered Maintenance*” e “*Industry*”, sendo estes os termos de pesquisa usados. Importa referir, que no processo de pesquisa, não foi possível especificar como termo de pesquisa a indústria automóvel, pois não resultavam quais resultados documentais na plataforma *Scopus*. Na seleção da amostra, a pesquisa inicial produziu 240 resultados. Por uma questão de coerência metodológica, os critérios de inclusão e de exclusão assumidos no processo de refinamento de pesquisa são os mesmos.

O processo de seleção da amostra de documentos para a análise da integração da RCM na indústria é apresentado na Figura 7.



Figura 7: Passos da seleção da amostra de documentos para a análise da integração da metodologia RCM na indústria.

Analisando os documentos relativos à integração da metodologia RCM na indústria, de acordo com os dados apresentados na Figura 8, os artigos em revista científica representam 34,8%, sendo que a maior percentagem corresponde a artigos em *proceeding* de conferência (58,5%).

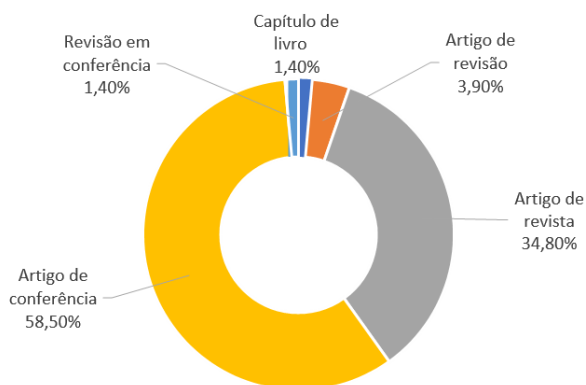


Figura 8: Distribuição dos documentos publicados por tipologia relativamente à integração da metodologia RCM na indústria.

Figura 9 ilustra as oscilações do total de 207 documentos publicados entre 2000 e agosto de 2022. O ano de 2020 corresponde ao ano com o número mais elevado de publicações (21 documentos). A média de documentos publicados anualmente é ligeiramente superior neste tópico de pesquisa (cerca de 12) em comparação com a pesquisa de integração do *Lean Manufacturing* (9 publicações em média).

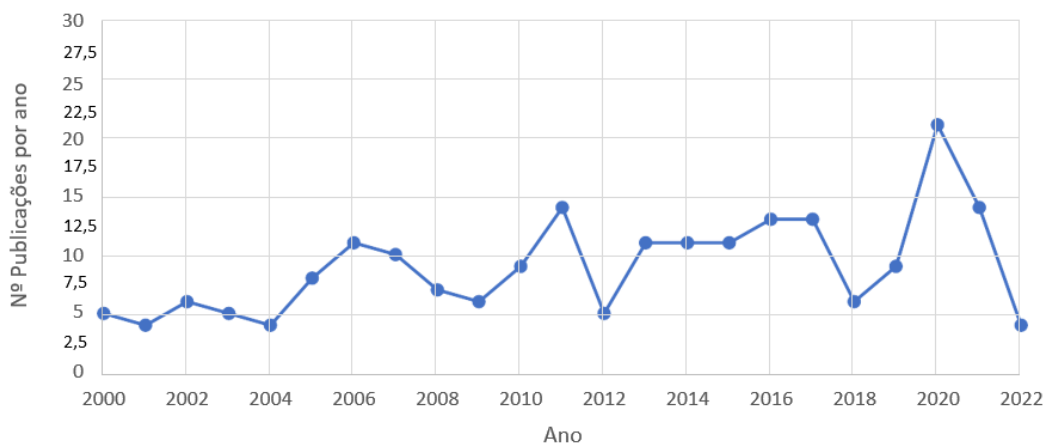


Figura 9: Evolução do número de documentos publicados entre 2000 e agosto de 2022 da análise da integração da metodologia RCM na indústria.

Resultaram deste processo, um total de 20 documentos. Estes documentos apresentam o maior número de informações, por exemplo palavras-chaves.

3.2 Resultados da análise bibliométrica

Nesta secção apresentam-se os resultados da análise bibliométrica relativamente às duas pesquisas efetuadas, bem como a análise de conteúdo dos documentos selecionados em cada uma das duas pesquisas caracterizadas previamente no subcapítulo 3.1.

3.2.1 Análise da integração do *Lean Manufacturing* na indústria automóvel

Os crescentes desafios de hoje têm levado a muitas empresas a adotarem novas estratégias de gestão de produção, a fim de melhorar a sua eficiência e competitividade.

Como se pode verificar pela análise do mapa da coocorrência bibliométrica das palavras-chave “*Lean Manufacturing*” e “*Automotive industry*” apresentada na Figura 10, as publicações são distribuídas em 5 principais clusters: (1) os aspetos relacionados com “*Automotive Industry*”; (2) os critérios associados ao processo “*Lean Production*”; (3) os parâmetros “*Lean Manufacturing*”; e (4) as diferentes abordagens ao processo “*Agile manufacturing systems*”; e o menos significativo (5) “*Manufacturing companies*”.

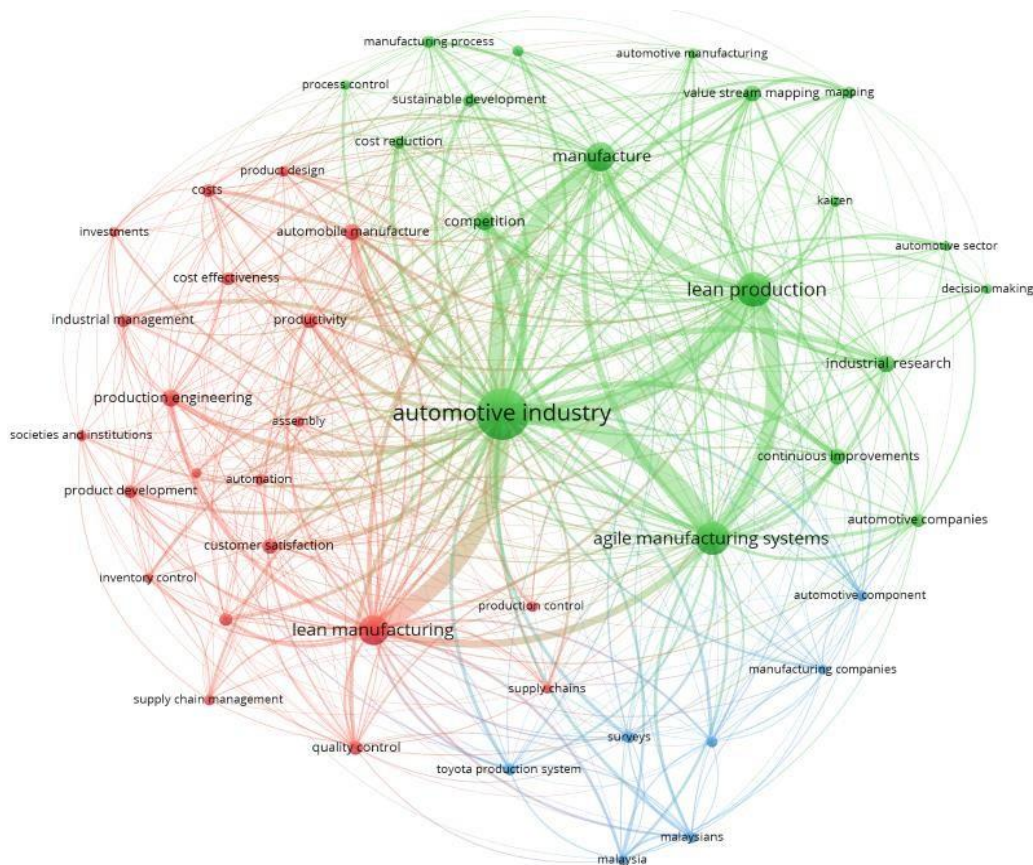


Figura 10: Mapa da coocorrência bibliométrica das palavras-chave da integração do *Lean Manufacturing* na indústria automóvel (VOSviewer)

De acordo com a análise aos 20 documentos, os critérios “*Automotive Industry*” são: os custos de produção, controlo de produção e de qualidade, e a sua inclusão em empresas transformadoras que integram complexas cadeias de abastecimento. Os critérios associados ao processo “*Lean Production*” são sobretudo o mapeamento da cadeia de valor (*Value Stream Mapping* (VSM)), a melhoria contínua, o controlo de processo, o processo de decisão, o desenvolvimento sustentável. Os parâmetros associados ao *cluster* “*Lean Manufacturing*” incluem os investimentos necessários, o desenvolvimento e *design* do produto, a automação, a gestão industrial e a gestão da cadeia de abastecimento

Como demonstra a Tabela 2, foi realizada uma análise descritiva dos 20 documentos acerca do *Lean Manufacturing* e *Automotive Industry*. São tratados vários temas como o ano, título do artigo, tipo de publicação, setor de intervenção na indústria automóvel, ferramentas *Lean* existentes, objetivos e, por fim, o resultado/conclusão. Verifica-se, com o maior número, que existem 12 artigos científicos relacionados com o *Lean Manufacturing* e *Automotive Industry*.

Com a análise aos 20 documentos apresentada na forma de tabela de bibliografia anotada, verifica-se uma correlação do *Lean Manufacturing* com *Automotive Industry*, uma vez que existem algumas ferramentas *Lean* presentes nestes documentos e que, de certa forma, ajudam no estudo do processo produtivo na indústria automóvel. As abordagens com melhores resultados originam, por exemplo, melhores orientações para os gestores das empresas. Esta abordagem mostra-se eficiente na garantia da segurança no trabalho e na redução do desperdício na indústria, de acordo com o estabelecimento de metas para a melhoria da produção. O *Lean Manufacturing* desempenha um papel crítico na melhoria da flexibilidade e desempenho na indústria automóvel.

De acordo com a análise bibliométrica, as estratégias ágeis de gestão da produção, o controlo de qualidade e o controlo dos inventários estão profundamente relacionados com a produtividade, a redução de custos e a tomada de decisão.

Tabela 2: Análise de conteúdo dos artigos sobre a integração do *Lean Manufacturing* na indústria automóvel

Ano	Título do artigo	Tipo de Publicação	Setor da indústria automóvel	Ferramentas	Objetivos	Análise de conteúdo
2022	<i>Machine Learning-Based Predictive Modeling and Control of Lean</i>	artigo científico	fabrico de peças de automóvel	....	É proposta uma estratégia de previsão e controlo baseada na aprendizagem de máquinas para a obtenção do LM (<i>Lean Manufacturing</i>) através de uma gestão eficaz da flexibilidade de fabrico.	Fornecer orientações definitivas para os gestores das empresas visarem a obtenção quantitativa de parâmetros específicos de flexibilidade de máquinas para, em última análise, alcançarem um nível melhorado de fabrico na indústria automóvel.
2022	<i>An Integrated VSM and Simulation Approach for a Production Line: A Turkish Automotive Industry Case</i>	artigo conferência	....	VSM JIT, Jidoka, Kanban	Orientar os setores para melhorar os seus processos, analisando a situação atual com o conceito de <i>Lean</i> e fazendo uso das tecnologias e modelos necessários.	Foi usada a abordagem de produção <i>Lean</i> , o sistema foi simulado com o <i>software</i> ARENA e o seu desempenho foi medido. Foi feita uma análise financeira de melhoria.
2021	<i>Supplier selection: A Lean-agile (leagile) Approach</i>	artigo conferência	fabrico de automóveis	Seleção de fornecedores como AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>)	Desenvolver uma abordagem integrada passo a passo para a seleção de fornecedores <i>Lean-Agile (Leagile)</i> de empresas fabricantes de automóveis.	Os resultados desta investigação podem ajudar os gestores de produção a ter o benefício tanto de estratégias “secas” como ágeis no processo de avaliação de fornecedores.
2019	<i>The impact of 5s + 1s methodology on occupational health and Safety</i>	capítulo de livro	fabrico de automóveis	5S	Contribuição da implementação do 5S para as condições de segurança no trabalho através de um estudo de caso realizado numa unidade industrial de um dos maiores produtores europeus de automóveis. O estudo foi centrado no processo de triagem da empresa.	Para além de outros benefícios bastante conhecidos do 5S, é também essencial garantir a segurança no trabalho. Esta conclusão é apoiada por uma análise de avaliação de risco aplicada imediatamente antes e logo após a implementação do 5S, na qual foi possível alcançar uma diminuição de 64% da quantificação do risco.
2019	<i>Manufacturing excellence in the Indian automobile industry through sustainable Lean manufacturing: A case study</i>	artigo científico	montagem, maquinagem e moldagem de automóveis	....	Este estudo centra-se na implementação do <i>Lean manufacturing</i> na indústria automóvel nas oficinas de montagem e maquinagem. Trata especialmente de todos os tipos de resíduos (sobrepodução, inventário, espera, retrabalho e rejeição) na indústria automóvel.	O desperdício na indústria é reduzido de acordo com o estabelecimento de metas; e o foco passa agora para a sustentabilidade da ação implementada. As mudanças para a sustentabilidade do sistema constituem diretrizes para que, se houver qualquer mudança nas ações de organização, a sustentabilidade continue a ser assegurada.
2019	<i>Evaluating the impact of 5S implementation on occupational safety in an automotive industrial unit</i>	artigo conferência	fabrico de automóveis	5S	Neste documento, é testado um caso de estudo numa unidade industrial de um dos maiores produtores de automóveis da Europa e depois avalia-se como a implementação de ferramentas <i>Lean</i> , mais especificamente 5S, pode contribuir para as condições de segurança no trabalho.	O presente trabalho demonstra outras várias vantagens que se obtêm com a utilização do 5S. Para além de ser uma ferramenta poderosa para organizar e otimizar o ambiente de trabalho, este estudo demonstra que é também essencial garantir a segurança no trabalho.

2018	<i>The mediating effect of Lean management on the relationship between flexibility implementation and operational metrics in US automotive manufacturing plants</i>	artigo científico	fabrico de automóveis	....	Identificar o efeito mediador das dimensões do <i>Lean Manufacturing</i> na relação entre as dimensões dos sistemas flexíveis de fabrico e as métricas de desempenho operacional.	As 64 instalações estudadas utilizam dimensões comuns identificadas por este estudo para a <i>Lean</i> e a flexibilidade. A análise dos dados indica uma ligação direta entre a metodologia <i>Lean</i> , a flexibilidade e a métrica operacional. Mostra que o <i>Lean Manufacturing</i> desempenha um papel crítico na melhoria do impacto da flexibilidade na métrica de desempenho. Os resultados indicam também que dimensões ou categorias específicas de <i>Lean</i> e os sistemas flexíveis de fabrico têm papéis mais significativos do que outros na relação entre <i>Lean Manufacturing</i> , sistemas flexíveis de fabrico e métricas de desempenho operacional.
2018	<i>Lean manufacturing practices, ISO 14001, and environmental performance in Malaysian automotive suppliers</i>	artigo científico	fornecimento de automóveis	....	Examinar a relação entre as práticas de fabrico, ISO 14001, e desempenho ambiental para fornecedores de automóveis malaios.	O impacto da implementação das práticas de fabrico no desempenho ambiental aumenta com a mediação da ISO 14001 nos fornecedores de automóveis da Malásia. Assim, esta investigação, que foi submetida a uma análise metodológica detalhada, contribui para a limitada literatura existente sobre a relação entre a ISO 14001 e o desempenho ambiental nos fornecedores de automóveis da Malásia.
2018	<i>Leanness assessment in automotive industry: Case study approach</i>	artigo científico	fabrico de diferentes componentes para a indústria	5S, SMED, Kanban	Desenvolver um plano para avaliar o <i>Lean</i> das empresas da indústria automóvel. A avaliação do <i>Lean</i> é menos investigada. É realizado para avaliar o <i>Lean</i> de três empresas fabricantes em relação a diferentes fatores da cadeia de abastecimento.	De acordo com os resultados, o segundo estudo de caso tem o maior grau de <i>Lean</i> em comparação com outras duas empresas. Além disso, esta empresa tem o melhor desempenho no que diz respeito a cada condutor da cadeia de fornecimento.
2017	<i>Organisational change framework for Lean manufacturing implementation</i>	artigo científico	....	Kanban	Desenvolver um quadro Kanban que pode ajudar as empresas a implementar o sistema de produção <i>Lean</i> . Este estudo utilizou uma abordagem explicativa de método misto, que começa com a distribuição do inquérito e é seguida de entrevistas em profundidade em empresas automóveis malaias para aperfeiçoar ainda mais o quadro geral obtido a partir do inquérito.	Este quadro pode proporcionar aos profissionais uma melhor compreensão do processo de transição para o <i>Lean manufacturing</i> , o que minimizará potenciais resistências e conflitos e, assim, melhorará as hipóteses de sucesso do sistema. O não reconhecimento das mudanças organizacionais rumo ao sistema de <i>Lean manufacturing</i> pode dificultar os benefícios a longo prazo do sistema para a organização.

2017	<i>Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry</i>	artigo científico	montagem de cabos de aço nos automóveis	PDCA	Melhorar as linhas de montagem dos cabos de aço utilizados para controlar algumas das funções básicas nos automóveis, tais como a elevação das janelas das portas dos automóveis, entre outros.	Através das metodologias <i>Lean</i> baseadas num plano de ação, foi possível assegurar a implementação de algumas das soluções desenvolvidas, bem como os processos subsequentes, e o registo destas com um registo para o futuro. O desempenho da eficiência foi dramaticamente aumentado.
2016	<i>Application of interpretive structural modelling for analysis of factors influencing Lean remanufacturing Practices</i>	artigo científico	remanufatura de componentes automóveis	Melhoria contínua	Utilizar um método de modelação estrutural interpretativo para desenvolver o modelo estrutural que retrata as inter-relações e os fatores mais dominantes e menos dominantes.	O aspeto inovador deste estudo é que apresenta o desenvolvimento de modelo estrutural para identificar os fatores mais dominantes que influenciam a implementação dos princípios de remanufatura <i>Lean</i> .
2016	<i>Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: A case study of an original equipment manufacturer for the automotive Industry</i>	artigo científico	fabrico de peças de automóvel	<i>Kaizen</i> , VSM	Descrever a utilização do mapeamento do fluxo de valor da ferramenta <i>Lean</i> no processo de produção de peças de automóvel para uma grande empresa automóvel. No início do projeto, foram recolhidos e analisados dados relevantes do processo.	As propostas foram apresentadas em reuniões <i>kaizen</i> , o plano de ação foi discutido e a decisão sobre a opção a escolher foi tomada. Consequentemente, o tempo de ciclo e o nível da mão-de-obra foram reduzidos, o processo foi melhorado e foram obtidas poupanças.
2015	<i>Operating strategies for in-plant milk-run Systems</i>	artigo conferência	....	<i>Comboios logísticos (milk-run)</i>	Analisam o número de entregas por intervalo em função das variações no programa de produção. Para permitir operações eficientes e estáveis do sistema de <i>milk-run</i> , estes sistemas devem, portanto, ser capazes de lidar com picos no número de entregas.	Desenvolvem diferentes estratégias para lidar com picos de entrega e avaliam no que diz respeito ao custo de entrega, tempo de execução e nível de serviço, utilizando dados reais de consumo de material de duas grandes empresas da indústria automóvel.
2013	<i>Current state of standardized work in automotive industry in Sweden</i>	artigo conferência	....	<i>Kaizen, Kanban, Just in Time</i>	Este documento dá uma breve visão da situação atual do trabalho estandardizado na indústria automóvel na Suécia e baseia-se em estudos recentemente realizados em vários setores da indústria automóvel na Suécia.	Este documento sugere uma maior abordagem na investigação futura sobre como implementar trabalho padronizado em organizações globais centrando-se nas exigências locais e nas diferenças e semelhanças culturais.
2012	<i>Review study of developing an integrated TQM with LM framework model in Malaysian automotive industry</i>	Revisão	....	TQM	Investigar a origem e a evolução do TQM e do <i>Lean Manufacturing</i> na indústria automóvel a nível global e especificamente na Malásia; e estudos seletivos sobre a medição do desempenho eficaz para a futura integração da TQM e <i>Lean Manufacturing</i> .	Este documento de análise é um trabalho preliminar para um futuro estudo com vista a estabelecer a posição da indústria automóvel na Malásia no que respeita à implementação de práticas integradas de TQM e <i>Lean Manufacturing</i> .

2012	<i>Green Lean total quality information management in Malaysian automotive companies</i>	artigo conferência	fabrico de componentes automóveis	TQM	Concentrar-se em alcançar a eficiência total da comunicação que utiliza o Sistema TQM Verde e o Sistema <i>Lean</i> .	O quadro proposto é uma sinergia de 4 práticas de prémios e 5 sistemas que foram integrados nos questionários. Futuros estudos podem ser realizados para aceder ao estatuto da gestão da informação noutras empresas e alargados a outras indústrias.
2010	<i>Insights and learnings from Lean manufacturing implementation practices</i>	artigo científico	.....	<i>Kanban, Just in Time</i>	Recolher informação sobre os princípios fundamentais da <i>Lean</i> e depois investigar o nível de implementação da <i>Lean</i> na indústria automóvel	São realizadas tentativas para descobrir as histórias internas e apresentar as lacunas entre os princípios e as práticas reais.
2007	<i>Integrating multiple manufacturing initiatives: Challenge for automotive suppliers</i>	artigo científico	fabrico de componentes automóveis	....	Determinar se os fabricantes de automóveis integram múltiplas iniciativas de fabrico e se as medidas de desempenho foram diretamente afetadas por estas iniciativas.	Foram realizados dois inquéritos. Os resultados indicam que os fornecedores não estão a integrar as iniciativas ou a ligá-las a medições de desempenho financeiro e/ou não financeiro. Pretendia-se desenvolver um modelo preditivo ligando a implementação de múltiplas iniciativas de fabrico e o impacto na mudança das medidas de desempenho. Não foi descoberto nenhum modelo estatisticamente significativo. O nível de implementação de diferentes iniciativas varia de uma organização para outra.
2006	<i>Delivering the "learning factory"?: Evidence on HR roles in contemporary manufacturing</i>	artigo científico	componentes de automóveis	....	Demonstrar a emergência de novas formas de organização do trabalho que, caso sejam observadas, poderiam ser vistas como consistentes com o conceito de "fábrica de aprendizagem". Isto é tentado através do relato dos pontos de vista dos trabalhadores envolvidos em operações baseadas em equipas e reflete sobre o papel emergente dos supervisores de primeira linha e dos supervisores baseados em equipas.	Embora a maioria das fábricas possa ser, de alguma forma, de um modelo de "fábrica de aprendizagem", há provas de práticas, estruturas e expectativas em mudança em cada uma delas que são, de formas variadas, amplamente consistentes com elementos desta abordagem. Como consequência do estabelecimento de prioridades para o aumento da devolução de responsabilidades a outros empregados, o papel tradicional do gestor de Recursos Humanos foi visto como evoluindo, o que, para vários gestores, estava a criar dificuldades.

3.2.2 Análise da integração da metodologia RCM na indústria

Como se pode verificar pela análise do mapa da coocorrência bibliométrica das palavras-chave “*Reliability Centered Maintenance*” e “*Industry*” apresentada na Figura 11, a rede de coocorrência de palavras-chave tem uma densidade de termos muito superior apesar do número de documentos analisados ser semelhante. Todavia, as publicações são distribuídas em 5 principais *clusters*: (1) os aspetos relacionados com a “RCM”; (2) os critérios associados ao processo “*maintenance*”; (3) os parâmetros “*reliability*”; e (4) as diferentes abordagens ao processo de “*preventive maintenance*”; e (5) os modos interligados com “*maintainability*”.

Os aspetos relacionados com a RCM apresentam fortes ligações com a manutenção preditiva, com planeamento e decisões de manutenção, com os custos e métodos de simulação. Estes aspetos estão profundamente integrados com o cluster do processo de manutenção, partilhando um elevado número de palavras-chave.

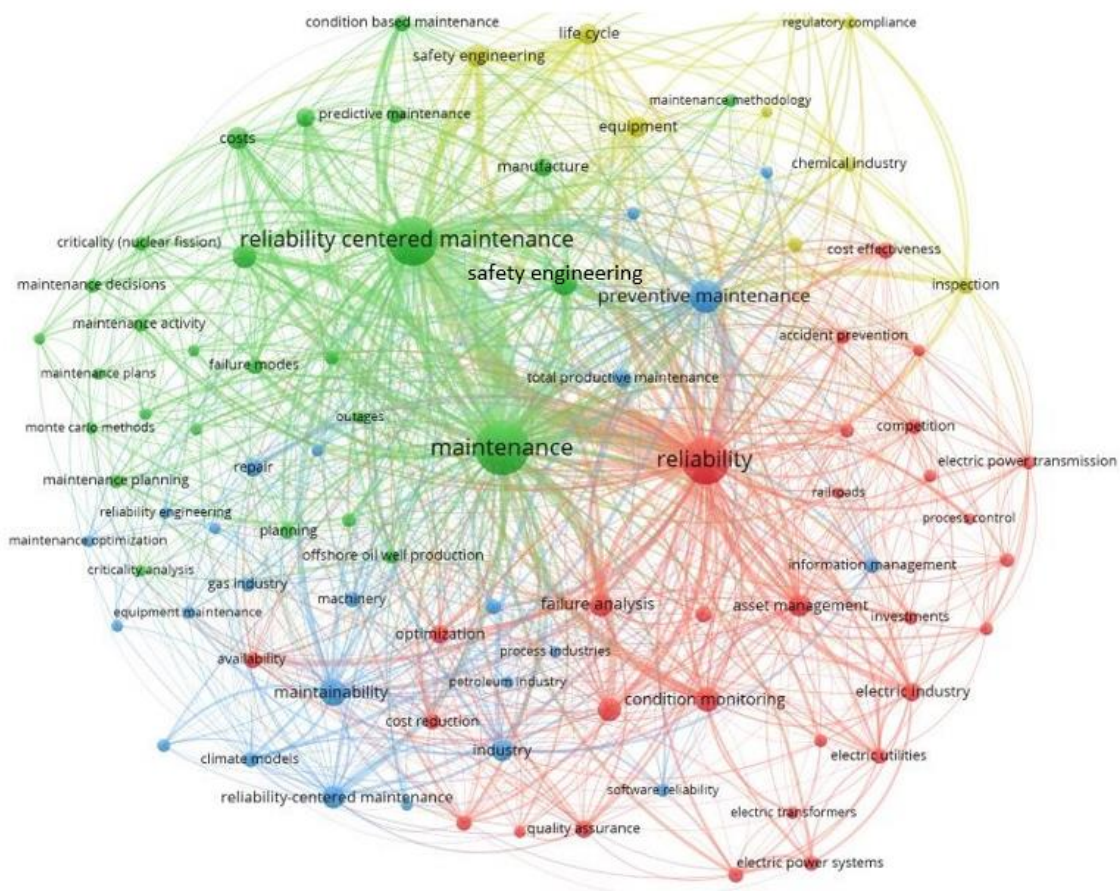


Figura 11: Mapa da coocorrência bibliométrica das palavras-chave da integração da metodologia RCM na indústria (VOSviewer)

O *cluster* “*reliability*” apresenta-se bastante associado aos sistemas e utilidades elétricas e de transmissão de potência. Assim, identificam-se aspetos como a monitorização, a garantia de qualidade, a análise de falhas, a gestão de ativos e a prevenção de acidentes. Por sua vez, foi também identificado o *cluster* “*maintainability*”. Este conceito representa uma característica inerente a um projeto de sistema ou produto, e refere-se à facilidade, segurança, precisão, e economia na execução de ações de manutenção. Este cluster apresenta fortes ligações com as palavras-chave associadas ao *cluster* “*preventive maintenance*”.

Em suma, e de acordo com a análise, os critérios RCM incluem uma vasta multiplicidade de aspetos: investimentos; redução de custos; reparação; planeamento; modos de falha; fabrico e garantia de qualidade.

Como demonstra a Tabela 3, foi realizada uma análise descritiva dos 20 documentos, onde se trata de vários temas como o ano, título do artigo, tipo de publicação, setor de intervenção na indústria automóvel, ferramentas existentes, objetivos e, por fim, o resultado/conclusão. Verifica-se, com o maior número, que existem 14 artigos conferência relacionados com *Industry* e RCM.

As abordagens com melhores resultados resultam, por exemplo, numa melhor inteligência do processo preditivo e exatidão dos resultados preditivos. A metodologia RCM ajuda na deteção precoce de falhas, na redução do tempo de inatividade e consequentemente, nas economias demonstráveis através de um aviso prévio de falha de equipamento. A integração da RCM demonstra-se como um aspeto importante no alcance de poupanças substanciais de custos e objetivos importantes de manutenção de ativos.

Tabela 3: Análise de conteúdo dos artigos sobre a integração da metodologia RCM na indústria

Ano	Título do artigo	Tipo de Publicação	Setor da indústria	Ferramentas	Objetivos	Análise de conteúdo
2022	<i>Digital Twin Enabled Industry 4.0 Predictive Maintenance Under Reliability-Centred Strategy</i>	Artigo Conferência	...	Manutenção Preditiva, RCM	Introduzir a ideia de implementar o “gêmeo” digital para a manutenção preditiva sob arquitetura de um sistema aberto.	A análise qualitativa e quantitativa ajudará o processo de tomada de decisão que conduz a estratégias de manutenção preditivas precisas. Espera-se que o método proposto proporcione uma manutenção rentável e uma melhor inteligência do processo preditivo e a exatidão dos resultados preditivos.
2021	<i>Advanced Enterprise Asset Management Systems: Improve Predictive Maintenance and Asset Performance By Leveraging Industry 4.0 And The Internet Of Things (Iot)</i>	Artigo Conferência	Ferrovária	Manutenção Preditiva, Proativas e Centradas na Fiabilidade	O objetivo do estudo mais concretamente da Gestão Avançada de Bens Empresariais é prolongar a vida útil e maximizar a utilização dos ativos através da adoção de normas, práticas e tecnologia e assim passam a beneficiar da redução das despesas operacionais e de substituição de capital, por exemplo.	À medida que os sistemas são modernizados, a Gestão Avançada de Bens Empresariais fornece informação crítica às operações no planeamento de cenários de gestão ferroviária, incluindo a funcionalidade de manutenção preditiva.
2021	<i>Data fusion framework for decision-making support in reliability-centered maintenance</i>	Artigo	...	RCM	Propor a criação de uma base de dados de conhecimento que funde a informação qualitativa e quantitativa a ser utilizada na análise e melhoria das decisões em implementações de RCM.	A escolha dos melhores dados a serem utilizados na implementação e avaliação de RCM, bem como a formalização de informação para aplicação na tomada de decisões, são realizações importantes para assegurar a adequação do programa ao contexto da empresa.
2020	<i>Operational risk assessment with smart maintenance of power generators</i>	Artigo	Sistemas de energia	RCM, Manutenção Preventiva, Manutenção Preventiva Periódica, Manutenção Inteligente	Propor um modelo inovador de Manutenção Inteligente que conduz a um plano de manutenção eficaz. A abordagem proposta é avançada através de três conceitos principais: Cadeias de Markov para descrever a fiabilidade do componente; lógica Fuzzy para determinar o risco operacional do componente; e grau de esforço de manutenção para definir o impacto da manutenção sobre a taxa de falha do componente.	O problema de manutenção é resolvido ao utilizar a Otimização Acelerada do Enxame Quântico de Partículas em conjunto com a amostragem <i>Sequential Median Latin Hypercube</i> e os estudos de caso justificam a eficácia da proposta e a sua superioridade sobre a manutenção preventiva periódica e RCM.
2020	<i>Reliability centered maintenance used in metro railways</i>	Artigo	Ferrovária	...	Otimizar o equipamento de manutenção de condições remotas utilizado nos sistemas ferroviários e discutir os benefícios da implementação do equipamento de monitorização de condições remotas.	O processo de otimização ajuda na deteção precoce de falhas, para que o tempo de paragem do equipamento possa ser minimizado, e a produtividade possa ser maximizada.

2020	<i>Enhancements of reliability centered maintenance analysis and its application to the railway industry</i>	Artigo Conferência	...	RCM	É proposto uma série de questões, baseada na integração RCM com os modelos de custo do ciclo de vida do sistema.	Os modelos de custo do ciclo de vida do sistema permitem a inclusão de uma análise custo-benefício nas considerações técnicas, produzindo assim a melhor decisão final de manutenção.
2019	<i>Enhancing reliability of power systems through IIoT - Survey and proposal</i>	Artigo Conferência	Sistemas de energia	Manutenção Auto-correctiva, Manutenção Preditiva e Manutenção Corretiva	Alcançar a fiabilidade através da <i>Internet Industrial das Coisas</i> para sistemas de energia industrial. É proposta uma abordagem híbrida para a manutenção preditiva e corretiva e é discutido o paradigma da manutenção autocorretiva como abordagem híbrida para sistemas de energia industrial, juntamente com uma abordagem de manutenção baseada em condições, utilizando o IIoT para o conseguir.	Abrange as questões de autocorreção a serem tratadas de forma pró-ativa, seguindo o processo de manutenção baseada em condições (CBM) através da <i>Internet Industrial das Coisas (IIoT)</i> . A proposta híbrida poderia ser uma mudança de velocidade significativa na direção da manutenção para a indústria em geral, bem como para os sistemas elétricos e pode ser designada como a 5ª revolução da indústria.
2019	<i>Maintenance management improvement based on reliability centered maintenance II in energy generating industries</i>	Artigo Conferência	Geradoras de energia	RCM II	Testar o método de tratamento de manutenção centrado na fiabilidade II ao verificar se pode ser aplicado na central elétrica X para que a eficiência e a manutenção da máquina esteja de acordo com as suas necessidades individuais.	São detetadas várias incompatibilidades e devem ser combinadas com o método de manutenção correspondente. Para mais investigação, é recomendado que o objeto de investigação seja alargado para que o método RCM possa ser utilizado noutras indústrias geradoras de energia.
2011	<i>Research on probability reliability-centered maintenance model based on requirement-oriented maintenance</i>	Artigo Conferência	...	RCM	Reconstruir o processo de decisão e o método do RCM uma vez que existem por exemplo dificuldades de julgamento, juízos errados e de síntese difíceis.	A validade da Manutenção Centrada na Fiabilidade é demonstrada pelo exemplo de certas empresas de petrificação.
2011	<i>Industrial informatics applications: Optimising life cycle costs of an Underground Mining Longwall Conveyor</i>	Artigo Conferência	Minas de Carvão Subterrâneo	...	Encontrar meios eficazes de melhorar o custo do ciclo de vida do equipamento industrial.	Incluir uma revisão detalhada do histórico de falhas e o seu efeito no rendimento e no desempenho global da operação de <i>longwall</i> , que é o coração da operação de mineração de carvão subterrânea.

2010	<i>Real-time asset health monitoring: A critical solution for the power plant of the future</i>	Artigo Conferência	Energética	Manutenção Preventiva na Fiabilidade, RCM, Manutenção Corretiva, Manutenção Não Planeada	Muitos fornecedores de energia implementaram programas de manutenção preventiva e centrada na fiabilidade, com o objetivo de melhorar as práticas existentes de manutenção e gestão de ativos. Muitos serviços públicos estão agora a implementar aplicações de software de monitorização de condições em linha para monitorizar a saúde quase em tempo real do seu equipamento e para conseguir um alerta precoce de falhas no equipamento.	A Exelon iniciou um programa de Monitorização Centralizada de Desempenho que resultou numa diminuição das exigências ao pessoal da empresa, reduziu o tempo de inatividade e proporcionou poupanças demonstráveis através de um aviso prévio de falha de equipamento. O Exelon recebeu o prémio "TIP" 2008 da NEI <i>Top Industry Practice</i> para o programa.
2010	<i>RCM principles provide predictive asset maintenance benefits, cost savings</i>	Artigo Conferência	Aeroespacial, Automóvel e Petrolífera	RCM, Manutenção Preventiva, Manutenção Preditiva	Propor o movimento da indústria para uma cultura de "prevenção de incêndios", transferindo tecnologias de indústrias como a aeroespacial, automóvel e a petrolífera, para desenvolver sistemas de monitorização e gestão de equipamentos mais inteligentes que permitam a melhoria da conceção, construção e manutenção dos equipamentos das plataformas.	As práticas comprovadas RCM são aplicadas na indústria da perfuração utilizando dados de equipamento de perfuração para alcançar poupanças substanciais de custos e outros objetivos importantes de manutenção de ativos. Os conceitos de transferência de tecnologia são utilizados para medir os resultados e avaliar os benefícios económicos da aplicação RCM na indústria da perfuração. As correlações entre as condições operacionais e o desgaste do equipamento são desenvolvidas considerando as características de formação.
2009	<i>Federated SOA: A solution to support CBM+ Weapon System Health Management</i>	Artigo Conferência	Sistemas e Componentes de DoD (<i>Definition of Done</i>)	RCM	Prever falhas iminentes e avaliar a saúde global devido a processos que causam ineficiências na disponibilidade e desempenho do sistema de armas, uma vez que existe uma falta de visibilidade do sistema de armas em toda a frota e assim, resulta em custos mais elevados devido a dados/análises menos oportunas e reparações mais ineficazes. O programa DoD <i>Conditioned Based Maintenance Plus</i> (CBM+) foi iniciado para resolver este problema. CBM+ é a aplicação e integração de processos adequados, tecnologias e capacidades baseadas no conhecimento para melhorar a fiabilidade e eficácia da manutenção dos sistemas e componentes de DoD.	Os benefícios incluem: Alavancar o investimento/ativos de engenharia existentes; permitir a comunicação de sistemas padrão; reduzir a necessidade de interfaces sistema-a-sistema personalizadas; proporcionar escalabilidade empresarial que reduz a necessidade de integração "física" do sistema e permite a inclusão incremental de capacidades adicionais

2007	<i>Application of computerized maintenance management system in industry</i>	Artigo Conferência	...	TPM RCM Monitorização Baseada na Condição	Avaliar o processo de gestão de manutenção existente seguido nas indústrias locais, e introduzir o CMMS como parte integrante importante do sistema de fabrico, analisando depois a resposta dos gestores de manutenção e das equipas de manutenção à implementação do CMMS.	Os resultados derivados do processo de avaliação indicam que a maioria dos gestores de manutenção não estão conscientes das técnicas de manutenção desenvolvidas, a importância dos sistemas de informação para integrar as atividades relacionadas com a operação e a manutenção.
2006	<i>Software requirements for reliability-centered maintenance application</i>	Artigo Conferência	Energia Elétrica	RCM	Descrever algumas necessidades de <i>software</i> para a aplicação da RCM à gestão de ativos. Com base na abordagem estruturada da RCM, um conjunto de artefactos de informação e dados probabilísticos são derivados conforme necessário para a correta aplicação da metodologia. O método e o software experimental têm sido utilizados por uma task-force no Brasil, como ferramenta de apoio para desenvolver um guia e base de dados para aplicação da RCM a transformadores de potência.	A otimização probabilística da frequência de manutenção é um requisito central destes projetos, uma vez que este aspeto é tratado de forma vaga pelas normas da RCM da CEE/ISO e SAE. Um modelo estocástico é sugerido e incluído como um requisito de software.
2006	<i>Reliability centered maintenance for capacitor voltage transformers</i>	Artigo Conferência	Energia Elétrica	RCM, Manutenção Preventiva,	Apresentar um modelo RCM para transformadores de tensão de condensadores, que foi desenvolvido com base na experiência das equipas de manutenção de uma importante empresa brasileira de transmissão de energia.	Foi realizada uma avaliação estatística das falhas na empresa. Alguns destes dados estatísticos são apresentados juntamente com conceitos relevantes e os principais componentes dos modelos desenvolvidos de RCM.
2002	<i>Application of RCM for safety considerations in a steel plant</i>	Artigo	Siderúrgica	RCM, Manutenção Pró-ativa, Manutenção Preditiva	Desenvolver estratégias e abordagem programática para lidar com diversos problemas. A manutenção centrada na fiabilidade oferece o processo mais sistemático e eficiente para abordar uma abordagem programática global para a otimização da manutenção de instalações e equipamentos. Através da aplicação sistemática da metodologia RCM, são analisadas falhas, modos de falha e para preservar o funcionamento do sistema, são atribuídas tarefas de manutenção preventiva, tais como inspeção/verificação, lubrificação, limpeza, ajustamento, substituição, para vários modos de falha.	As tarefas baseadas na RCM não precisam necessariamente de aumentar a frequência, mas podem manter ou mesmo diminuir a frequência de manutenção com base em prioridades funcionais. RCM também pode recomendar as tarefas de manutenção adicionais e a aplicação da programação manutenção preventiva baseada na RCM requer a utilização de técnicas de exploração da idade e alterações de atitude.

2002	<i>Application of RCM to a medium scale industry</i>	Artigo	Siderúrgica	RCM	A otimização da manutenção preventiva está a proporcionar amplas oportunidades e desafios a todos os envolvidos em todos os aspetos do funcionamento de uma empresa industrial. A metodologia de RCM oferece a melhor estratégia disponível para a otimização da manutenção preventiva, incorporando um novo entendimento sobre as formas como o equipamento falha.	Para preservar a função do sistema, são sugeridas categorias de manutenção preventiva para vários modos de falha nos componentes, tais como: tempo dirigido; condição dirigida; descoberta de falha e corrida à falha. As características de manutenção preditiva de uma indústria siderúrgica de média escala são deduzidas através deste documento de uma forma bastante generalizada.
2002	<i>Optimize IT Robot Condition Monitoring tool</i>	Artigo	...	RCM	À medida que os robôs foram ganhando cada vez mais capacidade “humana”, os utilizadores têm procurado cada vez mais formas de medir as variáveis críticas com o objetivo de monitorizar o seu estado e programar a manutenção de forma mais eficaz.	Detetar tendências negativas antecipadamente e prever potenciais avarias, assim, <i>Optimize IT Robot Condition Monitoring</i> fornece a base ideal para a RCM realizada por robôs.
2000	<i>Applying reliability centered maintenance (RCM) to overhead electric utility distribution systems</i>	Artigo Conferência	Sistemas de Distribuição Aérea	RCM	Transmitir uma noção das oportunidades potenciais disponíveis na aplicação de métodos de análise de Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM) a uma avaliação da manutenção de sistemas de distribuição aérea.	Enfatizar a identificação de potenciais oportunidades e incluir uma discussão conceptual de como a RCM poderia ser aplicada em sistemas de distribuição aérea.

4. *Lean Manufacturing* e RCM na indústria automóvel – Análise de questionários

4.1 Método de recolha de dados e caracterização da amostra

No presente subcapítulo são apresentados os métodos de pesquisa e técnicas de recolha de dados, a construção do questionário e respetiva estrutura, e ainda a caracterização da amostra do estudo.

4.1.1 Inquéritos por questionário

O estudo desenvolvido trata-se de um estudo exploratório, uma vez que se pretende incidir sobre as ferramentas *Lean* e o RCM na indústria automóvel em Portugal. Como ferramenta utilizada foram usados os inquéritos por questionário.

Neste estudo utilizou-se os formulários do *Google* por não apresentar qualquer limitação quanto ao número de questões. Esta ferramenta permite elaborar questões de resposta aberta, escolha múltipla, grelha de caixas de verificação com aplicação de escalas de classificação qualitativa e quantitativa. Caso se pretenda, o utilizador pode ativar a opção para receber notificações sempre que receba uma resposta nova. Quando seja necessário obter as respostas e tratar os dados, pode-se fazer o download do ficheiro *Excel*. Os inquéritos foram submetidos via correio eletrónico, utilizando o *Webmail* da Universidade Lusíada Vila Nova de Famalicão.

4.1.2 Construção e estrutura do questionário

O questionário foi desenvolvido tendo em conta os princípios da neutralidade, clareza e coerência. As questões foram formuladas cuidadosamente tendo em atenção a linguagem, o estilo utilizado e a apresentação final do questionário. A última questão colocada é de carácter aberto e sem preenchimento obrigatório, que se refere à necessidade de acrescentar algo com alguma relevância, as restantes são todas fechadas. A estrutura do questionário será apresentada no Apêndice 1.

Quanto à estrutura do questionário, este é dividido em cinco partes, tendo em conta a caracterização da empresa, as ferramentas *Lean*, o RCM, a junção das ferramentas *Lean* e do RCM e, por fim, uma questão de resposta aberta para que as empresas possam tecer considerações sobre a implementação das ferramentas *Lean* e do RCM na indústria automóvel que seja relevante para a empresa.

A primeira parte está relacionada com a caracterização da empresa e tem cinco questões. A segunda parte é constituída por quatro questões relacionadas com as ferramentas *Lean* que têm como objetivo saber se as ferramentas *Lean* são implementadas, quais as que são utilizadas dentro da empresa e quais são as que conhece, e avaliar o grau de importância na implementação das ferramentas *Lean*. A terceira parte é composta por quatro questões que dizem respeito ao RCM que consistem no seu conhecimento, implementação das suas práticas relativamente aos fornecedores bem como dos seus benefícios. A quarta parte é formada por quatro questões relativas à integração das ferramentas *Lean* com o RCM que compreendem: se trazem melhorias nos resultados financeiros, como é vista a importância desta integração, que métrica de desempenho as empresas deveriam de implementar para avaliar o impacto desta integração e se tem intenção de aplicar no futuro. Por fim, a última e quinta parte é constituída por uma resposta aberta caso haja uma consideração com relevância por parte da empresa. No total, o inquérito é composto por dezassete questões.

4.1.3 Caracterização da amostra

De forma a obter a listagem de empresas pertencentes à indústria automóvel recorreu-se então à Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA, 2022) e à informação da Associação Comercial e Industrial de vários concelhos. Através desta pesquisa identificaram-se um total de 119 empresas que são fabricantes de componentes para a indústria automóvel. A listagem obtida permite conhecer diversas informações acerca dessas empresas, nomeadamente o nome, número de contribuinte, morada, contactos telefónicos, site, email, código de consolidação, últimos proveitos operacionais, entre outros. Assim, a amostra deste estudo foi reduzida a 111 empresas alvo de investigação. Estas respetivas empresas destacam-se na área de montagem de sistemas (4%); têxteis e outros revestimentos (10%); plásticos, borrachas e outros compósitos (20%); metalurgia e metalomecânica (32%); elétrico/ eletrónica (31%); entre outros (3%).

4.2 Apresentação e análise dos resultados dos questionários

Neste capítulo serão apresentados os dados recolhidos através do questionário desenvolvido e respetiva análise. Numa primeira parte será feita a caracterização dos inquiridos. Posteriormente analisar-se-á os resultados das várias questões colocadas, e por fim a discussão dos resultados obtidos. O questionário foi submetido a 111 empresas (amostra), tendo sido obtidas 23 respostas. Estas representam cerca de 21% da amostra.

4.2.1 Caracterização das empresas inquiridas

As primeiras cinco questões apresentadas no questionário pretendiam caracterizar a empresa inquirida quanto aos seguintes campos: 1) Classificação da Atividade Económica (CAE) da empresa; 2) Certificação da empresa; 3) Empresa internacional ou nacional; 4) Dimensão da empresa; 5) Desenvolvimento de atividades para o mercado.

Quanto à CAE da empresa, tendo presente que os setores mais representativos da indústria automóvel são: a fabricação de carroçarias, reboques e semirreboques; e a fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis registando 26,1%. De seguida, 13% das empresas dedicam-se à fabricação de outros artigos de plástico e, por fim, à dedicação da manutenção e reparação de veículos automóveis e da fabricação de outros produtos de borracha (8,7%) (Figura 12).

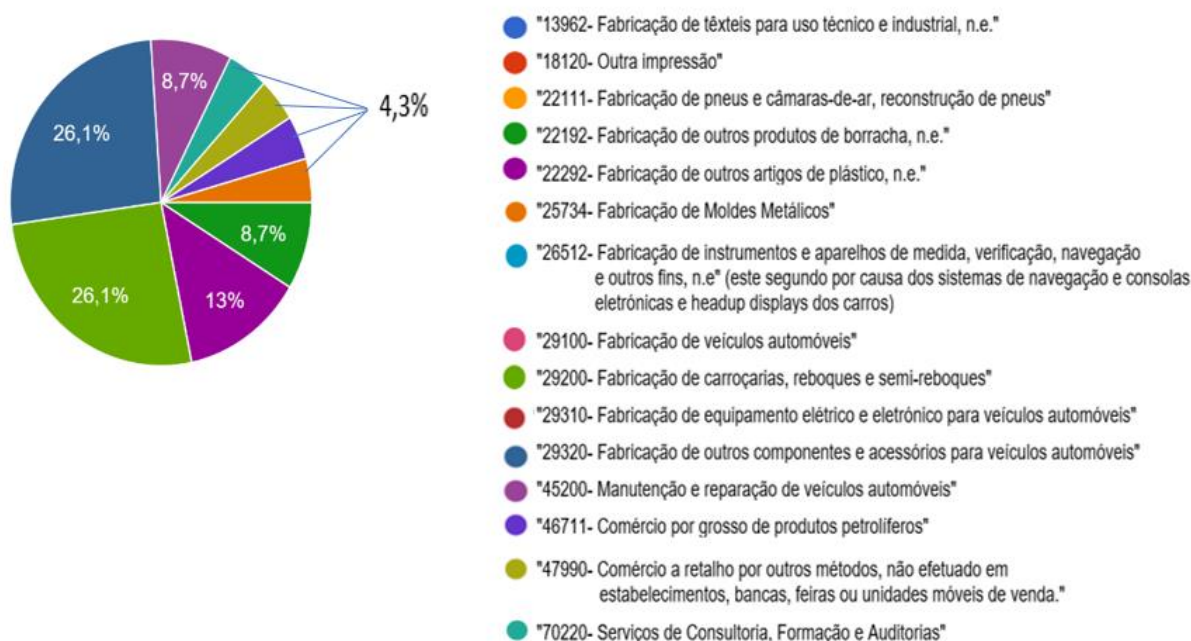


Figura 12: Distribuição das empresas inquiridas em função do CAE

Quanto à certificação da empresa, tendo presente que a certificação mais representativa é a norma ISO 9001, relativa aos Sistemas de Gestão da Qualidade, incluindo 52,2% das empresas inquiridas. Cerca de 17,4% não possui nenhuma certificação e cerca de 8,7% das empresas utilizam as normas *International Automotive Task Force* (IATF) e IATF 16949 (Figura13).

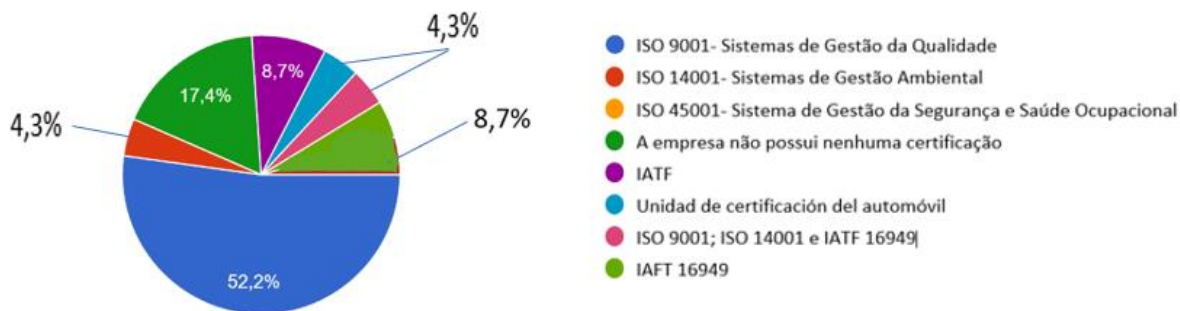


Figura 13: Tipos de certificação das empresas inquiridas

Da análise efetuada, 95,7% dessas empresas dizem respeito a empresas nacionais, ou seja, empresas sediadas e com exploração de atividade em Portugal (Figura 14).

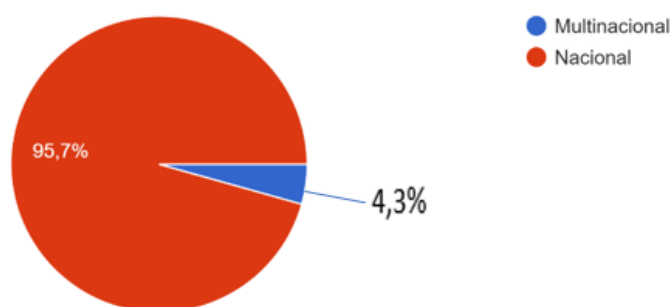


Figura 14: Origem das empresas

Em relação à dimensão das empresas, verificou-se que 78,3% são Pequenas e Médias Empresas (PME) e 17,4% são Microempresas, tal como apresentado pela Figura 15.

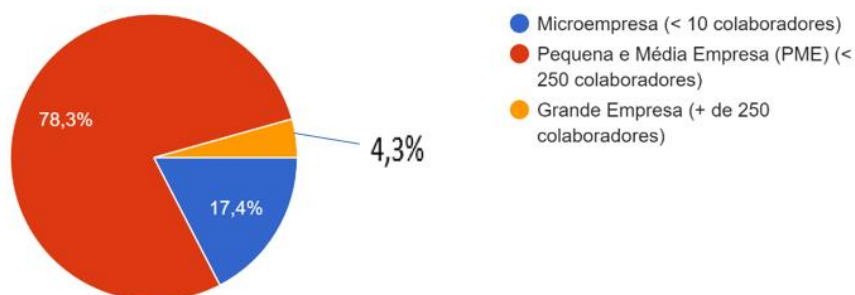


Figura 15: Distribuição das empresas em função da sua dimensão

Relativamente ao mercado de destino das atividades/produtos, o mercado europeu obteve 39,1% das respostas, o mercado nacional alcançou 34,8% e o mercado mundial 26,1% (Figura 16).

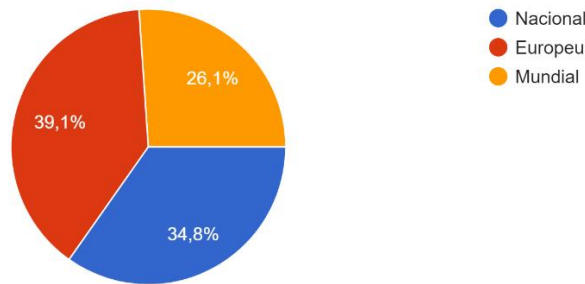


Figura 16: Destino das atividades/produtos para o mercado nacional, europeu e mundial

Resumidamente, pode-se concluir que a maioria das empresas respondentes corresponde a PME's nacionais da indústria de produção de componentes para o setor automóvel, maioritariamente na área de carroçarias, reboques e semirreboques, e de outros componentes e acessórios para veículos automóveis e que desenvolvem atividades para o mercado nacional, europeu e mundial.

4.2.2 Análise da integração das ferramentas *Lean* nas empresas

Numa primeira perspetiva tentou-se perceber junto dos inquiridos se conhecem os vários tipos de ferramentas *Lean*. Pela análise dos resultados da Figura 17, constatou-se que existe conhecimento sobre as várias ferramentas *Lean*. Com 69,6% das empresas responderam conhecer 5S e com 65,2%, dizem conhecer redução de custos de nãoqualidade e *Kaizen*. As ferramentas menos conhecidas são o nivelamento da produção e o *Jidoka*.

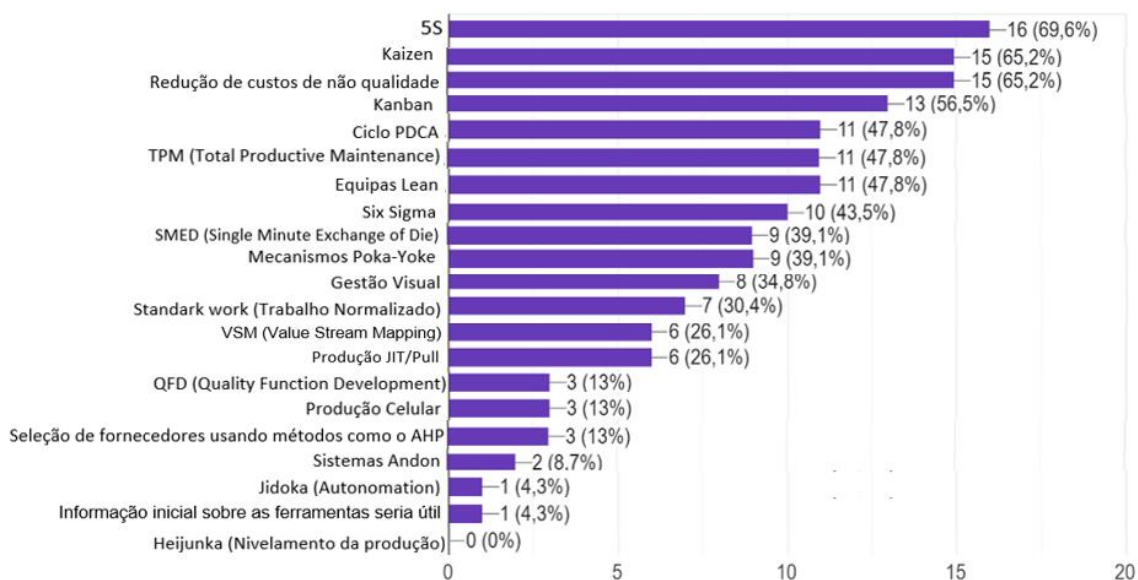


Figura 17: Conhecimento dos diversos tipos de ferramentas *Lean*

Através da Figura 18 é possível verificar o nível atual de implementação das ferramentas *Lean* na indústria automóvel. Das empresas analisadas, apenas 56,5% utiliza o *Lean*, sendo que as restantes 43,5% não têm o *Lean* implementado.

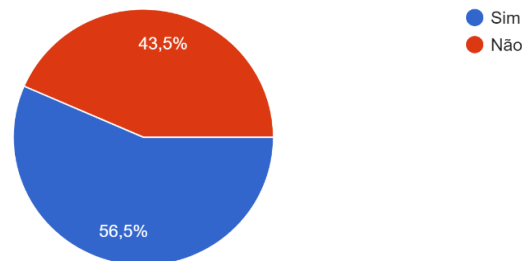


Figura 18: Nível de implementação de ferramentas *Lean* na empresa

Quando inquiridos sobre quais as ferramentas *Lean* que a empresa mais utiliza, observando a Figura 19, é possível verificar que a ferramenta 5S é a metodologia mais utilizada pelas empresas (47,8%). Este resultado talvez se deva ao facto de ser a mais fácil e intuitiva de aplicar. O Ciclo PDCA e a redução de custos de não qualidade também se destacam pelas suas presenças em cerca de 43,5% e 39,1% das empresas, respetivamente. A ferramenta sem nenhuma implementação é a *Heijunka* (0%).

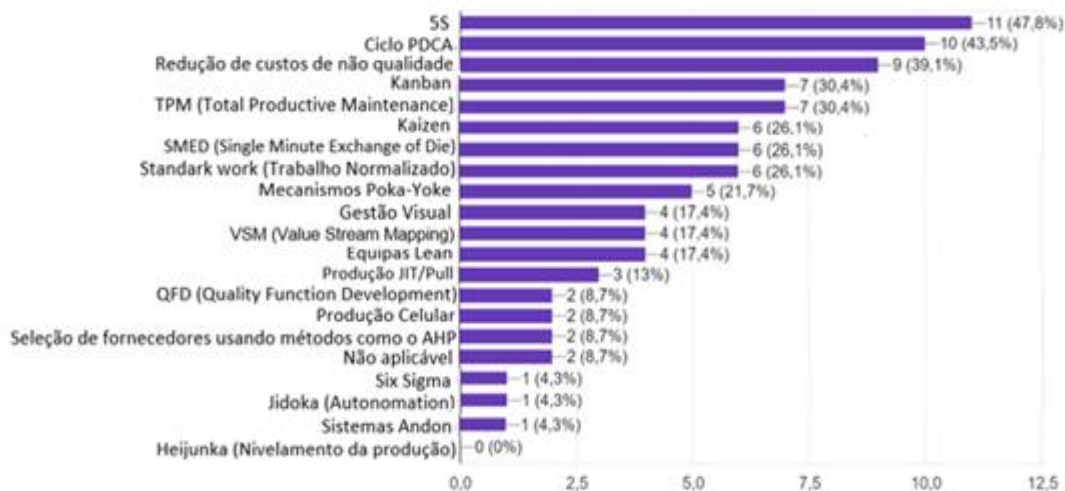


Figura 19: Ferramentas *Lean* utilizadas pelas empresas

Uma vez que existe um conhecimento limitado acerca das ferramentas *Lean*, a opinião dos inquiridos quanto à importância da sua aplicação vem confirmar a ainda inexistência de conhecimento sobre esta abordagem nas empresas deste setor de atividade e que se enquadram como PME's.

Quando questionados sobre o grau de importância na implementação das ferramentas *Lean* na respectiva empresa, alguns consideram ser importante, mas a maioria aponta como sendo bastante importante, com 43,5% dos resultados (Figura 20). É de realçar que os níveis de classificação do 1 ao 5 representam desde o pouco importante ao muito importante na implementação das ferramentas *Lean* na empresa.

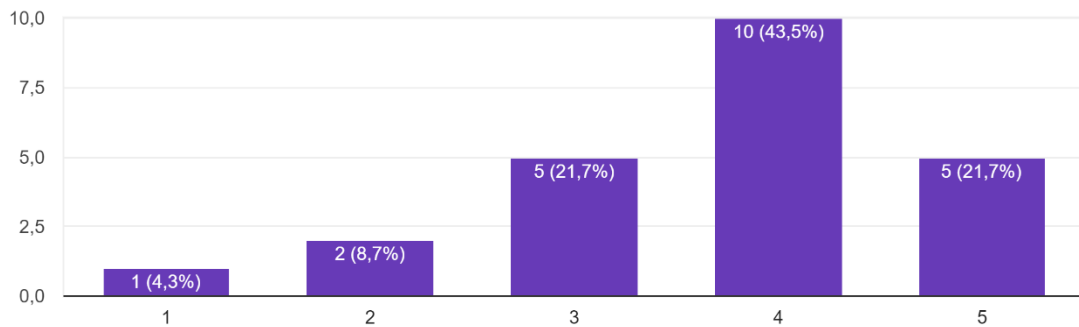


Figura 20: Classificação da importância na implementação das ferramentas *Lean*

4.2.3 Análise da integração da metodologia RCM nas empresas

Relativamente à integração das metodologias RCM, segundo a análise dos resultados obtidos na Figura 21, verificou-se que existe um considerável desconhecimento sobre as metodologias RCM. Cerca de 78,3% das empresas não conhecem estas práticas. Os restantes 21,7%, dizem ter conhecimento acerca do RCM.

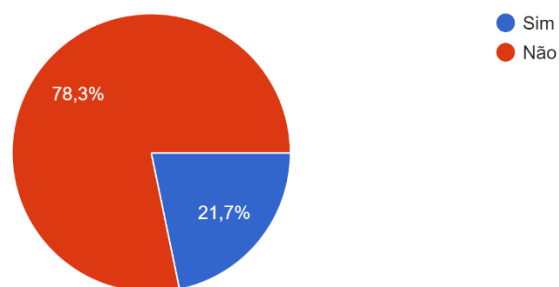


Figura 21: Nível de conhecimento sobre o RCM por parte das empresas inquiridas

Dos 21,7% das empresas que conhecem a metodologia RCM, 82,6% afirma implementar essas mesmas práticas, conforme apresentado na Figura 22.

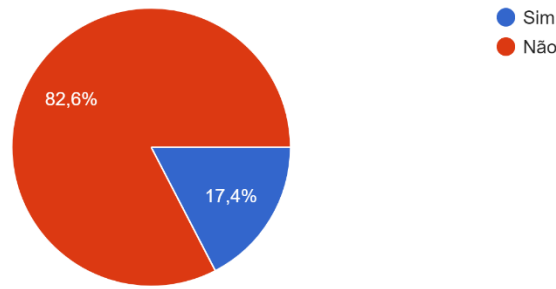


Figura 22: Identificação da porcentagem de empresas inquiridas que implementam a metodologia RCM

No total, 78,3% destas empresas não escolhem preferencialmente os fornecedores com práticas RCM. Os fornecedores devem implementar as metodologias RCM, para que as empresas consigam obter mais vantagens competitivas e assim, aplicar a melhoria contínua do seu desempenho (Figura23).

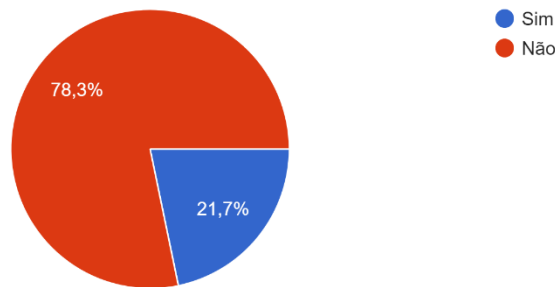


Figura 23: Nível de preferência por fornecedores com práticas RCM

Relativamente ao potencial do RCM, de acordo com as empresas inquiridas, o grande benefício é a melhoria da Eficiência/Produtividade com 82,6%, sendo que também lhe atribuem uma grande relevância para redução de custos (56,5%) e melhoria da qualidade produtos/serviços (47,8%), assim apresenta a Figura 24.

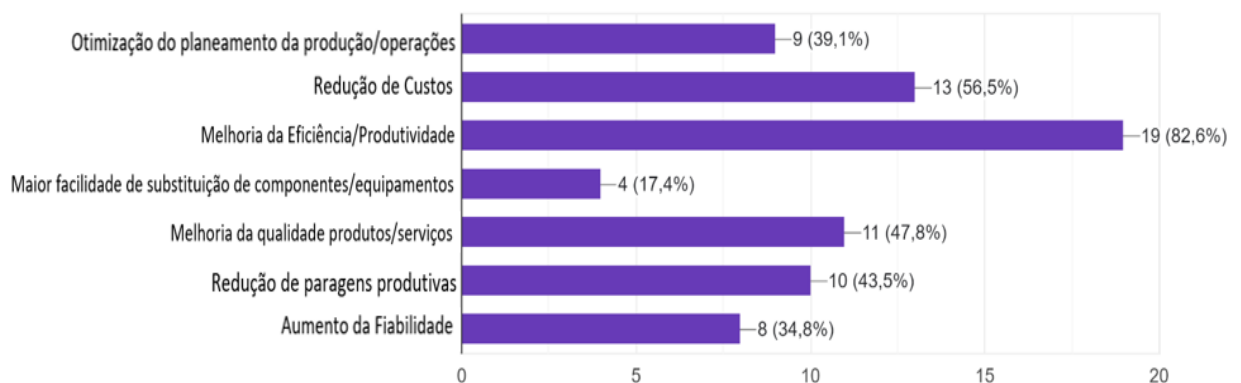


Figura 24: Principais benefícios do RCM

4.2.4 Análise da integração do *Lean* e da metodologia RCM nas empresas

Através da figura 25, é possível apurar que as empresas consideram importante na obtenção de melhores resultados uma vez que 47,8% responderam ter conseguido um bom nível de melhoria. É de realçar que os níveis de classificação do 1 ao 5 representam desde o pouco à muito boa importância das ferramentas *Lean* e do RCM com a melhoria dos resultados financeiros.

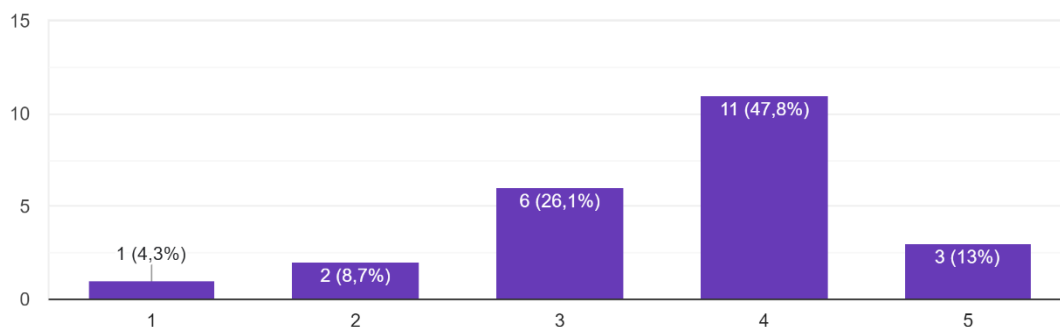


Figura 25: Relação das ferramentas *Lean* e do RCM com a melhoria dos resultados financeiros

Fez-se uma questão acerca da percepção das empresas quanto à integração das ferramentas *Lean* e ao RCM no futuro da sua laboração. Tendo em atenção a Figura 26, denota-se que no geral as empresas estão cientes de que as ferramentas *Lean* e o RCM terão uma importante relevância no futuro, com 60,9% dos resultados. Uma percentagem de 21,7% considera esta integração “Muito Importante”.

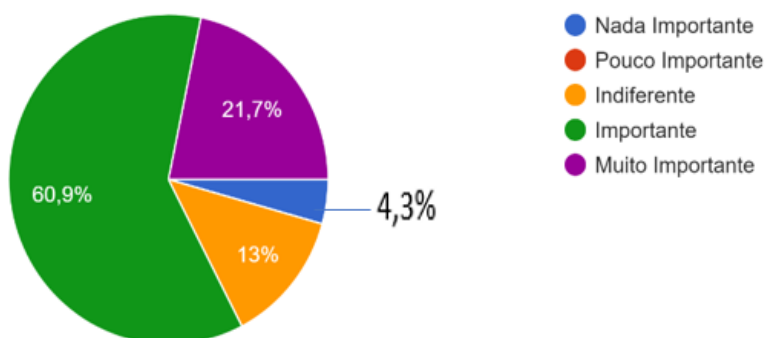


Figura 26: Importância das ferramentas *Lean* e do RCM

Em relação à métrica de desempenho que as empresas deveriam de implementar para avaliar o impacto das ferramentas *Lean* e RCM, com 4,3% das empresas, uma referiu que não tinha qualquer opinião em relação a estas métricas e a outra mencionou que estas métricas não eram aplicáveis à empresa. A maior percentagem é a eficiência com 30,4%. (Figura 27).

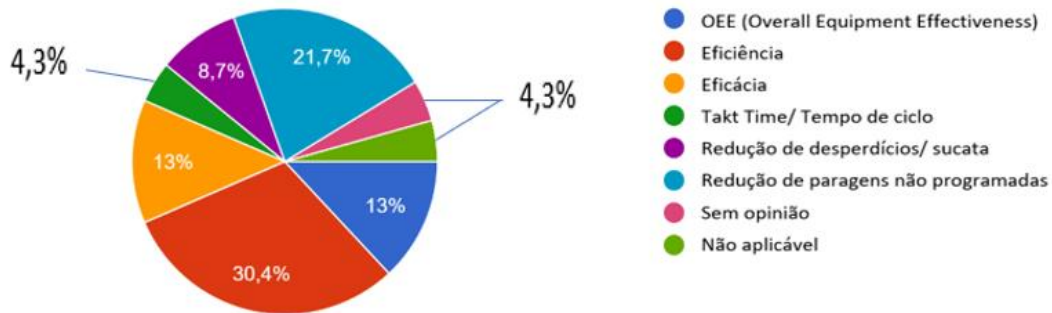


Figura 27: Métrica de desempenho das empresas para avaliar o impacto das ferramentas *Lean* e RCM

Foi colocada uma questão a todas as empresas, se têm intenção de aplicar no futuro as ferramentas *Lean* e o RCM em conjunto. Uma percentagem de 47,8% das empresas respondeu positivamente à questão, identificando que o pretende efetuar a médio prazo, apesar de apenas 21,7% das empresas conhecer a metodologia RCM. Apenas 17,4% pretende implementar a curto prazo e longo prazo. Todavia, 17,4% das empresas responderam que não (Figura 28).

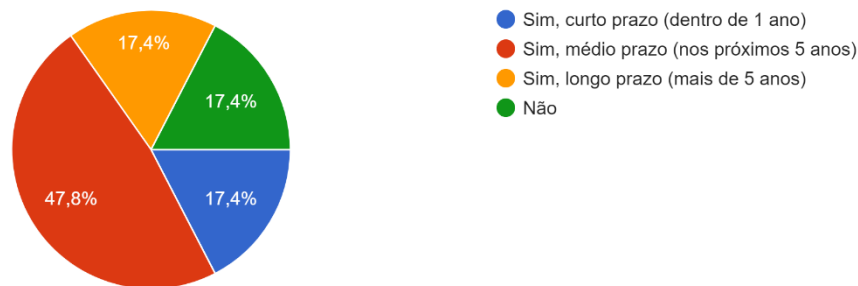


Figura 28: Intenção de aplicar as ferramentas *Lean* e o RCM no futuro

Em relação às apreciações de resposta aberta, uma empresa referiu que era importante uma formação inicial sobre o conteúdo das ferramentas abordadas e a outra mencionou que algumas questões não são aplicáveis à atividade da empresa, mas como trabalham com empresas do setor de componentes automóvel, conhecem as ferramentas e compreendem os benefícios da sua aplicação.

5. Conclusões e considerações finais

Este capítulo tem como objetivo, encerrar o projeto de dissertação, resumindo as principais dificuldades encontradas durante a sua realização do mesmo e as propostas do trabalho futuro.

5.1 Principais conclusões

As ferramentas *Lean* têm sido a solução para os problemas e desafios dos novos tempos das indústrias, uma vez que os seus princípios eficazes são o motor para a melhoria global das empresas. Por sua vez, a metodologia RCM ajuda a garantir que tudo é realizado em prol dos objetivos das empresas relativamente à fiabilidade, de forma a obter decisões ajustadas.

O RCM é considerado um programa mental e não computacional. Sendo o RCM uma metodologia dinâmica, sempre em desenvolvimento, acrescenta valor aos produtos e assim aumenta a competitividade das empresas. Normalmente estas recorrem aos recursos internos quer sejam humanos, materiais ou financeiros, contudo necessitam de estarem equipados de uma base de dados completa, para analisar a fiabilidade dos equipamentos e prevenir futuros obstáculos na produtividade.

A análise da fiabilidade é uma metodologia estabelecida na previsão de falhas e resulta na quantificação da probabilidade de falha dos ativos ao longo do tempo de operação, permitindo à gestão da manutenção o desenvolvimento de uma estratégia otimizada, onde se atinge o equilíbrio entre a disponibilidade e os custos de manutenção preventiva. A fiabilidade é dos grandes indicadores a trabalhar e otimizar de forma a que não só o próprio serviço seja de qualidade como se garanta que todos os processos sejam realizados em segurança e com a máxima eficiência.

É de realçar a correlação do capítulo 3 com o capítulo 4, uma vez que, no capítulo 3, foi feita uma análise da literatura das ferramentas *Lean* e do RCM e no capítulo 4, foi realizado um questionário sobre a implementação das ferramentas *Lean* e do RCM na indústria automóvel Portuguesa.

5.2 Considerações finais

A dissertação objetivava estudar o impacto das ferramentas *Lean* e RCM nos sistemas produtivos das empresas do setor automóvel portuguesa para alcançar operações eficientes.

Quando analisada a integração de novas tecnologias na otimização de processos onde se ambiciona uma gestão de recursos melhorada, constata-se que é considerado significativo a contínua formação de funcionários, fundamentalmente em conhecimentos técnicos, de modo a planejar uma equipa com competências para um melhor desempenho das empresas.

Uma das principais limitações do desenvolvimento deste estudo foi a baixa taxa de respostas das empresas ao questionário. A inclusão de mais respostas ao questionário por parte das restantes 88 empresas alvo de investigação, permitiria tirar conclusões melhor fundamentadas.

Como ponto de partida para desenvolvimento de propostas de trabalho futuro, sugere-se a seleção de estudos de caso para análise da real integração do *Lean* e RCM no contexto real de laboração de empresas fabricantes de componentes para o setor automóvel. Além do conhecimento mais prático sobre as duas abordagens, essa análise permitiria identificar as vantagens, desvantagens e limitações da sua integração em contexto empresarial.

Referências Bibliográficas

- Alves, C., A., Ferreira, A. C., Costa Maia, L., P. Leão, C., & Carneiro, P. (2019). A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: insights from Industrial Engineering final year projects. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(4), 243–256. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2019-4-244>
- Amaro, P., Alves, A., & Sousa, R. (2021). Lean Thinking as an Organizational Culture. *Organizational Cultures: An International Journal*. <https://doi.org/10.18848/2327-8013/CGP>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Assis, R. (2010). “Apoio à decisão em manutenção na gestão de ativos físicos”, Lisboa: Lidel - Edições Técnicas
- Assis, R. (2014). ”Apoio à decisão em manutenção na gestão de ativos físicos”, Lisboa: Lidel - Edições Técnicas – Segunda Edição
- Associação de Fabricantes para a Indústria Automóvel (AFIA, 2022)
- Badurdeens, A. (2007). *Lean Manufacturing Basics*. 62.
- Baran, L., & Trojan, F. (2016). ”Uma revisão e análise comparativa das técnicas para determinar a criticidade dos sistemas e equipamentos em plantas industriais”
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, 52(18), 5346–5366. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348>
- Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Knezevic, J., Ait-Kadi, D., & Raouf, A. (2009). Handbook of maintenance management and engineering. *Handbook of Maintenance Management and Engineering*, January, 1–741. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-472-0>
- Bergman, W. J. (1999). Reliability centered maintenance (RCM) applied to electrical switchgear. 1999 IEEE Power Engineering Society Summer Meeting, PES 1999 - Conference Proceedings, 2, 1164–1167. <https://doi.org/10.1109/PSS.1999.787481>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(1), 56–72. <https://doi.org/10.1108/17410380610639506>

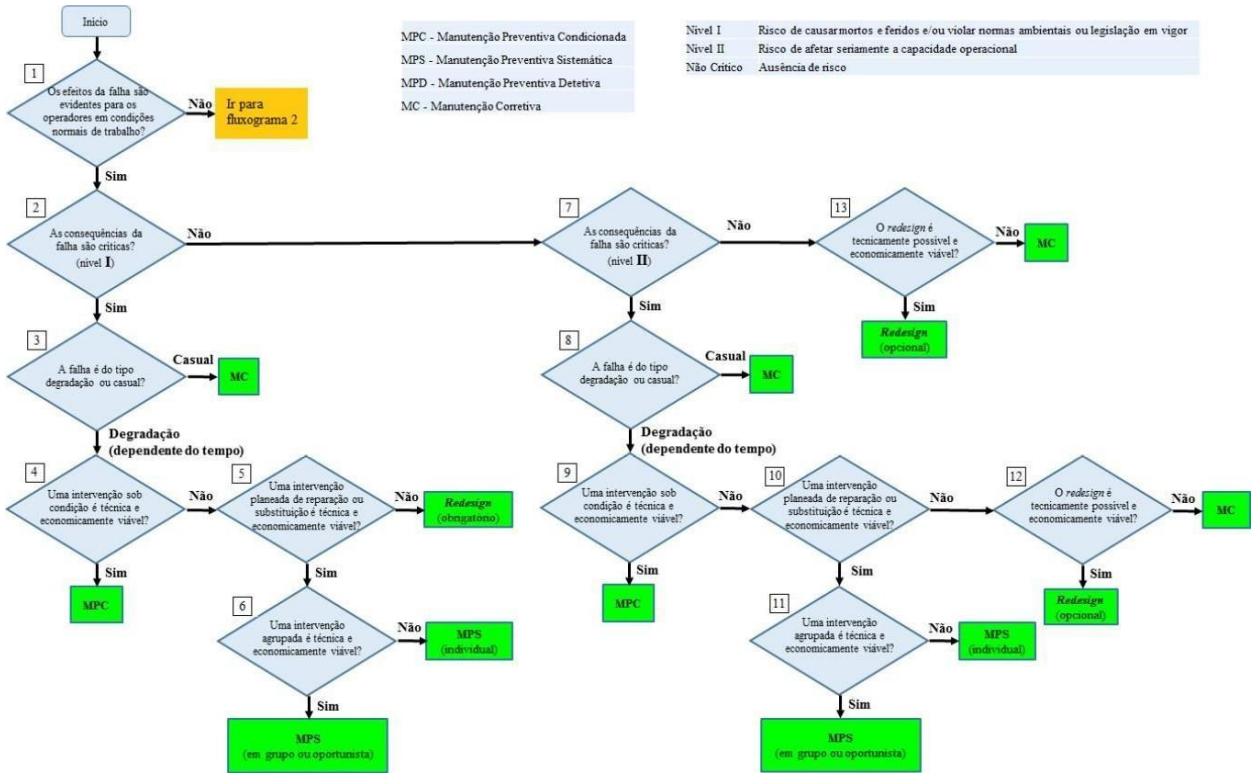
- Chalifoux, A., & Baird, J. (1998). *Reliability Centered Maintenance (RCM) Guide*. US Army Corps of Engineers.
- Costa, E., Bragança, S., Sousa, R., & Alves, A. (2013). Benefits from a SMED Application in a Punching Machine. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 7(5), 379–385.
- Dhillon, B. S. (Balbir S. (1999). *Engineering Maintainability: How to Design for Reliability and Easy Maintenance* (Issue June).
- Dou, F., Zhou, W., & Long, Z. (2014). A maintenance strategy for urban maglev train based on RCM. 2014 IEEE International Conference on Information and Automation, ICIA 2014, July, 1244–1249. <https://doi.org/10.1109/ICInfA.2014.6932839>
- Dunn, S. (2003). The fourth generation of maintenance. *Conference Proceedings Of*.
- Fernandes, N. O. (2007). *Contribuições Para O Controlo Da Atividade De Produção por Encomenda*. Universidade Do Minho, 170.
- Ferreira, A. C. M., Dias, A. C., Ramos, B. S., & Silva, Â. (2022). Fatores que afetam as compras nas PMEs: a seleção de fornecedores. In e outros. Prado, Marcelo, coord. (Ed.), *Gestão Tecnológica Proceedings* (pp. 5–8). Universidade Lusíada. <https://doi.org/10.34628/evtn-mp77>
- Garza-Reyes, J. A., Torres R., J., Govindan, K., Cherrafi, A., & Ramanathan, U. (2018). A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM). *Journal of Cleaner Production*, 180, 335–348. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.121>
- Gonçalves, M. T., & Salonitis, K. (2017). Lean Assessment Tool for Workstation Design of Assembly Lines. *Procedia CIRP*, 60, 386–391. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.002>
- Hines, P., Francis, M., & Found, P. (2006). Towards lean product lifecycle management: A framework for new product development. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(7), 866–887. <https://doi.org/10.1108/17410380610688214>
- Igba, J., Alemzadeh, K., Anyanwu-Ebo, I., Gibbons, P., & Friis, J. (2013). A systems a Reliability-Centred Maintenance (RCM) of wind turbines. *Procedia Computer Science*, 16, 814–823. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.01.085>
- Imai, M. (2005), “*Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*”, McGraw-Hill Education
- Jayaram, J., Das, A., & Nicolae, M. (2010). Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.024>
- Keyser, R. S., & Sawhney, R. S. (2013). Reliability in lean systems. *International Journal of*

- Quality & Reliability Management, 30(3), 223–238.
<https://doi.org/10.1108/02656711311299818>
- Kootanaee, A., Babu, K. N., & Talari, H. F. (2013). Just-In-Time Manufacturing System: From Introduction to Implement. SSRN Electronic Journal, 1(2), 7–25.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.2253243>
- Liker, J. K. (2004). “The Toyota Way: 14 Management Principles from the World’s Greatest Manufacturer” McGraw-Hill
- Lim, L. L., Alpan, G., & Penz, B. (2013). Coordinating sales and operations management in automobile industry under long procurement lead times. In IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline) (Vol. 46, Issue 9). IFAC. <https://doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00281>
- Maia, L. C., Eira, R., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2015). A melhoria organizacional como alavanca para melhores condições de trabalho. RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, E4, 50–65. <https://doi.org/10.17013/risti.e4.50-65>
- Márquez, A. C. (2007). ”The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Maintenance”
- Martins, L., Silva, F. J. G., Pimentel, C., Casais, R. B., & Campilho, R. D. S. G. (2020). Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company. Procedia Manufacturing, 51(2019), 1551–1558.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.216>
- Ml̄kva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization of the tools of continuous improvement. Procedia Engineering, 149(June), 329–332.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674>
- Moubray, J. (1997). ”RCM”. 2ª Edição. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann
- Onho, Taichii (1988), “Toyota Production System: Beyond large-scale production”, Productivity Inc, 1988
- Piechnicki, F., Loures, E., & Santos, E. (2017). A Conceptual Framework of Knowledge Conciliation to Decision Making Support in RCM Deployment. Procedia Manufacturing, 11(June), 1135–1144. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.235>
- Puchkova, A., Le Romancer, J., & McFarlane, D. (2016). Balancing Push and Pull Strategies within the Production System. IFAC-PapersOnLine, 49(2), 66–71.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.012>
- Quivy, R., & Campenhoudt, L. V. (2005). Manual de Investigação em Ciências Sociais.

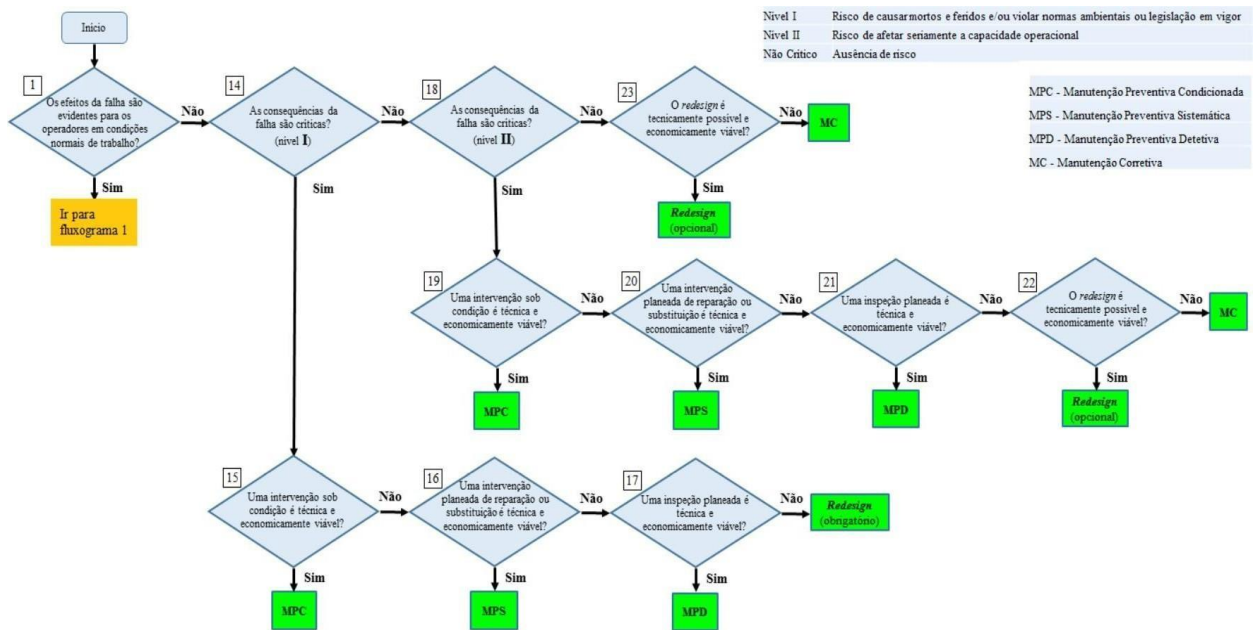
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 34(3), 334–361. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>
- Rausand, M. (1998). Reliability centered maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, 60(2), 121–132. [https://doi.org/10.1016/S0951-8320\(98\)83005-6](https://doi.org/10.1016/S0951-8320(98)83005-6)
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle to Reduce the Defects in the Manufacturing Industry. A Case Study. *Applied Sciences*, 8(11), 2181. <https://doi.org/10.3390/app8112181>
- Reis, M. D. O. dos, Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 908–915. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.173>
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- Ridgway, M., Clark, M., & Bettinardi, C. (2016). Commentary reliability-centered maintenance: A tool for optimizing medical device maintenance. *Biomedical Instrumentation and Technology*, 50(6), 412. <https://doi.org/10.2345/0899-8205-50.6.412>
- Sabouhi, H., Fotuhi-Firuzabad, M., & Dehghanian, P. (2016). Identifying critical components of combined cycle power plants for implementation of reliability-centered maintenance. *CSEE Journal of Power and Energy Systems*, 2(2), 87–97. <https://doi.org/10.17775/cseejpes.2016.00026>
- Saunders, M.; L., P., & Thornhill, A. (2007). *Research Methods for Business Students*. In Pearson.
- Savino, M., & Mazza, A. (2015). Kanban-driven parts feeding within a semiautomated O-shaped assembly line: A case study in the automotive industry. *Assembly Automation*, 35(1), 3–15. <https://doi.org/10.1108/AA-07-2014-068>
- Schonberger, R., Researcher, I., & Right, F. M.--what W. (2018). Just-in-time production systems : Replacing complexity with simplicity in manufacturing management. October 1984.
- Shingo, S. (1996), “O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção”. Porto Alegre: Bookman Companhia Editora

- Silva, S., Alves, A. C., & Moreira, F. (2006). Linking Production Paradigms and Organizational Approaches to Production Systems. *Intelligent Production Machines and Systems - 2nd I*PROMS Virtual International Conference 3-14 July 2006*, 511–516. <https://doi.org/10.1016/B978-008045157-2/50090-0>
- Sugai, M., Novaski, O., Omizolo, V., & Moraes, F. (2010). Proposta De Um Modelo Para Classificação Da Fase Pós Setup Conforme Características Do Período De Aceleração. *Faculdade de Engenharia Mecânica–Unicamp [Online]*, [Último Acesso 22 de Agosto de 2010]. Disponível Em: <Http://Www.Grima.Ufsc.Br/Cobef4/Files/161044365.Pdf>.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Suryono, M. A. E., & Rosyidi, C. N. (2018). Reliability Centred Maintenance (RCM) Analysis of Laser Machine in Filling Lithos at PT X. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 319(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/319/1/012020>
- Tang, Y., Zou, Z., Jing, J., Zhang, Z., & Xie, C. (2015). A framework for making maintenance decisions for oil and gas drilling and production equipment. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 26, 1050–1058. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2015.07.038>
- Tayal, A., & Kalsi, N. (2021). Review on effectiveness improvement by application of the lean tool in an industry. *Materials Today: Proceedings*, 43, 1983–1991. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.431>
- Tyagi, S., Cai, X., Yang, K., & Chambers, T. (2015). Lean tools and methods to support efficient knowledge creation. *International Journal of Information Management*, 35(2), 204–214. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.12.007>
- Umpawanwong, P., & Chutima, P. (2015). Application of Reliability Centered Maintenance Concept to Petrochemical Industry. *Itms*, 2–5. <https://doi.org/10.2991/itms-15.2015.107>
- Ward, P. T., & Shah, R. (2002). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 43(221)(August), 129–149.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. In N. F. P. New York (Ed.), *Journal of the Operational Research Society* (Second Edi, Vol. 48, Issue 11). Simon & Schuster, Inc. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

Anexo A – Diagrama de decisão de RCM (fluxograma 1) (Assis, 2014)



Anexo B – Diagrama de decisão de RCM (fluxograma 2) (Assis, 2014)



Apêndice 1 – Questionário implementado às empresas

1- Coloque a CAE (Classificação das Atividades Económicas) da empresa: *

- "13962- Fabricação de têxteis para uso técnico e industrial, n.e."
- "18120- Outra impressão"
- "22111 - Fabricação de pneus e câmaras-de-ar; reconstrução de pneus"
- "22192- Fabricação de outros produtos de borracha, n.e."
- "22292- Fabricação de outros artigos de plástico, n.e."
- "26512 - Fabricação de instrumentos e aparelhos de medida, verificação, navegação e outros fins, n.e" (este segundo por causa dos sistemas de navegação e consolas eletrónicas e headup displays dos carros)
- "29100- Fabricação de veículos automóveis"
- "29200- Fabricação de carroçarias, reboques e semi-reboques"
- "29310- Fabricação de equipamento elétrico e eletrónico para veículos automóveis"
- "29320- Fabricação de outros componentes e acessórios para veículos automóveis"
- "45200 - Manutenção e reparação de veículos automóveis"
- Outra: _____

2- Coloque a certificação da empresa: *

- ISO 9001- Sistemas de Gestão da Qualidade
- ISO 14001- Sistemas de Gestão Ambiental
- ISO 45001- Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional
- A empresa não possui nenhuma certificação
- Outra: _____

3- Empresa Multinacional ou Nacional? *

Multinacional

Nacional

4- Dimensão da empresa? *

Microempresa (< 10 colaboradores)

Pequena e Média Empresa (PME) (< 250 colaboradores)

Grande Empresa (+ de 250 colaboradores)

5- Mercado de destino das atividades/produtos? *

Nacional

Europeu

Mundial

6- Que ferramentas Lean conhece? *

- 5S
- Kanban
- Kaizen
- Gestão Visual
- Six Sigma
- Jidoka (Autonomation)
- SMED (Single Minute Exchange of Die)
- VSM (Value Stream Mapping)
- Mecanismos Poka-Yoke
- Standark work (Trabalho Normalizado)
- Produção JIT/Pull
- Ciclo PDCA
- TPM (Total Productive Maintenance)
- QFD (Quality Function Development)
- Heijunka (Nivelamento da produção)
- Produção Celular
- Redução de custos de não qualidade
- Seleção de fornecedores usando métodos como o AHP
- Equipas lean
- Sistemas Andon
- Outra: _____

7- A empresa implementa as ferramentas Lean? *

- Sim
- Não

8- Quais as ferramentas Lean que a empresa utiliza? *

- 5S
- Kanban
- Kaizen
- Gestão Visual
- Six Sigma
- Jidoka (Autonomation)
- SMED (Single Minute Exchange of Die)
- VSM (Value Stream Mapping)
- Mecanismos Poka-Yoke
- Standark work (Trabalho Normalizado)
- Produção JIT/Pull
- Ciclo PDCA
- TPM (Total Productive Maintenance)
- QFD (Quality Function Development)
- Heijunka (Nivelamento da produção)
- Produção Celular
- Redução de custos de não qualidade
- Seleção de fornecedores usando métodos como o AHP
- Equipas lean
- Sistemas Andon
- Outra: _____

9- Avalie o grau de importância na implementação das ferramentas Lean na sua empresa? *

	1	2	3	4	5	
Pouco importante	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito importante

10- Conhece as metodologias RCM (Manutenção Centrada na Fiabilidade)? *

Sim

Não

11- Se respondeu sim à pergunta 10, indique se a empresa implementa a metodologia RCM (Manutenção Centrada na Fiabilidade)? *

Sim

Não

12- A empresa escolhe preferencialmente fornecedores com práticas RCM? *

Sim

Não

13- Quais poderiam ser os benefícios RCM (Manutenção Centrada na Fiabilidade)?

*

- Otimização do planeamento da produção/operações
- Redução de Custos
- Melhoria da Eficiência/Produtividade
- Maior facilidade de substituição de componentes/equipamentos
- Melhoria da qualidade produtos/serviços
- Redução de paragens produtivas
- Aumento da Fiabilidade

14- Em que medida estas implementações referidas anteriormente melhoraram os resultados financeiros alcançados?

*

	1	2	3	4	5	
Pouco	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Muito

15- Como vê a importância da integração das ferramentas Lean com o RCM no futuro?

*

- Nada Importante
- Pouco Importante
- Indiferente
- Importante
- Muito Importante

16- Que métrica de desempenho as empresas deveriam de implementar para avaliar o impacto das ferramentas Lean e RCM (Manutenção Centrada na Fiabilidade)? *

- OEE (Overall Equipment Effectiveness)
- Eficiência
- Eficácia
- Takt Time / Tempo de ciclo
- Redução de desperdícios/sucata
- Redução de paragens não programadas
- Outra: _____

17- A empresa tem a intenção de aplicar as ferramentas Lean e o RCM no futuro? *

- Sim, curto prazo (dentro de 1 ano)
- Sim, médio prazo (nos próximos 5 anos)
- Sim, longo prazo (mais de 5 anos)
- Não

18- Utilize o espaço abaixo para, caso queira, acrescentar algo que considere relevante.

A sua resposta
