Implementação da Manutenção Produtiva Total numa Confeção Têxtil

Nuno Miguel Jorge Marques

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto do Instituto Politécnico do Porto para obtenção do Grau de Mestre em Logística

Orientado por: Cristina Lopes

Orientado por: Lia Oliveira

Esta dissertação inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri.

Porto, 31 de outubro 2024.

Implementação da Manutenção Produtiva Total Numa Confeção Têxtil

Nuno Miguel Jorge Marques

Orientadores: **Professora Doutora Isabel Cristina Lopes**

Professora Doutora Lia Coelho Oliveira

Porto, outubro, 2024.

RESUMO

Otimizar a eficiência operacional e processos produtivos ágeis e rentáveis são terminologias que tanto são aplicadas à indústria produtiva como à logística. Este estudo explora a implementação da Manutenção Produtiva Total (TPM) numa confeção de produtos têxteis, focando o impacto na sua eficiência operacional, práticas de manutenção e operações logísticas. A TPM é um conjunto de estratégias que tem como objetivo maximizar a eficácia do equipamento e redução do tempo de inatividade. Na indústria têxtil, onde as máquinas e o equipamento têm um papel crítico no processo produtivo, a TPM tem um potencial significativo para melhorar a produção, reduzir os custos relacionados com a manutenção e, com isso, otimizar as operações logísticas. Este projeto investiga os fatores chave e desafios associados à implementação do TPM numa indústria têxtil, que envolve a mão-de-obra, estratégias de manutenção e a interconexão com a gestão logística. Ao examinar estudos de caso e dados empíricos, este estudo produz introspeções sobre os benefícios e resultados da implementação do TPM. Os resultados obtidos procuram contribuir para uma melhor compreensão de como o TPM pode melhorar práticas, otimizar operações, e em última análise levar à melhoria da produção, da redução do tempo de inatividade, e com isso aumentar a competitividade no setor têxtil.

Palavras-chave: Manutenção Produtiva Total; Indústria Têxtil; Eficiência Operacional; Manutenção; Logística.

RESUMEN

Optimizar la eficiencia operativa y fomentar procesos de producción ágiles y rentables son conceptos aplicables tanto a la industria productiva como a la logística. Este estudio explora la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en una empresa de confección de productos textiles, centrándose en su impacto en las operaciones de mantenimiento, la eficiencia operativa y la logística. El TPM es un conjunto de estrategias destinadas a maximizar la efectividad de los equipos y reducir el tiempo de inactividad. En el sector textil, donde las máquinas juegan un papel fundamental en el proceso productivo, el TPM presenta un potencial significativo para mejorar la producción y reducir los costes de mantenimiento, contribuyendo también a optimizar las operaciones logísticas. Este proyecto investiga los principales factores y desafíos de la implementación del TPM en una industria textil, abarcando el involucramiento de la mano de obra, las estrategias de mantenimiento y la interconexión con la gestión logística. A través de estudios de caso y datos empíricos, el estudio ofrece información sobre los beneficios y resultados de la implementación del TPM, con el objetivo de contribuir a una mejor comprensión de cómo su aplicación puede mejorar las prácticas, optimizar las operaciones y, en última instancia, potenciar la producción, reducir el tiempo de inactividad e incrementar la competitividad en el sector textil.

Palabras clave: Mantenimiento Productivo Total; Industria Textil; Eficiencia Operativa; Mantenimiento; Logística.

ABSTRACT

Optimizing operational efficiency and promoting agile and profitable production processes are terms applied both to the manufacturing industry and logistics. This study explores the implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in a textile manufacturing setting, focusing on its impact on operational efficiency, maintenance practices, and logistics operations. TPM is a set of strategies aimed at maximizing equipment effectiveness and reducing downtime. In the textile industry, where machinery plays a critical role in the production process, TPM has significant potential to improve production, reduce maintenance costs, and optimize logistical operations. This project investigates the key factors and challenges associated with implementing TPM in a textile industry, covering aspects such as workforce involvement, maintenance strategies, and the interconnection with logistics management. Through case studies and empirical data, the study provides insights into the benefits and outcomes of TPM implementation, aiming to contribute to a better understanding of how TPM can improve practices, optimize operations, and ultimately enhance production, reduce downtime, and increase competitiveness in the textile sector.

Key-words: Total Productive Maintenance; Textile Industry; Operational Efficiency; Maintenance; Logistics.

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação representa o culminar de uma etapa importante da minha vida académica e profissional, que só foi possível com o apoio e a orientação de várias pessoas a quem gostaria de expressar a minha profunda gratidão.

Em primeiro lugar, quero agradecer às minhas orientadoras, Professora Dr.ª Cistina Lopes e Professora Dr.ª Lia Oliveira pelo apoio constante, orientação e valiosos conselhos ao longo deste processo. A vossa paciência, dedicação e conhecimento foram essenciais para o desenvolvimento e superar os desafios deste trabalho.

À minha família, em especial à minha mãe, o meu sincero agradecimento por todo o suporte, compreensão e incentivo ao longo deste percurso.

Por fim, à minha noiva, quero expressar o meu mais profundo reconhecimento. A tua compreensão, apoio e força incondicional foram fundamentais para que eu pudesse manter o foco e a determinação necessários para concluir este trabalho na minha vida. Obrigado por estares sempre ao meu lado.

A todos, o meu muito obrigado.

LISTA ABREVIATURA E SIGLAS

KPI – Indicador de Desempenho – *Key Performance* Indicator

MTBF – Tempo Médio entre Falhas – *Mean Time Between Fails*

MTO – Produção por Encomenda - *Make to-Order*

MTTR – Tempo Médio até à Reparação – *Mean Time To Repair*

OEE – Eficiência Global dos Equipamentos – *Overall Equipment Effectiveness*

RCM – Manutenção Centrada na Confiabilidade – *Reliability Centered Maintenance*

SLP – Planeamento Sistemático de Instalações – *Systematic Layout Planning*

TPM – Manutenção Produtiva Total – *Total Productive Maintenance*

ÍNDICE

Resumo III

Resumen IV

Abstract V

Agradecimentos VI

Lista Abreviatura e Siglas VII

Índice VIII

Índice de Figuras XI

Índice de Tabelas XII

CAPÍTULO I 1

1. Introdução 2

1.1. Enquadramento 2

1.2. Objetivos 2

1.3. Metodologia 2

1.4. Estrutura 3

CAPÍTULO II 4

2. Fundamentação Teórica 5

2.1. Manutenção 5

2.2 Gestão da Manutenção 6

2.3 Estratégias de Manutenção 8

2.4 Análise Causa-Efeito 10

2.5 Manutenção Produtiva Total 12

2.6 Indicadores Chave de Desempenho (KPI) 15

2.7 Diferentes Casos da Implementação do TPM 16

CAPÍTULO III 20

3. Caso Prático 21

3.1 Processo Produtivo....21
3.2 Gestão da Manutenção....21
3.3 Análise Crítica....22
3.4 Análise Causa-Efeito pelo Método 4M....23
CAPÍTULO IV....26
4. Metodologia Investigação-Ação....27
4.1 Formulação de Hipóteses....27
4.2 Planos de Manutenção....29
4.3 Estratégia de Manutenção Alinhada com a Metodologia TPM....29
CAPÍTULO V....30
5 Análise e Discussão de Resultados....31
5.1 Análise da Implementação TPM na Empresa....31
5.2 Considerações para a Eficiência da Produção....33
5.3 Caracterização do Nível de Implementação do TPM em Empresas Portuguesas e Análise dos Dados ao Questionário....36
5.4 Desenvolvimento do Score de Implementação do TPM....42
5.5 Teste de Hipóteses para o Score de Implementação do TPM....44
5.6 Teste de Hipóteses para os scores do TPM, Perceção e implementação do TPM, e Gestão da Manutenção....47
5.7 Teste de Hipóteses para o Nível de Importância Atribuído à Manutenção....50
Capítulo VI....54
6. Conclusões Gerais....55
6.4 Limitações....57
6.5 Sugestões Para Futuros Trabalhos....57
BIBLIOGRAFIA....60
ANEXOS....64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - As diferentes Estratégias de Manutenção. 8

Figura 2 - Diagrama de Ishikawa pela Análise Causa-Efeito 4M. 12

Figura 3 - Os Pilares TPM 14

Figura 4 - Diagrama de Ishikawa com o método 4M para o caso do salto de pontos de costura e linhas partidas. 25

Figura 5 - Gastos com Manutenção. 32

Figura 6 - Evolução OEE 33

Figura 7– Distribuição das Localizações das Empresas em Resposta ao Questionário. 37

Figura 8 - Dimensão da Empresa 38

Figura 9 - Empresas Exportadoras e Não Exportadoras. 38

Figura 10 - Net Promoter Score 40

Figura 11 - Registo e Monitorização das Atividades de Manutenção. 40

Figura 12 - Principais pilares do TPM implementados nas empresas. 41

Figura 13 - Práticas Proativas de Gestão da Manutenção. 42

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Teste T-Student. 46

Tabela 2 - Teste de Homogeneidade de Variâncias 48

Tabela 3 - Resultados ANOVA 49

Tabela 4 - Estatística de grupo entre o Nível de Importância atribuído à manutenção e empresas exportadoras e não exportadoras 51

Tabela 5 - Teste de Levene 52

Tabela 6 - ANOVA para o nível de importância atribuído à manutenção 52

Tabela 7 - Teste Qui-Quadrado. 53

CAPÍTULO I

1. Introdução

No âmbito da unidade curricular de Dissertação do Mestrado em Logística, esta dissertação resulta de uma Investigação-Ação realizada numa empresa têxtil durante o segundo ano do ciclo de estudos, no ano letivo 2023/2024. Este estudo tem como foco a implementação de planos de manutenção nas máquinas e equipamentos de uma confeção têxtil, com o intuito de melhorar a eficiência operacional e reduzir custos de manutenção. Ao longo deste documento, é apresentada a fundamentação teórica, bem como a descrição detalhada dos processos de implementação de práticas de manutenção, alinhados com o conceito de Manutenção Produtiva Total (TPM).

1.1. Enquadramento

A função de produção numa empresa representa o processo de transformação de inputs em outputs com valor acrescentado. Neste contexto, a eficiência produtiva é um fator crucial para o sucesso organizacional, especialmente em setores intensivos em maquinaria, como o setor têxtil. A manutenção eficaz dos equipamentos torna-se essencial para evitar paragens não planeadas, reduzir custos operacionais e garantir a qualidade dos produtos finais. A aplicação do conceito de TPM procura transformar a cultura organizacional, promovendo práticas proativas de manutenção que contribuam para a sustentabilidade operacional da empresa.

1.2. Objetivos

Este projeto foi desenvolvido numa confeção têxtil com os objetivos de aumentar a eficiência operacional, reduzir custos de manutenção e minimizar os gastos com reparações de emergência e substituição de equipamentos. Outro objetivo central é eliminar a ocorrência de falhas graves e dispendiosas nos equipamentos, garantindo a continuidade da produção. Em paralelo, a dissertação visa avaliar o nível de implementação de planos de manutenção em Pequenas e Médias Empresas (PMEs) portuguesas do setor têxtil, posicionando a empresa em estudo no panorama nacional e permitindo uma análise comparativa do nível de adoção do TPM.

1.3. Metodologia

Para atingir o objetivo principal desta dissertação implementar-se-á o conceito de Manutenção Produtiva Total – *Total Productive Maintenance* – (TPM) de forma a criar uma cultura de manutenção e melhoria contínua nesta empresa. As reduções dos custos de manutenção

ocorrem através de práticas de manutenção preventiva e de reparações antecipadas (Mobley et al., 2008). Assim, é possível reduzir os custos de manutenção corretiva, minimizar os gastos com reparações de emergências e substituição de equipamentos, como também eliminar a ocorrência de falhas graves que são dispendiosas nos equipamentos (Pascal et al., 2019). O TPM pressupõe igualmente a diminuição do tempo de inatividade através de práticas proativas de manutenção, como inspeções regulares, para aumentar a eficiência e fiabilidade dos equipamentos (Amiel-Reategui et al., 2022). A manutenção preventiva e a intervenção precoce evitam paralisações não planeadas que interrompem a produção. Dessa forma, maximiza-se o tempo de atividade das máquinas, reduz o tempo de ciclo e aumenta a capacidade de produção (Wickramasinghe & Perera, 2016).

O início da dissertação envolverá uma fundamentação teórica sobre o conceito TPM e a sua aplicação no setor têxtil. Analisar-se-á os manuais de manutenção das principais máquinas e equipamentos na empresa. Serão recolhidos e analisados os dados de avarias para os anos de 2022 e 2023 com a intenção de aferir se a implementação dos pilares TPM teve efeito. Será desenvolvido um questionário que permita medir o nível de implementação de planos de manutenção numa empresa. O questionário será aplicado em Pequenas e Médias Empresas portuguesas deste setor. Os dados obtidos com o questionário serão analisados com métodos estatísticos, tais como estatísticas descritivas, testes de hipóteses e correlações, usando o software SPSS, de forma a situar o nível de implementação dos pilares TPM na presente empresa comparativamente às restantes empresas analisadas.

1.4. Estrutura

Este documento está organizado de forma a fornecer uma visão clara e detalhada dos passos seguidos ao longo da pesquisa. No primeiro capítulo, é apresentada a introdução, com o enquadramento teórico, os objetivos, a metodologia, e a estrutura da dissertação. O segundo capítulo aborda a fundamentação teórica sobre a Manutenção Produtiva Total e a sua aplicação no setor têxtil. No terceiro capítulo, descreve-se a metodologia aplicada na recolha e análise de dados. O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos com a implementação do TPM e os dados recolhidos do questionário aplicado a outras empresas do setor. Finalmente, no quinto capítulo, é feita uma discussão sobre os resultados, e no último capítulo, são apresentadas as conclusões, limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras.

CAPÍTULO II

2. Fundamentação Teórica

Este capítulo aborda a revisão da literatura sobre o tema da manutenção. Entre os diferentes subcapítulos será abordada a definição e a importância da manutenção, as diferentes estratégias de manutenção, a metodologia do TPM desde a sua origem, às suas características e aos seus valores.

Este capítulo tem como objetivo analisar diferentes conteúdos que já foram publicados sobre os aspetos críticos dos princípios da manutenção, e como pode ser uma gestão estratégica para o sucesso organizacional. Os conceitos e as abordagens da manutenção com destaque para a TPM, uma filosofia de gestão que visa maximizar a eficiência dos equipamentos e dos processos, na qual se expõe a origem, as características, os valores, os pilares, as etapas e os indicadores de desempenho.

2.1. Manutenção

A manutenção contribui significativamente para a atividade contínua de qualquer organização de produção. Dado ao impacto que a manutenção perante os resultados nas organizações industriais é fundamental o escrutínio da manutenção, seja pela observação, pela compreensão ou pelo desenvolvimento de ações para que seja possível gerir a manutenção (Zohra Berrabah et al., 2022). A manutenção pode ser definida como uma "combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida" (Instituto Português da Qualidade, 2007) e ignorar a manutenção regularmente pode resultar em falhas inesperadas e, consequentemente, em custos mais elevados (Mobley et al., 2008).

Perante as falhas inesperadas, o conceito da manutenção teve de se adaptar e evoluir significativamente. Essas mudanças foram impulsionadas pelo contributo dos profissionais e investigadores da área, que implementaram diversas abordagens e estratégias para enfrentar os desafios crescentes nas unidades de produção ao longo do tempo (Alsyouf, 2007). Contudo, esta evolução não só foi influenciada pelas transformações tecnológicas e pelas questões socioeconómicas, mas também pelas mudanças culturais da sociedade, decorrentes das diferentes revoluções industriais (Poor et al., 2019). Estas unidades produtivas ainda enfrentam diversos desafios e ao prolongar a vida útil das máquinas ou dos equipamentos seria dar uma resposta efetiva aos diferentes desafios presentes de forma a aumentar a eficiência produtiva e minimizar os custos associados (Pintelon & Parodi-Herz, 2008).

No âmbito da superação dos desafios e exigências das unidades produtivas é importante encontrar a relação entre o desempenho da manutenção e o seu impacto na rentabilidade das organizações (Alsyouf, 2007). Para que seja possível compreender essa relação, Nakajima, (1984) identificou a Eficiência Global dos Equipamentos – *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), componente central para a metodologia do TPM, o OEE é um Indicador de Desempenho – *Key Performance* Indicator – (KPI) baseado no desempenho das máquinas ou equipamentos, no tempo e na produção condensadas em três métricas diferentes, utilização do equipamento (Disponibilidade), na taxa operacional (Desempenho) e na produção satisfatória (Qualidade) (Basak et al., 2022). De acordo com Corrales et al., (2020) através do OEE é possível aumentar a produtividade, melhorar a eficiência das operações e da qualidade, bem como a fiabilidade e longevidade tanto das máquinas como dos equipamentos, contribuindo para a redução do tempo de inatividade das máquinas e otimizar o seu desempenho. As organizações podem assim aumentar as suas taxas de produtividade e reduzir os custos provenientes do desperdício.

No desenvolvimento das diferentes abordagens à manutenção, as revoluções industriais representam em si um desenvolvimento de diferente técnicas, máquinas, equipamentos e processos produtivos (Poor et al., 2019). No qual, de acordo com (Gish & Laaper, 2017) relacionam o OEE entre a evolução da manutenção entre quatro níveis diferentes ao nível das quatro revoluções industriais, dos quais: o primeiro nível, diz respeito à manutenção reativa, ou seja, só se reparava o equipamento quando ele deixava de funcionar e eram reparadas pelos próprios operadores e que apresentava um OEE abaixo dos 50%; a manutenção planeada, surge no segundo nível, aqui é feito o planeamento e agenda-se as atividades de manutenção, espera-se que o OEE das organizações aumente dos 50% até 75%; o terceiro nível, a manutenção proativa procura eliminar os defeitos que ocorram durante o processo produtivo, é esperado que o OEE se situe entre 75% e 90%; e, por último, a manutenção preditiva, só é possível através da análise avançada dos dados para prever quando a máquina irá avariar e com isso, aumentar a fiabilidade das máquinas, neste nível é esperado um OEE superior a 90%.

2.2 Gestão da Manutenção

São diversas as áreas onde existe a gestão de algo, seja de pessoas, de processos produtivos, de compras, de vendas, entre outros, sendo natural que perfaça um aspeto fundamental para as organizações. Para as organizações, a gestão é essencial na coordenação eficaz de recursos vitais, como as finanças, o pessoal e o capital, com o objetivo primordial de

elevar a produtividade e reforçar a competitividade no mercado (Kaehler & Grundei, 2019). A definição de objetivos estratégicos está intrinsecamente ligada a este processo, delineando o que a organização aspira alcançar dentro de prazos bem definidos (Kaehler & Grundei, 2019). Esses objetivos estratégicos não só direcionam os esforços da gestão para otimizar processos e recursos, como também procura assegurar que todos os processos produtivos e operacionais estejam alinhados com a estratégia e visão da empresa, promovendo iniciativas e projetos que reforçam esse alinhamento (Uraidi & Kumar, 2016).

Neste contexto, a gestão da manutenção assume um papel crucial, alinhando-se perfeitamente com os objetivos estratégicos ao garantir que os recursos físicos e operacionais estejam em condições ótimas para suportar as metas da organização. Através de práticas eficientes de manutenção, é possível não só preservar a integridade e funcionalidade dos ativos, mas também otimizar o desempenho e a eficiência dos processos (Simões et al., 2016). Isto, por sua vez, contribui diretamente para a melhoria da produtividade e da competitividade organizacional, fechando o ciclo onde a gestão trabalha em prol para alcançar os objetivos estratégicos estabelecidos (Simões et al., 2016). Embora a manutenção seja um processo contínuo que exige melhoria e adaptação constantes, é imperativo ressaltar a importância de práticas sistemáticas de gestão da manutenção (Zafar, 2018).

Perante a definição dos objetivos da organização, a gestão da manutenção identifica qual o modelo de gestão mais adequado para atingir os objetivos, sendo que predominantemente esses objetivos estejam relacionados com questões do desempenho das máquinas e equipamentos, ou seja, a redução do *downtime*; a melhoria da rentabilidade da manutenção; a preservação da saúde, da segurança e do ambiente; e o controlo dos serviços contratados (Instituto Português da Qualidade, 2009). Tal como Pintelon & Parodi-Herz (2008) identificam, os objetivos da gestão da manutenção passam por garantir as operações contínuas ao longo do ciclo de vida dos ativos, evitando interrupções causadas por avarias, aprimorando o desempenho geral da unidade produtiva. Se uma organização negligenciar frequentemente a gestão da manutenção, de acordo com Mobley et al. (2008) procederá em maiores custos para a organização, no longo prazo, para além de gerar ineficiências operacionais e riscos de segurança.

São estes os aspetos que tornam a gestão da manutenção num elemento estratégico fundamental para as organizações e manter uma gestão cuidada contribui para o aumento e melhoria da produtividade, da qualidade e da competitividade da organização como (Nowakowski et al., 2019) identifica, deste modo as organizações devem no mínimo predispor-

se a fornecer um suporte eficaz e de qualidade de forma a garantir as condições necessárias para proceder à gestão da manutenção (Mobley et al., 2008). Por conseguinte, a gestão desempenha um papel crucial ao definir objetivos estratégicos que orientam as práticas de manutenção, garantindo assim que elas contribuam positivamente para os objetivos da organização e, por isso, é fundamental para o sucesso organizacional que haja uma relação estreita entre a gestão, os objetivos estratégicos e as estratégias de manutenção.

2.3 Estratégias de Manutenção

Existem diferentes tipos de manutenção, e devem ser enquadrados com os objetivos estratégicos da manutenção, sendo possível sistematizar pela Figura 1.

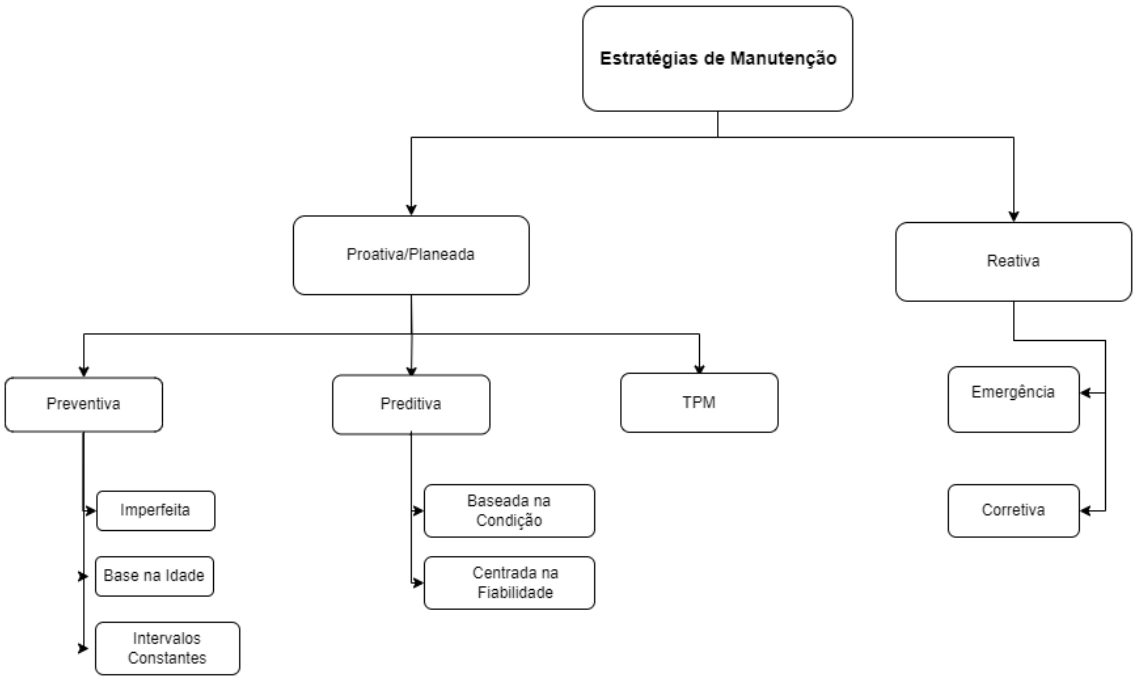

Figura 1 - As diferentes Estratégias de Manutenção.

A Manutenção Reativa é um tipo de manutenção que se refere a tarefas de manutenção por reação às avarias ou interrupções na produção (Figura 1) e existem duas tarefas de manutenção, a corretiva e a de emergência. O benefício desta estratégia reside no uso máximo das máquinas ou equipamentos até às suas falhas. No entanto, o núcleo principal dessas atividades é a rápida reparação da funcionalidade dos equipamentos após a avaria, sendo que vez de abordar efetivamente a raiz do problema, há uma tendência para simplesmente reparar os equipamentos para que voltem a funcionar que ocasiona em custos mais elevados devido a reparações incompletas tal como Mobley et al. (2008) indicam.

Sobre os dois tipos de tarefas da manutenção, a manutenção reativa, segundo Gish e Laaper (2017) é uma estratégia que deve ser aplicada em ativos não críticos, onde a falha da máquina ou equipamento não afeta significativamente as operações ou que a sua reparação/manutenção não incorre em custos elevados. Sobre a manutenção de emergência, é um tipo de manutenção que se diferencia da reativa pela necessidade de reparar a máquina ou equipamento imediatamente após a deteção da falha, para evitar consequências inaceitáveis que daí possa a dever (Instituto Português da Qualidade, 2007).

Relativamente à Manutenção Proativa ou Planeada, de acordo com Mobley (2008) esta abordagem estratégica de manutenção passa por prever o desgaste das peças e vida útil das máquinas ou dos equipamentos antes da sua avaria e, consequentemente, diminuir o tempo de inatividade, para além de ter como vantagem uma redução esperada dos custos totais de manutenção (Gish & Laaper, 2017). Contudo, esta abordagem estratégica tem algumas desvantagens, primeiro, segundo o testemunho de Mobley (2008) é difícil correlacionar esta estratégia com a redução dos custos devido à ineficácia da recolha de dados necessários nos programas de TPM implementados em diferentes organizações, ainda que existam estudos que comprovem efetivamente a redução dos custos totais em empresas de confeção de têxtil e vestuário (Wickramasinghe & Perera, 2016); em segundo lugar, a grande dificuldade que esta estratégia tem, é justificar a necessidade de um maior tempo de inatividade para trocar peças em máquinas que, segundo Gish e Laaper (2017) as máquinas aparentemente estão perfeitas e interrompe-se as operações para realizar a manutenção planeada.

A Manutenção Preditiva e Preventiva, envolve a utilização de uma avaliação regular da condição real das operações das máquinas e equipamentos em uso, otimizando as operações no chão de fábrica (Mobley et al., 2008). A preventiva consiste numa avaliação regular na deteção de possíveis problemas das máquinas ou equipamentos e, consoante esta avaliação regular, programa-se imediatamente tarefas de manutenção para evitar qualquer degradação. Qualquer programa que abranja a manutenção preventiva incluirá necessariamente a manutenção preditiva e corretiva porque concedem um apoio abrangente da manutenção dos sistemas de produção.

Ao iniciar a implementação da estratégia de manutenção é necessário compreender a relação causa-efeito de determinadas falhas funcionais das máquinas ou equipamentos e ter em consideração as possíveis causas dessas falhas, será neste ponto que manutenção procura eliminar tais falhas funcionais na estrutura das estratégias da manutenção (Crespo Márquez, 2007).

Conforme indicado por Simões et al., (2016), existe um consenso na literatura sobre o TPM ser uma das estratégias de manutenção mais eficazes, capaz de oferecer não apenas uma melhoria no desempenho operacional das organizações, mas também de criar uma vantagem competitiva sustentável. Em parte, resulta na capacidade de integrar de forma efetiva as estratégias de produção e manutenção, promovendo uma cultura de responsabilidade compartilhada pela manutenção das máquinas e equipamentos. Esta integração é fundamental para alinhar os objetivos operacionais e de manutenção, resultando numa maior eficiência e produtividade.

2.4 Análise Causa-Efeito

Como abordado no ponto 2.3, a estruturação de estratégias de manutenção para prevenir falhas funcionais em máquinas ou equipamentos requer uma análise detalhada da causa e efeito dessas falhas. A análise causa-efeito, também conhecida como diagrama de Ishikawa ou diagrama de espinha de peixe, é uma ferramenta essencial de qualidade que, seguindo o método analítico inspirado no conceito de produção *Lean* da Toyota (Barsalou, 2023), visa identificar e resolver as causas de falhas através da implementação de ações corretivas (Ito et al., 2022). Nos primeiros passos desta análise, são aplicados diferentes métodos e ferramentas para auxiliar na identificação da origem de defeitos específicos, como os cinco porquês, análise dos três erros, *Six Sigma*, e o próprio diagrama causa-efeito (Oliveira et al., 2023).

Na aplicação do diagrama de Ishikawa, recorre-se a diferentes métodos para estruturar essa análise, sendo os mais comuns os métodos 3M, 4M, 5M e 6M, onde os métodos 3M, 4M e 5M são abordagens simplificadas, derivadas do método 6M (Liliana, 2016). Estes métodos diferenciam-se pelo número de categorias utilizadas para identificar as potenciais causas de problemas. O método 3M engloba: Máquina (ou Equipamento), referindo-se a problemas e falhas relacionados com as máquinas ou equipamentos utilizados no processo; Material, que inclui os insumos utilizados no processo, abrangendo matérias-primas, componentes e todas as substâncias necessárias; e Mão de Obra, abordando os aspetos humanos, como a competência dos trabalhadores, a formação, a motivação e a comunicação. O método 4M acrescenta a categoria Método, que contempla as práticas, procedimentos ou processos utilizados para realizar o trabalho, incluindo a execução das tarefas. O método 5M adiciona o Meio Ambiente, considerando os fatores externos e ambientais que podem influenciar o processo, tais como as condições de trabalho, o clima e a infraestrutura do local de trabalho. Por fim, o método 6M

incorpora à análise do 5M a categoria Medição, relacionada à precisão e confiabilidade dos dados e dos instrumentos de medição utilizados no controlo e avaliação do processo (Liliana, 2016).

No entanto, após uma avaliação cuidada do contexto e dos tipos de falhas mais frequentemente observadas no ambiente de produção, optou-se por adotar o método 4M nesta análise. Esta escolha deve-se à sua capacidade de se concentrar nos aspetos mais críticos e diretamente controláveis que afetam a qualidade e a eficiência da produção (Favi et al., 2017). Esta abordagem permite uma análise mais direta e controlável, facilitando a identificação rápida da raiz do problema, onde a complexidade adicional dos fatores de Medição e Meio Ambiente pode não ser tão relevante, ou onde o foco está, principalmente, nas interações entre as máquinas, os métodos utilizados, os materiais processados e a mão-de-obra envolvida (Favi et al., 2017). Assim sendo, a implementação do Método 4M na Análise Causa-Efeito pressupõe os seguintes passos:

Identificação da falha funcional a ser investigada; Recolha de dados detalhados para cada uma das categorias do 4M, assegurando que informações relevantes sejam adquiridas para indicar possíveis causas; Análise e identificação da raiz do problema sob a perspetiva das quatro categorias do método 4M, isolando as raízes das causas e compreendendo o seu impacto no problema identificado; Identificação e implementação de contramedidas, ou seja, desenvolver soluções ou ações corretivas baseadas na raiz dos problemas identificados, priorizando-as de acordo com o seu impacto potencial e viabilidade de implementação.

A escolha do 4M não apenas torna o processo de análise mais eficiente, mas também assegura que as ações corretivas sejam práticas e focadas nas áreas mais críticas de melhoria sendo possível uma visualização pela Figura 2. Esta opção é justificada pela natureza das falhas mais comumente encontradas e pela ênfase na implementação de estratégias de manutenção (Favi et al., 2017).

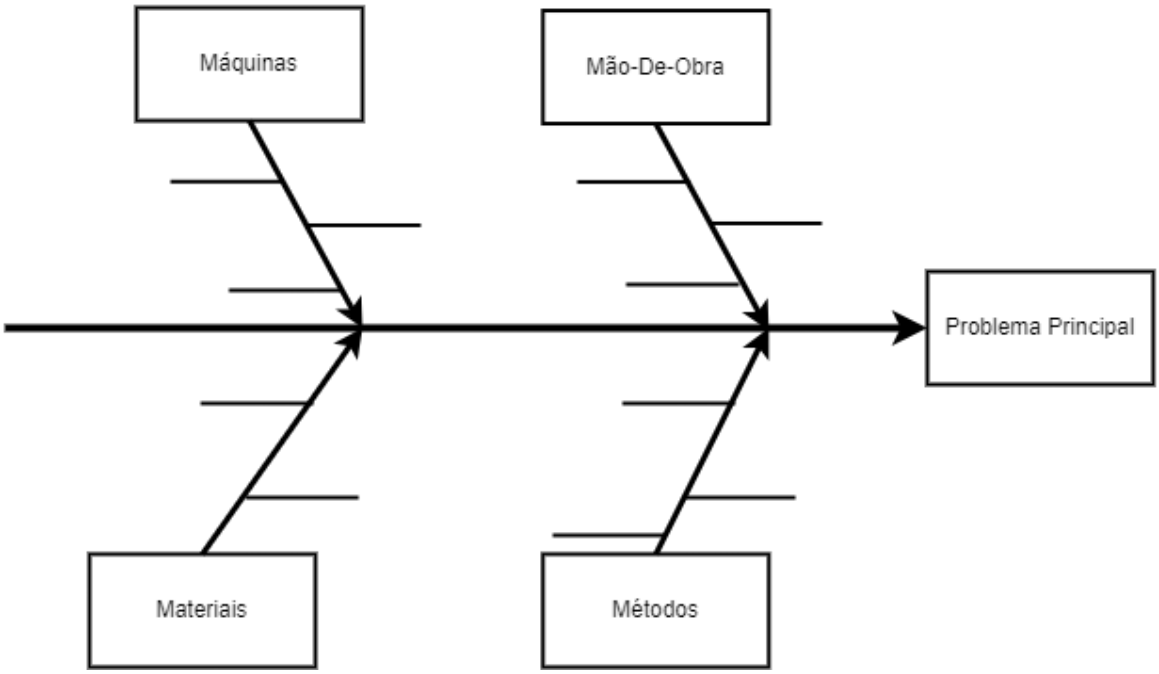

Figura 2 - Diagrama de Ishikawa pela Análise Causa-Efeito 4M.

2.5 Manutenção Produtiva Total

Constatámos até agora que a manutenção adequada dos equipamentos é um fator chave para o desempenho das linhas de produção. O TPM, foi uma metodologia desenvolvida e introduzida pelos japoneses em 1971, e representa uma abordagem holística à manutenção dos equipamentos, visando uma produção sem falhas através da eliminação de avarias e defeitos, ou seja, foi uma resposta aos problemas de manutenção e suporte encontrados em ambientes de produção. Muitos dos mesmos princípios e conceitos, como envolvimento dos funcionários, documentação, trabalho em equipa, liderança e medição de desempenho, são aplicados no TPM (Wickramasinghe & Perera, 2016).

Este método procura otimizar a eficácia do equipamento e promove a manutenção autónoma pelos operadores por meio de atividades diárias com o foco em eliminar completamente as paragens não planeadas, defeitos, perdas de capacidade das máquinas, acidentes, minimização dos custos de manutenção ao longo do ciclo de vida dos ativos, visando a maximização da utilização dos ativos da empresa (Uddin et al., 2021). No entanto, para observar os efeitos reais da implementação do TPM, ou seja, da teoria à prática, (Nakajima, 1984) introduziu a métrica OEE. O OEE, quando aplicado no contexto do TPM em máquinas ou equipamentos, permite monitorizar, controlar e melhorar a eficácia de produção de um determinado equipamento, através dos fatores Disponibilidade, Desempenho e Qualidade. É

de salientar que o TPM é uma ferramenta que requer um esforço considerável no envolvimento dos trabalhadores da organização, uma vez que estes constituem um dos principais elementos para o seu sucesso (Wickramasinghe & Perera, 2016).

Esta abordagem assenta-se sobre oito pilares de implementação, os diferentes pilares devem ser implementados de forma a obter os diferentes objetivos determinados previamente. Estes pilares do TPM têm como fundação a metodologia *Lean* 5S (Saha et al., 2017) como demonstrado na figura 2. A metodologia 5S (cinco sensos) é uma ferramenta que defende os princípios de um serviço limpo e organizado, aumenta a melhoria de produtividade. É composta por cinco palavras japonesas com os seguintes significados (Jana & Tiwari, 2021):

Seiri (Triagem): identificar todos os itens necessários e descartar ou realocar os desnecessários. Assim, é possível obter mais espaço livre e detetar mais facilmente os problemas;

Seiton (Organização): Organização dos itens considerados necessários e identificar o seu local onde o seu acesso e localização ficam sujeitas com a frequências do uso desses itens. Do mesmo modo para máquinas e equipamentos, ou seja, devem ser todas identificadas segundo um padrão de identificação;

Seiso (Limpeza): limpezas periódicas de acordo com um plano de limpeza. A limpeza do local de trabalho tem um impacto indireto na ergonomia e na produtividade;

Seiketsu (Normalização): A criação de rotinas para cada processo anterior através da consciencialização por meio de formação ou através de *posters*;

Shitsuke (Autodisciplina): Garantir que todas as ações anteriores são realmente aplicadas através da prática dos primeiros 3S, procurar realizar bem à primeira e estabelecer a normalização para criar um compromisso na adesão às regras e procedimentos.

Por conseguinte, os oito pilares, exemplificados pela Figura 3, têm os seguintes princípios (Nakajima, 1984)(Wickramasinghe & Perera, 2016):

1. Manutenção Autónoma: este conceito baseia-se na capacidade de os operadores realizarem pequenas intervenções de manutenção, como limpezas e lubrificações, sendo responsáveis pelo zelo das máquinas ou equipamentos;
2. Manutenção Focada: pequenas intervenções de manutenção que procura alcançar uma melhor eficiência do sistema através da eliminação de perdas;

3. Manutenção Planeada: manter as máquinas ou equipamentos em ótimas condições de funcionamento através de intervenções planeadas, aumentando o ciclo de vida e de atividade;
4. Gestão da Qualidade: este pilar assenta que durante o processo produtivo sejam eliminados os defeitos, onde o produto final seja com qualidade aumentando a satisfação dos clientes;
5. Formação: todos os colaboradores devem ter os conhecimentos e capacidades que permitam que a TPM seja implementada com sucesso onde os colaboradores devem estar alinhados com os objetivos da organização;
6. Segurança, Ambiente e Saúde: este pilar tem como base a implementação de medidas respeitantes à promoção do bem-estar de todos os colaboradores na organização;
7. TPM Administrativo: este pilar baseia-se nos outros pilares só que direcionado para as áreas administrativas de forma a melhorar a eficiência e a produtividade;
8. Gestão do Desenvolvimento: este pilar defende a gestão dos novos equipamentos deve ser estudado e controlado.

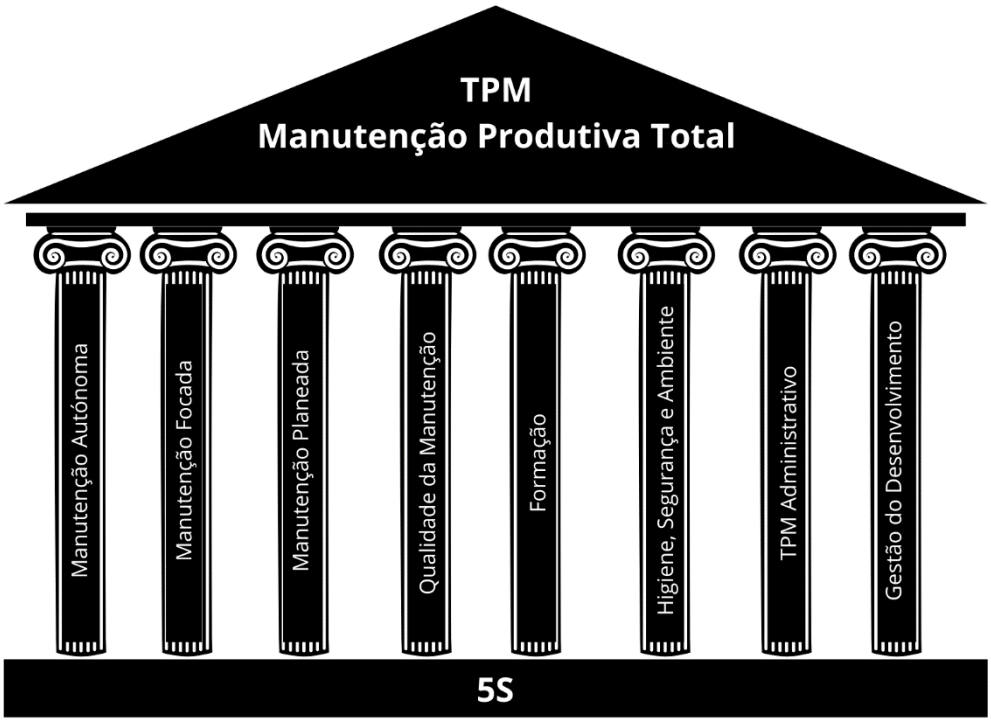

Figura 3 - Os Pilares TPM. (Rehman et al., 2012).

2.6 Indicadores Chave de Desempenho (KPI)

Para auxiliar na medição das diferentes estratégias de manutenção podem ser adotados diferentes KPI da manutenção que permite avaliar o quão efetivo estão a ser os diferentes processos de manutenção.

As métricas relacionadas com a manutenção são valores que permitem visualizar como as equipas e os sistemas de manutenção estão a funcionar (Pascal et al., 2019). Dependendo dos diferentes objetivos, necessidades e metas determinados pelos gestores de topo da empresa, existem inúmeros KPI e métricas para serem utilizados pela manutenção. Estabelecer métricas através do uso dos KPI para medir a eficiência dos esforços com a manutenção das organizações. Os mais comuns passam pelo Tempo Médio entre Falhas – *Mean Time Between Failures* – (MTBF), Tempo Médio até à Reparação – *Mean Time To Repair* – (MTTR) e OEE(Mobley et al., 2008);

MTTR

Mede o tempo que um sistema ou equipamento é restaurado após uma falha. O MTTR pode ajudar a avaliar a manutenção e a fiabilidade de um sistema ou equipamento, bem como o desempenho e eficiência da equipa de manutenção. Um MTTR mais baixo significa menos tempo de inatividade e maior disponibilidade (Zohra Berrabah et al., 2022);

$$MTTR = \frac{Tempo\ Total\ de\ Manutenção}{Nº\ de\ Reparações}$$

MTBF

Mede o tempo em que o equipamento está a produzir conforme especificações, entre avarias. Um MTBF mais elevado significa menos falhas e mais tempo de funcionamento. É calculado ao dividir o tempo total de funcionamento de um sistema ou equipamento pelo número de falhas num período determinado (Zohra Berrabah et al., 2022);

$$MTBF = \frac{Tempo\ Total\ de\ Trabalho - Tempo\ Total\ de\ Avaria}{Nº\ de\ Avarias}$$

OEE

Mede o sucesso de um processo de fabrico ou equipamento a funcionar. É calculada multiplicando três fatores: disponibilidade, desempenho e qualidade. A disponibilidade é a proporção de tempo de produção real para o tempo de produção planeado. O desempenho é a proporção da produção real para a produção potencial máxima. A qualidade é a proporção de

produtos bons para o total de produtos. O OEE é expresso em percentagem, sendo 100% a pontuação ideal. Este KPI pode ajudar a identificar e eliminar as fontes de ineficiência e desperdício no seu processo de produção, uma manutenção apropriada reduz o risco de falhas nos equipamentos, contribuindo assim para aumentar a fiabilidade dos mesmos (Zohra Berrabah et al., 2022).

$$OEE = Disponibilidade\ X\ Desempenho\ X\ Qualidade$$

Onde,

$$Disponibilidade = \frac{(Tempo\ de\ atividade\ disponível - Tempo\ de\ inatividade)}{Tempo\ de\ atividade\ disponível}$$

$$Desempenho = \frac{(Tempo\ ideal\ de\ ciclo\ \times Quantidade\ de\ unidades\ produzidas)}{Tempo\ de\ operação}$$

$$Qualidade = \frac{(\ Número\ de\ unidades\ produzidas\ -\ Número\ de\ unidades\ defeituosas)}{Número\ de\ unidades\ produzidas}$$

2.7 Diferentes Casos da Implementação do TPM

Referência	Aplicação da Manutenção Produtiva Total
(Uddin et al., 2021)	Neste artigo o autor procurou melhorar os fatores do OEE existente para as áreas problemáticas no setor do Vestuário Pronto a Vestir no Bangladesh nas últimas décadas, do qual adotou um esquema híbrido do TPM. A empresa implementou o plano recomendado de forma apropriada. O OEE foi aprimorado de 57% para 69% devido à execução adequada do modelo TPM proposto.
(Saha et al., 2017)	Este artigo propõe a abordagem do TPM para aumentar a OEE na indústria do vestuário. Este trabalho extraiu o nível de OEE de 76,51% para uma das principais fábricas de vestuário do Bangladesh. O artigo conclui que a técnica TPM pode ser útil para diminuir as avarias de equipamentos, resultando num nível maior do OEE aplicando a abordagem TPM.
(Gonçalves, 2022)	Projeto de investigação desenvolvido numa empresa têxtil que carecia de um plano de manutenção preventiva e controlo de custos de manutenção e conservação. Foram elaborados planos de manutenção para os equipamentos da

Referência	Aplicação da Manutenção Produtiva Total
	empresa, sendo possível obter um controlo de custos mais minucioso através do histórico de manutenção da empresa, bem como o controlo dos equipamentos através de indicadores de desempenho estabelecidos. Após este projeto, a empresa estabeleceu um departamento de manutenção, que atualmente é responsável por gerir e controlar a manutenção tanto dos equipamentos quanto da manutenção do edifício.
(Calderón-Ayala et al., 2023)	Este artigo propõe um modelo integrado que utiliza ferramentas de *Lean Manufacturing*, incluindo SMED e 5S, juntamente com metodologias TPM e Planeamento Sistemático de Instalações – *Systematic Layout Planning* – (SLP), para aumentar a eficiência operacional no setor têxtil no Peru. O setor enfrenta problemas de baixa eficiência produtiva devido a tempos de inatividade dos operadores e máquinas, alto fluxo de materiais e longos tempos de configuração. Foi realizado um plano piloto de 5S, que resultou em melhorias positivas, e uma simulação no software Arena mostrou um aumento de 11,01% no índice de eficiência operacional. O estudo conclui que a aplicação conjunta de ferramentas *Lean Manufacturing* com SLP e TPM pode otimizar processos, aumentar a eficiência e melhorar o uso dos recursos disponíveis.
(Moyeen Kadri & Babele, 2019)	Este estudo foca a implementação do TPM nas indústrias têxteis indianas. O modelo de TPM foi introduzido na seção de fiação, com formação dos membros da equipa nas oito colunas do TPM. O estudo aborda a importância na redução de custos, na integração de atividades e de recursos, formar os funcionários na tomada de decisão, eliminar desperdícios e encurtar os tempos de produção. Esses esforços contribuíram para a melhoria da eficácia dos equipamentos e a produtividade da indústria.
(Senthilkumar & Samuel Thavaraj, 2014)	Este estudo aborda a importância do TPM na indústria de vestuário na Índia, com uma abordagem baseada na filosofia *Lean*. O trabalho analisa a implementação do TPM numa fábrica de roupas na Índia, com foco em melhorar a eficiência do desempenho das máquinas de costura. Os resultados demonstram melhorias significativas no desempenho e na redução do tempo de inatividade das máquinas,

Referência	Aplicação da Manutenção Produtiva Total
	evidenciando a eficácia da implementação do TPM em conjunto com a ferramenta Kaizen para otimizar os tempos de produção.
(Mothibal & Prakash, 2018)	Este artigo aborda a rápida mudança nos estilos de vestuário e a necessidade crescente de processos de manufatura mais eficazes e eficientes na indústria de vestuário para sobreviver num mercado extremamente competitivo. O foco é na redução de desperdícios e no aumento da produtividade, mantendo custos baixos. O estudo propõe a utilização de ferramentas *Lean* para reduzir o desperdício em todos os processos de manufatura de vestuário, realçando a eficácia destas ferramentas na redução de custos e na adição de valor ao produto.
(Achamu et al., 2018)	O artigo aborda o setor de Vestuário Pronto a Vestir no Bangladesh, destacando a importância da implementação de uma estratégia de manutenção eficaz para melhorar a produtividade. O foco principal é aprimorar o OEE nas áreas problemáticas das indústrias de vestuário. O estudo implementou um esquema híbrido do TPM que resultou num aumento do OEE de 57% para 69%.
(Rehman et al., 2012)	Este estudo enfoca a qualidade do produto na indústria têxtil, intimamente associada às estratégias de manutenção. Este estudo avaliou os resultados da implementação das técnicas de TPM na Yunus Textile Mill. A eficácia da implementação do TPM é validada e avaliada por meio do OEE. O estudo demonstrou que a empresa tem um forte potencial para melhorar seu desempenho e qualidade geral do produto por meio da implementação bem-sucedida das metodologias TPM.
(Achamu et al., 2018)	Este estudo tinha como objetivo em melhorar o OEE numa empresa têxtil em Bahirdar através da implementação de um sistema integrado do TPM com a Manutenção Centrada na Confiabilidade – *Reliability Centered Maintenance* – (RCM). Utilizando métodos como entrevistas, revisão de documentação, registos históricos e observação direta e participativa, o estudo identificou os principais problemas da empresa. Concluiu-se que a alta taxa de tempo de inatividade não planeado, falhas e perda de desempenho eram problemas significativos. Foi

Referência	Aplicação da Manutenção Produtiva Total
	proposto um modelo de sistema de manutenção na execução de diferentes práticas de TPM para melhorar a atenção global aos equipamentos.
(Wickramasinghe & Perera, 2016)	Neste estudo investigou-se o efeito das práticas de TPM no desempenho de fabricação de empresas de produção têxtil e de vestuário. Os resultados mostram que todas as práticas de TPM têm uma relação positiva e significativa com o desempenho da fabricação e melhoram significativamente a eficácia do custo, da qualidade do produto, da entrega e flexibilidade do volume.

CAPÍTULO III

3. Caso Prático

O caso prático debruça-se sobre uma empresa do ramo têxtil localizada no norte de Portugal. A empresa M&C, fundada em 1995, produz vestuário a feitio e tem como base de proporcionar aos seus clientes a satisfação e com a melhor qualidade.

O objetivo da empresa centra-se na rentabilidade de todo o processo de fabrico. Como se trata de uma indústria em que a componente humana é o principal motor, conta com uma melhoria contínua das condições de trabalho e segurança.

A empresa apresenta um modelo de processo de Produção por Encomenda - *Make to-Order* (MTO). É assim focada na produção, procura obter os melhores equipamentos que permite confecionar todos os detalhes técnicos visando obter total perfeição e máxima qualidade exigidos pelos clientes.

Todo o *know-how* obtido ao longo dos anos e em parcerias com outras entidades, permite obter uma rápida resposta às solicitações dos nossos clientes e cumprir com as datas estabelecidas. Para cumprir com as datas de entrega, conta ainda com uma excelente organização da produção e monitorizações do tempo.

O controlo de qualidade é um dos principais focos visto que a garantia da qualidade permite assegurar aos seus clientes que irão receber o produto que encomendaram com as especificações exigidas.

3.1 Processo Produtivo

A empresa opera num nível de industrialização moderado, empregando máquinas de costura automáticas, embora ainda haja uma dependência considerável do trabalho manual. Esta dualidade entre automação e trabalho manual é uma característica comum em muitas empresas de Pequena e Média dimensão na indústria têxtil, refletindo os desafios e oportunidades enfrentados por essas organizações.

3.2 Gestão da Manutenção

Antes da implementação da TPM, a abordagem da manutenção adotada pela empresa era reativa, ocorrendo somente em resposta a falhas imprevistas. A empresa reconhece a importância de procedimentos de manutenção corretiva ágeis para lidar com problemas que possam surgir durante a produção. A capacidade de responder rapidamente a falhas e

implementar soluções eficazes é crucial para manter a operação em funcionamento e minimizar o impacto sobre a produtividade e a qualidade do produto final.

Contudo, até ao momento da implementação da TPM, em caso de avaria ficava a cargo de cada responsável das diferentes secções resolver essas avarias e quando não conseguiam resolver de forma autónoma, as avarias são encaminhadas para o mecânico, serviço externo à empresa. Na maioria das máquinas, a empresa enfrenta uma notável lacuna em termos de manutenção planeada. Atualmente, os planos de manutenção são limitados a apenas alguns equipamentos, predominantemente focados em tarefas de limpeza e lubrificação.

Uma implementação bem-sucedida da TPM representa uma oportunidade significativa para melhorar a eficiência operacional e a competitividade da empresa. Espera-se que os benefícios incluam um aumento tangível na eficiência da produção, uma redução nos custos de manutenção, uma diminuição nas paragens não programadas e uma melhoria geral na qualidade do produto. No entanto, é importante reconhecer que a transição para um modelo de manutenção proativa requer um compromisso contínuo com a formação de pessoal, investimentos em tecnologia e uma mudança cultural dentro da organização.

3.3 Análise Crítica

Na empresa foi possível identificar a falta de registo adequado das atividades de manutenção. Para além da ausência de registo, outro obstáculo significativo é a falta de descrição detalhada do tipo de reparação efetuada em cada máquina. Muitas vezes, os registos de manutenção fornecem apenas informações básicas, como datas e nomes dos técnicos responsáveis, sem oferecer uma análise aprofundada das atividades realizadas. Esta lacuna na documentação dificulta a avaliação da eficácia das intervenções de manutenção e limita a capacidade da empresa de aprender com experiências passadas para melhorar seus processos de manutenção no futuro.

Outro desafio significativo observado é a imprecisão nas datas registadas para as intervenções de manutenção. Muitas vezes, os registos fornecem apenas uma estimativa geral do momento em que a reparação ocorreu, em vez de uma data e hora precisa. Isso pode levar a inconsistências nos cronogramas de manutenção preventiva e dificulta a identificação de tendências de desempenho ao longo do tempo.

Por fim, a ausência de indicadores de desempenho específicos para a manutenção é uma lacuna significativa na gestão global da empresa. Embora a empresa possa ter indicadores

gerais de desempenho, como tempo de atividade da máquina ou produtividade, a falta de métricas específicas para avaliar a eficácia das práticas de manutenção dificulta a identificação de áreas de melhoria e a implementação de estratégias preventivas mais eficazes.

Além dos desafios mencionados anteriormente, é crucial considerar também o controlo de custos diretos associados à manutenção. Na empresa em questão, observou-se uma falta de acompanhamento sistemático dos custos diretos relacionados à manutenção, tais como custos de peças de reposição e custos externos de serviços contratados. A ausência de um sistema eficaz de controlo de custos dificulta a identificação de áreas de desperdício e a implementação de medidas para otimizar os gastos em manutenção. Uma abordagem mais rigorosa no controlo de custos diretos da manutenção pode contribuir significativamente para a redução dos custos operacionais e para a melhoria da eficiência financeira da empresa.

3.4 Análise Causa-Efeito pelo Método 4M

Identificação do Problema (Máquinas): Os operadores detetaram que a máquina saltava pontos de costura, um problema operacional crítico que afeta diretamente a qualidade do produto final. Para além disso, reportaram que a máquina partia as linhas frequentemente.

Recolha de dados: através da observação direta da máquina em funcionamento, identificou-se quando e como os problemas ocorrem; Analisou-se as amostras dos produtos defeituosos para examinar a frequência e distribuição dos problemas de salto de pontos e linhas partidas; Por meio de entrevista, foi possível obter informações junto dos operadores sobre as circunstâncias em que os problemas surgem; Revisão de registos de manutenção para verificar a frequência de manutenções e ajustes realizados na máquina.

Diagnóstico e Ação (Máquinas): abrir a cabeça da máquina e limpar o cotão para observar os componentes internos. A descoberta de que um parafuso essencial faltava na mola de tensão da agulha é um fator crítico que foi diretamente responsável pelo problema. A ação corretiva - encontrar o parafuso perdido no cotão e reinstalá-lo - resolveu o problema, permitindo que a máquina funcionasse corretamente.

Aplicação do Método 4M

Da análise causa-efeito pelo método 4M que pode ser revista na Figura 4, é possível concluir a importância de manter as manutenções regulares e inspeções detalhadas das máquinas como prevenção de falhas similares. Daí ser necessário a inclusão da verificação da integridade

física e da correta instalação de todos os componentes críticos para o funcionamento da máquina.

Esta análise reforça a necessidade de manutenção preventiva e atenção aos detalhes como partes integrantes da gestão da qualidade e manutenção de equipamentos. Também destaca como as Máquinas são uma área crítica que requer vigilância constante para identificar e resolver problemas que podem impactar negativamente a produção.

Problema: Salto de Pontos de Costura e Linhas partidas	
Métodos: Procedimentos de operação inadequados ou ajustes incorretos da tensão da linha.	Máquinas: Desgaste de componentes críticos, como a mola de tensão da agulha ou o mecanismo de alimentação de linha.
Materiais: Uso de linhas de baixa qualidade ou inadequadas para o tecido em questão.	Mão de Obra: Falta de formação adequada dos operadores para ajustar a máquina corretamente.
Máquinas: Configurações de tensão da linha incorretas ou desgaste de componentes que interagem com a linha.	Métodos: Falta de procedimentos de manutenção preventiva que poderiam identificar e corrigir problemas que levam à linha partida.
Mão de Obra: Operação da máquina com força excessiva ou manuseamento inadequado do tecido.	Materiais: Linhas de qualidade inferior ou incompatíveis com a agulha ou o tecido.

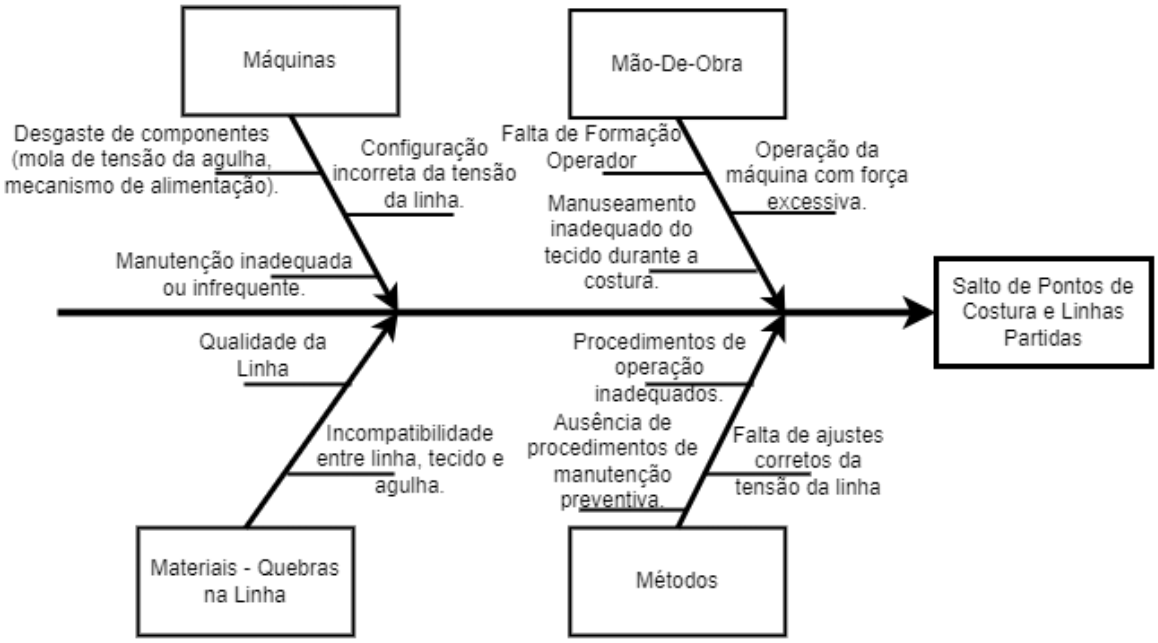

Figura 4 - Diagrama de Ishikawa com o método 4M para o caso do salto de pontos de costura e linhas partidas.

CAPÍTULO IV

4. Metodologia Investigação-Ação

A escolha da metodologia de Investigação-Ação para conduzir esta dissertação foi estratégica, visto que esta abordagem oferece uma estrutura dinâmica e participativa para resolver problemas específicos dentro do contexto organizacional. Ao integrar investigadores e membros da empresa, a Investigação-Ação procura identificar, compreender e resolver problemas de forma colaborativa, promovendo mudanças sustentáveis e significativas nas práticas e processos da empresa (Erro-Garcés & Alfaro-Tanco, 2020).

No caso da gestão de manutenção na empresa têxtil, a metodologia de Investigação-Ação foi essencial para impulsionar melhorias contínuas nos planeamentos de manutenção e promover a adoção eficaz da metodologia TPM.

Uma das principais metas do TPM é a redução dos custos de manutenção, uma vez que uma gestão eficaz da manutenção pode resultar em uma diminuição significativa nos custos operacionais da empresa. Ao adotar uma abordagem colaborativa e orientada para a ação, a empresa foi capaz de identificar oportunidades de melhoria nos planeamentos de manutenção que contribuíram diretamente para a redução dos custos de manutenção.

O processo de implementação da metodologia de Investigação-Ação envolveu o levantamento das máquinas onde os planeamentos de manutenção foram executados, a análise da diminuição percentual nas atividades de manutenção e a avaliação dos tempos de disponibilidade dos equipamentos desde o início da implementação. Essas etapas permitiram à empresa identificar áreas de foco e prioridade para as intervenções de melhoria, bem como avaliar o impacto das mudanças implementadas nos custos de manutenção e na disponibilidade dos equipamentos.

Em suma, a metodologia de Investigação-Ação, aliada ao TPM, foi fundamental para impulsionar melhorias contínuas na gestão de manutenção e contribuir para a redução de custos da empresa têxtil.

Para além disso, foi efetuado um questionário que teve como objetivo identificar os padrões de adoção do TPM e avaliar a eficácia das práticas de manutenção em diferentes empresas portuguesas no setor têxtil.

4.1 Formulação de Hipóteses

De acordo Wickramasinghe & Perera, (2016) com os resultados principais resultados das iniciativas bem-sucedidas de implementação do TPM numa organização incluem redução

dos custos operacionais, prolongamento da vida útil dos equipamentos e diminuição dos custos gerais de manutenção. Em consonância com a literatura, propõe-se para este estudo a seguinte hipótese:

Hipótese 1: A implementação do TPM na empresa têxtil está associada à redução dos custos operacionais. Espera-se que a Manutenção Produtiva Total (TPM) otimize as práticas de manutenção, reduzindo a frequência e a gravidade das avarias dos equipamentos, o que por sua vez diminui os custos de manutenção e de operação.

Hipótese 2: A implementação do TPM está positivamente relacionada com a diminuição de paragens não planeadas de equipamentos na indústria têxtil. A TPM fomenta a manutenção preventiva e a resolução proativa de pequenos problemas pelos operadores, o que deve reduzir significativamente as interrupções inesperadas na produção.

Hipótese 3: A prática de TPM melhora significativamente a qualidade dos produtos fabricados. A confiabilidade incrementada dos equipamentos, assegurada pelo TPM, deverá refletir-se na consistência e na qualidade dos produtos finais reduzindo a taxa de defeitos.

Hipótese 4: A adoção do TPM está positivamente relacionada com a eficiência operacional das máquinas de costura, refletida em melhorias nos tempos de entrega e na qualidade dos produtos. Esta hipótese será explorada através de uma metodologia quantitativa que avalia as mudanças na eficiência operacional, no tempo de inatividade dos equipamentos, nos tempos de entrega e na qualidade dos produtos antes e após a implementação do TPM.

Hipótese 5: A implementação do TPM contribui para uma melhoria na eficácia de custos. Ao promover manutenções mais eficientes que minimizam intervenções dispendiosas, o TPM auxilia na gestão otimizada dos recursos e na redução dos custos operacionais.

Hipótese 6: O TPM está positivamente relacionado à qualidade do produto na indústria têxtil. As práticas de manutenção proativa e autónoma melhoram a confiabilidade das máquinas, o que deveria resultar em produtos de maior qualidade e mais consistentes.

Hipótese 7: Embora a implementação do TPM tenha sido planeada sem a previsão de redução das encomendas, a sua execução coincidiu com uma diminuição significativa da procura e manter a eficiência operacional. Portanto, pressupõe-se que o TPM possa mitigar parcialmente os impactos negativos dessa redução inesperada sobre o desempenho das máquinas, contribuindo para manter a eficiência operacional acima dos níveis que poderiam ser esperados sem essas práticas de manutenção produtiva total.

4.2 Planos de Manutenção

Os planos de manutenção foram cuidadosamente elaborados com base nas recomendações de fábrica dos fabricantes de equipamentos. Isso envolveu a análise detalhada das especificações técnicas e dos manuais fornecidos pelos fabricantes para cada máquina. Com base nessas informações, foram identificadas as tarefas de manutenção preventiva recomendadas pelos fabricantes, incluindo intervalos de tempo sugeridos e procedimentos específicos a serem seguidos.

Além das recomendações de fábrica, a empresa também valorizou a experiência e o conhecimento prático dos seus mecânicos e técnicos de manutenção. Foi estabelecido um processo colaborativo, no qual os mecânicos contribuíram com autoconhecimento sobre as necessidades específicas de manutenção de cada equipamento com base na sua experiência. Essa colaboração permitiu a personalização dos planos de manutenção para melhor atender às condições e exigências reais de operação das máquinas.

4.3 Estratégia de Manutenção Alinhada com a Metodologia TPM

Os planos de manutenção desenvolvidos foram alinhados com os princípios da Metodologia da TPM para abordar não apenas as necessidades de manutenção preventiva, mas também para integrar atividades de manutenção preditiva e de melhoria contínua, visando à otimização do desempenho dos equipamentos ao longo do tempo.

A abordagem integrada à elaboração de planos de manutenção, que combina as recomendações de fábrica, a experiência prática dos mecânicos e a metodologia TPM, oferece uma série de benefícios tangíveis para a empresa. Isso inclui a maximização da disponibilidade dos equipamentos, a redução de falhas inesperadas, a otimização dos custos de manutenção e a melhoria contínua do desempenho operacional.

CAPÍTULO V

5 Análise e Discussão de Resultados

Com essa grande variação nos modelos produzidos nesta empresa têxtil — de calças a blusas, passando por vestidos e saias — a flexibilidade e capacidade de adaptação rápida são essenciais na sua operação. Cada tipo de peça pode requerer ajustes significativos nos processos de produção, desde a configuração das máquinas até as habilidades específicas dos operários, sem falar na preparação e no manuseio dos diferentes tipos de tecidos.

5.1 Análise da Implementação TPM na Empresa

Hipótese 1: A implementação do TPM contribui para a redução dos custos de manutenção.

Discussão: A análise dos dados de manutenção mostrou uma redução média nos custos ao longo do tempo (com declive de -0,6148) como é possível observar pela Figura 5, embora o valor de R^2 (0,0419) aponta para a influência de variáveis adicionais para além da temporalidade. Desde a implementação do TPM, observou-se uma queda de 27% nas encomendas, o que poderia sugerir menor exigência das máquinas. No entanto, a operação das máquinas foi mantida para garantir o atendimento às procuras de produção. Isso sugere que as práticas de manutenção preventiva e a autonomia dos operadores, promovidas pelo TPM, foram fatores determinantes para reduzir os custos, minimizando a necessidade de intervenções corretivas onerosas. Neste contexto poderá espelhar o sucesso das estratégias do TPM que, promovendo a manutenção preventiva e a correção autónoma de pequenas disfunções pelos operadores, viabiliza a operação contínua das máquinas mesmo com um volume de produção reduzido. A eficácia destas práticas pode ter tido um papel preponderante na diminuição dos custos, traduzindo-se numa redução da necessidade de intervenções corretivas mais onerosas.

No entanto, é importante ter em consideração que a despesa com a manutenção é condicionada não só pelo TPM, mas igualmente pela carga produtiva, logo torna-se imperativo proceder a uma análise mais granular. Uma avaliação minuciosa que englobe indicadores operacionais específicos, como tempos de preparação, duração dos ciclos e qualidade do produto final, é fundamental para uma compreensão integral do impacto das variáveis intervenientes. Tal análise permitirá discernir em que medida a diminuição dos custos mecânicos se deve ao decréscimo das encomendas ou ao sucesso do TPM, especialmente considerando que as máquinas mantiveram o seu funcionamento integral apesar da redução na produção.

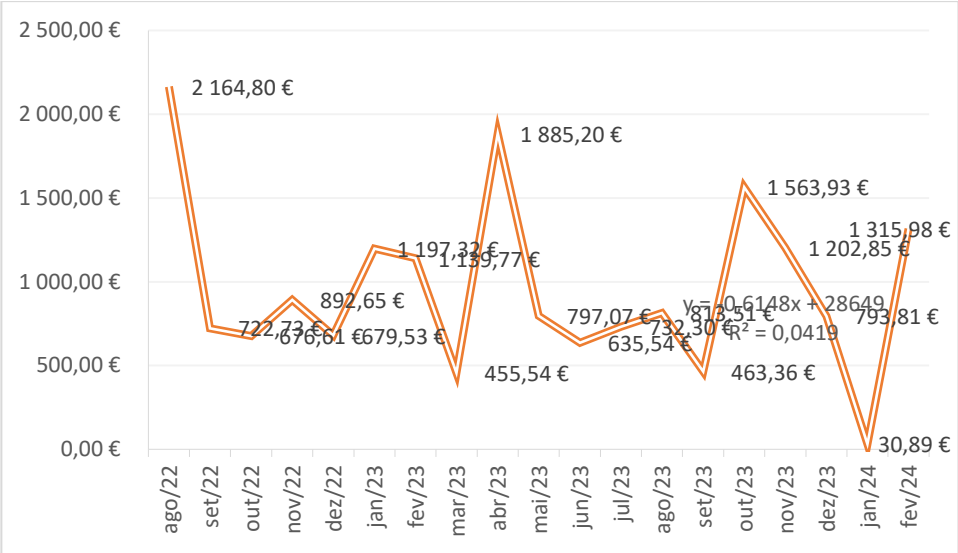

Figura 5 - Gastos com Manutenção.

Hipótese 2: O TPM aumenta a disponibilidade das máquinas, reduzindo as paragens não planeadas.

Discussão: Os resultados do OEE, que é um indicador agregado de eficiência que combina disponibilidade, performance e qualidade, mostram uma robustez na disponibilidade das máquinas, indicando que as práticas do TPM têm sido eficazes em minimizar interrupções não planejadas. Isso sugere que o TPM teve um impacto positivo na disponibilidade, possibilitando que as máquinas estivessem mais frequentemente operacionais. A análise semanal do OEE, especialmente em ambientes com grande variedade de peças, reforça a importância de monitorização contínua para ajustar rapidamente processos e prevenir paragens inesperadas. Como é possível verificar pela Figura 6, identificou-se um valor global médio de 55,32% ao longo das 29 semanas de operação.

O impacto no Cálculo do OEE: Diante dessa variedade de produção, o cálculo do OEE, e em particular do desempenho, deve ser suficientemente granular para refletir as especificidades de cada tipo de peça produzida. O cálculo semanal do OEE pode ser mais benéfico nesse ambiente por várias razões: Permite uma Resposta Rápida, ou seja, é possível identificar e resolver rapidamente problemas específicos relacionados com a produção de diferentes tipos de peças; Ajuste de Processos, no que facilita o ajuste rápido dos processos de produção em resposta à mudança dos tipos de peças, otimizando a eficiência e minimizando os tempos de inatividade; Planeamento da Produção, no que concerne no auxílio à programação eficaz da produção, assegurando que recursos adequados estejam disponíveis para cada tipo de peça produzida.

Para além destes diferentes pontos, a análise do OEE revelou uma robustez em termos de disponibilidade e qualidade, porém identificou-se um desempenho aquém do esperado das máquinas. Com a significativa diminuição das encomendas, constatou-se que o desempenho não acompanhou a capacidade produtiva instalada.

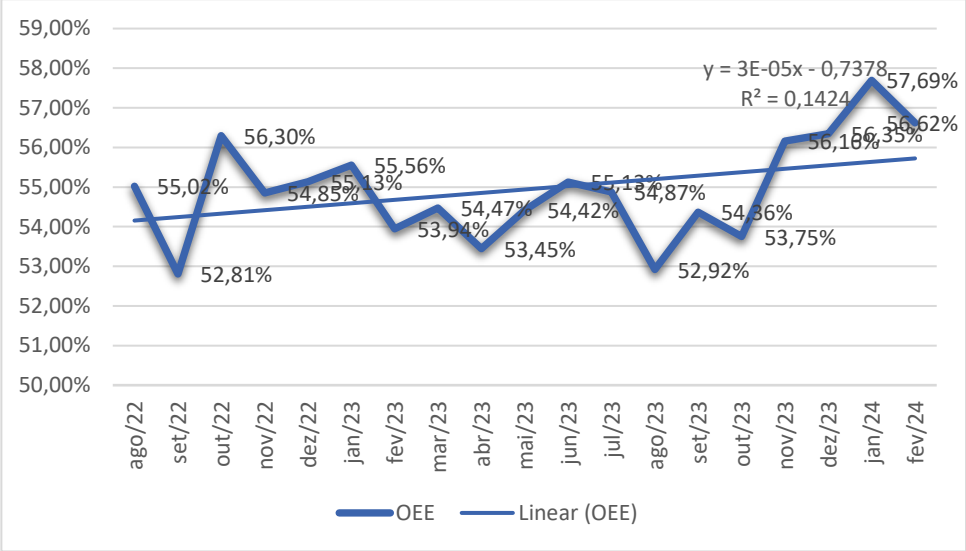

Figura 6 - Evolução OEE

5.2 Considerações para a Eficiência da Produção

Hipótese 3: A implementação do TPM melhora a qualidade do produto final ao reduzir variabilidades no processo.

Discussão: Da análise do OEE, também mostra índices positivos de qualidade, um sinal de que as práticas de TPM, ao garantirem o bom funcionamento das máquinas, contribuem para a consistência na qualidade dos produtos. A formação dos operadores para lidar com as máquinas e identificar problemas antes que se agravem tem sido essencial para minimizar variações no processo, assegurando um padrão de qualidade elevado em todas as peças. Para lidar com mudanças frequentes no tipo de peça produzida, é vital ter sistemas que permitam rápidas reconfigurações das máquinas para que minimize o tempo de inatividade e manter uma produção fluída e eficiente.

Em suma, a capacidade de ajustar rapidamente a produção em resposta a mudanças na procura e nos tipos de peças produzidas é essencial. A monitorização semanal do OEE pode oferecer uma melhor perceção que ajuda a manter a produção eficiente, a qualidade do produto e a satisfação do cliente, mesmo num ambiente de produção altamente variável.

Hipótese 4: O TPM, associado a práticas *Lean*, pode compensar a variação na procura e aumentar a flexibilidade da produção.

Discussão: Dada a redução nas encomendas e o aumento na complexidade dos produtos, o desempenho das máquinas não acompanhou a capacidade produtiva instalada. Isso aponta para uma necessidade de ajuste nas práticas do TPM para tornar o sistema mais ágil e flexível. A integração com o *Lean Manufacturing*, por meio de práticas como. No cerne da estratégia operacional da empresa, a implementação do TPM visou primordialmente a redução de custos, com a expectativa de que a manutenção proativa e a eficiência aumentada das máquinas aliviariam o fardo financeiro das operações. No entanto, o panorama revelado pela análise do OEE sugere que, apesar dos ganhos em disponibilidade e qualidade, o desempenho das máquinas ficou aquém das metas estabelecidas. Esse declínio no desempenho foi, em parte, consequência de uma redução significativa nas encomendas, que, embora menor em volume, se caracterizou por uma complexidade aumentada dos produtos solicitados.

Esta realidade reforça a necessidade de repensar e reajustar as práticas do TPM para se adaptarem a um ambiente de produção que é não só mais variado, mas também mais intermitente. Em resposta, a organização pode considerar integrar a flexibilidade do *Lean Manufacturing* nas práticas de TPM para realinhar a capacidade operacional com a procura flutuante e aumentar a eficiência do desempenho das máquinas, mesmo quando a produção é reduzida. Este ajuste estratégico, orientado pela precisão do *Lean,* poderá atender às peculiaridades das novas encomendas sem comprometer a eficácia do TPM.

As práticas *Lean* surgem como um vetor crucial para a otimização do desempenho das máquinas, particularmente numa fase onde a redução no volume de encomendas impõe a necessidade de uma maior flexibilidade e eficiência. Nesta confluência de metodologias, várias técnicas e ferramentas podem ser adotadas para maximizar a performance operacional através da padronização das tarefas é fundamental para assegurar a uniformidade e a otimização no manuseamento das máquinas. A padronização serve de alicerce para uma manutenção preventiva mais eficaz e uma identificação célere de qualquer anomalia operacional; Por exemplo, com a implementação da metodologia 5S, com seus pilares de Seiri (organização), Seiton (ordenação), Seiso (limpeza), Seiketsu (normalização) e Shitsuke (disciplina), é a chave para a construção de um ambiente de trabalho que propicia eficiência e a minimização de falhas operacionais; Com a implementação da metodologia de Setup Rápido (SMED) proporciona

uma redução drástica nos tempos de troca e preparação, aumentando a agilidade produtiva e permitindo uma resposta mais rápida às flutuações na procura;

Para além disso, a manutenção Autónoma, já prevista no TPM, deve ser reforçada, capacitando os operadores para intervir prontamente e com eficácia na correção de pequenas disfunções e na manutenção regular, contribuindo para uma redução substancial na dependência de manutenção especializada; incluir a filosofia Kaizen (melhoria contínua) deve ser vivamente encorajada, criando um ambiente onde sugestões de melhoria sejam bem-vindas e rapidamente implementadas, fomentando uma evolução constante nas práticas de trabalho e no desempenho das máquinas.

Ao integrar estas práticas *Lean* ao TPM, a empresa poderá organizar-se com maior destreza no cenário atual da diminuição de encomendas, assegurando que a capacidade produtiva não seja apenas mantida, mas otimizada. A harmonização destas metodologias consagra-se, assim, como uma estratégia perspicaz para incrementar o desempenho operacional e solidificar a sustentabilidade financeira da organização no competitivo mercado atual.

A revisão da estratégia do TPM, tendo em conta a nova realidade de produção, pode não apenas contribuir para o controle e a redução dos custos, mas também fortalecer a capacidade da empresa de se adaptar com agilidade às mudanças nas condições do mercado. Assim, alinhar o TPM com o *Lean Manufacturing* surge como uma evolução natural no caminho para uma melhoria contínua, garantindo que a empresa permaneça competitiva e financeiramente saudável num cenário de negócios em constante transformação.

Hipótese 5: A redução nos custos de manutenção é parcialmente influenciada pela carga produtiva.

Discussão: Embora a implementação do TPM tenha contribuído para a diminuição dos custos, é provável que a redução das encomendas também tenha impactado esses valores. Uma análise mais detalhada de indicadores operacionais, como tempos de preparação e duração dos ciclos, pode ajudar a discernir o impacto real do TPM em relação ao impacto da redução da carga produtiva. Essa análise é crucial para entender se os custos de manutenção foram realmente reduzidos pelas práticas do TPM ou pela menor exigência das máquinas devido à redução da carga.

Hipótese 6: A implementação do TPM contribui para a diminuição das paragens e melhora a eficiência operacional.

Discussão: O desempenho do OEE observado na Figura 6, aponta que a disponibilidade e a qualidade foram beneficiadas pelas práticas do TPM, embora o desempenho tenha ficado abaixo do esperado devido às flutuações no número de encomendas. Para maximizar a eficiência operacional, é fundamental que o TPM seja ajustado para se adaptar melhor às necessidades da empresa em tempos de menor volume de produção. Medidas de melhoria contínua, como Kaizen, podem contribuir para otimizar o desempenho das máquinas e reduzir ainda mais as paragens não planejadas.

Hipótese 7: A adoção do *Lean Manufacturing* complementa o TPM, maximizando o desempenho operacional mesmo em ambientes com a procura variável.

Discussão: Num ambiente de produção variado como ocorreu durante a recolha dos dados sobre as práticas de *Lean*, como o 5S, SMED e a padronização de tarefas, podem ajudar a aumentar a eficiência e a flexibilidade da produção. Essas práticas complementam o TPM ao fornecer uma estrutura que permite adaptações rápidas e melhora o desempenho operacional. A combinação do TPM com o *Lean* apresenta-se como uma estratégia ideal para atender às necessidades de um ambiente com procura produtivas intermitentes e variáveis, ajudando a empresa a manter a competitividade e a sustentabilidade financeira.

5.3 Caracterização do Nível de Implementação do TPM em Empresas Portuguesas e Análise dos Dados ao Questionário.

Neste subcapítulo, exploramos as práticas de manutenção e de implementação do TPM em diversas empresas portuguesas, utilizando dados coletados através de um questionário.

Estrutura do Questionário

O questionário teve um total de respostas de79 empresas, com uma taxa de resposta de 87%, onde 69 empresas forneceram dados completos para análise. O questionário, pode ser observável nos Anexos, foi estruturado com uma variedade de tipos de questões, abrangendo tópicos essenciais relacionados à gestão de manutenção e à implementação do TPM nas empresas do setor têxtil em Portugal.

As questões incluíam uma combinação de perguntas fechadas, abertas e escalas de Likert. As perguntas fechadas foram utilizadas para identificar informações demográficas, como o número de funcionários e os tipos de produtos têxteis fabricados, permitindo uma categorização inicial dos respondentes. Por exemplo, uma das questões questionava se a

empresa exportava os seus produtos, enquanto outra abordava a presença de elementos relacionados à gestão de manutenção.

As escalas de *Likert* foram aplicadas para avaliar a perceção sobre a importância da manutenção, a adoção de práticas proativas e a eficácia da implementação do TPM. Os inquiridos podiam classificar a importância de várias afirmações, como a comunicação sobre a implementação do TPM e o envolvimento da liderança, em uma escala que variava de 1 a 5. Essa abordagem possibilitou a recolha de dados quantitativos que refletissem a opinião sobre a gestão de manutenção na sua empresa.

Além disso, foram incluídas questões abertas que permitiram aos inquiridos elaborarem as suas experiências relacionadas às práticas de manutenção. Tais perguntas foram essenciais para obter informações mais profundas sobre as dificuldades enfrentadas e as oportunidades de melhoria percebidas nas suas operações.

Resultados

Perfil das Respostas: A maioria dos respondentes ocupava cargos de gestão, com 41% dos inquiridos identificando-se como gerentes, refletindo uma boa distribuição de responsabilidades e decisão dentro das empresas participantes.

Localização Geográfica: As respostas foram predominantemente de Braga e Porto, sugerindo uma concentração industrial nestas áreas como é possível observar pela Figura 7.

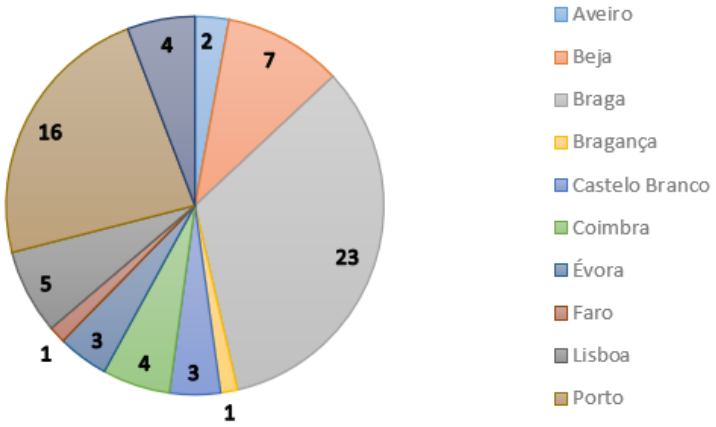

Figura 7– Distribuição das Localizações das Empresas em Resposta ao Questionário.

Dimensão das Empresas: A distribuição do número de funcionários mostra uma predominância de pequenas e médias empresas.

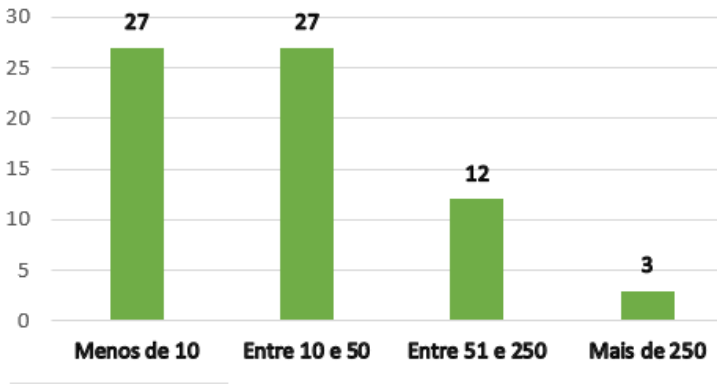

Figura 8 - Dimensão da Empresa

Produtos Fabricados: Diversos produtos são fabricados pelas empresas respondentes, com uma notável incidência em bordados (23% das respostas ao questionário) indicando uma especialização setorial.

Exportação: Aproximadamente 58% das empresas afirmaram exportar seus produtos, um indicador da competitividade e do alcance internacional das indústrias portuguesas conforme se pode constatar na Figura 9.

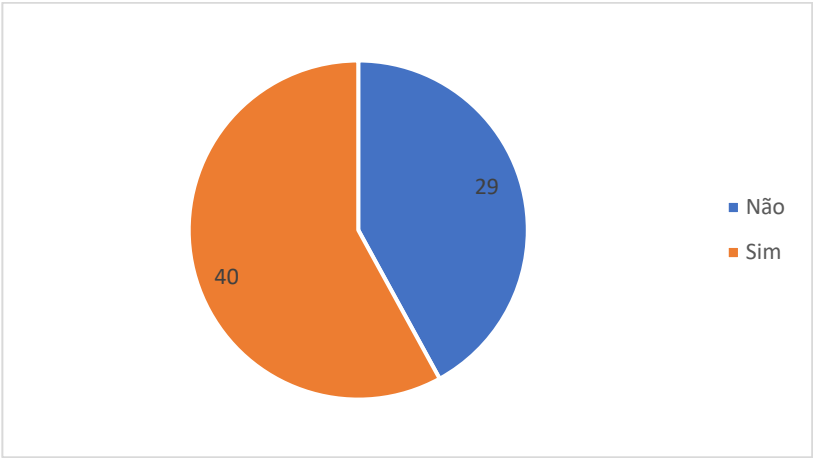

Figura 9 - Empresas Exportadoras e Não Exportadoras.

Implementação do TPM: A análise revelou uma implementação variável do TPM, com muitas empresas ainda no estágio inicial de adotar práticas de manutenção proativas. Nenhuma empresa relatou uma implementação completa do TPM.

Pilares do TPM Implementados: Manutenção Planeada e Segurança, Ambiente e Higiene no Trabalho foram os pilares mais implementados, sugerindo uma priorização de planeamento e segurança nas operações das empresas.

Estrutura de Manutenção nas Empresas

Analisando a estrutura de manutenção das empresas inquiridas, observa-se que apenas uma minoria possui um departamento específico de manutenção (11 empresas). Contudo, 18 empresas têm um responsável designado pela gestão de manutenção, e 17 relataram ter planos de manutenção preventiva estabelecidos. Surpreendentemente, 26 empresas indicaram não possuir nenhum dos elementos listados, o que pode refletir uma abordagem mais reativa do que proativa à manutenção em algumas organizações.

Importância Atribuída à Manutenção de Equipamentos e Máquinas

O Net Promoter Score (NPS) é uma métrica simples e eficaz usada para avaliar a lealdade e satisfação, neste caso, com a importância atribuída à manutenção dos equipamentos, máquinas em uma organização sendo observável na Figura 10. O resultado é um número entre -100 e 100, onde um NPS acima de 0 é visto como bom, acima de 50 é considerado excelente, enquanto um score acima de 70 é excecional. O seu cálculo tem como base as respostas à pergunta; "considere o nível de importância que atribui à manutenção dos equipamentos e máquinas.", numa escala de 0 a 10. Dependendo das respostas, os participantes foram divididos em três categorias:

- **Promotores (pontuação 9-10):** Representam os que consideram extremamente importante a manutenção dos equipamentos e máquinas, indicando que continuarão a valorizar e a priorizar altos padrões de manutenção.
- **Passivos (pontuação 7-8):** São os que percebem a manutenção como moderadamente importante, mas a sua lealdade pode ser influenciada por outros fatores ou pelo desempenho da manutenção ao longo do tempo.
- **Detratores (pontuação 0-6):** Aqueles que atribuem baixa importância à manutenção, o que pode indicar insatisfação com os padrões atuais ou uma perceção de que a manutenção não agrega valor significativo à operação dos equipamentos e máquinas.

Neste caso, foi obtido o score de -26 o que reflete uma predominância de detratores (36) em relação aos promotores (18) sobre a importância dada à manutenção dos equipamentos e máquinas. Este dado sugere que mais indivíduos subestimam a importância da manutenção regular, o que pode impactar negativamente a eficiência e a segurança das operações da empresa, no entanto também pode estar associada ao nível de adoção das práticas de manutenção nas empresas.

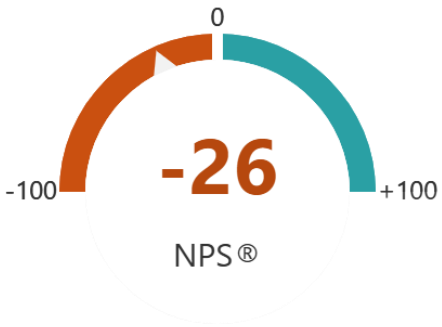

Figura 10 - Net Promoter Score

Registo e Monitorização das Atividades de Manutenção

Quanto ao registo das atividades de manutenção que é possível observar pela Figura 11, as respostas obtidas indicam uma diversidade nas práticas de manutenção entre as empresas, com uma distribuição equilibrada; 23,19% registam tanto as reparações como todas as atividades de manutenção preventiva; 24,64% registam exclusivamente as atividades de manutenção preventiva; sendo que a maior parte das respostas 28,99% as empresas limitam-se a registar apenas as reparações; e 23,19% não registam qualquer atividade de manutenção. Esta variação nas práticas de documentação sugere uma falta de uniformidade que pode comprometer a eficácia e a continuidade das operações de manutenção, dificultando uma gestão integrada e preventiva dos ativos.

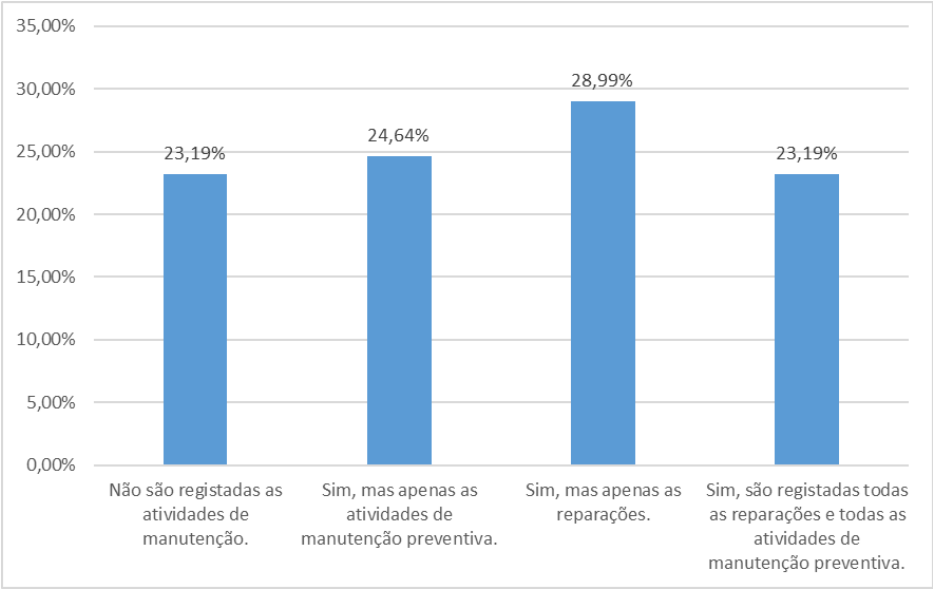

Figura 11 - Registo e Monitorização das Atividades de Manutenção.

Os Principais Pilares do TPM implementados nas empresas

Na análise dos pilares do TPM implementados nas empresas, pela Figura 12 observou-se variações nos níveis de adoção de cada pilar, o que evidencia diferentes graus de maturidade na aplicação do TPM e áreas prioritárias para o desenvolvimento contínuo: As empresas demonstram um elevado compromisso com a **Segurança, Ambiente e Higiene no Trabalho** e a **Manutenção Planeada**, refletindo uma prioridade pela segurança dos colaboradores e pela prevenção de falhas nos equipamentos. Em seguida, a **Manutenção Autónoma** e o **Controlo Inicial** indicam esforços moderados para capacitar operadores e padronizar processos desde o início, promovendo responsabilidade e minimização de problemas. Com níveis mais baixos, **Melhorias Focadas** e **Formação** ainda necessitam de maior atenção para fomentar uma cultura de melhoria contínua e desenvolvimento de competências técnicas. Por fim, a **Gestão Inicial** aparece como o pilar menos desenvolvido.

De modo geral, as empresas estão focadas principalmente na segurança, na manutenção preventiva e na autonomia dos operadores, o que evidencia uma preocupação com a continuidade operacional e a estabilidade dos processos. No entanto, pilares como melhorias focadas e formação merecem maior atenção para consolidar o TPM como uma ferramenta completa de otimização operacional. Aumentar o investimento nestas áreas poderá fortalecer ainda mais a eficácia do TPM e gerar uma cultura de melhoria contínua e capacitação, essenciais para enfrentar os desafios de competitividade e inovação no mercado.

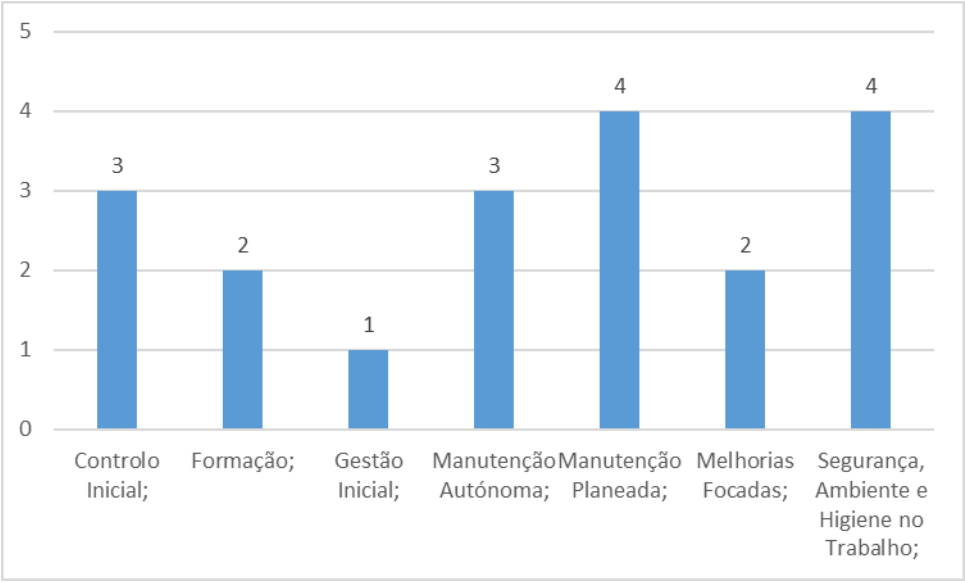

Figura 12 - Principais pilares do TPM implementados nas empresas.

Adoção de Práticas Proativas de Gestão de Manutenção

Em relação às práticas proativas de gestão de manutenção, como se pode ver pela Figura 13 a maioria das empresas (21) pratica apenas manutenção básica e corretiva, o que demonstra uma abordagem menos sofisticada e potencialmente mais custosa a longo prazo. Vinte empresas estão introduzindo práticas de manutenção proativas, enquanto 12 reportam a implementação parcial do TPM, destacando um movimento gradual em direção a estratégias mais integradas e eficientes de manutenção. Nenhuma empresa relatou a implementação completa do TPM, reforçando a ideia de que ainda existe um grande potencial de desenvolvimento nesta área.

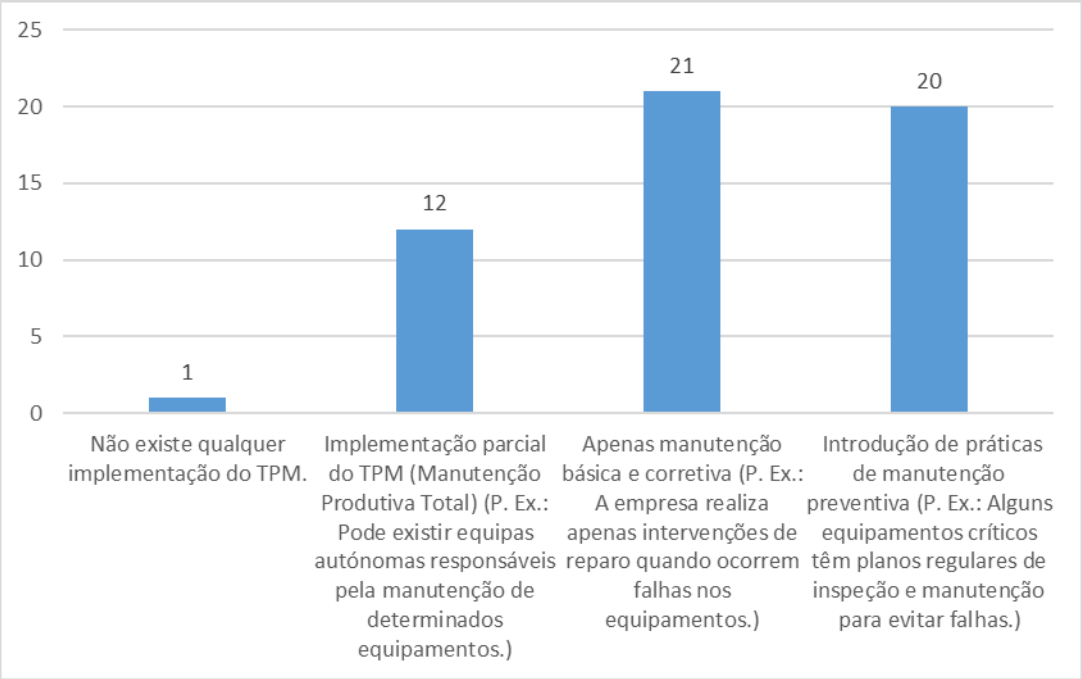

Figura 13 - Práticas Proativas de Gestão da Manutenção.

5.4 Desenvolvimento do Score de Implementação do TPM

Para avaliar a implementação das práticas de Manutenção Produtiva Total (TPM) nas empresas participantes do estudo, foi desenvolvido um score que quantifica o grau de adoção dessas práticas. Este score foi baseado na seleção de pilares do TPM feita pelas empresas, onde cada pilar selecionado contribui de forma quantitativa para o score final. Este score facilita uma análise mais objetiva entre diferentes grupos de empresas, tais como empresas exportadoras e não exportadoras, bem como empresas de variadas dimensões. A utilização deste score transforma observações qualitativas acerca das práticas de manutenção em dados quantitativos mensuráveis, permitindo comparações e análises estatísticas rigorosas.

Importância do Score

O score de implementação do TPM é crucial para entender como as práticas de manutenção impactam a eficiência operacional e a produtividade das empresas. Ao quantificar é possível correlacionar diretamente com outros indicadores de desempenho, como redução no tempo de inatividade das máquinas, melhorias na qualidade do produto e na satisfação dos funcionários.

Pilares do TPM

O TPM envolve várias práticas estruturadas em torno de pilares específicos, cada um focando em diferentes aspetos da manutenção e melhorias contínuas. No questionário aplicado, foram apresentados os seguintes pilares para seleção:

1. Manutenção Autónoma
2. Manutenção Planeada
3. Melhorias Focadas
4. Formação
5. Gestão Inicial
6. Saúde, Segurança e Ambiente
7. Controlo de Qualidade
8. TPM em Escritórios

No questionário, as empresas tinham a possibilidade de indicar quais entre 8 possíveis pilares do TPM foram implementados. Para cada pilar, atribuímos uma variável binária (1 se o pilar foi selecionado, 0 caso contrário). A soma dessas variáveis fornece o número total de pilares selecionados por cada empresa, variando de 0 a 8. Essa abordagem quantitativa permite uma análise mais precisa do engajamento das empresas com as práticas de TPM, facilitando comparações estatísticas robustas entre diferentes grupos de empresas.

Distribuição do Número de Funcionários: A dimensão das empresas foi categorizada com base no número de funcionários, de modo a permitir análises relacionadas ao tamanho da empresa. Os grupos foram definidos como segue:

- Menos de 10 funcionários: Score 1

- Entre 10 e 50 funcionários: Score 2,5
- Entre 51 e 250 funcionários: Score 3,75
- Mais de 250 funcionários: Score 5

Esta escala, embora simplificada, é usada para investigar possíveis correlações entre a dimensão da empresa e a implementação das práticas de manutenção. Importa salientar que a transformação em scores proporcionais pode não refletir uma relação linear, portanto, interpretações sobre o impacto da dimensão da empresa devem ser feitas com cautela, considerando o potencial de distorção dessa linearização.

Registo das Atividades de Manutenção: A prática de registo das atividades de manutenção foi quantificada para refletir a extensão das políticas de manutenção preventiva e corretiva nas empresas. As respostas foram categorizadas e atribuídas com valores numéricos da seguinte forma:

- **Não são registadas as atividades de manutenção**: Score 1, indicando a ausência de processos formais de registo de manutenção.
- **Sim, mas apenas as reparações**: Score 2,5, sugerindo um registo limitado apenas às reparações efetuadas.
- **Sim, mas apenas as atividades de manutenção preventiva**: Score 3,75, representando um foco nas práticas preventivas sem incluir o registo de reparações.
- **Sim, são registadas todas as reparações e todas as atividades de manutenção preventiva**: Score 5, refletindo um alto nível de formalização e abrangência no registo de atividades.

Esta metodologia de pontuação permite uma análise quantitativa das práticas de registo de manutenção, facilitando comparações estatísticas mais detalhadas entre diferentes políticas de manutenção nas empresas.

5.5 Teste de Hipóteses para o Score de Implementação do TPM

Para determinar se existe uma diferença significativa na implementação da manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras, foi utilizado o score que quantifica a adoção dessas práticas de manutenção.

Foi aplicado o teste t de Student para amostras independentes para comparar as médias dos scores de implementação da manutenção entre os dois grupos. Antes de aplicar o teste t, verificámos a homogeneidade das variâncias com o teste de Levene.

Como tal, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- Hipótese Nula (H_0): Não há diferença significativa no score de implementação da manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras.

$H_0: \mu_1 = \mu_0$

- Hipótese Alternativa (H_1): Há uma diferença significativa no score de implementação da manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras.

$H_1: \mu_1 \neq \mu_0$

Onde:

- μ_1 é a média do score de implementação da manutenção para empresas exportadoras.

- μ_0 é a média do score de implementação da manutenção para empresas não exportadoras.

Para determinar se existe uma diferença significativa na implementação da manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras, foi desenvolvido um score que quantifica a adoção dessas práticas de manutenção. Este score facilita uma análise mais objetiva entre diferentes grupos de empresas, tais como empresas exportadoras e não exportadoras, bem como empresas de variadas dimensões. A utilização deste score transforma observações qualitativas acerca das práticas de manutenção em dados quantitativos mensuráveis, permitindo comparações e análises estatísticas rigorosas.

Como tal, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- Hipótese Nula (H_0): Não há diferença significativa no score de implementação da manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras.

$H_0: \mu_1 = \mu_0$

- Hipótese Alternativa (H_1): Há uma diferença significativa no score de implementação da manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras.

$H_1: \mu_1 \neq \mu_0$

Onde:

- μ_1 é a média do score de implementação da manutenção para empresas exportadoras.

- μ_0 é a média do score de implementação da manutenção para empresas não exportadoras.

Na análise das estatísticas descritivas, como demonstrado na Tabela 2, das práticas de implementação do TPM entre empresas exportadoras (1) e não exportadoras (0) revela que as empresas que exportam têm uma média de Score Média TPM de 2,7079, enquanto as que não exportam têm uma média ligeiramente inferior de 2,4097. A diferença entre os desvios padrão também sugere que o grupo que exporta tem uma variação maior nas suas respostas. O valor-p de 0,239 indica que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de que não existe diferença entre os grupos. Isto significa que, estatisticamente, a prática de exportação não tem um impacto significativo sobre o Score Média TPM das empresas, segundo os dados analisados. O valor de d de Cohen 0,290 indica um efeito pequeno. Isto sugere que qualquer diferença real entre os grupos, mesmo que estatisticamente significativa, teria um impacto prático limitado.

Teste-T

Estatísticas de grupo

	Exporta os seus produtos.	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Score_Média_TPM_Final	1	40	2,7079	,96446	,15250
	0	29	2,4097	1,11292	,20666

Teste de amostras independentes

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para igualdade de Médias							
						Significância				95% Intervalo de Confiança da Diferença	
		Z	Sig.	t	df	Unilateral p	Bilateral p	Diferença média	Erro de diferença padrão	Inferior	Superior
Score_Média_TPM_Final	Variâncias iguais assumidas	1,220	,273	1,188	67	,120	,239	,29816	,25099	-,20282	,79914
	Variâncias iguais não assumidas			1,161	55,070	,125	,251	,29816	,25684	-,21654	,81286

Tamanhos de efeitos de amostras independentes

		Padronizador[a]	Estimativa de ponto	Intervalo de Confiança 95%	
				Inferior	Superior
Score_Média_TPM_Final	d de Cohen	1,02911	,290	-,192	,769
	Correção de Hedges	1,04082	,286	-,190	,761
	Delta do vidro	1,11292	,268	-,218	,749

Tabela 1 - Teste T-Student.

Análise de Homogeneidade das Variâncias e ANOVA

No processo de análise dos dados, a verificação da homogeneidade das variâncias constitui um pré-requisito essencial para a realização da ANOVA (Análise de Variância). Para tal, foi empregue o teste de Levene, que avalia se as variâncias entre os grupos destinados à comparação são equivalentes. A igualdade de variâncias é uma suposição fundamental para a validade dos resultados obtidos através da ANOVA.

Antes de realizar as análises estatísticas, foi necessário preparar os dados para garantir a validade dos testes aplicados. Para cada variável relacionada à implementação e perceção do TPM calcularam-se as médias das respostas por empresa. Esta etapa foi essencial para reduzir a variabilidade dentro de cada grupo de dados e fornecer uma base comparável para os testes estatísticos subsequentes.

5.6 Teste de Hipóteses para os scores do TPM, Perceção e implementação do TPM, e Gestão da Manutenção

Para cada grupo de perguntas relativas à gestão e perceção do TPM, foram calculadas as médias para cada empresa respondente. Isso gerou três variáveis com scores para cada empresa referentes à Manutenção Produtiva Total, à Perceção e Implementação do TPM e à Gestão da Manutenção, entre outras. Essas médias serviram para quantificar as práticas de manutenção numa escala contínua, facilitando uma análise mais precisa e fundamentada. Estas três variáveis foram analisadas com o teste ANOVA para comparar diferentes grupos de empresas consoante a sua dimensão.

Resultados do Teste de Levene observáveis na Tabela 3:

- Para a variável **Manutenção Produtiva Total**, os valores-p variaram de 0,293 a 0,321, o que sugere que as variâncias são homogéneas, pois não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese de igualdade de variâncias entre os grupos.
- Em relação à variável **TPM Perceção e Implementação**, observou-se valores-p entre 0,645 e 0,898, indicando novamente a homogeneidade de variâncias, permitindo proceder com a ANOVA tradicional sem ajustes adicionais.
- Para a variável **Gestão da Manutenção**, os resultados foram mais variados, com um valor-p de 0,044 para o teste baseado em mediana aparada, indicando uma possível violação da suposição de homogeneidade de variâncias.

Testes de homogeneidade de variâncias

		Estatística de Levene	df1	df2	Sig.
Media_TPM	Com base em média	1,220	1	11	,293
	Com base em mediana	1,105	1	11	,316
	Com base em mediana e com gl ajustado	1,105	1	8,994	,321
	Com base em média aparada	1,230	1	11	,291
Media_TPM_Percecaolmp	Com base em média	,144	1	11	,712
	Com base em mediana	,017	1	11	,898
	Com base em mediana e com gl ajustado	,017	1	10,776	,898
	Com base em média aparada	,128	1	11	,728
Media_Gestao_Manutencao	Com base em média	5,161	1	11	,044
	Com base em mediana	3,522	1	11	,087
	Com base em mediana e com gl ajustado	3,522	1	8,425	,096
	Com base em média aparada	4,857	1	11	,050

Tabela 2 - Teste de Homogeneidade de Variâncias

Análise de Variância (ANOVA):

A ANOVA foi aplicada para examinar as diferenças nas médias das variáveis entre os grupos definidos. Os resultados ajudaram a identificar se as diferenças nas práticas de TPM entre as empresas eram estatisticamente significativas.

Resultados da ANOVA:

A Análise de Variância (ANOVA) foi empregada para examinar se existem diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos scores de implementação do TPM em diferentes grupos de empresas, conforme categorizados pela sua dimensão. Os resultados obtidos, conforme ilustrados na Tabela 4, revelam uma soma dos quadrados entre grupos de 18,224 com três graus de liberdade, enquanto a soma dos quadrados nos grupos apresenta-se em 3,544 com 65 graus de liberdade.

1. **Manutenção Produtiva Total**:
    - **Significância (Sig.)**: O valor-p de 0,669 indica que não há diferenças estatísticas significativas entre os grupos para esta variável, sugerindo homogeneidade nas práticas de manutenção em relação ao Media_TPM entre os grupos comparados.

2. **TPM Perceção e Implementação**:
    - **Significância**: O valor-p de 0,645 reforça a ausência de diferença significativa entre os grupos quanto à percepção da implementação do TPM.
3. **Gestão da Manutenção**:
    - **Significância**: O valor-p de 0,513, similarmente, não indica diferenças significativas entre os grupos, o que pode indicar uma consistência na gestão da manutenção entre os grupos analisados.

Os resultados da ANOVA na Tabela 4 não demonstraram diferenças significativas nas médias dos scores de implementação de práticas de TPM, perceção sobre a implementação e gestão de manutenção entre os diferentes grupos analisados. Isso pode sugerir que as estratégias e práticas de manutenção são consistentemente aplicadas, independentemente dos fatores categorizados pelos grupos neste estudo. A ausência de diferenças significativas é crucial para entender que, apesar das variações nas estruturas organizacionais ou tipos de gestão, as práticas de manutenção podem seguir padrões semelhantes de implementação e perceção.

ANOVA

		Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Media_TPM	Entre Grupos	,123	1	,123	,193	,669
	Nos grupos	7,028	11	,639		
	Total	7,151	12			
Media_TPM_Percecaoimp	Entre Grupos	,088	1	,088	,225	,645
	Nos grupos	4,305	11	,391		
	Total	4,392	12			
Media_Gestao_Manutencao	Entre Grupos	,216	1	,216	,458	,513
	Nos grupos	5,188	11	,472		
	Total	5,403	12			

Tabela 3 - Resultados ANOVA

Implicações dos Resultados

Embora as empresas exportadoras apresentem, em média, um score de implementação do TPM mais alto, a diferença entre os dois grupos não é estatisticamente significativa o suficiente para ser considerada substancial. Esta evidência sugere que a competitividade no mercado internacional pode estar associada a um maior investimento e preocupação com a manutenção dos equipamentos e infraestruturas produtivas. A robustez dos métodos de implementação de práticas de manutenção nas empresas exportadoras pode ser vista como um

reflexo da necessidade de manter altos padrões de eficiência e qualidade, fundamentais para competir globalmente. No fundo, conclui-se que as empresas que exportam tendem a ter métodos de implementação de práticas de manutenção mais robustos e bem definidos, o que lhes permite manter uma maior eficiência operativa e garantir a qualidade da produção.

5.7 Teste de Hipóteses para o Nível de Importância Atribuído à Manutenção

Para determinar se há diferenças significativas no nível de importância atribuída à manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras, foram formuladas as seguintes hipóteses:

- Hipótese Nula (H_0): Não há diferença significativa no nível de importância atribuída à manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras.

- $H_0: \mu_1 = \mu_0$

- Hipótese Alternativa (H_1): Há uma diferença significativa no nível de importância atribuída à manutenção entre empresas exportadoras e não exportadoras.

- $H_1: \mu_1 \neq \mu_0$

Onde:

- μ_1 é a média do nível de importância atribuída à manutenção para empresas exportadoras.

- μ_0 é a média do nível de importância atribuída à manutenção para empresas não exportadoras.

Transformação da Escala

Para garantir a uniformidade dos dados e facilitar a análise comparativa, o nível de importância atribuído à manutenção foi transformado de uma escala de 0 a 10 para uma escala de 1 a 5. A fórmula utilizada para a conversão foi:

$$Score\ Importância\ Ajustado = \left(\frac{Nível\ de\ Importância}{10}\right) \times 5$$

Análise Estatística

Conforme a tabela 4, os valores da média dos scores de importância ajustados fornecem uma visão sobre como a manutenção é percebida em termos de importância por

diferentes tipos de empresas. Para as empresas exportadoras, a média do score é de 3,19, indicam uma alta importância atribuída à manutenção. Esse valor sugere que as empresas que operam para mercados internacionais reconhecem a necessidade de manter altos padrões de manutenção para garantir a continuidade e a qualidade da produção. Por outro lado, a média do score para empresas não exportadoras é de 2,98, embora seja ligeiramente inferior à média das empresas exportadoras, ainda está acima do ponto médio da escala ajustada, indicando que a manutenção também é vista como uma prática importante entre essas empresas.

Relativamente aos valores de desvio padrão apresentados nas estatísticas descritivas indicam a variabilidade das respostas dentro de cada grupo. Para as empresas exportadoras, o desvio padrão é de 1,385, o que sugere uma variação considerável em torno da média de 3,19. Isso significa que as pontuações individuais sobre a importância atribuída à manutenção podem variar significativamente entre as empresas exportadoras. Da mesma forma, o desvio padrão para as empresas não exportadoras é de 1,372, indicando também uma variabilidade significativa em torno da média de 2,98. Essa similaridade nos desvios padrão sugere que ambos os grupos têm uma dispersão comparável nas pontuações, refletindo diferentes níveis de importância atribuídos à manutenção dentro de cada grupo conforme a Tabela 4.

	Exporta os seus produtos.	N	Média	Desvio Padrão	Erro de média padrão
Score_Importancia_Ajustado	1	40	3,19	1,385	,219
	0	29	2,98	1,372	,255

Tabela 4 - Estatística de grupo entre o Nível de Importância atribuído à manutenção e empresas exportadoras e não exportadoras.

Na Tabela 6, podemos observar os resultados para os testes de Levene e teste t. O teste de Levene para igualdade de variâncias revelou que as variâncias dos dois grupos são equivalentes ($Z = 0{,}070$, $p = 0{,}793$), permitindo a aplicação do teste t de Student com variâncias iguais assumidas. No teste t para igualdade de médias, o valor t obtido foi 0,608 com 67 graus de liberdade e uma significância bilateral de 0,545. O intervalo de confiança de 95% para a diferença entre as médias varia de -0,467 a 0,877, indicando que não há diferença estatisticamente significativa entre as médias dos dois grupos. Estes resultados sugerem que a média do Score Importância Ajustado não difere significativamente entre empresas exportadoras e não exportadoras.

		Teste de Levene para igualdade de variâncias		teste-t para Igualdade de Médias							
						Significância				95% Intervalo de Confiança da Diferença	
		Z	Sig.	t	df	Unilateral p	Bilateral p	Diferença média	Erro de diferença padrão	Inferior	Superior
Score_Importancia_Ajustado	Variâncias iguais assumidas	,070	,793	,608	67	,273	,545	,205	,337	-,467	,877
	Variâncias iguais não assumidas			,609	60,818	,272	,545	,205	,336	-,467	,877

Tabela 5 - Teste de Levene

Análise de Variância (ANOVA) para o Nível de Importância Atribuído à Manutenção

Para complementar a análise do nível de importância atribuída à manutenção entre diferentes grupos, foi realizada uma análise de variância (ANOVA). Esta análise permite verificar se há diferenças significativas entre as médias dos scores ajustados d importância atribuída à manutenção em diferentes grupos.

Como é possível observar pela Tabela 7, o valor de p (0,545) é maior que o nível de significância padrão (0,05), indicando que não há uma diferença estatisticamente significativa entre a dimensão das empresas. Portanto, não rejeitamos a hipótese nula de que as médias dos grupos são iguais. Quanto ao Quadrado Médio, esta componente representa a variabilidade dentro dos grupos, que é consideravelmente maior do que a variabilidade entre os grupos, indicando que a maior parte da variância observada no score de importância ajustado é explicada pelas diferenças individuais dentro dos grupos, e não entre eles. No entanto, é importante ressalvar que a falta de significância estatística (p = 0,545) sugere que as diferenças observadas nas médias do Score de Importância Ajustado entre diferentes dimensões das empresas não são suficientes para concluir que há um efeito real. Isso pode indicar que outras variáveis não consideradas no modelo podem estar influenciando o score de importância.

Score_Importancia_Ajustado

	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	Z	Sig.
Entre Grupos	,705	1	,705	,370	,545
Nos grupos	127,585	67	1,904		
Total	128,290	68			

Tabela 6 - ANOVA para o nível de importância atribuído à manutenção.

Teste Qui-Quadrado para a independência entre as variáveis Dimensão e Pilares TPM

Quanto aos resultados do teste Qui-Quadrado, que é possível observar na Tabela 8, o valor do Qui-quadrado de Pearson é 12,270 com 10 graus de liberdade. O valor de p associado é 0,267, uma vez que o valor de p é maior que o nível de significância padrão (0,05), indica que não há evidência suficiente para rejeitar a hipótese nula de independência entre as variáveis. Portanto, concluímos que não há uma associação estatisticamente significativa entre as variáveis analisadas: Variável 1: Categorias de empresas (dimensão); Variável 2: Nível de implementação do TPM (todos os pilares TPM). Do mesmo modo os resultados para a razão de verossimilhança e da associação linear indicam que não há uma associação estatisticamente significativa entre as variáveis analisadas por apresentarem valores de p maiores que 0,05, não rejeitamos a hipótese nula de independência entre as variáveis. No entanto, deve-se ter cautela com a interpretação dos resultados devido às baixas contagens esperadas de algumas células, sugerindo a necessidade de uma análise mais robusta ou alternativa.

	Valor	df	Significância Assintótica (Bilateral)
Qui-quadrado de Pearson	12,270[a]	10	,267
Razão de verossimilhança	13,803	10	,182
Associação Linear por Linear	,374	1	,541
N de Casos Válidos	69		

a. 19 células (86,4%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é ,42.

Tabela 7 - Teste Qui-Quadrado.

CAPÍTULO VI

6. Conclusões Gerais

O presente estudo realizado na empresa M&C quanto à implementação do TPM e do *Lean Manufacturing* como metodologias para otimizar a eficiência operacional, a qualidade do produto e a flexibilidade produtiva numa empresa do setor de vestuário. A análise, fundamentada em métricas como o OEE e outros indicadores de desempenho, permitiu avaliar o impacto dessas práticas na capacidade da empresa de responder a um mercado caracterizado pela variabilidade da procura e pela crescente complexidade dos produtos.

Os resultados indicam que a implementação do TPM contribuiu positivamente para a redução de paragens não planeadas e para a melhoria da disponibilidade das máquinas, o que se reflete num aumento da eficiência operacional. Os índices de qualidade também demonstraram melhorias, evidenciando que a manutenção proativa e a formação dos operadores têm um papel crucial na diminuição das variabilidades do processo e, consequentemente, na consistência da qualidade dos produtos. No entanto, o desempenho global das máquinas revelou-se inferior ao esperado, em parte devido a uma redução significativa nas encomendas e ao aumento na complexidade das mesmas, fatores que desafiam a capacidade de resposta do TPM de forma isolada.

Neste contexto, a integração de práticas *Lean*, como o 5S, SMED e a padronização de tarefas, mostrou-se essencial para complementar o TPM, especialmente em cenários de produção intermitente e variada. Essas práticas trouxeram flexibilidade ao processo produtivo, permitindo uma adaptação mais rápida e eficaz às flutuações da procura. A combinação do TPM com o *Lean Manufacturing* revelou-se uma estratégia adequada para alcançar uma operação mais ágil e resiliente, assegurando a competitividade da empresa num mercado cada vez mais dinâmico. Ao harmonizar estas metodologias, a empresa não apenas otimiza a produção, mas também fortalece a capacidade de resposta a flutuações no mercado, melhorando a sustentabilidade financeira no contexto competitivo atual.

Impacto da Carga Produtiva na Redução de Custos

Embora a implementação do TPM tenha contribuído para a diminuição dos custos de manutenção, é provável que a redução nas encomendas também tenha influenciado esses valores. Uma análise mais detalhada de indicadores operacionais, como tempos de preparação e duração dos ciclos, pode ajudar a discernir o impacto real do TPM em relação à menor exigência nas máquinas devido à carga produtiva reduzida. Esse entendimento é fundamental

para determinar se a redução de custos pode ser atribuída diretamente ao TPM ou ao menor uso das máquinas.

Adesão ao TPM nas Empresas Portuguesas

Relativamente ao questionário elaborado quanto a avaliar a situação de práticas de manutenção no setor têxtil, embora exista um reconhecimento da importância do TPM, a implementação completa dos seus pilares ainda não é uma realidade em muitas empresas portuguesas. As práticas de Manutenção Autónoma e Manutenção Planeada são as mais adotadas, sugerindo um progresso inicial na integração do TPM. No entanto, a baixa adesão a Formação e Educação indica uma lacuna significativa que pode comprometer a eficácia das práticas de TPM a longo prazo. Esta falta de programas regulares de formação sugere que as empresas podem não estar a investir o suficiente no desenvolvimento contínuo das suas equipas, um fator crucial para o sucesso sustentado do TPM.

Comparação entre Empresas Exportadoras e Não Exportadoras

Os dados sugerem que as empresas exportadoras possuem, em média, um score de implementação de práticas de manutenção ligeiramente mais elevado do que as empresas que não exportam. Este diferencial pode ser interpretado como uma consequência da necessidade de manter altos padrões de eficiência e qualidade para competir no mercado internacional. Contudo, apesar da média do score de implementação ser superior para as empresas exportadoras, a significância estatística não é suficientemente forte para afirmar uma diferença substancial entre os dois grupos. Assim, recomenda-se cautela na generalização desta conclusão e a realização de estudos com amostras maiores para confirmar os resultados observados.

Implicações do TPM na Eficiência Operacional

A análise do OEE indica um impacto positivo do TPM nos índices de qualidade, sugerindo que práticas de manutenção proativas contribuem para a consistência da qualidade dos produtos ao assegurar o bom funcionamento das máquinas. A formação dos operadores para lidar com as máquinas e identificar problemas antecipadamente tem sido essencial para minimizar variações no processo, garantindo um padrão elevado de qualidade.

Além disso, a configuração rápida das máquinas é uma prática crucial para lidar com mudanças frequentes no tipo de produto fabricado. Manter a produção fluindo de forma eficiente requer sistemas ágeis e uma equipa treinada e adaptável, capaz de operar diferentes máquinas e realizar ajustes conforme necessário.

6.4 Limitações

Ao longo do processo, vi a importância de construir uma cultura de melhoria contínua por forma a dar a conhecer a importância de manter a implementação do TPM. Para além disso, um dos aspetos mais desafiadores durante a implementação do TPM foi a necessidade de monitorização constante. Foram atribuídas funções específicas a cada colaborador, no entanto muitos acabaram não cumprindo rigorosamente os novos procedimentos. Foi necessário ter de acompanhar a implementação e naturalmente foi percetível que era fácil deixar as práticas de lado, especialmente quando o dia a dia exigia uma atenção imediata a problemas mais urgentes. Isso me fez perceber que, sem uma monitorização adequada e uma cultura de responsabilização, o TPM se tornava apenas mais uma tarefa na lista de afazeres.

6.5 Sugestões Para Futuros Trabalhos

Para investigações futuras, sugere-se um estudo mais aprofundado sobre o impacto do TPM em cenários de baixa procura, bem como sobre formas de integrar o *Lean* de maneira mais eficaz ao TPM para maximizar o desempenho em diferentes contextos operacionais. Recomenda-se também o desenvolvimento de um modelo de monitorização semanal do OEE, adaptado às especificidades de cada tipo de produto, o que poderá fornecer uma visão mais detalhada do desempenho das máquinas e permitir ajustes mais rápidos e eficazes.

A consistência nos resultados pode servir como base para novas investigações que explorem outras dimensões ou variáveis que possam influenciar a implementação do TPM de forma distinta. Estudos subsequentes poderiam, por exemplo, considerar fatores como a cultura organizacional, a tecnologia disponível ou a formação e competências específicas dos colaboradores, que poderão impactar de forma mais significativa a adoção das práticas de manutenção.

Em síntese, esta dissertação contribui para a compreensão dos benefícios e limitações da implementação do TPM em conjunto com práticas Lean no setor do vestuário, destacando que a flexibilidade e a eficiência operacional são essenciais para a sustentabilidade e competitividade da empresa. A evolução contínua das práticas de manutenção e produção, alinhada às exigências de um mercado em constante mudança, é fundamental para o sucesso organizacional a longo prazo.

BIBLIOGRAFIA

Achamu, G., Melese, A., Haile, B., & Sundaram, B. (2018). TPM and RCM Implementation in Textile Company for Improvement of Overall Equipment Effectiveness. *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering*, *4*(10), 129–136. https://doi.org/10.31695/ijasre.2018.32914

Alsyouf, I. (2007). The Role of Maintenance in Improving Companies' Productivity and Profitability. *International Journal of Production Economics*, *105*(1), 70–78. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.057

Barsalou, M. (2023). Determining Which of the Classic Seven Quality Tools are in the Quality Practitioner's RCA Tool Kit. *Cogent Engineering*, *10*(1). https://doi.org/10.1080/23311916.2023.2199516

Basak, S., Baumers, M., Holweg, M., Hague, R., & Tuck, C. (2022). Reducing Production Losses in Additive Manufacturing Using Overall Equipment Effectiveness. *Additive Manufacturing*, *56*. https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102904

Calderón-Ayala, Y., Vitor-Sanchez, J., Quiroz-Flores, J. C., & Flores-Perez, A. (2023). Increased Operational Efficiency in an SME in The Textile Industry Through a Production Model Based on Lean, TPM, and SLP tools. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*, *2023-July*. https://doi.org/10.18687/laccei2023.1.1.186

Corrales, L. del C. N., Lambán, M. P., Hernandez Korner, M. E., & Royo, J. (2020). Overall Equipment Effectiveness: Systematic Literature Review and Overview of Different Approaches. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 10, Issue 18). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/APP10186469

Crespo Márquez, A. (2007). *The Maintenance Management Framework*. Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84628-821-0

Erro-Garcés, A., & Alfaro-Tanco, J. A. (2020). Action Research as a Meta-Methodology in the Management Field. *International Journal of Qualitative Methods*, *19*, 1–11. https://doi.org/10.1177/1609406920917489

Favi, C., Germani, M., & Marconi, M. (2017). A 4M Approach for a Comprehensive Analysis and Improvement of Manual Assembly Lines. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1510–1518. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.283

Gish, Doug., & Laaper, Stephen. (2017). *Making Maintenance Smarter Predictive Maintenance and The Digital Supply Network*.

Gonçalves, L. A. A. (2022). *Implementação de Um Plano de Manutenção Numa Empresa Têxtil* [Dissertação de Mestrado - Mestrado em Engenharia Industrial]. Universidade do Minho.

Instituto Português da Qualidade. (2007). *EN 13306:2007 Maintenance - Terminologias da Manutenção*. https://biblioteca.isel.pt/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=20294

Instituto Português da Qualidade. (2009, November 16). *Norma Portuguesa - Manutenção Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)*. Instituto Português da Qualidade. www.ipq.pt

Ito, A., Hagström, M., Bokrantz, J., Skoogh, A., Nawcki, M., Gandhi, K., Bergsjö, D., & Bärring, M. (2022). Improved Root Cause Analysis Supporting Resilient Production Systems. *Journal of Manufacturing Systems*, *64*, 468–478. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.07.015

Jana, P., & Tiwari, M. (2021). Lean Management in Apparel Manufacturing. In *Lean Tools in Apparel Manufacturing* (pp. 1–16). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819426-3.00014-X

Kaehler, B., & Grundei, J. (2019). *The Concept of Management: In Search of a New Definition. In: HR Governance.* (pp. 3–26). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94526-2

Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *161*, 012099. https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099

Mobley, R. K., Higgins, L. R., & Wikoff, D. J. (2008). *Maintenance Engineering Handbook* (7th ed.). McGraw-Hill. https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1036/0071546464

Mothibal, B., & Prakash, C. (2018). Implementation of Lean Tools in Apparel Industry to Improve Productivity and Quality. *Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering*, *4*(1). https://doi.org/10.19080/ctftte.2018.04.555628

Moyeen Kadri, Md., & Babele, Vivek. (2019). Maintenance Model in Textile Industry for Performance Improvement. *Elixir Internation Journal.*

Nakajima, S. (1984). Introduction to TPM (Total Productive Maintenance). *Productivity Press.*

Nowakowski, T., Tubis, A., & Werbińska-Wojciechowska, S. (2019). Evolution of Technical Systems Maintenance Approaches – Review and a Case Study. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, *835*, 161–174. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97490-3_16

Oliveira, E. e, Miguéis, V. L., & Borges, J. L. (2023). Overlap in Automatic Root Cause Analysis in Manufacturing: An Information Theory-Based Approach. *Applied Sciences (Switzerland)*, *13*(6). https://doi.org/10.3390/app13063416

Pascal, V., Toufik, A., Manuel, A., Florent, D., & Frédéric, K. (2019). Improvement Indicators for Total Productive Maintenance policy. *Control Engineering Practice*, *82*. https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2018.09.019

Pintelon, L., & Parodi-Herz, A. (2008). *Maintenance: An Evolutionary Perspective. In: Complex System Maintenance Handbook*. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-1-84800-011-7_2

Poor, P., Ženíšek, D., Basl, J., & Poór, P. (2019). *Historical Overview of Maintenance Management Strategies: Development from Breakdown Maintenance to Predictive Maintenance in Accordance with Four Industrial Revolutions*. https://www.researchgate.net/publication/335444202

Rehman, S. U., Asif, M., & Zaidi, A. A. (2012). Implementation of Total Productive Maintenance Methodologies on a Textile Industry. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, *7*(2). https://doi.org/10.20474/jater-7.2.2

Saha, S., Akash, S. M., & Biswas, T. K. (2017). Improving OEE of a Garment Factory by Implementing TPM Approach. In *International Conference on Mechanical, Industrial and Materials Engineering* (Vol. 2017). https://www.researchgate.net/publication/323538353

Senthilkumar, B., & Samuel Thavaraj, H. (2014). An Evalutation OF TPM Implementation In Clothing Industry In India - A Lean Philosophy Based Approach. *International Journal of Industrial Engineering & Technology (IJIET)*. www.tjprc.org

Simões, J. M., Gomes, C. F., & Yasin, M. M. (2016). Changing Role of Maintenance in Business Organisations: Measurement versus Strategic Orientation. *International Journal of Production Research*, *54*(11), 3329–3346. https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1106611

Uddin, Md. M., Sakaline, G., & Khan, M. M. A. (2021). Enhancing OEE as a Key Metric of TPM Approach - A Practical Analysis in Garments Industries. *European Journal of Engineering and Technology Research*, *6*(2), 142–147. https://doi.org/10.24018/ejers.2021.6.2.2376

Uraidi, N., & Kumar, V. (2016). Strategic Objectives. In *The Palgrave Encyclopedia of Strategic Management* (pp. 1–4). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/978-1-349-94848-2_277-1

Wickramasinghe, G., & Perera, A. (2016). Effect of Total Productive Maintenance Practices on Manufacturing Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *27*(5), 713–729. https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2015-0074

Zafar, B. (2018). *Reliability Consulting White Paper Effective Maintenance Strategy is Key to Success for Maintenance Optimization Programs*. www.emerson.com/opcertcon

Zohra Berrabah, F., Belkacemic, C., & Zemmouchi-Ghomari, L. (2022). Essential and New Maintenance KPIs Explained. *International Journal of Education and Management Engineering*, *12*(6), 11–20. https://doi.org/10.5815/ijeme.2022.06.02

ANEXOS

Inquérito Sobre a Manutenção na Confeção Têxtil

Prezado/a participante,

Agradecemos a sua disponibilidade para participar neste inquérito, que tem como objetivo aprofundar o conhecimento sobre a Manutenção na Confeção Têxtil. Este estudo enquadra-se no âmbito do curso de Mestrado em Logística provido pelo ISCAP - Porto e destina-se a contribuir para o desenvolvimento académico na área.

Agradecemos a sua participação neste inquérito, que visa compreender o nível de conhecimento e a perceção sobre a implementação do TPM (Manutenção Produtiva Total).
O TPM é uma abordagem de gestão focada na eficiência da manutenção industrial, visando a eliminação de perdas e a maximização da produtividade. Consiste em estratégias proativas para prevenir falhas, reduzir paragens não programadas e otimizar o desempenho dos equipamentos.

A sua opinião é crucial, independentemente do seu departamento, para entendermos como a implementação do TPM é percebida em diversos setores da empresa.

As suas respostas serão tratadas com total confidencialidade e anonimato, assegurando o respeito pela proteção dos dados pessoais, conforme preconizado nos artigos 15º e seguintes do RGPD. Caso tenha fornecido dados pessoais e deseje exercer os seus direitos de acesso, retificação, cancelamento ou oposição (direitos ARCO), poderá fazê-lo a qualquer momento enviando uma mensagem para 2220214@iscap.ipp.pt.

Este inquérito tem uma duração aproximada de **6 minutos** e agradecemos antecipadamente pela sua colaboração.

Por favor, ao iniciar o questionário, tenha em mente que as suas respostas serão utilizadas exclusivamente para fins académicos, respeitando os princípios éticos e legais.

Agradecemos a sua participação.

Para esclarecimentos adicionais, pode entrar em contacto com:
- Nuno Marques,
Mestrado em Logística
2220214@iscap.ipp.pt.

* Obrigatória

1. Ao selecionar "Autorizo", em seguida, declara que leu, compreendeu e aceita participar neste estudo. Caso contrário, a sua participação terminará por aqui. *

   ◯ Autorizo

   ◯ Não Autorizo

Empresa

2. Cargo na Empresa

3. Localização da sua empresa *

- ◯ Aveiro
- ◯ Beja
- ◯ Braga
- ◯ Bragança
- ◯ Castelo Branco
- ◯ Coimbra
- ◯ Évora
- ◯ Faro
- ◯ Guarda
- ◯ Leiria
- ◯ Lisboa
- ◯ Porto
- ◯ Portalegre
- ◯ Santarém
- ◯ Setúbal
- ◯ Viana do Castelo
- ◯ Vila Real
- ◯ Viseu
- ◯ R. A. da Madeira
- ◯ R. A. dos Açores

4. Nº de Funcionários *

- ◯ Menos de 10
- ◯ Entre 10 e 50
- ◯ Entre 51 e 250
- ◯ Mais de 250

5. Que tipos de produto têxtil são fabricados na sua fábrica? *

6. A sua empresa exporta os seus produtos? *

- ◯ Sim
- ◯ Não

Gestão da Manutenção

7. A sua empresa possui algum dos seguintes elementos relacionados com a gestão de manutenção? *

- [ ] Departamento de Manutenção
- [ ] Responsável pela Gestão de Manutenção
- [ ] Planos de Manutenção Preventiva
- [ ] Nenhum dos Anteriores

8. Considere o nível de importância que atribui à manutenção dos equipamentos e máquinas. *

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Sem Importância — Extremamente Importante

9. Na sua empresa, é prática comum registar a monitorização das atividades de manutenção? *

- ◯ Sim, são registadas todas as reparações e todas as atividades de manutenção preventiva.
- ◯ Sim, mas apenas as atividades de manutenção preventiva.
- ◯ Sim, mas apenas as reparações.
- ◯ Não são registadas as atividades de manutenção.

Manutenção Produtiva Total (TPM)

O TPM é uma abordagem de gestão focada na eficiência da manutenção industrial, visando a eliminação de perdas e a maximização da produtividade. Consiste em estratégias proativas para prevenir falhas, reduzir paragens não programadas e otimizar o desempenho dos equipamentos.

10. Em que medida a sua empresa adota práticas proativas de gestão de manutenção? *

- ◯ Apenas manutenção básica e corretiva (P. Ex.: A empresa realiza apenas intervenções de reparo quando ocorrem falhas nos equipamentos.)
- ◯ Introdução de práticas de manutenção preventiva (P. Ex.: Alguns equipamentos críticos têm planos regulares de inspeção e manutenção para evitar falhas.)
- ◯ Implementação parcial do TPM (Manutenção Produtiva Total) (P. Ex.: Pode existir equipas autónomas responsáveis pela manutenção de determinados equipamentos.)
- ◯ Implementação completa do TPM (Manutenção Produtiva Total) (P. Ex.: Todas as equipas são treinadas em práticas de manutenção autónoma, planeada e focada.)

11. Quais dos seguintes pilares do TPM foram implementados na sua empresa? *

- ☐ Manutenção Autónoma
- ☐ Manutenção Planeada
- ☐ Melhorias Focadas
- ☐ Formação
- ☐ Gestão Inicial
- ☐ Segurança, Ambiente e Higiene no Trabalho
- ☐ Controlo Inicial
- ☐ Outro

12. Indique o seu grau de concordância com as seguintes frases, numa escala de 1 a 5, em que 1 significa Discordo totalmente e 5 Concordo totalmente. *

	1	2	3	4	5
A implementação do TPM na nossa empresa é claramente comunicada a todos os colaboradores.	◯	◯	◯	◯	◯
Os benefícios do TPM são compreendidos e reconhecidos por todos os setores da empresa.	◯	◯	◯	◯	◯
Existem programas de formação contínua para capacitar os colaboradores sobre as práticas do TPM.	◯	◯	◯	◯	◯
A nossa empresa tem metas mensuráveis relacionadas com a eficácia da implementação do TPM.	◯	◯	◯	◯	◯
A liderança da empresa está ativamente envolvida e comprometida com a implementação do TPM.	◯	◯	◯	◯	◯

Implementação e Perceção do TPM

Esta secção procura compreender como a implementação do TPM influencia aspectos chave da empresa, incluindo eficácia operacional, cultura de melhoria contínua, auditorias, participação dos colaboradores, segurança, investimentos e reconhecimento organizacional.

13. Indique o seu grau de concordância com as seguintes frases, numa escala de 1 a 5, em que 1 significa Discordo totalmente e 5 Concordo totalmente.

	1	2	3	4	5
Com a implementação do TPM foi possível contribuir para a redução de paragens não programadas nas linhas de produção.	○	○	○	○	○
Existe uma cultura de melhoria contínua incentivada pela implementação do TPM na empresa.	○	○	○	○	○
São realizadas auditorias regulares para avaliar a eficácia das práticas de TPM implementadas.	○	○	○	○	○
Os colaboradores sentem-se envolvidos e incentivados a sugerir melhorias nas práticas de manutenção.	○	○	○	○	○
A empresa investe regularmente em atualizações dos equipamentos	○	○	○	○	○
Existe um sistema de reconhecimento ou incentivo para equipas que demonstrem excelência nas práticas de TPM.	○	○	○	○	○
A implementação das práticas de TPM na empresa está fortemente orientada para a segurança.	○	○	○	○	○

Gestão da Manutenção

A gestão de manutenção é um conjunto de práticas e estratégias adotadas por uma organização para equilibrar os custos associados à manutenção, assegurando a operação eficiente, confiabilidade dos equipamentos, instalações e a disponibilidade dos ativos. Este processo visa minimizar os tempos de inatividade não planeados e prolongar a vida útil dos equipamentos.

14. Indique o seu grau de concordância com as seguintes frases, numa escala de 1 a 5, em que 1 significa Discordo totalmente e 5 Concordo totalmente.

	1	2	3	4	5
A decisão de parar uma máquina para realizar tarefas de manutenção é tomada de forma eficiente e estratégica, considerando a minimização do impacto na produção.	○	○	○	○	○
Os gestores da empresa demonstram um compromisso claro com as práticas de gestão da manutenção.	○	○	○	○	○
As metas de desempenho da manutenção são claramente comunicadas a toda a equipa.	○	○	○	○	○
A empresa investe regularmente em tecnologias e ferramentas para otimizar a gestão da manutenção.	○	○	○	○	○
A comunicação entre os departamentos é eficaz para garantir uma gestão integrada da manutenção.	○	○	○	○	○
Os recursos (humanos, financeiros e materiais) alocados à manutenção são adequados para as necessidades da empresa.	○	○	○	○	○
A equipa de gestão da manutenção é envolvida na definição de políticas e procedimentos.	○	○	○	○	○

Fim do Questionário

15. Agradecemos a sua colaboração. Caso tenha dúvidas ou queira fornecer comentários adicionais, por favor, utilize o espaço abaixo.

    Cumprimentos,
    Nuno Marques
    2220214@iscap.ipp.pt

Este conteúdo não foi criado nem é aprovado pela Microsoft. Os dados que submeter serão enviados para o proprietário do formulário.

Microsoft Forms