

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**DESENVOLVIMENTO DE FRAMEWORK PARA GERENCIAMENTO DE  
FERRAMENTAS EM FORNECEDORES TERCEIROS: UMA PESQUISA-AÇÃO EM  
UMA EMPRESA DE LINHA BRANCA**

**ANTONIO SILVIO FAVATTO FILHO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**ANTONIO SILVIO FAVATTO FILHO**

**Desenvolvimento de Framework para gerenciamento de ferramentas em fornecedores terceiros: uma pesquisa-ação em uma empresa de linha branca**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre profissional em Engenharia de Produção.

**Orientador:** Profa. Dra. Fabiane Leticia Lizarelli

**SÃO CARLOS-SP**

**2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

A ser elaborada na versão final do trabalho.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**Programa de Pós-Graduação Profissional em Engenharia de**  
**Produção**

**Folha de Aprovação**

---

Profa. (Dra.) Fabiane Letícia Lizarelli (PPGEP-UFSCar)

---

Profa. (Dra) Camila Fabrício Poltronieri (Universidade Federal de Goiás - UFG)

---

Prof. (Dr.) Luciano Campanini (Universidade Federal de São Carlos - UFSCar)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Caroline, pela força e parceria; aos meus familiares Inês (mãe) e Silvio (pai), por sempre acreditarem em mim, e sobretudo, à minha orientadora Fabiane pelo grande suporte em todo este longo processo.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de saúde e sabedoria.

À minha família, que acreditou em mim até o fim.

Agradeço à minha orientadora Fabiane  
pelo grande apoio durante todo o processo.

Agradeço também aos membros da banca, Camila e Luciano,  
pelas brilhantes ideias para complementar o trabalho.

Agradeço à empresa estudada pela abertura e aos membros da equipe de projeto.

Agradeço aos demais funcionários do PPGPEP UFSCar  
que viabilizaram este programa de mestrado.

“Não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia”

William Edwards Deming

## RESUMO

No contexto de eletrodomésticos estudado nesta pesquisa, a aplicação dos princípios de manutenção preventiva na cadeia de suprimentos é um grande desafio devido à dificuldade de comunicação, integração e cooperação entre clientes e fornecedores. Isso é ainda mais relevante quando os fornecedores não apenas entregam peças e componentes, mas possuem ferramentas das empresas clientes em situação de comodato, em que as responsabilidades sobre a manutenção da ferramenta são compartilhadas. Assim, este estudo propõe um *framework* para inserir conceitos de manutenção preventiva para a manutenção de ferramentas que estão em fornecedores terceirizados. Os conceitos apresentados no *framework* foram incorporados em um *software* que inclui um *dashboard* de controle para apoiar a gestão da manutenção de ferramentas em fornecedores terceirizados. Para atingir este objetivo, foi aplicado o método de pesquisa-ação composto por três ciclos. O primeiro ciclo foi uma etapa de desenvolvimento das premissas do *framework* e do *software*, o segundo ciclo consistiu na implementação do processo e das diretrizes do *software* em um primeiro fornecedor da cadeia de eletrodomésticos, e o terceiro ciclo foi responsável pela expansão do processo para um segundo fornecedor. Como resultado do estudo, é apresentado um *framework* estruturado que é base para o *software* e *dashboard* que suportam a gestão do novo modelo para manutenção preventiva proposto. O *framework* indica um caminho para a implementação e gerenciamento da manutenção preventiva nos fornecedores com base na teoria. Além disso, a pesquisa-ação mostrou que o *framework* proposto é capaz de gerar maior integração e cooperação entre a empresa cliente e seus fornecedores, aumentando os níveis de desempenho das empresas na cadeia de suprimentos. A implementação do *framework* através de um *software* e *dashboard* permitiu a implementação da manutenção preventiva, que resultou em melhores níveis de qualidade nas peças dos fornecedores e menos paradas de linha. As limitações do trabalho estão relacionadas à impossibilidade de generalizar os resultados encontrados através da pesquisa-ação e também à falta de análise quantitativa dos resultados obtidos.

**Palavras-Chave:** *Framework. Supplier Quality Management. Total Productive Maintenance. Supply Chain Integration.*

## ABSTRACT

In the context of household appliances studied in this research, the application of preventive maintenance principles in the supply chain is a major challenge due to the difficulty of communication, integration and cooperation between customers and suppliers. This is even more relevant when suppliers not only deliver parts and components, but also have tools from customer companies on loan, where responsibilities for tool maintenance are shared. This study therefore proposes a framework for incorporating preventive maintenance concepts into the maintenance of tools that are outsourced to third-party suppliers. The concepts presented in the framework were incorporated into software that includes a control dashboard to support the management of tool maintenance at third-party suppliers. To achieve this objective, the action research method was applied, consisting of three cycles. The first cycle was a development stage for the framework and software premises, the second cycle consisted of implementing the process and software guidelines at a first supplier in the home appliance chain, and the third cycle was responsible for expanding the process to a second supplier. As a result of the study, a structured framework is presented which is the basis for the software and dashboard that support the management of the proposed new model for preventive maintenance. The framework indicates a path for implementing and managing preventive maintenance at suppliers based on theory. In addition, the action research showed that the proposed framework is capable of generating greater integration and cooperation between the client company and its suppliers, increasing the companies' performance levels in the supply chain. The implementation of the framework through software and a dashboard enabled the implementation of preventive maintenance, which resulted in better quality levels in the suppliers' parts and fewer line stoppages. The limitations of the work are related to the impossibility of generalizing the results found through action research and also to the lack of quantitative analysis of the results obtained.

**Key-words:** Framework. Supplier Quality Management. Total Productive Maintenance. Supply Chain Integration.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> - Ciclo de pesquisa-ação  | 50 |
| <b>Figura 2</b> - Ciclos de condução da pesquisa-ação e seu objetivo  | 53 |
| <b>Figura 3</b> - Esquema do script de conexão das informações entre as abas da Planilha Central de Controle                          | 61 |
| <b>Figura 4</b> - <i>Dashboard</i> : Manutenções preventivas atrasadas e em dia por fornecedor  | 64 |
| <b>Figura 5</b> - <i>Dashboard</i> : Ferramentas que mais gastam horas de manutenções corretivas                                      | 65 |
| <b>Figura 6</b> - <i>Dashboard</i> : Manutenções planejadas vs. realizadas no mês e manutenções entregues em dia vs. atrasada por mês | 65 |
| <b>Figura 7</b> - <i>Dashboard</i> : Horas de manutenção preventiva vs. corretiva por mês.  | 65 |
| <b>Figura 8</b> - Etapas desenvolvidas para a dinâmica de gerenciamento de ativos.  | 67 |
| <b>Figura 9</b> - Ciclo de Implantação da pesquisa-ação para o primeiro ciclo deste projeto   | 68 |
| <b>Figura 10</b> - <i>Dashboard</i> : Campo para filtrar peças pelo código vinculado ao ferramental que produz                        | 71 |
| <b>Figura 11</b> - Ciclo de Implantação da pesquisa-ação para o segundo ciclo deste projeto   | 73 |
| <b>Figura 12</b> - <i>Dashboard</i> : Manutenções preventivas atrasadas e em dia com o fornecedor B                                   | 75 |
| <b>Figura 13</b> - Ciclo de Implantação da pesquisa-ação para o terceiro ciclo deste projeto  | 76 |
| <b>Figura 14</b> - <i>Framework</i> de implantação do processo de gerenciamento de ferramentas em fornecedores terceiros              | 77 |

## LISTA DE QUADROS

|   |    |
|---|----|
| <b>Quadro 1</b> - Categorias de planejamento, ferramentas e métodos de análise                          | 31 |
| <b>Quadro 2</b> - Integrantes do projeto de pesquisa-ação na empresa.                                   | 49 |
| <b>Quadro 3</b> - Etapas, descrição das atividades e ferramentas para o primeiro ciclo da pesquisa-ação | 51 |
| <b>Quadro 4</b> - Etapas, descrição das atividades e ferramentas para o segundo ciclo da pesquisa-ação  | 52 |
| <b>Quadro 5</b> - Resumo dos problemas identificados e análise sob o ponto de vista teórico             | 55 |
| <b>Quadro 6</b> - Resultados da coleta inicial de dados   | 59 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- COP** – *Community of Practices*
- CPS** – *Cyber-Physical Systems*
- GCM** – Gerenciamento computadorizado da manutenção
- IOT** – *Internet of things*
- IA** – Inteligência artificial
- MCB** – Manutenção das condições de base
- MCC** – Manutenção centrada em confiabilidade
- OEE** – *Overall Equipment Efficiency*
- PN** – *Part Numbers*
- RA** – Realidade Aumentada
- SCO** – *Supply Chain Oriented*
- SQM** – *Supplier Quality Management*
- TOC** – *Theory of Constraints*
- TPM** – *Total Productive Maintenance*

## SUMÁRIO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>16</b> |
| 1.1 TEMA DE PESQUISA.....                                       | 16        |
| 1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVO DA PESQUISA.....          | 20        |
| 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....                                | 24        |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                             | <b>25</b> |
| 2.1 MANUTENÇÃO.....   | 25        |
| 2.1.1 Histórico e Evolução.....                                 | 25        |
| 2.1.2 Abordagens de manutenção.....                             | 26        |
| 2.1.2.1 Manutenção corretiva.....                               | 26        |
| 2.1.2.2 Manutenção preventiva.....                              | 27        |
| 2.1.2.3 Total Productive Maintenance (TPM).....                 | 27        |
| 2.1.3 Planejamento da manutenção.....                           | 29        |
| 2.1.3.1 Planejamento baseado em custo.....                      | 30        |
| 2.1.3.2 Planejamento baseado em tempo.....                      | 30        |
| 2.1.3.3 Planejamento baseado em falha.....                      | 31        |
| 2.1.4 Resultados da manutenção.....                             | 32        |
| 2.2 SUPPLIER QUALITY MANAGEMENT.....                            | 35        |
| 2.2.1 Seleção de fornecedores.....                              | 36        |
| 2.2.2 Desenvolvimento de fornecedores.....                      | 37        |
| 2.2.3 Integração de fornecedores.....                           | 38        |
| 2.2.4 Cultura orientada à cadeia de suprimentos.....            | 39        |
| 2.3 INDÚSTRIA 4.0.....  | 41        |
| 2.3.1 Contexto da I4.0.....                                     | 41        |
| 2.3.2 Tecnologias da I4.0.....                                  | 42        |
| 2.3.3 I4.0 na manutenção.....                                   | 43        |
| 2.4 FRAMEWORKS.....   | 44        |
| <b>3 MÉTODO DE PESQUISA.....</b>                                | <b>47</b> |
| <b>4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>           | <b>54</b> |
| 4.1 CONTEXTO INICIAL.....                                       | 54        |
| 4.2 PRIMEIRO CICLO.....   | 57        |
| 4.2.1 Coleta de dados - primeiro ciclo.....                     | 57        |
| 4.2.2 Feedback, análise dos dados e ações - primeiro ciclo..... | 59        |
| 4.2.3 Avaliação e validação e resultados - primeiro ciclo.....  | 63        |
| 4.3 SEGUNDO CICLO.....  | 68        |
| 4.3.1 Coleta, feedback e análise de dados - segundo ciclo.....  | 68        |
| 4.3.2 Planejamento e implantação das ações - segundo ciclo..... | 69        |
| 4.3.3 Avaliação e validação - segundo ciclo.....                | 70        |
| 4.3.4 Resultados - segundo ciclo.....                           | 71        |
| 4.3 TERCEIRO CICLO.....   | 74        |
| 4.4 PROPOSTA DE FRAMEWORK.....                                  | 76        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>  | <b>80</b>  |
| 5.1 CONCLUSÃO GERAL.....   | 80         |
| 5.2 CONTRIBUIÇÕES.....   | 82         |
| 5.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS..... | 83         |
| <b>6 REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>86</b>  |
| <b>APÊNDICE A.....</b>   | <b>95</b>  |
| <b>APÊNDICE B.....</b>   | <b>99</b>  |
| <b>APÊNDICE C.....</b>   | <b>107</b> |
| <b>APÊNDICE D.....</b>   | <b>108</b> |
| <b>APÊNDICE E.....</b>   | <b>109</b> |
| <b>APÊNDICE F.....</b>   | <b>110</b> |
| <b>ANEXO A.....</b>  | <b>112</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Esta seção destina-se à apresentação do tema e da questão de pesquisa, formalizando também o objetivo geral e específicos deste trabalho.

### 1.1 TEMA DE PESQUISA

Este trabalho foi conduzido em uma indústria do setor de linha branca, representado pelas empresas fabricantes de refrigeradores, máquinas de lavar roupas, secadoras de roupa, fogões, fornos, freezers, ar-condicionados e micro-ondas. É uma empresa multinacional com atuação em mais de 180 países dentre os continentes Europa, Ásia, América do Norte e América Latina contando globalmente com mais de 18 marcas.

Especificamente na América Latina, possui mais de 11 mil funcionários, 5 marcas e 4 unidades alocadas em estados na região Sudeste, Norte e Sul. É uma empresa líder de mercado nas principais categorias da linha branca, como refrigeradores e lavadoras. Embora este mercado seja bem competitivo, em termos de *market share*, a empresa lidera essas categorias, de acordo com dados coletados na empresa que não podem ser divulgados na íntegra. A planta na qual o trabalho foi desenvolvido está localizada no estado de São Paulo e produz máquinas de lavar, fogões e fornos, empresa mais de 3000 colaboradores, abriga ainda um escritório de laboratórios e tecnologia de produto e também algumas áreas corporativas e funcionais, tais como suprimentos, controladoria, serviço ao consumidor

As empresas deste setor passaram por grande transformação na década de 1990, quando organizações globais, após se depararem com um mercado saturado na Europa e América do Norte, decidiram investir em novos mercados em países emergentes e, por meio de aquisição e controle acionário, passaram a incorporar marcas brasileiras e se expandir no mercado nacional (Rotta, 2004). Com a apropriação das grandes multinacionais, essas empresas aumentaram seu foco em redução de custos, diminuição dos preços dos produtos, melhoria da qualidade dos bens produzidos e da relação com os fornecedores (Rotta, 2004). A empresa a ser estudada nesta pesquisa opera no setor de linha branca e passou pelas transformações citadas, porém mantendo suas duas principais marcas, visto que o mercado brasileiro já havia criado uma forte identidade com as mesmas.

Os anos 1990 também trouxeram para essas empresas uma vertente de externalização de suas atividades produtivas intensivas que fossem mais complexas e que dependessem de fornecedores especializados (Cunha, 2003). Na empresa objeto de estudo, a externalização

não somente acontece para itens complexos que fogem de seu domínio tecnológico, como também para itens que podem ser produzidos internamente em seu parque fabril. Para esses casos, observa-se a dinâmica de externalização em itens metálicos estampados, que podem ser externalizados através da movimentação de sua ferramenta de estampo para fornecedores especializados, isto é, a movimentação do ativo da empresa para fornecedores terceiros.

Há também, dentro da dinâmica de externalização da empresa estudada, um cenário no qual algumas ferramentas já são transferidas para os fornecedores no momento inicial de sua construção e não retornam para a empresa, isto é, são ferramentas que ficam de maneira definitiva em fornecedores.

Contudo, além da dinâmica de externalização, é possível também notar certa dinâmica de internalização desses itens, do fornecedor para a fábrica, para produção interna. A razão das dinâmicas de internalização e externalização é conhecida e já foi explicada, dentre muitos, por Cerra *et al.* (2014), que citam o fator de sazonalidade muito característico neste mercado de linha branca, fazendo com que as empresas tenham capacidade ociosa de operação em determinados períodos e superocupação em outros. No caso da empresa a ser estudada, os períodos com capacidade ociosa levam à internalização das ferramentas de estampo (para ocupar a capacidade) e os períodos de superocupação se caracterizam por momentos de inúmeros movimentos de externalização da produção de itens estampados (para aliviar a capacidade).

No dinâmico e complexo contexto das indústrias, a performance e eficiência das ferramentas desempenham um papel muito importante na competitividade das operações, bem como interferem em seu nível de sucesso (Ng *et al.*, 2012). Além disso, para produzir produtos de qualidade em seu menor custo possível, a disponibilidade e confiabilidade das linhas de produção são fatores chave (Basri *et al.*, 2017). A ineficiência no gerenciamento de ferramentas e equipamentos têm impacto direto na produtividade e lucratividade das organizações. Nesse sentido, um equipamento confiável pode ser atribuído como um dos principais contribuintes para o bom desempenho nestes indicadores de uma organização (Bakri *et al.*, 2014).

Não somente pela produtividade, a preocupação das organizações é decorrente também dos elevados custos destes ferramentais e equipamentos, o que, somado aos ciclos de vida de produto cada vez mais curtos, faz com que a necessidade de amortização dos equipamentos seja mais e mais rápida. Esse fator culmina na necessidade de se desenvolver sistemas eficientes de manutenção das condições dos equipamentos e ferramentas,

aumentando seu tempo de vida útil e minimizando a necessidade de novos altos investimentos. (Bakri *et al.*, 2014; Ng *et al.*, 2012).

Esse contexto é ainda mais complexo quando as ferramentas são ativos dos clientes em situação de comodato com os fornecedores, em que a responsabilidade em relação às atividades de manutenção são compartilhadas e, muitas vezes, sem clara definição. A manutenção em fornecedores terceirizados é uma questão complexa (Liu *et al.*, 2024). A dinâmica da movimentação de ativos em situação de comodato é realizada por meio da transferência de propriedade das ferramentas de propriedade da empresa cliente. Por esse motivo, um contrato de empréstimo de ativos rege a concessão dessas ferramentas a fornecedores terceirizados. Tanto a empresa cliente quanto o fornecedor precisam fazer *tradeoffs* entre a qualidade do equipamento e o serviço de manutenção para maximizar seu próprio lucro, o que pode levar a conflitos na cadeia de suprimentos (Jiang *et al.*, 2022).

Em muitos casos, parte da responsabilidade pelo ativo ainda é da organização cliente, enquanto parte é transferida para fornecedores, o que gera a necessidade de trocas de informações entre cliente e fornecedor, monitoramento periódico das condições da ferramenta, bem como gerenciamento das atividades de manutenção. Apesar da importância, as ferramentas que estão em fornecedores têm sua condição estrutural gradativamente afetada por falta de manutenção, uma vez que não há clareza sobre como o fornecedor está cuidando desse ativo e se está realizando manutenções preventivas (Jiang *et al.*, 2022).

No cenário estudado por este trabalho, apesar da importância, as ferramentas que estão em terceiros tem sua condição estrutural gradativamente afetada por falta de manutenção, uma vez que não há clareza sobre como o fornecedor está cuidando desse ativo e se está realizando manutenções preventivas.

Assim, devido à importância dos equipamentos e ferramentas nas mais diversas indústrias, a implantação de um sistema de manutenção mais proativo se torna necessária, e muitas empresas têm aplicado a Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance - TPM) como uma abordagem de estratégia de operações para resolver problemas de ineficiência de equipamentos (Ng *et al.*, 2012). Neste sentido, o TPM surge como uma alternativa com foco em melhorar a disponibilidade e utilização dos equipamentos, aumentar a performance das operações e produzir máximo retorno, permitindo às organizações competir de maneira mais eficiente no mercado (Mckone-Sweet; Weiss, 1999).

Além do TPM, outra abordagem de grande destaque que pode corroborar para melhoria dos processos ao longo da cadeia são conhecidos através da Indústria 4.0. Conhecida por melhorar a produtividade das empresas, a Indústria 4.0 também traz mudanças

substanciais na gestão da cadeia de suprimentos, manutenção de equipamentos e desenvolvimento de produtos. Kagermann *et al.* (2013) afirmam que a integração de sistemas e a digitalização permitem uma maior visibilidade e controle sobre todos os aspectos da produção, desde o design inicial até a entrega final. Isso resulta em processos mais ágeis e personalizados, capazes de responder rapidamente às mudanças na demanda do mercado. A interconectividade e a visibilidade aumentada proporcionadas pela Indústria 4.0 permitem uma melhor coordenação entre os diferentes elos da cadeia, resultando em uma logística mais eficiente e em uma redução dos tempos de ciclo (Lu, 2017).

As tecnologias provenientes da I4.0 têm possibilitado o desenvolvimento de sistemas para a manutenção preventiva e preditiva e mais eficiente (Müller e Giese, 2018; Achouch *et al.*, 2022).

A Internet das Coisas (IoT) enquanto a Inteligência Artificial (IA) desempenha um papel crucial na otimização da manutenção (Müller e Giese, 2018). De acordo com Müller e Giese (2018), algoritmos de IA aplicados à análise de dados coletados por sistemas IoT permitem a identificação proativa de anomalias e a previsão de falhas, contribuindo significativamente para a redução de custos e aumento da eficiência operacional.

A Realidade Aumentada (RA) também está sendo incorporada à manutenção na Indústria 4.0. Segundo Lee, *et al.* (2015), a RA oferece suporte visual e informativo em tempo real, permitindo que técnicos visualizem dados técnicos diretamente sobre equipamentos, o que facilita diagnósticos mais rápidos e precisos, além de melhorar a execução de procedimentos de manutenção complexos.

Os dados extraídos dos processos de produção aumentaram exponencialmente devido à proliferação de tecnologias de sensores e de outras fontes de dados, possibilitando que informações em tempo real ou de forma mais rápida, indiquem necessidade de reparo de máquinas, ou mesmo períodos para a manutenção preventiva, sendo um ponto forte para as empresas que a utilizam (Kiangala e Wang, 2018; Acouch *et al.*, 2022). A introdução de manutenção preventiva e preditiva com o auxílio de sistemas computacionais e dashboard no contexto da I4.0 permite o desenvolvimento e implementação de KPIs (Adu-Amankwa *et al.*, 2019; Lambán *et al.*, 2022). Estes KPIs podem ser visualizados em tempo real numa plataforma dashboard, permitindo a comunicação em tempo real e agilizando a tomada de decisão (Lambán *et al.*, 2022).

A manutenção na Indústria 4.0 tem alcançado diversos resultados positivos em termos de performance, beneficiando significativamente as operações industriais (Acouch *et al.*, 2022). Diversos autores apontam benefícios da introdução das tecnologias e de sistemas de

acompanhamento dos dados para a manutenção de equipamentos, tais como: redução de custos operacionais, aumento da disponibilidade, prolongamento de vida útil de equipamentos, melhoria na eficiência dos processos e maior segurança no ambiente de trabalho (Acouch *et al.*, 2022; Lambán *et al.*, 2022).

Essa integração entre TPM e indústria 4.0 ao longo da cadeia de suprimentos é um tema amplo e complexo. Os trabalhos de Liu *et al.* (2024) e Jiang *et al.* (2022) tangenciam a questão da responsabilidade e manutenção de ativos em regime de comodato em fornecedores, com destaque para o balanço entre despesas com manutenção e lucro, porém, não abordam como as tecnologias da indústria 4.0 podem corroborar na gestão e integração ao longo da cadeia.

Um trabalho recentemente publicado por Favatto Filho *et al.* (2024) propõe um modelo cíclico de gerenciamento de ferramentas em fornecedores, incorporando conceitos de uma cultura orientada a cadeia de suprimentos, tais como confiança, comprometimento, normas de cooperação, capacidade de compartilhar informações, comunicação bilateral, compatibilidade interorganizacional e patrocínio das altas lideranças. O trabalho também levanta oportunidades de aplicação de tecnologias da indústria 4.0, tais como informações na nuvem e análise de dados para auxílio na tomada de decisão quanto às atividades de gerenciamento de ferramentas em fornecedores.

Salvo pelos textos supracitados, pode-se dizer que o tema se mostrou escasso na literatura. Apesar das inúmeras tentativas de combinação de *booleanos* tais como *supplier quality management*, *supply chain management*, *total productive maintenance*, *lean*, *tooling management*, *tool lending*, *4.0 industry*, a intersecção entre esses temas ainda parece pouco explorada quando comparada com os temas tratados isoladamente, o que resultou em poucos artigos que, após leitura, não apresentam abordagens para lidar com as questões do contexto deste projeto.

## 1.2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVO DA PESQUISA

No cenário e contexto de mercado da indústria de linha branca, aplicar conceitos de manutenção preventiva e, portanto, manter equipamentos em boas condições quando estes estão alocados em fornecedores é um desafio complexo. A dinâmica de movimentação de ativos na empresa estudada é feita por meio da movimentação das ferramentas de estampo de propriedade da empresa cliente. As ferramentas de estampo são, em geral, grandes equipamentos que podem atuar de maneira intercambiável entre máquinas Prensa, podendo

ser alocados em Prensas de fornecedores terceiros. As ferramentas de estampo utilizadas pela empresa estudada vão desde as mais simples e manuais até conjuntos de várias ferramentas que podem compor diferentes etapas do processo de estampo, como repuxo, corte, dobras, até formar a peça em seu design final.

Por se tratar de uma concessão do ativo da empresa cliente à empresa fornecedora, um contrato de comodato de ativos rege essa concessão de ferramentas aos fornecedores terceiros, atribuindo responsabilidades de cuidado e de gestão a esses ativos.

É importante neste momento salientar que parte da responsabilidade sob o ativo ainda é da organização cliente, enquanto parte é transferida ao terceiro, o que gera a necessidade de trocas de informação entre cliente e fornecedor, de acompanhamento periódico da situação da ferramenta, bem como de gerenciamento das manutenções realizadas. Embora o contrato de comodato defina as responsabilidades de cada agente desta relação de empréstimo, em algumas situações as cláusulas contratuais não suportam completamente as discussões e abrem margem para diferentes interpretações.

Observa-se, então, que os responsáveis de manutenção tentam sanar essas divergências através de um monitoramento da situação das ferramentas. Este monitoramento seria mais eficiente, não fosse o fato de haver atualmente cerca de 200 ferramentas distribuídas em seis fornecedores no estado de São Paulo.

Percebe-se que a empresa, com sua estrutura e recursos atuais, apresenta deficiência em acompanhar a frequência de indicadores tais como manutenções preventivas e corretivas, taxas de desgaste e condição estrutural desses ativos. Essa deficiência está muito condicionada por falhas de comunicação e compartilhamento de informação entre cliente e fornecedor. Conseqüentemente, essa falta de dados dificulta a priorização e alocação de recursos financeiros e humanos da empresa no gerenciamento de seus ativos, levando a desgastes excessivos, extrapolação de cronogramas de intervenções e trocas, além de falta de reparos no ferramental. Os reflexos dessa gestão deficitária culminam em indicadores do gerenciamento da qualidade de fornecedores (SQM) traduzidos na má qualidade das peças produzidas por estes ferramentais, itens com deformações estéticas, estruturais, falhas dimensionais e arestas cortantes, por exemplo.

O gerenciamento da qualidade de fornecedores é considerado um fator chave para melhorar os níveis de qualidade internamente em uma empresa. Trata-se de um conjunto de atividades tais como seleção, desenvolvimento e integração de fornecedores, promovidas por meio de engajamento e comunicação entre as duas partes, que trabalham de maneira colaborativa, em sinergia e com conexão, orientada para os mesmos objetivos ao longo da

cadeia de suprimentos (Salamian *et al.* 2020). Ainda segundo este mesmo autor, a gestão orientada à cadeia de suprimentos, supply chain oriented (SCO) incorpora uma mentalidade de cooperação, dependência mútua e metas e valores compartilhados entre parceiros da cadeia, de forma a gerar um impacto positivo para as organizações.

A SCO pode ser representada na forma de cinco dimensões: confiança, comprometimento, normas de cooperação, compatibilidade interorganizacional e patrocínio das altas lideranças (Mentzer *et al.*, 2001). A empresa estudada por este projeto apresenta problemas por não conseguir trabalhar em sinergia e de maneira orientada à cadeia junto de seus fornecedores, principalmente no que tange a confiança, o comprometimento e compatibilidade na forma de conduzir a manutenção das ferramentas..

Os reflexos não somente se apresentam em problemas de qualidade, como também na produtividade dos ferramentais, por conta de constantes interrupções, seja por quebras ou ajustes. Menor produtividade, por sua vez, onera o custo da peça, impactando negativamente no custo do produto final e proporciona riscos ao abastecimento da empresa cliente. Por fim, outra consequência desta ineficiência é observada nos custos administrativos de lidar com imprevistos, diversos profissionais são envolvidos para tratar de forma reativa a problemas de qualidade e problemas de impacto financeiro, e em alguns casos, tendo de agir rapidamente em cenários de risco de desabastecimento, seja por falta de peças boas, seja por improdutividade da ferramenta e falta de entrega de peças.

Desse modo, o objeto de estudo desta pesquisa foi o processo de gerenciamento de ativos da empresa em seus fornecedores. Isto é, um estudo acerca do que existe atualmente na organização para auxiliar essa gestão; o que poderia existir; as áreas diretamente envolvidas e as áreas que influenciam nas decisões de gestão, sobretudo no fluxo de movimentação das ferramentas. Estudar este processo engloba também compreender o fluxo de informação e o nível de compartilhamento da informação entre cliente e fornecedor; o lugar e o momento nos quais a informação chega ou deveria chegar para direcionar ações preventivas; as atividades que são executadas e seus responsáveis; a existência ou possibilidade de existência de um sistema ou software regendo as atividades e responsabilidades; a atual estrutura ou possível estrutura para mediar essa gestão.

Neste contexto, foi fundamental a adoção da mentalidade a respeito de *Frameworks*, para que fosse possível estruturar a situação problema. *Frameworks* são estruturas de suporte que servem como base para a implantação de processos organizacionais, oferecendo componentes reutilizáveis e uma arquitetura padrão para a construção e melhoria de processos. Segundo Erl *et al.* (2017), frameworks fornecem uma abordagem estruturada para

resolver problemas complexos e podem ser adaptados para atender às necessidades específicas de uma organização.

A utilização de frameworks na manufatura proporciona diversos benefícios, incluindo a padronização dos processos, a melhoria contínua, a redução de desperdícios e a otimização de recursos. De acordo com Womack e Jones (1996), Frameworks ajudam a criar um ambiente estruturado onde os processos são claramente definidos, medidos e gerenciados de forma eficiente, permitindo que as organizações respondam rapidamente às mudanças no mercado e nas demandas dos clientes. Esta constatação também é reforçada por autores tais como De Smet *et al.* (2019).

No contexto da organização, foi possível que todas as investigações e estudos, que por sua vez consideraram o referencial teórico, fossem realizados pela presença do pesquisador no dia-a-dia da empresa e também dada a frequente interface que este tem com situações tais como as da situação problema descrita. O pesquisador que conduziu essa pesquisa ocupou durante parte do projeto uma posição na área de Qualidade de Fornecedores, cujo dois dos objetivos são garantir qualidade de peças e seu abastecimento, ou seja, é uma área que busca com grande interesse resolver estes problemas, ou ao menos parte deles.

Assim, entende-se que o projeto pode fomentar uma mudança na situação atual deste processo e, com isso, espera-se que o pesquisador tenha sido capaz de modificar e conduzir mudanças no objeto de estudo, tal como será proposto adiante neste texto.

Considerando todo este contexto, definiu-se a questão de pesquisa que norteou este projeto como sendo:

**“Como deve ser o processo de gerenciamento dos ativos de uma empresa em seus fornecedores terceiros?”**

Para responder à questão de pesquisa, o objetivo deste projeto foi definido tal como abaixo:

“Desenvolver um framework para dar suporte ao processo de gestão da manutenção dos ativos da empresa cliente em seus fornecedores terceirizados”

Para atingir este objetivo, alguns específicos foram definidos e traduzidos nas seguintes etapas:

- (a) Realizar uma revisão bibliográfica sobre os temas envolvidos na pesquisa;

(b) Analisar as atividades e o escopo entre os responsáveis pelo gerenciamento de ativos em fornecedores, as atividades e problemas da empresa envolvendo este gerenciamento de ativos;

(c) Realizar análise das situações encontradas na empresa, correlacionando-as com a base teórica investigada;

(d) Identificar as principais oportunidades para incorporar em um novo sistema (software e dashboard) que suportará o processo de gestão de ativos;

(e) Desenvolver e validar o sistema (software e dashboard) proposto;

(f) desenvolver um framework que apresenta a lógica do processo de manutenção proposto.

Com a execução dessas etapas, pretendeu-se chegar a um processo de gestão de ativos que auxiliasse na comunicação, que integrasse as diferentes áreas da empresa, que aproximasse cliente e fornecedor, com sistemas online, com alto nível de detalhe na informação compartilhada para auxiliar na priorização e alocação de recursos e, sobretudo, gerar histórico e gestão do conhecimento.

Exceto pelos trabalhos supracitados, a revisão bibliográfica utilizada não conseguiu encontrar materiais que abordem o problema de pesquisa em sua íntegra, auxiliando na resolução deste crônico cenário apresentado. Por isso, com este trabalho espera-se poder contribuir com a literatura ao apresentar um modelo de implementação do processo de gestão da manutenção de ativos em fornecedores terceiros, traduzido através de um *framework* que pode guiar outras empresas e pesquisadores ao se depararem com situações similares e que podem, portanto, agora encontrar na literatura um roteiro para buscar solucionar o problema.

### 1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado da seguinte forma. No Capítulo 2 descreve-se o referencial teórico, seguido pelo Capítulo 3, que destaca os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa. O Capítulo 4 apresenta os resultados e a discussão dos mesmos frente à literatura utilizada, seguido pelo Capítulo 5, que apresenta as conclusões e limitações da pesquisa. Posteriormente são apresentadas as referências utilizadas bem como Apêndices e Anexos de Pesquisa.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção destina-se a apresentar os principais conceitos utilizados de embasamento teórico para a condução desta pesquisa, são eles: Manutenção, Gestão da Qualidade do Fornecedor, Indústria 4.0 e *Frameworks*.

### 2.1 MANUTENÇÃO

Os parágrafos que seguem buscam apresentar o conceito do tema manutenção, bem como explorar brevemente seu histórico e evolução.

#### 2.1.1 Histórico e Evolução

O termo “Manutenção” é definido como uma combinação de ações técnicas e administrativas que buscam garantir que um sistema permaneça em seu estado previsto e planejado. Neste sentido, algumas ações que visam manter um sistema são, por exemplo, reparo, trocas, inspeções, revisões, ajustes e testes, além das análises de falha e suas causas, que visam garantir que nada irá interromper as operações de produção. Ainda que ocorram interrupções, uma manutenção efetiva e bem gerenciada pode reduzir as consequências dessas falhas, além de prolongar a vida útil de um sistema (Basri *et al*, 2017; Swanson, 2001). McKone-Sweet e Weiss (1999) apresentam quatro abordagens de gerenciamento da manutenção com suas respectivas fases de desenvolvimento e evolução na história.

A primeira fase se iniciou em 1950 com a chamada manutenção reativa. Nessa fase, não era dada muita atenção à prevenção de falhas e não eram bem definidos os requisitos de confiabilidade e disponibilidade de um equipamento, ficando apenas especificados os requisitos de alguns componentes e não do sistema como um todo. As manutenções corretivas foram as mais recorrentes neste período (Mckone-Sweet; Weiss, 1999).

Posteriormente, como reflexo dos avanços na indústria de equipamentos militares na Segunda Guerra Mundial, uma abordagem mais preventiva de manutenção começou a surgir. O foco neste momento era na eficiência econômica dos equipamentos, reduzindo a frequência de trocas e reparos, bem como o aumento da confiabilidade e o tempo entre falhas. Por essa razão, houve nesta época considerável evolução em análises mais aprofundadas dos equipamentos, em métodos de prevenção de falhas e também em métodos para redução do

tempo de reparo. Nessa segunda fase se deu o início da manutenção preventiva (Mckone-Sweet; Weiss, 1999).

A terceira fase, embora já em evolução no Japão desde 1950, somente se estabeleceu no ocidente durante os anos de 1960. Essa fase deu origem à manutenção produtiva, centrada em três elementos-chave: a prevenção de manutenção já inserida nos estágios de design dos equipamentos; a melhoria da manutenibilidade, com o princípio de se alterar o design dos equipamentos após uma análise de falha caso necessário; e a manutenção preventiva baseada em inspeções e reparos periódicos nos equipamentos (Mckone-Sweet; Weiss, 1999).

O quarto período é caracterizado pela Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance - TPM), com início promovido por Seiichi Nakajima, vice-presidente do Institute of Plant Engineers no Japão nos anos de 1970. O TPM posteriormente se expandiu ao ocidente, sendo introduzido nos Estados Unidos em 1980 (Mckone-Sweet; Weiss, 1999). Riis *et al.* (1997), classifica o gerenciamento da manutenção em duas categorias principais, sendo a primeira delas relacionada à tecnologia e a segunda à sua gestão: (i) tecnologias de informação e métodos de manutenção, destacando a manutenção de condições de base (MCB), a manutenção centrada em confiabilidade (MCC) e o gerenciamento computadorizado da manutenção (GCM); (ii) a conexão entre manutenção e melhoria da qualidade, de forma a usar a manutenção como uma estratégia competitiva, destacando, por exemplo, o desenvolvimento da TPM.

### **2.1.2 Abordagens de manutenção**

As abordagens de manutenção podem ser compreendidas por meio de seu método de operação, objetivos e benefícios. Dentre essas abordagens estão a manutenção corretiva, manutenção preventiva e manutenção produtiva total (Ahuja; Khamba, 2008).

#### **2.1.2.1 Manutenção corretiva**

A manutenção corretiva é classificada como uma manutenção de abordagem reativa, que compreende reparos, trocas ou outras ações de restauração. Ela é chamada de reativa pelo fato de sempre ocorrer depois de uma falha acontecer. É a forma mais antiga de manutenção, performada em intervalos imprevisíveis e não programados, devido justamente à incerteza sobre o momento de falha de um componente (Nakajima, 1988).

Embora tenha o objetivo de retomar o funcionamento de um equipamento, apresenta algumas desvantagens como, por exemplo, as paradas não planejadas, excessos de danos ao equipamento, falta de peças de reposição, altos custos de reparo, além de longos períodos de espera durante a intervenção no equipamento para manutenção e a dificuldade de solução dos problemas em sua causa raiz (Ahuja; Khamba, 2008).

#### 2.1.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é classificada como proativa, tem como objetivo atuar em um sistema antes que uma falha ocorra e, dessa forma, prevenir interrupções, danos maiores e aumentar o tempo de vida útil de um equipamento. É caracterizada pela realização de atividades de manutenção tais como inspeção, limpeza, lubrificação, reapertos, ajustes e substituições de componentes (Ahuja; Khamba, 2008; Kimura, 1997). Tais atividades são executadas através de um cronograma de manutenção com intervalos geralmente constantes, que podem ser baseados em períodos de tempo ou em taxa de utilização do equipamento (Misra, 2008). Simões *et al.* (2011) apresentam duas perspectivas importantes da manutenção preventiva: a gerencial e a operacional.

A perspectiva gerencial incorpora fatores como objetivos, planejamento e métodos da manutenção, alocação e utilização de recursos, além de suporte em resolução de problemas e tomadas de decisão com base em análise de dados e informações. Já a perspectiva operacional reflete a responsabilidade de execução das ações de manutenção, o treinamento e capacitação dos operadores e aspectos técnicos que suportam e desdobram as decisões gerenciais, tais como necessidades de investimento, ações de engajamento e cultura da equipe.

#### 2.1.2.3 Total Productive Maintenance (TPM)

A manutenção produtiva total, mais conhecida como TPM é uma abordagem proativa que vai além do conceito de manutenção, pois busca melhorar a efetividade geral do equipamento, isto é, abrange aspectos relacionados à disponibilidade, performance, planejamento e utilização do mesmo (Mckone-Sweet; Weiss, 1999).

O TPM é considerado uma filosofia de melhoria contínua, uma ruptura com a visão tradicional de manutenção corretiva, que busca eliminar as barreiras entre os departamentos de manutenção e produção (Bakri *et al.* 2014). Promove o trabalho em time com foco na manutenção das condições de base do equipamento e no aumento de sua vida útil (Ahuja;

Khamba, 2008). Agrega objetivos mais amplos e estratégicos à função de manutenção, tais como aumento da eficiência da administração, redução de custos da organização, aumento dos níveis de flexibilidade, de qualidade, entrega e de inovação (Mckone-Sweet; Weiss, 1999).

Sobretudo, a abordagem busca a eliminação dos seis grandes desperdícios de produção, que são: quebras; setups (trocas de versão) e ajustes; pequenas paradas e ociosidade; perda de velocidade; perda de produtividade e peças produzidas com defeitos (Nakajima, 1988). Em vista de todos esses objetivos a serem alcançados, Nakajima (1986) apresenta alguns pilares que sustentam o TPM na organização, tais como: Manutenção Autônoma; Treinamento; Melhoria Específica; Manutenção Planejada e Prevenção da Manutenção. A Manutenção Autônoma é um pilar que visa transformar a mentalidade dos operadores de “eu fabrico, você conserta” para uma sensação de dono, como “da minha máquina eu cuido”. Esta abordagem visa a capacitação dos operadores e também transformações do equipamento e ambiente de trabalho por meio de sete etapas, ou sete passos de transformação.

Os passos são os seguintes: (i) limpeza inicial: momento de conhecer o equipamento e os efeitos da sujeira no mesmo; (ii) eliminação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso: para manter a limpeza feita no primeiro passo, é necessário conhecer as fontes da sujeira e de locais de difícil acesso; (iii) elaboração de um calendário de limpeza, inspeção e lubrificação: essa atividade tem como principal objetivo criar uma rotina de manutenção das condições básicas do equipamento; (iv) inspeções gerais do equipamento: para que o operador crie familiaridade com as máquinas e consiga inspecionar, prever falhas e acionar a cadeia de ajuda quando necessário; (v) inspeção autônoma: em que o operador começa a desempenhar algumas funções da equipe de manutenção, realizando pequenas trocas, reapertos e lubrificação, por exemplo; (vi) padronização: passo que busca definir padrões para ferramentas, materiais, fluxos, atividades, etc. (vii) gerenciamento autônomo: consequência da boa execução dos demais anteriores, no qual o operador é capaz de realizar reparos menores e manter o equipamento produtivo, bem como dominar as variáveis de seu ambiente de trabalho e mantê-lo organizado (Nakajima, 1986; Ortis, 2004).

O pilar de Treinamento é fundamental para que este processo ocorra de forma eficiente e sustentável. Todos os setores envolvidos no TPM devem passar por um treinamento rigoroso sobre os passos da manutenção autônoma e sobre os conceitos técnicos envolvidos em cada passo. O treinamento deve ocorrer de forma gradual, à medida que os equipamentos e operadores vão avançando nas etapas da metodologia (Nakajima, 1986; Ortis, 2004). O pilar de Melhoria Específica também sustenta a implantação do TPM, visto que

busca atingir o máximo de utilização dos equipamentos através da eliminação de todos os tipos de perdas e melhorias no equipamento e layout de trabalho, em termos de produtividade, qualidade, ergonomia e segurança. Neste pilar são utilizadas as ferramentas-chave de investigação de causa raiz e de melhoria, tais como o Diagrama de Pareto, auxiliando na priorização dos problemas; Diagrama Causa-Efeito e Método dos 5 porquês, que suportam as análises de causa raiz (Nakajima, 1986; Ortis, 2004; Werkema, (1995).

A Manutenção Planejada é um pilar de maior atribuição à equipe de manutenção, sendo responsável por seis passos que contemplam etapas de análise inicial e planejamento, até a estruturação de uma manutenção preditiva, com determinação do grau de confiabilidade das máquinas.

Nesses seis passos ocorrem uma série de intervenções que buscam zero quebras e zero perdas por problemas nos equipamentos (Nakajima, 1986; Ortis, 2004). Ocupando o quinto pilar, a Prevenção da Manutenção busca retroalimentar o conhecimento da equipe e com isso contribuir para que o projeto de novos equipamentos contemplem melhorias e lições aprendidas com o TPM no dia-a-dia. Neste pilar é possível encontrar um viés para alterações no design das máquinas, instalando dispositivos a prova de erros humanos, por exemplo, e buscando transformações que promovam garantia da qualidade (Nakajima, 1986; Ortis, 2004). Todas essas atividades precisam ser patrocinadas pela alta liderança da organização, Ng *et al.* (2012) reforçam que os três principais elementos na implantação do TPM são: o envolvimento da alta liderança; o envolvimento dos colaboradores e capacitação e treinamento.

Para criar um ambiente favorável para a implantação do TPM, é preciso que a alta liderança trabalhe na motivação dos funcionários de chão-de-fábrica, a maneira mais efetiva de garantir envolvimento do time de fábrica é assegurar que eles sejam envolvidos desde o início, isto é, desde os primeiros estágios de desdobramento e implantação do TPM. Além disso, é preciso manter uma via de comunicação em duas mãos não somente entre a liderança e os colaboradores, mas também entre os todos os níveis hierárquicos e departamentos da organização (Ng *et al.*, 2012). A seguir serão apresentados alguns métodos de planejamento da manutenção dentro do TPM.

### **2.1.3 Planejamento da manutenção**

Para que seja possível capturar os benefícios do TPM, o planejamento da manutenção deve ser realizado de forma assertiva (Ng *et al.*, 2012). Nesse sentido, o método utilizado para

o planejamento da manutenção é a premissa fundamental, o método é um procedimento particular que determina a frequência de intervenções sob certas restrições de recursos e exigências de manutenção.

O método deve auxiliar nas análises e estabelecer um procedimento sistemático que seja o mais eficiente possível em termos de resultados (Basri *et al.*, 2017). Em sua pesquisa, Basri *et al.* (2017) não somente faz referência ao método, como também elenca três categorias de planejamento da manutenção, bem como uma classificação do tipo de ferramenta utilizada em cada método. As três categorias de planejamento da manutenção são: (i) baseada em custo; (ii) baseada em tempo; (iii) baseada em falha. Uma breve explicação de cada uma das três categorias e sua classificação dentro dos métodos são apresentadas na sequência (Basri *et al.*, 2017).

#### 2.1.3.1 Planejamento baseado em custo

O planejamento com base nos custos leva em consideração todos os gastos incorridos com a manutenção, isto é, realiza uma análise dos custos de reparos, de trocas, custo dos componentes e da mão-de-obra utilizada na atividade. Além desses, utiliza-se também do custo do tempo parado, isto é, do custo do equipamento indisponível para uso, do custo por unidade não produzida devido à parada e dos impactos destes no retorno total da empresa. Através de métodos e ferramentas, tais como alguns listados no Quadro 1, todos esses valores e os benefícios de execução da manutenção são analisados e chega-se a um planejamento ótimo de manutenção, minimizando o custo por unidade produzida (Basri *et al.*, 2017).

#### 2.1.3.2 Planejamento baseado em tempo

O planejamento baseado em tempo se fundamenta na relação da duração de uma determinada intervenção com a alocação de recursos nesta intervenção e com o intervalo de frequência com que essa intervenção ocorre. São considerados o tempo gasto para reparar ou substituir um componente, o tempo perdido por conta da parada, o tempo necessário para conseguir as peças de reposição e o tempo de retorno (Basri *et al.*, 2017). Aqui são considerados, de outra forma, os chamados Tempo Médio para Reparar e Tempo Médio entre Falhas (Ng *et al.*, 2012).

O Quadro 1 apresentado na sequência também lista os principais métodos e ferramentas utilizados nesta categoria, que visam diminuir os atrasos em produção gerados

pelas falhas e maximizar a utilização dos recursos de manutenção, bem como encontrar o menor tempo possível a ser gasto para conduzir as atividades de manutenção durante uma parada (Basri *et al.*, 2017).

### 2.1.3.3 Planejamento baseado em falha

A terceira categoria de planejamento da manutenção, o planejamento baseado em falha, leva em consideração informações sobre a deterioração de um sistema ou componente. Por meio de dados históricos de falhas e quebras anteriores, análises críticas são feitas, utilizando-se de principalmente ferramentas como o FMEA, para avaliar a causa, a criticidade e a capacidade de previsão de uma quebra, chegando ao intervalo de intervenções mais apropriado para o sistema. Nesta categoria, o método da vida útil dos componentes pode ser utilizado, sendo possível criar grupos de componentes por similaridade de desgaste, otimizando a frequência de manutenções e aumentando a confiabilidade do equipamento (Basri *et al.*, 2017).

O Quadro 1 abaixo reúne as três categorias de planejamento da manutenção, bem uma síntese dos tipos de ferramentas e métodos utilizados nas análises que levam ao planejamento em cada uma.

**Quadro 1** – Categorias de planejamento, ferramentas e métodos de análise.

| <b>Categoria</b> | <b>Ferramenta</b>            | <b>Método</b>  |
|------------------|------------------------------|--|
| Baseada em custo | Inteligência Artificial (IA) | Monte Carlo, Algoritmo Genético, Cadeia de Markov  |
|                  | Simulação                    | Simulação de SIMAN   |
|                  | Formulação Matemática        | Distribuição Weibull, Exponencial e Distribuição Weibull, Linear, Não-Linear e Híbridos      |
|                  | Formação de Matriz           | Análise de Variância (ANOVA)   |
| Baseada em tempo | Multicritério                | Processo Analítico Hierárquico   |
|                  | Formulação Matemática        | Programação dinâmica com horizonte rolante, Algoritmo Genético                               |
|                  | Inteligência Artificial (IA) | Lógica Difusa, Heurística, Tabu e Bayesiana  |
| Baseada em falha | Simulação                    | Simulação Witness  |
|                  | Análise Crítica              | FMEA, Modelo de Troca por envelhecimento, Diagrama de árvore, Análise crítica probabilística |
|                  | Formação de Matriz           | Matriz coeficiente de similaridade, Balanceamento de carga e análise de regressão            |

**Fonte:** adaptado de Basri *et al.* (2017) e Ng *et al.* (2012).

### 2.1.4 Resultados da manutenção

O mercado tem passado por mudanças, se tornado global e, sobretudo, a competitividade tem aumentado, o que requer que empresas tenham melhores performances e se especializem em atender exigências e satisfazer necessidades dos consumidores, principalmente em termos de qualidade, flexibilidade e entrega.

Melhorar a performance por meio principalmente de reduções de custo, aumento de produtividade e ganhos de economias de escala são alguns pontos que organizações têm buscado diante de tais mudanças (Raouf, 1994; Yamashina, 1995). Aprimorar suas competências chave através da implantação de um programa robusto de manutenção é o caminho para lidar com a alta dinâmica presente no mercado atual (Ahuja; Khamba, 2008).

Competências chave podem ser consideradas aquelas que providenciam benefícios aos consumidores; que são difíceis de se copiar e que podem alavancar competitivamente os produtos e negócios em um determinado mercado. Uma competência chave é o domínio de um assunto ou técnica específico, bem como um processo confiável ou uma relação próxima com clientes e fornecedores (Prahalad Hamel, 1990; Fernandes *et al.*, 2005; Mascarenhas *et al.*, 1998).

Nessa perspectiva, o TPM é visto como uma iniciativa estratégica que auxilia as empresas no aumento de competências chave, tais como conhecimento de mercado, conhecimento técnico, estratégico e organizacional, assim como conhecimento sobre recursos humanos (Ahuja; Khamba, 2008). Neste sentido, a qualidade é elemento fundamental na estratégia das organizações, a entrega da qualidade é um processo que ocorre através de diversas etapas, partindo da compreensão das necessidades do consumidor, do design do produto ou serviço de acordo com essas necessidades, da concepção de um processo que entregue precisamente o design e culminando na entrega do produto no tempo esperado pelo cliente. Para a garantia de atendimento das especificações técnicas, a integração entre manutenção e controle de qualidade é fundamental.

Além disso, para entrega do produto no tempo esperado, é preciso que o planejamento da produção e da manutenção também estejam integrados. Em outras palavras, os sistemas de produção precisam otimizar o planejamento de produção e manutenção, assim como otimizar o controle de qualidade para que os objetivos que levam à satisfação do cliente sejam atendidos (Tohidi, 2020). Para ir ao encontro de tais objetivos, é importante que as tecnologias de produção mais recentemente desenvolvidas e avançadas sejam aplicadas. Porém, seus

efeitos serão minimizados se não for possível contar com equipamentos confiáveis e flexíveis (Tajiri e Gotoh, 1992).

As deficiências oriundas de falta de manutenção vêm historicamente afetando a competitividade das organizações, por conta da redução da taxa de produção, da falta de disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, da aceleração do desgaste dos componentes, da má qualidade entregue nos produtos, do excesso de interrupções no sistema, que por sua vez levam a aumentos nos níveis de estoque e, conseqüentemente, impactando negativamente a performance das empresas (Wireman, 1990).

A manutenção produtiva reflete em redução de variação nos processos, gerando um aumento nos níveis de qualidade dos produtos e aumentando a produtividade do sistema. O correto planejamento de manutenção é capaz de balancear os custos de manutenção e os custos oriundos de não-qualidade (Farahani; Tohidi, 2020). A implantação do TPM atua nessas ineficiências, pois busca minimizar as quebras das máquinas e, portanto, maximizar a disponibilidade dos sistemas (Nakajima, 1998). Busca criar uma sistemática de atuação e monitoramento dos equipamentos durante toda sua vida útil, integrando todos os trabalhadores envolvidos em equipes de trabalho (Farahani; Tohidi, 2020).

Em seu estudo, Park e Han (2001) exploraram os impactos do TPM na competitividade da organização, reportando que o programa é capaz de aumentar os níveis gerais de performance, disponibilidade e qualidade, Overall Equipment Efficiency (OEE) do sistema e de criar competências que impactem dimensões tais como custo, qualidade, entrega e flexibilidade sem gastos excessivos com manutenção. Ahuja e Kamba (2008) também evidenciaram em seu estudo que o TPM tem papel significativo na entrega de indicadores-chave de manufatura, tais como custo, qualidade, entrega, flexibilidade e serviço, além de suportar no processo de tomada de decisões estruturais e infraestruturais. Tripathi (2005) acrescenta que o programa também é responsável por melhorar o ambiente de trabalho e aumentar a segurança dos trabalhadores, levando ao aumento da motivação dos funcionários.

Dentre os indicadores-chave, o TPM melhora a produtividade por meio da redução das paradas não planejadas e das quebras, aumentando a disponibilidade dos equipamentos, além de promover ganhos adicionais de capacidade e facilitar trocas rápidas de modelos de produtos (Ahuja; Khamba, 2008). A prática do TPM ajuda também a reduzir as taxas de micro-paradas e o tempo ocioso das máquinas (Suzuki, 1994). Nakajima (1988) afirma em seus estudos que cerca de 40-50% de produtividade relacionada à mão-de-obra pode ser alavancada com a aplicação do programa de manutenção.

Ademais, Chowdhury (1995) reportou 90% de redução em índices de indisponibilidade devido a quebras e 50% de aumento na produtividade com a implantação do TPM. Estudos realizados em empresas japonesas também registraram melhorias significativas na performance da produtividade, cerca de 50% de aumento na disponibilidade dos equipamentos resulta da implantação do programa (Mckone *et al.*, 1999; Windle, 1993). Outro indicador que reflete os resultados da aplicação do TPM é a qualidade, que melhora significativamente através da redução de problemas oriundos de produções em sistemas instáveis, além de isso gerar impacto nos dados de qualidade de campo, reduzindo o número de falhas e reclamações de clientes.

A capacidade de customizar a produção obtida também beneficia a qualidade dos produtos (Ahuja; Khamba, 2008). De maneira geral, existem dois tipos de modos de falha oriundos de máquinas, o primeiro implica na parada do equipamento e na consequente interrupção da produção de peças não-conforme. No segundo modo, o sistema está fora de controle, porém a produção segue em curso até que uma inspeção de qualidade seja executada.

Em ambos, os casos, é necessário realizar uma análise de causa da falha que, se for devida a falhas na máquina, a equipe de manutenção deverá executar o respectivo reparo, reforçando a forte integração existente entre qualidade, manutenção e produção (Farahani; Tohidi, 2020). Estudos conduzidos por diversos autores mostram melhorias nos índices de qualidade através da implantação do TPM. Nakajima (1988) reportou cerca de 90% de redução na taxa de defeitos de processo em seu estudo. Chowdhury (1995) ressalta que organizações com cultura de manutenção produtiva se beneficiam em até 80% de melhora nas taxas de falha. Windle (1993) afirma que 50-75% das falhas de processo são reduzidas e que 75% dos índices de reclamação de consumidores diminuem por meio da implantação do programa.

Observa-se melhorias também nos indicadores de custos, principalmente por meio do aumento no ciclo de vida dos equipamentos, por meio do aumento de volume e maior flexibilização de volume de produção, além da redução de custos de paradas de linhas e máquinas (Ahuja; Khamba, 2008). Devido aos aumentos na disponibilidade dos equipamentos, novos investimentos de capital para suprir ineficiências não são necessários, além disso, reduções em custo de mão-de-obra também são um resultado do TPM nas empresas (Bohoris *et al.*, 1995).

A relação de custos vs. inventário também é otimizada, estima-se que 50% do estoque de itens de manutenção, tais como peças de reposição, diminui com a aplicação do programa

(Mckone *et al.*, Nakajima, 1988; Suzuki, 1994; Windle, 1993). Outros estudos realizados por estes mesmos autores em casos de sucesso de implantação do TPM mostram entre 15-30% de redução em custos de manutenção. Ahuja e Kamba (2008) ainda acrescentam que, além de aumentar o tempo de vida dos equipamentos, o TPM minimiza a quantidade de acidentes por conta de falhas em máquinas, principalmente através da eliminação de situações e ambientes de risco, melhorando o espaço de trabalho como um todo. Outro estudo destes mesmos autores apresentou uma redução de 90% em índices de ocorrências de segurança em organizações que utilizam do programa.

Outro indicador associado ao TPM é a motivação e engajamento dos colaboradores. casos de sucesso do TPM mostram outros benefícios menos tangíveis, tais como aumento contínuo das habilidades e conhecimento dos membros da empresa, assim como um maior esclarecimento das funções e responsabilidades de cada colaborador, além da geração de uma rotina e cultura de manutenção, controle e cuidado com as máquinas e local de trabalho. As taxas de absenteísmo por conta do estresse no ambiente de trabalho caem, a comunicação entre os diferentes níveis hierárquicos e a qualidade de vida aumentam (Carannante, 1995; Suzuki, 1994).

O sentimento de dono do equipamento, de co-responsabilidade na entrega dos objetivos da organização e o espírito de trabalho em equipe, sempre compartilhando experiências e conhecimento, são algumas mudanças de postura observadas nos colaboradores de organizações com sucesso na implantação do TPM (Ahuja e Kamba, 2008). Por fim, o indicador entrega também é beneficiado pela implantação do programa, principalmente por aumentar a confiabilidade nos equipamentos, aumentando a eficiência e velocidade de entrega dos produtos. As linhas também operam em melhores taxas principalmente devido ao emprego de colaboradores mais competentes e habilidosos (Ahuja e Kamba, 2008).

## 2.2 SUPPLIER QUALITY MANAGEMENT

Ao longo da cadeia de suprimentos, os fornecedores também são responsáveis por endereçar os elevados níveis de qualidade esperados pelos consumidores finais. Principalmente em um cenário com clientes repletos de desejos e expectativas dinâmicas, alguns estudos têm discutido como o gerenciamento de qualidade de fornecedores, ou Supplier Quality Management (SQM), pode aumentar a competitividade das organizações, minimizando custos operacionais, reduzindo tempos de ciclo, melhorando a qualidade e

maximizando a satisfação dos clientes (Caddick; Dale, 1987; Carr; Pearson, 1999; Shin *et al.*, 2000).

Sobretudo, o SQM reforça sua importância uma vez que as cadeias de suprimentos têm se tornado cada vez mais complexas, integradas e globalizadas, gerando uma consequente dependência das empresas em relação a seus fornecedores (Yoon *et al.*, 2018). Com isso, o aumento dos níveis de qualidade, diminuição dos custos de produção, redução dos problemas de atrasos em entregas e de abastecimento, melhorias em leadtime não são claramente possíveis de se alcançar sem fornecedores confiáveis.

A performance de qualidade de uma organização como um todo pode sofrer forte influência da performance de seus fornecedores (Lo; Sculli; Yeung, 2006). Além disso, atrasos e falta de materiais podem levar à ruptura e parada de linhas de produção, gerando grande prejuízo para as organizações (Aksoy; Ozturk, 2001; Sawik, 2018). Nessa perspectiva, o gerenciamento de qualidade de fornecedores se refere a um conjunto de atividades e esforços de gerenciamento com foco em aumentar os níveis de performance e qualidade dos fornecedores através de uma gestão mais próxima e efetiva (Caddick; Dale, 1987; Carr; Pearson, 1999; Shin *et al.*, 2000).

São esforços que buscam uma harmonia e conexão das atividades da empresa compradora e da empresa vendedora, visando engajamento e comunicação entre as duas partes (Chakravarty, 2014). Na literatura de SQM, este gerenciamento se figura através do desdobramento de três dimensões, que podem ser elencadas como sendo: seleção de fornecedores, desenvolvimento de fornecedores e integração de fornecedores (Lo *et al.*, 2006).

### **2.2.1 Seleção de fornecedores**

A dimensão de seleção de fornecedores é conceituada como uma série de atividades que suportam uma organização na prospecção e escolha dos melhores fornecedores. É preciso avaliar fatores como o sistema de gestão da qualidade, bem como a cultura de qualidade e melhoria contínua e a flexibilidade do fornecedor mediante ao cenário dinâmico e repleto de mudanças no qual empresas globalizadas operam (Yoon *et al.*, 2018).

Além da qualidade, outros fatores de performance de fornecedores são observados, tais como o custo, a capacidade produtiva, capacidade de entrega e a habilidade de desenvolver produtos e processos (Araz e Ozkarahan, 2007). Práticas de gerenciamento e financeiras também são avaliadas, bem como know-how técnico e a capacidade de

desenvolver projetos de redução de custos (Talluri; Narasimhan, 2004; Dowlatshahi, 2000). As organizações estão em constante evolução em termos de suas exigências e especificações de produto, assim, a seleção de fornecedores deve estar em linha com a escolha de parceiros que acompanhem este desenvolvimento e sejam capazes de atender aos requisitos determinados e manter o atendimento de tais requisitos durante a vida útil do produto (Chen *et al.*, 2019).

Autores tais como Gonz *et al.* (2004) e Ahmad e Modal (2019) argumentam que há uma influência positiva da escolha do fornecedor na qualidade dos produtos acabados, se referindo a essa etapa como a de maior contribuição para a qualidade dos bens produzidos. Lo *et al.* reforçam esta afirmação, dizendo que a performance de qualidade de uma organização pode ser altamente influenciada pela performance de qualidade de seus fornecedores. Já Salamian (2020) defende que existe um impacto indireto entre a seleção de fornecedores e a performance organizacional de qualidade, obtido através das dimensões de SQM de modo geral, tais resultados estão em linha com os obtidos por Shin *et al.* (2000).

### **2.2.2 Desenvolvimento de fornecedores**

A palavra que define desenvolvimento de fornecedores na literatura é cooperação. Cooperação entre a organização compradora e a vendedora buscando desenvolver continuamente a que compra, aumentando sua performance (Glavee-Geo, 2019). São esforços de longo prazo existentes entre cliente e fornecedor que visam aumentar a qualidade, a capacidade técnica e de entrega e também fomentar melhoria contínua ao longo da cadeia (Watts; Hahn, 1993). Em outras palavras, qualquer iniciativa da empresa que busque melhorar a performance de seus parceiros de fornecimento em vista de melhor ter suas necessidades atendidas é uma iniciativa de desenvolvimento de fornecedor (Krause; Ellram, 1997).

Essas iniciativas podem envolver um range de atividades que vão desde capacitação, educação, treinamento e aplicação de programas de melhoria, até mesmo a avaliação dos fornecedores (Jin *et al.*, 2019). Parmigiani e Mitchell (2010) defendem que investimentos tais como em treinamento na equipe de funcionários dos fornecedores e em auditorias de qualidade podem inclusive aumentar a capacidade de desenvolvimento de produtos e processos.

O aumento da performance em qualidade é um dos principais resultados observados com a aplicação da estratégia de desenvolvimento de fornecedores (Modi; Mabert, 2007). Diversos estudos apontam um impacto positivo direto de iniciativas de desenvolvimento de

fornecedor em qualidade de design e qualidade de performance. Em geral, atividades como treinamento e capacitação de fornecedores, bem como auditorias, processos de avaliação e classificação de fornecedores e expansão de programas de melhoria são listados como as principais iniciativas de desenvolvimento (Lo *et al.*, 2006; Salamian, 2020).

É importante que a empresa cliente comunique de maneira clara os critérios de avaliação e monitore inclusive o método e competência envolvidos no processo de melhoria de seu fornecedor (Halberg *et al.*, 2018). Além disso, a empresa compradora deve buscar desenvolvimento contínuo e melhoria de seus processos e políticas de compra, mantendo uma atitude positiva e dando assistência sempre que necessário (Lo *et al.*, 2006). Ao longo do tempo, essa conexão entre cliente e fornecedor aumenta o comprometimento, a confiança e a perspectiva de longo prazo do negócio, trazendo mais estabilidade e fomentando as empresas a frequentemente buscarem se familiarizar com programas e iniciativas do parceiro (Halberg *et al.*, 2018).

### **2.2.3 Integração de fornecedores**

Integração de fornecedores se refere ao conjunto de atividades que resultam em coordenação próxima e relação de colaboração entre compradores e vendedores. Trabalhar de maneira integrada na cadeia de suprimentos significa a existência de conexões entre processos internos e externos na relação cliente-fornecedor, no compartilhamento de informações e até mesmo de sistemas de informações gerenciais, entrelaçando as atividades das duas organizações (Mentzer *et al.*, 2001; Omar *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2018).

Essa dimensão defende a criação e coordenação das operações entre as empresas da cadeia, levando a redesign de processos de negócio e maneiras de mensurar indicadores tais como custo, qualidade, flexibilidade e velocidade de entrega (Hammer; Champy, 1994; Burgess, 1998). Corbett (2006) aponta que fornecedores se comprometem a implementar os mesmos sistemas de gestão da qualidade que seus clientes, buscando inclusive similaridade e adaptação nas rotinas de gerenciamento.

Os níveis de integração podem ser em dimensões tangíveis e intangíveis, tais como a divisão da responsabilidade quanto ao transporte, ao manuseio e armazenamento de materiais e fluxos de informação. O objetivo é a otimização da cadeia de valor por meio de compartilhamento da visão de demanda, níveis de produção e de inventário, processos gargalo e reprogramação da produção.

Há também uma mentalidade e postura de compartilhamento de conhecimento e de tecnologia nos dois sentidos da cadeia, a comunicação ocorre de forma bilateral, trabalha-se de maneira conjunta e orientada à investigação e solução de problemas (Bennet e Klug, 2012; Dyer e Hatch, 2004).

Outros resultados provenientes de cadeias que trabalham de maneira integrada são, por exemplo, um aumento nos níveis de qualidade, uma melhora significativa nos fluxos de informação e materiais, além da redução dos índices de retrabalho nos produtos acabados (Eltantawy *et al.* 2009; Perols *et al.*, 2013) Salamian (2020) reforça que os níveis de qualidade de design e qualidade de performance são positivamente afetados em organizações que praticam iniciativas de integração de fornecedores. Seu estudo está em convergência com outros, como os feitos por Zhao *et al.* (2014) e Duhaylongsod e Giovanni (2019).

#### **2.2.4 Cultura orientada à cadeia de suprimentos**

Do ponto de vista cultural, as organizações tendem a escolher fornecedores que também estejam dispostos a tomar responsabilidades acerca da gestão da cadeia de suprimentos, que tenham foco em colaboração e que estejam abertos a avaliações de sua planta e instalações (Kannan; Tan, 2002).

Nessa linha, o conceito de cultura Orientada à Cadeia de Suprimentos ou, Supply Chain Oriented (SCO) está presente na literatura como sendo uma mentalidade de cooperação, dependência mútua, metas e valores compartilhados entre parceiros da cadeia, de forma a gerar um impacto positivo para as organizações. A SCO pode ser representada na forma de cinco dimensões: confiança, comprometimento, normas de cooperação, compatibilidade interorganizacional e patrocínio das altas lideranças (Mentzer *et al.*, 2001).

Zhang *et al.* (2018) defendem que a SCO tem potencial de fazer com que as organizações demonstrem elevados níveis de confiança e desenvolvimento aos parceiros da cadeia. Mello e Stank (2005) também reforçam que altos níveis de orientação à cadeia de suprimentos leva à seleção de fornecedores com metas e objetivos compatíveis. Ademais, características tais como predisposição e capacidade de compartilhar informações, dividir riscos e recompensas, formar relacionamentos de longo prazo, trabalhar juntos com objetivos voltados ao consumidor final e coordenar integrações em níveis e processos cross funcionais estão presentes em organizações com forte cultura orientada à cadeia de suprimentos.

A escolha de fornecedores com mentalidade de se unirem aos clientes com foco em aumentar os níveis de capacidade, conhecimento e cooperar para atingir metas geram

impactos positivos na performance de qualidade das organizações da cadeia (Emmet; Crocker, 2016; Mello; Stank, 2005). As iniciativas de desenvolvimento de fornecedores estão presentes em cadeias de suprimentos integradas, que buscam aumentar as habilidades dos fornecedores, fazer com que atinjam seus objetivos e suportem sobretudo o atendimento das metas do cliente (Brix-Asala; Seuring, 2019).

Por meio de programas de desenvolvimento e qualidade de fornecedores, as organizações com SCO são capazes de unir esforços e trabalhar com valores tais como normas e padrões de cooperação e forte patrocínio da alta liderança (Schulze-Ehlers *et al.*, 2014). Diversos autores convergem sobre as principais dimensões da cultura SCO, que são confiança, comprometimento, normas de cooperação, apoio da alta liderança, compartilhamento de informação, de conhecimento, de riscos e de recompensas. Fundamentalmente, o alinhamento de valores e objetivos é a principal dimensão para que a integração fornecedor-cliente seja facilitada (Kim *et al.*, 2010; Salamian, 2020).

Ali (2020) adiciona que a cultura SCO é construída também sob fatores tais como comunicação aberta, monitoramento do fornecedor, desenvolvimento de processos e de forte relacionamento com o fornecedor. Zu e Kaynak (2012) reforçam que é preciso mensurar, analisar e melhorar a qualidade dos processos, produtos e serviços tanto do comprador quanto do vendedor.

Omar *et al.* (2012) ressaltam que o baixo comprometimento à cultura SCO pode levar ao fracasso na implantação de programas de gestão da cadeia e impactar os níveis de qualidade dos materiais e peças proveniente de fornecedores. As dimensões da gestão de qualidade de fornecedores mais favorecidas pela cultura SCO são desenvolvimento e integração de fornecedores, a saber que as organizações com essa cultura estão mais inclinadas a conduzir trabalhos que contribuem para a melhoria de seus fornecedores, principalmente dada a premissa que boas performances nos parceiros da cadeia podem levar a bons resultados nos clientes, sobretudo em qualidade (Salamian, 2020).

Além dos conceitos de cultura orientada à cadeia de suprimentos, o ambiente organizacional e manufatura podem passar por outras transformações e vertentes de investimento e melhoria. Uma delas é denominada indústria 4.0, que será apresentada nas seções que seguem.

## 2.3 INDÚSTRIA 4.0

As seções abaixo e destinam a apresentar de maneira breve o contexto no qual a Indústria 4.0 se desenvolveu e se define atualmente, bem como explorar suas tecnologias habilitadoras e aplicações na manutenção, elencando também alguns benefícios desta aplicação.

### 2.3.1 Contexto da I4.0

A Indústria 4.0, também conhecida como a Quarta Revolução Industrial, representa uma profunda transformação nos processos de fabricação e produção industrial. Iniciada na Alemanha no início de 2010, a Indústria 4.0 se caracteriza pela integração de tecnologias digitais avançadas em todas as etapas da cadeia de valor industrial. Segundo Kagermann *et al.* (2013), a Indústria 4.0 é marcada pela integração de sistemas ciber-físicos, Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, inteligência artificial (IA) e análise de Big Data. Este paradigma visa a criação de fábricas inteligentes, nas quais essas tecnologias desempenham papéis cruciais. Lasi *et al.* (2014) afirmam que o conceito central da Indústria 4.0 é a interconectividade e a automação, que permitem uma comunicação contínua e eficiente entre máquinas, sistemas e humanos.

As fábricas inteligentes são equipadas com sensores avançados e dispositivos de IoT que coletam dados em tempo real, que são analisados por sistemas de IA para otimizar processos, prever falhas e tomar decisões autônomas. Lee *et al.* (2015) destacam que a capacidade de monitoramento e análise em tempo real aumenta significativamente a eficiência, a flexibilidade e a qualidade da produção. Hermann *et al.* (2016) também apontam que a análise de Big Data é essencial para transformar dados brutos em informações que permitam otimizações contínuas. Essa capacidade de monitoramento e análise em tempo real aumenta significativamente a eficiência, a flexibilidade e a qualidade da produção.

Além de melhorar a produtividade, a Indústria 4.0 também traz mudanças substanciais na gestão da cadeia de suprimentos, manutenção de equipamentos e desenvolvimento de produtos. Kagermann *et al.* (2013) afirmam que a integração de sistemas e a digitalização permitem uma maior visibilidade e controle sobre todos os aspectos da produção, desde o

design inicial até a entrega final. Isso resulta em processos mais ágeis e personalizados, capazes de responder rapidamente às mudanças na demanda do mercado.

No entanto, a implementação da Indústria 4.0 não está isenta de desafios. Lee *et al.* (2015) destacam que as empresas podem enfrentar obstáculos como os altos custos iniciais de investimento em tecnologia, a necessidade de desenvolver novas habilidades e competências na força de trabalho, e as incorporar fatores de risco tais como segurança cibernética. A transformação digital exige uma abordagem estratégica e bem planejada para superar essas barreiras e maximizar os benefícios.

A Indústria 4.0 está redefinindo o panorama industrial global, promovendo a criação de ambientes de produção mais inteligentes, eficientes e interconectados. Hermann *et al.* (2016) apontam que este avanço tecnológico não só melhora a competitividade das empresas, mas também abre caminho para novas oportunidades de inovação e desenvolvimento sustentável.

### **2.3.2 Tecnologias da I4.0**

A manutenção na era da Indústria 4.0 está sendo transformada pela adoção de tecnologias avançadas que permitem uma abordagem mais proativa e eficiente.

Uma das tecnologias-chave é a Internet das Coisas (IoT), que permite a conectividade entre equipamentos industriais e sistemas de gestão de manutenção. Segundo Li, Xu e Zhao (2015), a IoT facilita a comunicação entre máquinas e sistemas, permitindo a coleta contínua de dados operacionais que são essenciais para a implementação de estratégias de manutenção preditiva. Sensores IoT integrados a máquinas e componentes coletam dados em tempo real sobre o desempenho, condições operacionais e integridade dos equipamentos, o que reduz custos com paradas não programadas e aumenta a disponibilidade operacional dos sistemas.

Além da IoT, a Inteligência Artificial (IA) desempenha um papel crucial na otimização da manutenção industrial. De acordo com Müller e Giese (2018), algoritmos de IA aplicados à análise de dados coletados por sistemas IoT permitem a identificação proativa de anomalias e a previsão de falhas, contribuindo significativamente para a redução de custos e aumento da eficiência operacional. A IA analisa grandes volumes de dados para identificar tendências de degradação e padrões de falha, recomendando ações corretivas específicas antes que problemas ocorram, prolongando assim a vida útil dos equipamentos.

A Realidade Aumentada (RA) também está sendo incorporada à realidade fabril na Indústria 4.0. Segundo Lee, Bagheri e Kao (2015), a RA oferece suporte visual e informativo

em tempo real, permitindo que técnicos visualizem dados técnicos diretamente sobre equipamentos, o que facilita diagnósticos mais rápidos e precisos, além de melhorar a execução de procedimentos de manutenção complexos.

Com dispositivos de RA, como óculos inteligentes, técnicos podem acessar manuais digitais, tutoriais em vídeo e colaborar remotamente para resolver problemas de forma eficiente, reduzindo o tempo de inatividade e aumentando a eficiência operacional. Essas tecnologias representam um avanço significativo rumo a fábricas mais inteligentes e resilientes, capazes de enfrentar os desafios do ambiente industrial moderno. Ao integrar IoT, IA e RA no contexto industrial, as empresas não apenas melhoram a gestão de ativos e processos, mas também fortalecem sua competitividade no mercado global.

### **2.3.3 I4.0 na manutenção**

A manutenção na Indústria 4.0 tem alcançado resultados positivos em termos de performance, beneficiando significativamente as operações industriais. Alguns são como descrito nos parágrafos que seguem.

**Redução de custos operacionais:** Com a implementação de estratégias de manutenção preditiva baseadas em dados coletados pela Internet das Coisas (IoT) e analisados por Inteligência Artificial (IA), as empresas têm conseguido reduzir os custos associados a paradas não programadas e reparos emergenciais. Segundo Rocha *et al.* (2019), a manutenção preditiva pode reduzir os custos de manutenção em até 30% e diminuir em até 70% as falhas não programadas.

**Aumento da disponibilidade operacional:** A capacidade de prever falhas antes que ocorram permite realizar manutenções preventivas de forma mais eficaz, minimizando o tempo de inatividade das máquinas. Isso resulta em uma maior disponibilidade operacional dos equipamentos, garantindo uma produção mais contínua e confiável (Li, Xu, & Zhao, 2015).

**Prolongamento da vida útil dos equipamentos:** A análise preditiva de dados não apenas evita falhas críticas, mas também permite a substituição de peças e componentes antes do seu desgaste completo. Isso prolonga a vida útil dos equipamentos industriais, maximizando o retorno sobre o investimento e reduzindo os custos de substituição prematura (Müller & Giese, 2018).

**Melhoria na eficiência dos processos:** Com a automação avançada e a interconectividade proporcionada pelos sistemas ciber-físicos (CPS), as operações de

manutenção são integradas de maneira mais eficiente aos processos de produção. Isso resulta em uma gestão mais ágil e coordenada das atividades de manutenção, reduzindo tempos improdutivos e aumentando a eficiência geral da planta (Lee, Bagheri, & Kao, 2015).

Maior segurança no ambiente de trabalho: A utilização de tecnologias como Realidade Aumentada (RA) para guiar técnicos durante procedimentos de manutenção não apenas melhora a precisão e a velocidade das intervenções, mas também contribui para um ambiente de trabalho mais seguro. A RA permite que os técnicos tenham acesso a informações cruciais sem precisar desviar a atenção das tarefas críticas, reduzindo assim o risco de acidentes (Hermann, Pentek, & Otto, 2016).

Esses resultados demonstram como a aplicação da Indústria 4.0 na manutenção industrial não apenas otimiza os processos operacionais, mas também eleva a eficiência, a segurança e a competitividade das empresas no mercado global.

## 2.4 FRAMEWORKS

Um *framework* é uma estrutura de suporte que serve como base para a implantação de processos organizacionais, oferecendo componentes reutilizáveis e uma arquitetura padrão para a construção e melhoria de processos. Gamma *et al.* (1994) destacam que frameworks são essenciais para a manutenção e evolução dos sistemas, pois promovem a reutilização de código e o padrão de design. Na manufatura, *frameworks* são amplamente utilizados para otimizar e padronizar práticas de gestão, proporcionando uma base sólida sobre a qual os processos podem ser construídos e refinados continuamente.

*Frameworks* também são definidos como um conjunto de práticas, técnicas e ferramentas que estruturam o desenvolvimento e a implementação de processos organizacionais. Segundo Erl *et al.* (2017), *frameworks* fornecem uma abordagem estruturada para resolver problemas complexos e podem ser adaptados para atender às necessidades específicas de uma organização. Na manufatura, isso pode incluir a implementação de práticas de *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e outras metodologias de melhoria contínua.

A utilização de *frameworks* na manufatura proporciona diversos benefícios, incluindo a padronização dos processos, a melhoria contínua, a redução de desperdícios e a otimização de recursos. Segundo Womack e Jones (1996), a aplicação de *frameworks* como o *Lean Manufacturing* permite a eliminação de desperdícios ao longo da cadeia de valor, resultando em processos mais eficientes e menos custosos.

*Frameworks* ajudam a criar um ambiente estruturado onde os processos são claramente definidos, medidos e gerenciados de forma eficiente, permitindo que as organizações respondam rapidamente às mudanças no mercado e nas demandas dos clientes. De acordo com De Smet *et al.* (2019), *frameworks* como o Agile Manufacturing são cruciais para manter a competitividade em mercados voláteis, promovendo a flexibilidade e a capacidade de adaptação rápida às mudanças nas condições de mercado.

Pande *et al.* (2000) afirmam que *frameworks* como o Six Sigma são cruciais para melhorar a qualidade dos produtos através da redução de variações nos processos de manufatura. Dessa forma, *frameworks* ajudam a criar um ambiente estruturado onde os processos são claramente definidos, medidos e gerenciados de forma eficiente. Goldratt (1984) também destaca que *frameworks* como a *Theory of Constraints* (TOC) ajudam a identificar e gerenciar gargalos, otimizando o desempenho global do sistema de produção.

Além disso, *frameworks* na manufatura facilitam a comunicação e a colaboração entre diferentes departamentos, promovendo uma cultura de melhoria contínua e inovação. Segundo Hammer (2015), a integração de *frameworks* de gestão de processos pode levar a uma transformação significativa na eficiência operacional e na qualidade dos produtos, resultando em uma vantagem competitiva sustentável.

Diferentes tipos de representações visuais de *frameworks* podem ser apresentadas, a escolha do tipo deve levar em conta a compreensão, implementação e comunicação das estruturas e processos que compõem o conteúdo a ser apresentado no modelo. Essas representações visuais desempenham um papel importante na visualização e análise dos componentes organizacionais, promovendo gestão eficaz e aprimoramento contínuo dos processos (Hammer, 2015; De Smet *et al.*, 2019).

Os Diagramas de Blocos e Fluxogramas são tipos de modelo essenciais para representar visualmente os principais componentes e fluxos de trabalho, materiais informações e interações de um processo, que favorece no levantamento de pontos de melhoria (McMillan, 2001). Segundo Martin (2009), representações visuais como diagramas de blocos e fluxogramas são fundamentais para facilitar a compreensão, implementação e comunicação das estruturas e processos dos *frameworks*.

Mapas Conceituais e Matrizes de Relacionamento são frequentemente utilizados para capturar e ilustrar as relações hierárquicas e interdependências entre os elementos de um *framework*. Segundo Novak & Gowin (1984), mapas conceituais são capazes de capturar a estrutura conceitual de um modelo, facilitando a comunicação e o alinhamento entre os *stakeholders* sobre metas e processos organizacionais. Johnson (2002) complementa que as

matrizes de relacionamento oferecem uma visão sistemática das interações entre componentes de um processo e ajuda na identificação de dependência e integração entre processos. São fundamentais para explorar conexões e interrelações complexas dentro de sua estrutura, proporcionando uma visão holística e facilitando inclusive inovação (Nonaka & Takeuchi, 1995).

Diagramas de Rede e Fluxogramas de Processos são utilizados para visualizar o fluxo de atividades e interações dentro, também sendo aplicados em análises e otimização abrangente dos processos organizacionais (Hammer, 2015; Mcmillan, 2001). Scott (1998) destaca que diagramas de rede são úteis para visualizar as conexões dinâmicas entre elementos de um *framework*, também sendo aplicados em busca de compreensão holística de processos completos, auxiliando na adaptação e mudanças organizacionais.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Essa seção é destinada a explicitar as razões da escolha da abordagem e do método de pesquisa. Para alcançar seus objetivos, este estudo teve como base uma abordagem qualitativa. A pesquisa qualitativa é escolhida quando o objetivo não é enumerar ou medir eventos nem a produção de medidas quantitativas de características ou comportamentos, seu foco de interesse é direcionado a obtenção de dados descritivos mediante contato direto e interativo do pesquisador com a situação objeto de estudo.

Em estudos qualitativos, o contexto real é fonte direta para coleta de dados, interpretação do fenômeno de interesse e compreensão dos significados e características situacionais. (Martins, 2012).

O pesquisador, neste caso, estuda o fenômeno de forma próxima e observa o problema onde ele ocorre, focado nos processos do objeto de estudo e com interesse em como os resultados acontecem e não somente nos resultados (Martins, 2012; Cauchick, 2012). Outra característica da abordagem qualitativa é sua ênfase na perspectiva do indivíduo presente no ambiente de pesquisa, suas interpretações, pontos de vista e subjetividade, compondo um mosaico organizacional que requer atenção do pesquisador para capturar informações de todas essas perspectivas que podem divergir, mas também se complementar (Martins, 2012; Cauchick, 2012).

O objetivo da presente pesquisa é “Implantar um processo, apoiado por um sistema, para suportar o gerenciamento da manutenção dos ativos da empresa em seus fornecedores terceiros”. Portanto, a pesquisa necessita da observação do problema em seu contexto organizacional. Geralmente, a complexidade de problemas embebidos em rotinas organizacionais requer uma abordagem de pesquisa não muito estruturada em forma, mais flexível, como a abordagem qualitativa (Martins, 2012; Cauchick, 2012).

O presente estudo necessita de uma abordagem qualitativa, que trabalha com temas e contextos complexos, uma vez que há na empresa estudada diferentes interpretações acerca das responsabilidades no processo de gestão de ativos em terceiros. Áreas como manutenção, qualidade, suprimentos, engenharia industrial e planejamento e controle de materiais (PCPM) têm percepções e pontos de vista convergentes e divergentes, caracterizando a complexidade deste objeto de estudo.

Segundo Martins (2012), para lidar com as características de problemas complexos e evitar opiniões pessoais ou especulações, a abordagem qualitativa faz uso de mais de uma fonte de evidência. A realidade objetiva da pesquisa é construída como produto de uma

análise combinada de duas vertentes: a perspectiva do autor da pesquisa que, por sua vez, é fundamentada em referenciais teóricos e sua experiência; e pela perspectiva dos indivíduos e ambiente de pesquisa, capturada de múltiplas fontes de evidências.

Quando se faz referência aos métodos de pesquisa compreendidos na abordagem qualitativa, os mais recorrentes são o estudo de caso e a pesquisa-ação. As principais características que diferem esses métodos são o grau de envolvimento do pesquisador com os indivíduos no ambiente de pesquisa e também a existência de ação com viés de mudanças organizacionais, ou seja, com mudança no objeto de estudo (Martins, 2012), que está associado com o método pesquisa-ação.

Como o objetivo pretendido envolve alterações no objeto de estudo, isto é, alterar a forma como a gestão de ativos é realizada, foi fundamental compreender a realização e os resultados deste processo de gestão, além de sugerir e implantar mudanças neste ambiente, por essa razão, o método escolhido foi a pesquisa-ação.

Na pesquisa-ação o pesquisador é um agente ativo e atua como membro em uma equipe de pesquisa, na qual cada um tem um papel definido e importância para o desenvolvimento do trabalho (Martins, 2012; Coughlan e Coughlan 2002). O processo da pesquisa-ação foi facilitado pelo pesquisador do projeto estar presente na empresa de linha branca objeto do estudo, atuando no departamento de Qualidade de Fornecedores, juntamente da estrutura de suprimentos, sendo responsável pela carteira de fornecedores de serviços de estamparia de metais.

O pesquisador é agente principal no fluxo de movimentação de ferramentas de estampo de metais entre cliente e fornecedor, ferramentas estas que são construídas sob solicitação da empresa cliente e concedidas por meio de comodato para os fornecedores, para que estes produzam as peças. O pesquisador também é responsável pelo acompanhamento das produções iniciais da ferramenta nos fornecedores, ou seja, por acompanhar os primeiros ciclos de processo de estampagem de peças e por aprovar a qualidade das mesmas. A aprovação de qualidade acontece por uma verificação dos aspectos dimensionais e estéticos da peça, conferindo a aderência do estado da peça física com a especificação técnica. O processo de aprovação da qualidade da peça estampada é também responsabilidade do autor desta pesquisa, fazendo com que seja o principal interessado em eliminar ou diminuir os problemas de qualidade originados pela má condição estrutural do ferramental.

O autor deste projeto esteve imerso no processo foco do estudo, isto é, teve interface com as áreas responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos das ferramentas que podem ser movimentados entre cliente e fornecedores, e teve também interface com a área cliente dos

resultados da gestão das ferramentas localizadas em fornecedores terceiros. As áreas clientes da gestão de ferramentas são Qualidade de Fornecedores e Qualidade de Manufatura.

Além do pesquisador, a equipe de pesquisa contou com mais seis integrantes de áreas distintas: suprimentos comercial, garantia de suprimento, manutenção, engenharia industrial, qualidade interna e, por fim, mas não menos fundamental, um membro de um dos fornecedores. Os papéis desempenhados por cada um são descritos no Quadro 2 que segue.

**Quadro 2** – Integrantes do projeto de pesquisa-ação na empresa.

| <b>Cargo</b>                    | <b>Departamento</b>               | <b>Papel</b>   |
|---------------------------------|-----------------------------------|--|
| Engenheiro                      | Qualidade de Fornecedores         | Mediador dos fóruns, das discussões e dos planos de ação, trazendo tanto a perspectiva da qualidade, quanto a do fornecedor. Esse papel é fundamental pois este projeto tem conexão com uma das principais entregas que o pesquisador tem como profissional da empresa, que é reduzir casos de falta de abastecimento e qualidade devido a problemas nas ferramentas.  |
| Analista                        | Suprimentos Comercial             | Responsabilidade quanto aos preços e acordos comerciais, ele está incluso no time de projeto de forma monitorar o viés da manutenção nos custos ou possível negociação em caso de incrementos no mesmo, dado que novas atribuições ou responsabilidades para o fornecedor podem vir a impactar no preço da peça fornecida  |
| Analista                        | Garantia de Suprimentos           | Tem preocupação com a capacidade de abastecimento do fornecedor e com a garantia de abastecimento da fábrica, ou seja, auxilia na investigação de como mudanças no gerenciamento de ativos podem impactar na prontidão do fornecedor a entregar peças.   |
| Controlador                     | Manutenção                        | Responsável por trazer contribuições técnicas e detalhadas a respeito de conservação de ativos, rotinas e boas práticas de manutenção, além de que, o membro da Manutenção tem em seu escopo de trabalho a atividade de cuidar dos ativos nos fornecedores, oferecendo suporte, componentes para substituição e iniciativas de restauração do ferramental quando necessário  |
| Engenheiro                      | Engenharia Industrial             | Papel técnico-teórico neste projeto, é quem constrói os projetos das ferramentas, conhecendo as periodicidades teóricas de intervenção nas ferramentas e taxa de desgaste dos materiais usados na construção das mesmas, também é um interessado em contribuir para o sucesso do projeto, visto que uma ferramenta produzindo em fornecedores pode, eventualmente, ser levada para produção dentro da empresa, em casos de baixa ocupação das prensas do parque fabril interno |
| Inspetor                        | Qualidade de Manufatura           | Traz as considerações dos problemas de qualidade no dia-a-dia nas linhas de produção e montagem, ajudando a priorizar os casos. Ademais, o membro escolhido deste departamento tem habilidades com programação de softwares, por essa razão foi trazido ao time caso o projeto se direcionasse para um sistema eletrônico de suporte à gestão de ativos.   |
| Gerente de operações fornecedor | Engenharia, Produção e Manutenção | Trazer visão de como é a rotina dentro de sua planta, trazer considerações sobre a comunicação entre cliente e fornecedor e também sobre as necessidades de suporte da empresa cliente   |

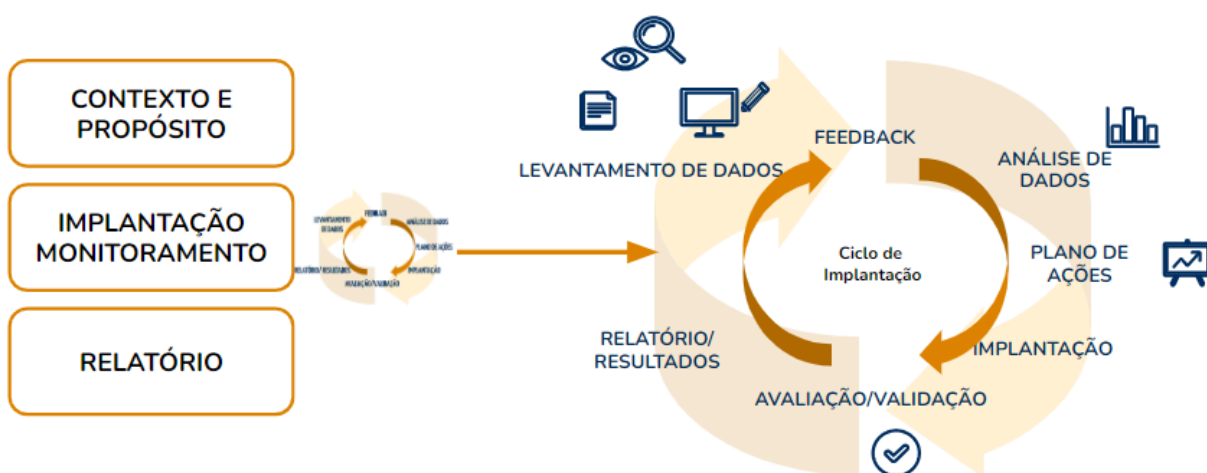
**Fonte:** Criado pelo autor, baseado em Coughlan e Coghlan (2002).

Além dos membros da equipe de pesquisa, também foram escolhidos alguns patrocinadores do projeto. Estes foram os gerentes das áreas dos membros da equipe de pesquisa, a escolha foi feita para cada área envolvida. O papel dos patrocinadores era de validação dos resultados preliminares do projeto a cada marco de fim de ciclo.

Além disso, embora tenha sido escolhido somente um participante de um fornecedor, a proposta do projeto foi de expandir a pesquisa para mais fornecedores na rodada de expansão do ciclo de implantação da pesquisa-ação, mais detalhes serão apresentados na seção de Resultados. A escolha do fornecedor é uma decisão importante, foram escolhidos dois fornecedores com base em dois critérios: (i) fornecedores que produzem peças classificadas como de alto impacto para a qualidade dos produtos; (ii) fornecedores com a maior parcela de faturamento financeiro dentro da carteira de peças estampadas.

Para execução da pesquisa-ação, que se caracteriza pela simultaneidade entre pesquisa e ação, pesquisa tanto do referencial teórico nas bases de dados da literatura, quanto pesquisa na organização, o método faz uso de uma abordagem cíclica, com rodadas e marcos bem definidos para sua execução. Esse método é composto por seis etapas e uma meta-etapa. Elas são definidas como: coleta de dados; feedback dos dados; análise dos dados; plano de ação; implantação e, por último, avaliação e validação dos relatórios e resultados. A meta-etapa é definida como uma etapa de monitoramento, na qual são feitas anotações, análises e relatos, sendo também durante a qual é escrita a dissertação da pesquisa (Coughlan e Coghlan, 2002). A figura abaixo ilustra o ciclo das seis etapas do método de pesquisa-ação, assim como a meta-etapa.

**Figura 1** - Ciclo de pesquisa-ação.



**Fonte:** Criada pelo autor. Adaptado de Coughlan e Coghlan (2002)

O planejado para este projeto foi rodar o ciclo de implantação três vezes, sendo o primeiro ciclo para desenvolvimento do novo processo de gestão de ferramentas; o segundo para implantação piloto deste processo em um fornecedor, bem como refinamento dos pontos a melhorar; e um terceiro ciclo para expandir o processo para um segundo fornecedor. Uma descrição de cada um dos ciclos realizados na pesquisa está presente nos quadros 3, 4 e 5 apresentados na sequência.

**Quadro 3** – Etapas, descrição das atividades e ferramentas para o primeiro ciclo da pesquisa-ação.

| Ciclo                 | Etapa   | Descrição   | Instrumento/Ferramenta  |
|-----------------------|---|---|---|
| 1º Ciclo              | Levantamento de Dados   | Procedimento de gerenciamento de ativos em outras plantas e fóruns globais da empresa   | Entrevista não estruturada com membros da equipe de Qualidade de Fornecedores.  |
|                       |   | Procedimentos de manutenção interna;  | Entrevista não-estruturada com analistas da área de Manutenção  |
|                       |   | Identificação de procedimentos de manutenção no fornecedor  | Observação direta e entrevistas não estruturadas com coordenadores de Qualidade no fornecedor   |
|                       |   | Auditoria no fornecedor para realização de Inventário; Auditoria no fornecedor para identificação da situação das ferramentas | Observação direta no chão de fábrica do fornecedor; Análise de documentos extraídos de softwares de registros de informações de ferramentas.                            |
|                       |   | Laudos técnicos e relatórios de falha em peças e problemas nos ferramentais em fornecedor                                     | Laudos técnicos e relatórios de falha em peças e problemas nos ferramentais em fornecedor   |
|                       |   | Peças estampadas em ferramentas com problema de qualidade   | Análise visual e cruzamento do resultado com normas e desenhos  |
|                       | Feedback dos Dados  | Compilação e armazenamento dos dados  | Planilhamento e armazenamento dos dados em drive de Equipe  |
|                       | Análise dos dados   | Análise dos dados obtidos   | Cruzamento das informações obtidas com teoria da revisão; Análise Crítica em grupo; Análise de causa raiz; Análise de causa-efeito; Análise de viabilidade de recursos; |
|                       | Plano de ação   | Definição das ações   | Brainstorming de equipe Correlação entre falha e ação preventiva Busca por automatização dos processos  |
|                       | Implantação   | Pré-execução do plano   | Simulação de Script em navegador da Web   |
| Implantação das ações |   | Programação de software de aviso e monitoramento de manutenções; Testes do software programado para verificação de erros;     |   |
| Validação             | Aprovação do conceito definidos entre os gerentes patrocinadores; | Demonstração do processo em videochamada; Rodada de feedbacks; Retroalimentação do processo com construção de dashboard;      |   |

**Fonte:** Criado pelo autor, baseado em Coughlan e Coughlan (2002).

Este primeiro ciclo de desenvolvimento teve duração total de três meses, sendo os dois primeiros meses nas etapas de coletas de dados e planos de ação e o terceiro mês nas etapas de implantação e validação. Duas visitas com duração de um dia inteiro de trabalho foram feitas em fornecedor, uma para auditoria de inventário e outra para auditoria técnica. Os membros de manutenção, engenharia industrial e o autor do projeto estiveram presentes nas visitas. Nesses dois meses iniciais as reuniões de equipe eram feitas por videoconferência semanalmente e a validação que marcou o fim do ciclo também foi feita por videoconferência junto dos patrocinadores do projeto e do fornecedor.

A segunda rodada do ciclo de pesquisa-ação deste projeto deu início à implantação do novo processo de gestão de ferramentas e manutenções no primeiro fornecedor. O objetivo desta rodada foi colocar o processo em operação para coletar feedbacks, retroalimentar o sistema, capturar aprendizados e refinar possíveis pontos de melhoria da proposta inicial. Este ciclo teve duração de seis meses, pois foi uma faixa tempo que a equipe de projeto acordou ser a mais apropriada para coletar de dados de manutenção do fornecedor. O Quadro 4 resume as etapas e ferramentas utilizadas neste ciclo.

**Quadro 4** – Etapas, descrição das atividades e ferramentas para o segundo ciclo da pesquisa-ação.

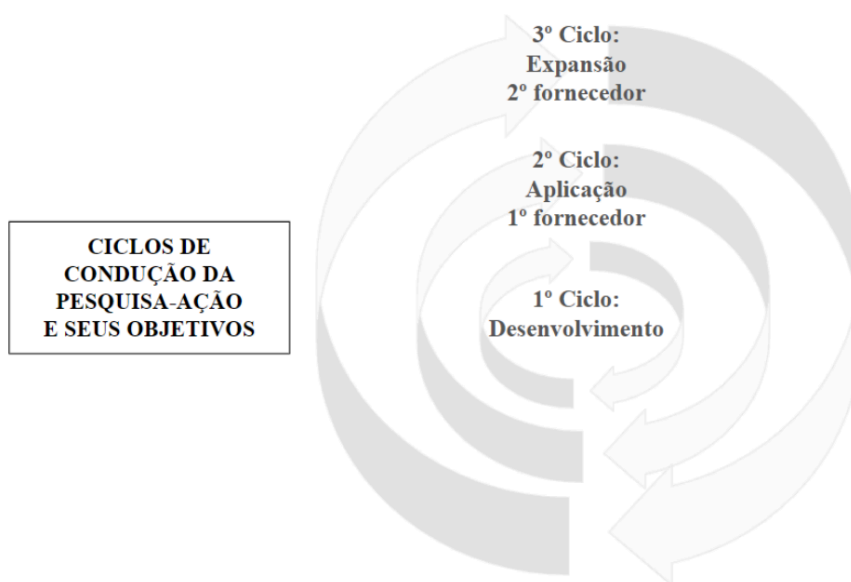
| Ciclo    | Etapas                | Descrição   | Instrumento/Ferramenta  |
|----------|-----------------------|---|---|
| 2º Ciclo | Levantamento de Dados | Identificação das manutenções realizadas no fornecedor                                  | Análise das respostas do checklist enviadas através do formulário pelo fornecedor   |
|          | Feedback dos Dados    | Compilação e armazenamento dos dados  | Envio de minuta aos membros da equipe de projeto  |
|          | Análise dos dados     | Análise dos dados obtidos   | Análise crítica das informações obtidas pelo checklist e dashboard; Análise de causa raiz; Análise de causa-efeito;   |
|          | Plano de ação         | Definição das ações   | Construção de materiais para treinamento; Planejamento de ações com base em erros do script; Planejamento de ações com base em erros do fornecedor                                |
|          | Implantação           | Implantação das ações   | Treinamento dos fornecedores; Correção dos erros da ferramenta;   |
|          | Avaliação e validação | Aprovação interna do conceito posto em prática; Aprovação do conceito com o fornecedor; | Corrida piloto da ferramenta de gerenciamento; Pareto dos problemas baseados nos resultados do dashboard; Reunião com gerentes patrocinadores para encerramento do segundo ciclo; |

Fonte: Criado pelo autor, baseado em Coughlan e Coghlan (2002).

Passada a segunda rodada do ciclo, foi possível seguir para a terceira, na qual o projeto entrou em fase de expansão para mais um fornecedor, ou seja, foi replicado o que foi validado anteriormente em um maior número de ferramentas e peças estampadas em um segundo fornecedor. Para isso, foi necessário repetir as etapas de desenvolvimento similarmente ao que foi realizado com o fornecedor A no primeiro ciclo. Isto é, foram executadas novamente as atividades descritas nos Quadros 1 e 2. A terceira rodada do ciclo teve duração de três meses. Mais detalhes serão vistos na seção de resultados.

A Figura 1 a seguir apresenta um esquema de cada ciclo de condução da pesquisa-ação no projeto e seu objetivo central. O objetivo do primeiro ciclo foi o desenvolvimento da ferramenta para monitoramento das manutenções nos fornecedores, bem como o *dashboard* para auxiliar na apresentação e disposição das informações. O segundo ciclo foi de execução, isto é, de aplicar a ferramenta em um primeiro fornecedor, ajustando erros e capturando feedbacks de todo o processo. Por fim, o terceiro ciclo foi de expansão do modelo em um segundo fornecedor.

**Figura 1** - Ciclos de condução da pesquisa-ação e seu objetivo.



**Fonte:** Criado pelo autor.

## 4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Essa seção é destinada a apresentar os resultados obtidos com a pesquisa e discuti-los à luz da teoria que mais se aplica ao contexto do estudo. Sua estruturação faz referência tanto ao objetivo geral, quanto aos objetivos específicos deste trabalho, apresentando o ciclo de pesquisa-ação traduzido no cenário no qual o projeto foi executado.

### 4.1 CONTEXTO INICIAL

A empresa em que se realizou a pesquisa-ação foi apresentada na seção de Introdução do presente documento. Inicialmente, nota-se que há um fluxo bem definido e já estabelecido para coordenar o processo de movimentação dos ativos, isto é, externalização e internalização das ferramentas de estampo, dinâmica descrita nas seções iniciais. Um fluxograma que ilustra este fluxo pode ser consultado no Anexo A deste trabalho. No entanto, não é nessa fase do processo que se encontra a deficiência no fluxo de gerenciamento.

O problema foi evidenciado após discussão com os membros da equipe de projeto apresentada no Quadro 2, que representavam a maioria das áreas envolvidas que poderiam influenciar no problema. Em linha com os objetivos específicos deste projeto: (b) Analisar as atividades e o escopo entre os responsáveis pelo gerenciamento de ativos em fornecedores, as atividades e problemas da empresa envolvendo este gerenciamento de ativos (c) realizar análise das situações encontradas na empresa, correlacionando-as com a base teórica investigada; o autor deste projeto iniciou o mapeamento do fluxo de materiais e informações no que tange o gerenciamento das ferramentas nos fornecedores, sendo possível encontrar alguns indícios de problemas que convergem com os mencionados na literatura levantada.

O Quadro 5 a seguir resume os problemas encontrados pela equipe, bem como as convergências dos temas com os extratos da literatura encontrada na revisão bibliográfica:

**Quadro 5** – Resumo dos problemas identificados e análise sob o ponto de vista teórico.

| <b>Problema Identificado</b>   | <b>Descrição</b>  | <b>Base teórica para o problema encontrado e suas implicações</b>   |
|--|---|---|
| Falta de gerenciamento das ferramentas   | Não existe um padrão definido de como gerenciar as ferramentas e não há controle sobre quais ativos estão alocados em quais fornecedores  | Falta de uma rotina e cultura de gestão, de manutenção, controle e cuidado com os equipamentos (CARANNANTE, 1995; Suzuki, 1994)/  |
| Falta de controle da condição e manutenção da ferramenta   | Não há informações sobre o estado físico dos ativos, sobre a disponibilidade e taxa de falha e dados para provisionar recursos  | Falta de perspectiva gerencial sobre a manutenção preventiva das ferramentas, que deve incorporar fatores como objetivos, planejamento e métodos da manutenção, alocação e utilização de recursos, além de suporte em resolução de problemas e tomadas de decisão com base em análise de dados e informações (Simões <i>et al.</i> , 2011).   |
| Ações reativas e falta de informações para manutenção preventiva   | As ações atuais são realizadas de forma reativa, apenas quando há algum problema instaurado. Não há plano de manutenção preventiva.   | A empresa segue uma abordagem reativa (Nakajima, 1988), sendo que a reatividade acarreta em problemas como falta de materiais de reposição, falta de recursos para analisar a falha e eventual parada de produção da ferramenta nos fornecedores (Ahuja; Khamba, 2008).   |
| Risco de parada de linha, impacto em produtividade   | Mau gerenciamento das ferramentas leva a peças com problema de qualidade e leva à ineficiência na produção da ferramenta, gerando paradas de linhas, problemas de qualidade e prejuízo à empresa cliente. | Bakri et al (2014) e outros autores citados na seção de revisão mencionam o mesmo problema, a ineficiência no gerenciamento de ferramentas e equipamentos têm impacto direto na produtividade e lucratividade das organizações. Lo, Sculli e Young (2006), dentre outros, complementam a atribuição de tais problemas à falta de confiança e integração com os fornecedores.        |
| Omissão de responsabilidade da empresa, ficando o fornecedor responsável pelas condições das ferramentas | Há omissão de responsabilidade por parte da empresa, as intervenções são feitas pelos fornecedores e não há uma retroalimentação das informações para a empresa cliente.                                  | Este ponto indica que a empresa não segue a Prevenção da Manutenção (Nakajima, 1986; Ortis, 2004) em que as informações sobre a falha devem retroalimentar o conhecimento da equipe e influenciar no design de novos equipamentos para evitar as mesmas deficiências em novos projetos.   |
| Problemas não são tratados de maneira conjunta entre cliente e fornecedor                                | Nota-se que os problemas não são reportados do cliente para o fornecedor.<br>Problemas reportados ao cliente não seguem um método para serem tratados em conjunto   | O contexto apresenta evidências de divergência com algumas das características principais da atuação integrada do cliente junto à sua cadeia de suprimentos, como a cooperação e o trabalho de forma conjunta na investigação e solução de problemas mencionados por Mentzer <i>et al.</i> (2001) e também por outros autores, tais como Bennet e Klug (2012), Dyer e Hatch (2004). |

**Fonte:** Criado pelo autor.

Notou-se que, como consequência deste cenário, por algumas vezes o relacionamento comercial entre as partes é afetado, pois o fornecedor sente que está arcando com problemas que não são de sua responsabilidade, podendo levar a um aumento de custo no preço das peças ou até mesmo a falta de abastecimento, oriunda de problemas de performance e

ineficiência da ferramenta. Em outros casos, o fornecedor simplesmente deixa de realizar a manutenção no ativo, acelerando sua deterioração e reduzindo sua vida útil.

Do ponto de vista da empresa cliente, não há profissionais com visão desta falta de gestão sobre o bem, somente sendo notado em casos extremos, com peças produzidas fora da especificação ou riscos iminentes de parada de linha por problemas de performance da ferramenta. Isso pois a fragilidade destas ferramentas de estampo aumentam o risco de produção e envio de peças não-conforme ao cliente e de atrasos em entregas, até mesmo em paradas de linha. Bakri et al (2014) e outros autores citados na seção de revisão mencionam o mesmo problema, a ineficiência no gerenciamento de ferramentas e equipamentos têm impacto direto na produtividade e lucratividade das organizações. Lo, Sculli e Young (2006), dentre outros, complementam a atribuição de tais problemas à falta de confiança e integração com os fornecedores.

Uma suma dos pontos supracitados conclui a apresentação dos resultados dos objetivos específicos (b) e (c) e confirma o diagnóstico do problema de pesquisa apresentado na seção de aspectos metodológicos. O cenário atual na empresa carece de informações e dados para planejamento e tomada de decisão; há pouca clareza quanto à responsabilidade das partes e baixos níveis de integração entre cliente e fornecedor, corroborando negativamente para o fluxo de informação e cooperação entre as partes e consequente desenvolvimento da cadeia. Não existe um modelo de gestão e atuação nas ferramentas, não se conhece quais ferramentas estão prestes a apresentar problemas e não há preparação preventiva para resolvê-los. Os reflexos desta problemática incidem sobre indicadores de abastecimento, qualidade e, sobretudo, levam a aumento de custos para toda a cadeia, impactando a integração e relacionamento comercial entre as partes.

Esta suma vem de encontro ao quarto objetivo específico proposto por este projeto, (d) Identificar as principais oportunidades para incorporar no novo sistema que suportará o processo de gestão de ativos. Onde percebeu-se a necessidade de haver um sistema que proporcione a troca de informações entre as partes, com uma listagem das ferramentas, com um plano de manutenção preventiva definido, com um espaço reportando as taxas de quebra e reparos, com geração de relatórios de manutenção e solicitações de suporte nas substituições de componentes. Ou seja, um sistema que integre cliente e fornecedor, melhorando a comunicação e gerando dados para planejamento e tomada de decisão.

O quinto objetivo específico proposto por este projeto endereça o desenvolvimento deste sistema: (e) Desenvolver e validar um sistema que ajude a resolver as oportunidades identificadas. Nesta etapa o método cíclico da pesquisa-ação se traduziu. O projeto conseguiu

conduzir duas rodadas completas do ciclo, sendo interrompido na terceira. Os resultados de cada etapa para cada ciclo são apresentados na sequência:

## 4.2 PRIMEIRO CICLO

Os parágrafos abaixo se destinam a relatar os resultados para o primeiro ciclo.

### 4.2.1 Coleta de dados - primeiro ciclo

Levantamento de Dados por meio de entrevistas não-estruturadas; observações diretas e indiretas e análise documental. As entrevistas foram inicialmente conduzidas com membros da manutenção interna da empresa, nas quais foi possível identificar a existência de um roteiro de manutenção de ferramentas utilizado internamente. Este roteiro é impresso e preenchido manualmente pelos membros da equipe de manutenção a cada intervenção realizada. Neste caso, o roteiro foi analisado e ajustado pela equipe de projeto para ser aplicado nos fornecedores.

A partir deste momento o roteiro ajustado será chamado de *checklist* de manutenção. É possível vê-lo no apêndice A. Ainda durante as entrevistas, foi constatado e confirmado por observação direta que internamente as manutenções são planejadas utilizando um método que se assemelha a uma combinação do método baseado em falhas e do método baseado em tempo de reparo mencionado por Basri *et al.* (2017) e Ng *et al.* (2012). Por fim, foram analisados alguns relatórios do *software* de inventário dos ativos, evidenciando que a listagem de ferramental em fornecedores estava desatualizada.

Outras entrevistas não estruturadas foram feitas com membros do fórum da Comunidade de Práticas em estamperia, Community of Practices (CoP). Este é um fórum oficial da empresa que é integrado por engenheiros e gerentes do departamento de Qualidade de Fornecedor de outras duas plantas da empresa no Brasil, Estados Unidos e Europa.

As informações das entrevistas mostraram que em outras plantas também não há práticas definidas para a gestão de ativos. Houve relatos de que a problemática também existe nessas regiões, porém não foi possível capturar ações a serem replicadas para solucionar o problema. Esta constatação vem ao encontro da dificuldade em encontrar trabalhos que tratem o problema estudado na literatura, dificuldade vivenciada durante a revisão bibliográfica deste projeto.

As entrevistas não estruturadas também foram conduzidas com dois dos fornecedores de alto volume de faturamento e que produzem peças críticas para a qualidade estética e funcional do produto final. Esses relataram a utilização de um método de planejamento das manutenções ligeiramente similar ao método baseado em falhas proposto por Basri *et al.* (2017) e Ng *et al.* (2012). Porém, ao visitar os fornecedores junto do membro da área de manutenção do projeto e também analisar os relatórios de manutenção, foram evidenciadas algumas discrepâncias em relação ao que foi declarado na entrevista e o praticado no chão-de-fábrica, tais como ferramentas com cronograma de manutenção não executado, ferramentas que estavam listadas como manutenção executada, porém fisicamente não se evidenciava sinais da intervenção, e ferramentas existentes não listadas em nenhum cronograma de manutenção.

Durante as visitas também foi possível observar algumas ferramentas em operação e discutir sobre seu histórico de falhas, sendo solicitado ao fornecedor uma cópia do plano de manutenção preventiva de todas as ferramentas e alguns laudos técnicos das falhas. Por fim, o momento da visita também foi usado para realização de um inventário dos ativos presentes no fornecedor, que gerou informações para atualizar o banco de dados do software da empresa cliente.

Por fim, mais uma coleta de documentos foi realizada com arquivos tais como Relatórios de Não-Conformidade de peças estampadas em fornecedores, estes arquivos foram obtidos com a equipe de qualidade de manufatura da empresa cliente, por meio de compartilhamento de pastas online no Google Drive. Esses foram importantes para avaliar se a periodicidade de manutenção adotada pelos fornecedores era suficiente para garantir a conservação das ferramentas e, por consequência, garantir a qualidade da peça produzida. Algumas peças físicas também foram analisadas visualmente, procurando evidências de falhas oriundas de problemas nas ferramentas, tais como amassados, rebarbas ou deformações. Isso foi feito principalmente com a finalidade de cruzar os dados obtidos com as análises dos Relatórios de Não-Conformidade e com a situação física das ferramentas observada durante as visitas. Mais detalhes serão apresentados na etapa de análise de dados.

O quadro 6 na sequência resume os resultados da coleta inicial de dados

**Quadro 6** – Resultados da coleta inicial de dados

| <b>Fonte de coleta</b>                  | <b>Instrumento de coleta</b> | <b>Informações/Evidências obtidas</b>  |
|---|------------------------------|--|
| Time de manutenção empresa cliente      | Entrevista não-estruturada   | O time utiliza um Roteiro de Manutenção físico. Manutenções planejadas utilizam um método de combinação do baseado em falhas e do baseado em tempo.    |
|   | Análise de documentos        | Acesso ao Roteiro de Manutenção utilizado internamente.  |
|   | Observação direta            | Relatórios do software de inventário dos ativos desatualizado.   |
| <i>Community of Practices</i>           | Entrevista não-estruturada   | Não há práticas definidas para gestão de ativos.   |
|   | Entrevista não-estruturada   | Utilizam manutenção planejada com base no método de falhas.  |
| Fornecedores                            | Observação Direta            | Falha ao seguir o cronograma de manutenção - Condição estrutural da ferramenta de estampo. Realização do inventário de ativos.                         |
|   | Análise de documentos        | Cópia do plano de manutenção de ferramentas, laudo técnico das falhas na ferramenta.   |
| Qualidade de manufatura empresa cliente | Análise de documentos        | Arquivos de Relatórios de Não-Conformidade de peças estampadas em fornecedores. Correlação com situação estrutura da respectiva ferramenta de estampo. |
|   | Observação direta            | Situação da peça estampada: com riscos, amassados e rebarbas.  |

Fonte: Criado pelo autor.

#### 4.2.2 Feedback, análise dos dados e ações - primeiro ciclo

Optou-se por apresentar as etapas de Feedback dos Dados, Análise dos Dados, Planejamento e Implantação das Ações todos em uma mesma seção para manter a lógica e coesão na descrição.

Após o consentimento da equipe do encerramento da primeira etapa de levantamento de dados, iniciou-se a etapa de *Feedback* dos dados, estes foram levados à reunião de time multifuncional e o pesquisador, que também é mediador da equipe de pesquisa, organizou as informações obtidas em planilhas para melhor conduzir as discussões. A maior parte dos documentos foram arquivados em uma pasta de equipe no Google Drive para facilitar o acesso. Os membros da equipe consentiram em reunião que os dados coletados eram suficientes para a etapa de análise.

Na etapa de Análise dos Dados foi possível cruzar as informações obtidas na coleta de dados com alguns direcionais obtidos da revisão de literatura e também com a experiência dos membros da equipe de projeto. Por exemplo, ao analisar o roteiro de manutenção obtido durante as entrevistas e análise documental, foi explorada uma forma de viabilizar a utilização deste questionário pelo fornecedor durante as manutenções preventivas das ferramentas, bem

como uma forma da empresa cliente obter as respostas de tais manutenções de maneira mais automática possível.

O primeiro Planejamento e Implantação da Ação consistiu no time optar por transferir as perguntas do documento para um formulário online do Google, o Google *Forms*, que é um recurso para conduzir pesquisas de maneira estruturada por tópicos e online, com seus resultados disponibilizados em uma planilha.

Desta maneira, a condução do *checklist* se tornaria mais prática e online, podendo ser feita de um tablet ou smartphone. Além disso, as respostas do formulário online ficam concentradas em uma planilha online, (Google *Sheets*), facilitando o acesso da empresa à informação disponibilizada pelo fornecedor. Uma representação do formulário online pode ser vista no Apêndice B. É possível notar que o formulário de manutenção preventiva executada é rico em nível de detalhes, com campos para preenchimento de informações específicas, comentários e também com a obrigatoriedade de envio de fotos do ponto de interesse do ferramental.

Na sequência, além dessa forma de capturar as informações das manutenções realizadas, foi debatido também o método de planejar e indicar a necessidade do fornecedor executar uma intervenção no ferramental. Neste momento a equipe convergiu também na abordagem baseada em falhas proposta por Basri *et al.* (2017) e Ng *et al.* (2012), na qual a manutenção deve ser feita com base nas taxas de desgaste e de utilização do ativo, vinculado aos volumes de demanda de peças.

As observações realizadas durante as visitas em fornecedor foram de grande importância na discussão da equipe de projeto a respeito da taxa de desgaste dos componentes e da condição estrutural dos ativos atualmente. As considerações do membro da engenharia industrial contribuíram para a discussão do plano de manutenções preventivas, que foi decidido que seria baseado em periodicidade entre intervenções, com intervalos constantes nos quais a ferramenta deve passar pela manutenção.

O plano de volume mensal de itens produzidos naquela ferramenta também foi um fator decisivo. Portanto, concluiu-se que a cada quantidade específica de dias, a ferramenta havia produzido um determinado número de peças, sofrido uma taxa de desgaste e, por isso, precisaria de uma intervenção para reparos e restaurações. Assim surgiu o plano de manutenções preventivas baseado em falhas e intervalos de tempo para cada ferramenta do fornecedor. Estas premissas estão em linha com Misra (2008), que cita que o cronograma de manutenção pode ter intervalos geralmente constantes, que podem ser baseados em períodos

de tempo ou em taxa de utilização do equipamento. Um exemplo do Google *Sheets* do plano de preventivas pode ser visto no Apêndice C.

Na sequência, a equipe indicou a importância de vincular as respostas dos fornecedores ao *checklist* à planilha de plano de manutenções preventivas criada. Neste caso, o mais interessante é que esse vínculo fosse feito de forma automática, por sistema computacional. O membro da área de Qualidade, que também detém conhecimentos de programação, sugeriu uma maneira de unir as duas informações por meio de um *script* realizado na própria planilha de respostas gerada pelo formulário.

O plano de manutenção preventiva para cada ferramenta do fornecedor foi escrito na mesma planilha Google *Sheets* originada pelo formulário de respostas, porém em outra aba. A essa planilha foi dado o nome de Planilha Central de Controle. Uma programação foi feita, trabalhando através de uma premissa de verdadeiro ou falso, buscando pela informação na aba de “Respostas ao formulário 1” e trazendo para uma caixa de seleção na aba de “Plano de Preventivas”, marcando a caixa automaticamente em caso das informações presentes serem equivalentes. Uma ilustração dessa dinâmica pode ser vista no esquema apresentado na Figura 3 a seguir:

**Figura 3** - Esquema do script de conexão das informações entre as abas da Planilha Central de Controle

Busca por nome da ferramenta e número sequencial da manutenção preventiva

| Carimbo de data/hora | Data da preventiva | ZF da Ferramenta             | Quo o número da preventiva desta ZF? |
|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| 30/06/2021 16:09:25  | 2021-06-30         | ZF088507 - PRESILHA REGISTRO | 1                                    |

Realiza checagem da lista de ferramenta e manutenção preventiva  
Marca a caixa de seleção com

| ZF                           | Status  | Preventiva Inicial | Periodicidade (dias) |
|------------------------------|---------|--------------------|----------------------|
| ZF088507 - PRESILHA REGISTRO | Overdue | 2021-06-30         | 90                   |

Data Planejada 1    Executaria 1    Data Executada 1    Como foi entregue 1

| ZF                           | Status  | Preventiva Inicial | Periodicidade (dias) |
|------------------------------|---------|--------------------|----------------------|
| ZF088507 - PRESILHA REGISTRO | Overdue | 2021-06-30         | 90                   |

Plano de Preventivas

Fonte: criada pelo autor.

Em seguida, foram discutidos dois outros pontos fundamentais para a dinâmica de controle das manutenções. O primeiro deles diz respeito a gerar um aviso da necessidade de manutenção para o fornecedor, isto é, tornar o fornecedor ciente que a empresa cliente sabe que é preciso fazer uma intervenção na ferramenta e que aguarda o envio do relatório de manutenção por meio do *checklist*.

O membro da área de Qualidade já havia trabalhado com envios automáticos de email em outra iniciativa e logo sugeriu realizar algo similar neste projeto. Assim, foi criada uma programação na planilha que era capaz de percorrer as linhas com os nomes e datas de manutenção preventiva planejadas para cada ferramenta, incorporando estes textos em um email para os fornecedores responsáveis de todos os ativos que estivessem com data de intervenção programada em até 5 dias.

Um carregamento de endereços de email na mesma planilha elencou os destinatários do aviso, ou seja, havia uma lista de endereços e para receber o aviso. Este email recebeu o nome de “Aviso de preventiva planejada”, um exemplo pode ser visto no Apêndice D.

Outra preocupação do time do projeto era com a não execução das manutenções, dado que durante as observações diretas e análise documental das auditorias foi possível identificar falhas no cumprimento dessas atividades por parte dos fornecedores. Por isso, foi discutida uma maneira de se capturar e reportar automaticamente sempre que uma manutenção não fosse executada, ou seja, uma identificação do não envio do checklist respondido até a data planejada. Para este caso, a mesma premissa de programação e do email automático surgiu como opção. Foi feita uma programação para percorrer a lista de datas da aba do plano de manutenção, buscando datas já passadas em relação a data do dia corrente; após essa etapa, a busca comparativa era feita no intervalo das caixas de seleção de manutenção preventiva

~~Executada~~

Não executada

e sempre que encontrada uma caixa de seleção em branco com data já passada, era gerado um texto de email de “Aviso de preventiva em atraso” com o nome e data da atividade fora do prazo. Um exemplo deste email pode ser visto no Apêndice E. Após implementadas todas essas ações, a própria equipe do projeto fez algumas simulações para testar o funcionamento das programações.

Como tudo estava funcionando apropriadamente, a equipe de projeto concordou que a etapa de implantação estava concluída, agendando uma data para validação com os patrocinadores do projeto.

### 4.2.3 Avaliação e validação e resultados - primeiro ciclo

A etapa de validação foi feita com todo o time de projeto junto dos gerentes dos patrocinadores do projeto. Através de uma vídeo-chamada, foi apresentada a planilha com as abas de plano de manutenções preventivas e de respostas do formulário, bem como uma simulação de preenchimento das respostas no mesmo. Foram apresentados também os dois exemplos de email de aviso. Foi frisada a dinâmica de interação do formulário com a planilha, bem como as programações automatizando o processo de preenchimento das respostas, cobrança da execução da manutenção e do atraso.

Encerrada a apresentação, o primeiro ponto discutido e explorado entre os presentes foi se os fornecedores estariam dispostos a conduzir as atividades da maneira apresentada. Foi consenso que isso deveria ser tratado simplesmente como uma questão de comunicar aos fornecedores o início do processo e formalizar nossa expectativa de que eles se adequassem. Essa postura defende a importância da sinergia de processos entre cliente e fornecedor, compartilhando informações e utilizando de um mesmo sistema de informações gerenciais para conectar as duas organizações.

Essa mentalidade sobre integração está em linha com o que defendem os autores Mentzer *et al.* (2001), Omar *et al.* (2012) e Zhang *et al.* (2018), assim como também está suportado por Corbett (2006), que aponta que fornecedores de uma cadeia de suprimentos integrada se comprometem a implementar os mesmos sistemas de gestão da qualidade que seus clientes, buscando inclusive similaridade e adaptação nas rotinas de gerenciamento.

Além deste ponto, os patrocinadores fizeram algumas considerações, tais como, um pedido para abrir a possibilidade com um nome e contato para que o fornecedor pudesse responder caso tivesse algum problema com a dinâmica, ou caso ainda não fosse o melhor momento para execução da manutenção. Essa segunda observação é coerente, visto que o plano de manutenção foi concebido com base em intervalos de dias calculados com base nos volumes de peças produzidas por mês e consequente taxa de utilização das ferramentas.

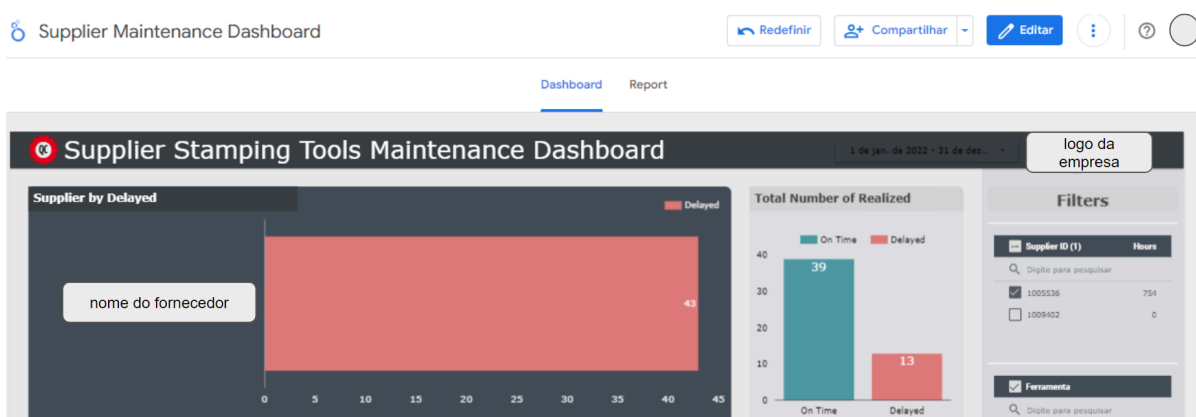
O ponto de atenção está na variação nos volume de peças por conta da variação de demanda, que poderia levar a uma menor utilização do ativo até a data de manutenção prevista. Esta sugestão está em linha com o que se observa em Bennet e Klug (2012) e Dyer e Hatch (2004), que defendem a comunicação de forma bilateral para integração cliente-fornecedor, trabalhando de maneira conjunta e orientada à investigação e solução de problemas.

Assim sendo, o texto do email foi ajustado e validado novamente com os gerentes. Outra recomendação feita está em linha com a busca por uma abordagem mais gerencial da manutenção preventiva para tratar problemas, utilizando a premissa de alocação e utilização de recursos, além de suporte em resolução de problemas e tomadas de decisão com base em análise de dados e informações citada por Simões *et al.* (2011). Isso foi traduzido em um pedido para converter todos os dados da planilha em um *dashboard*, isto é, em um painel de interface visual e gráfica mostrando algumas informações tais como: as manutenções planejadas *vs.* realizadas ao longo do tempo; horas de manutenção corretiva e preventiva mês a mês; horas de manutenção corretivas gastas por ferramenta e manutenções realizadas dentro do prazo *vs.* as realizadas com atraso.

O objetivo deste *dashboard* é que a informação disponível tenha um papel de auxiliar nas decisões quanto ao provisionamento de recursos e estabelecimento de prioridades para atuar em ferramentas que estejam se mostrando mais deficientes em termos de horas de manutenção corretiva; ou até mesmo auxiliar na decisão de abordar o fornecedor em caso de não-intervenção nas ferramentas e manutenções entregues em atraso. Essas abordagens aconteceriam de forma preventiva, antes do ferramental apresentar problemas crônicos como falhas de qualidade ou perdas de performance que pudessem gerar impacto de parada de linha.

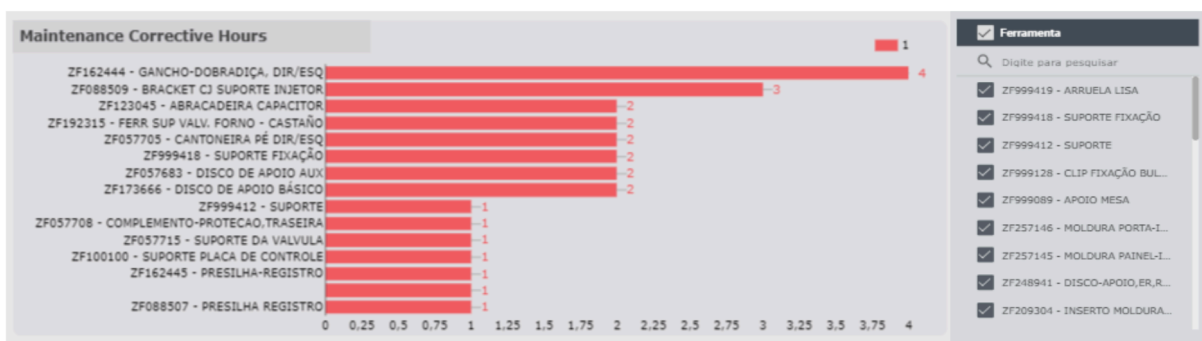
O *dashboard* foi construído utilizando a integração da planilha com um recurso chamado Google Data Studio, que consegue tratar dados e apresentá-los de forma visual em painéis, com possibilidade de aplicação de filtros para gerar gráficos e tabelas. Na sequência é possível ver algumas figuras de gráficos extraídos do dashboard:

**Figura 4 - Dashboard:** Manutenções preventivas atrasadas e em dia por fornecedor



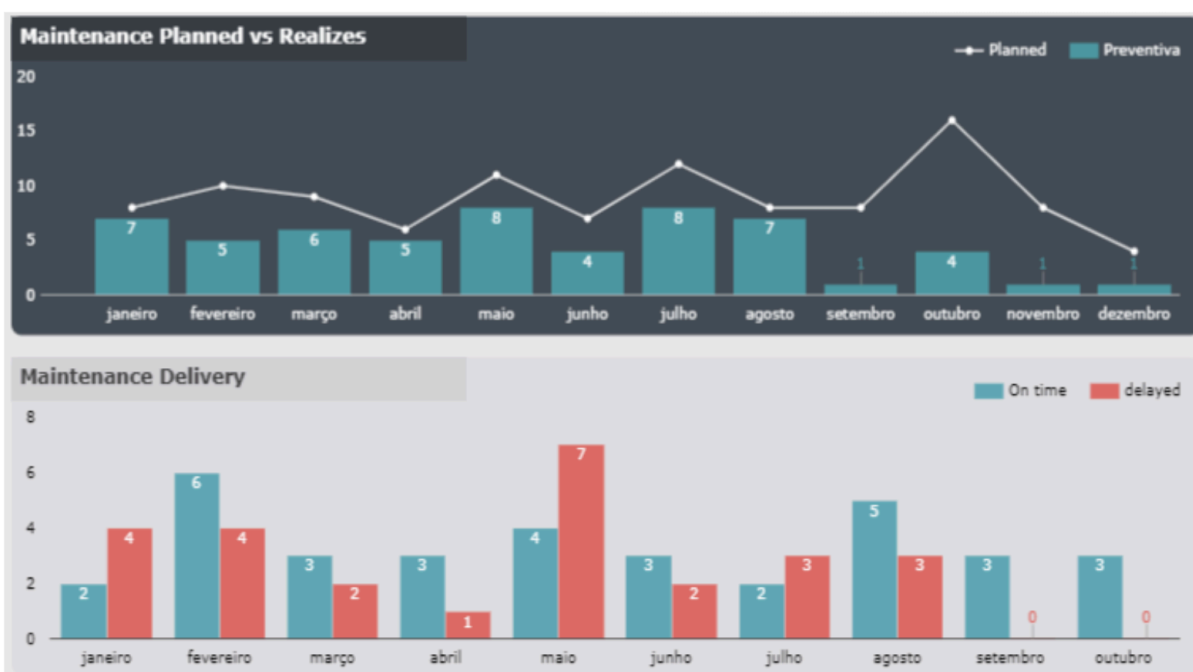
**Fonte:** extraído do *Dashboard* desenvolvido no projeto

**Figura 5 - Dashboard:** Ferramentas que mais gastam horas de manutenções corretivas



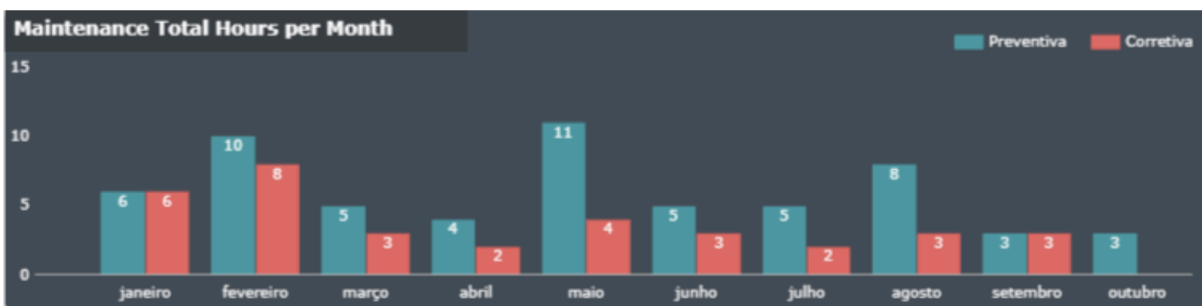
Fonte: extraído do Dashboard desenvolvido no projeto.

**Figura 6 - Dashboard:** Manutenções planejadas vs. realizadas no mês e manutenções entregues em dia vs. atrasada por mês



Fonte: extraído do Dashboard desenvolvido no projeto

**Figura 7 - Dashboard:** Horas de manutenção preventiva vs. corretiva por mês.



Fonte: extraído do Dashboard desenvolvido no projeto

Após a criação do *dashboard*, a etapa de validação foi conduzida com o primeiro fornecedor escolhido, chamado de fornecedor A. Uma videoconferência com um membro da liderança do fornecedor foi realizada, na qual todas as características finais do projeto foram transmitidas: (i) plano de manutenções preventivas com a lista de todas as ferramentas, criado a partir das informações de frequência de intervenção e volumes; (ii) o email automático comunicando a necessidade de intervenção e possibilidade de réplica do fornecedor; (iii) o formulário *checklist* de manutenção preventiva para ser preenchido eletronicamente e de maneira online; (iv) o email com o aviso de intervenção em atraso; e, por fim, (v) o *dashboard* com sua proposta de utilização visando maior compartilhamento de informação entre as organizações e integração na resolução de problemas. Após a comunicação quanto à importância deste projeto, o fornecedor se mostrou inclinado a participar e colaborar com comentários e sugestões durante a fase de teste.

Assim, a criação e validação do *dashboard* e das outras características é considerado o marco do fim do primeiro ciclo de implantação da pesquisa-ação. Todas as características foram validadas em vídeo-chamada com os gerentes dos membros do time de projeto e com o fornecedor A, além de posteriormente serem enviadas para todos por email em minuta de reunião de encerramento do ciclo. Para fins de clareza na visualização de toda dinâmica desenvolvida até este ponto do projeto, a imagem abaixo ilustra um fluxograma criado pelo autor para apresentar as etapas, arquivos e informações envolvidas no processo.

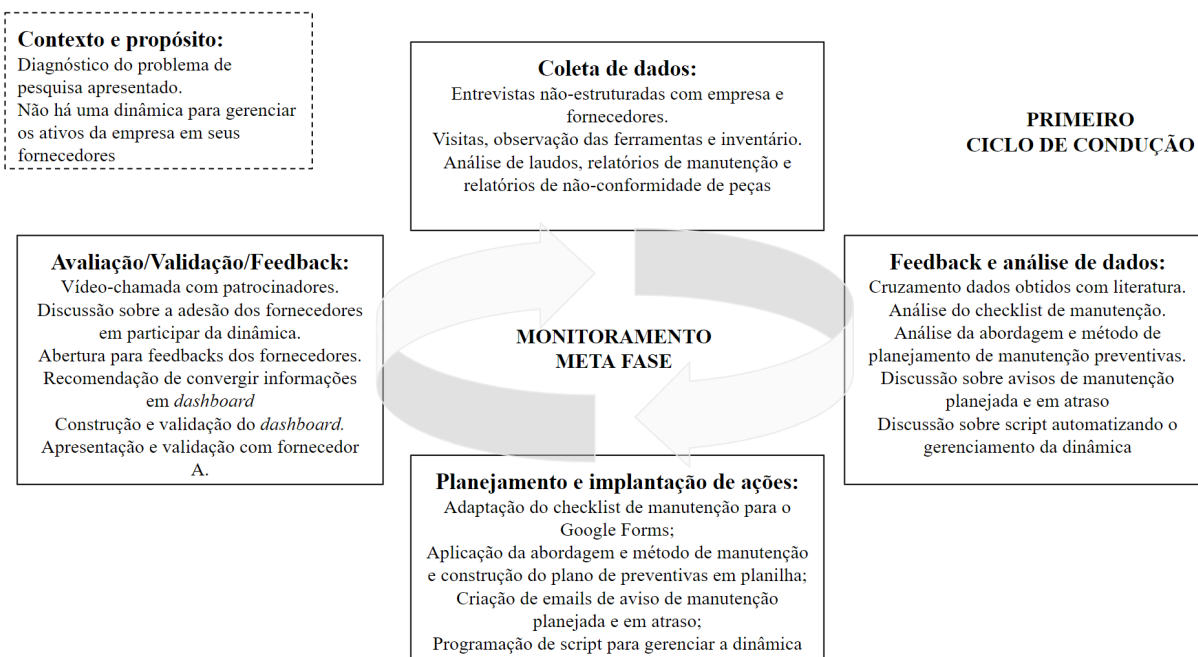
**Figura 8** - Etapas desenvolvidas para a dinâmica de gerenciamento de ativos.



**Fonte:** criado pelo autor.

O ciclo de implantação da pesquisa-ação deste projeto até a presente fase é apresentado na figura a seguir, resumindo todas as atividades e resultados em cada etapa do primeiro ciclo.

**Figura 9** - Ciclo de Implantação da pesquisa-ação para o primeiro ciclo deste projeto.



**Fonte:** construído pelo autor, baseado em Coughlan e Coughlan (2002).

### 4.3 SEGUNDO CICLO

O segundo ciclo proposto foi, portanto, a implantação da dinâmica de gestão com este primeiro fornecedor A, com o objetivo de coletar *feedbacks*, retroalimentar o conceito e refinar possíveis pontos de melhoria na proposta.

#### 4.3.1 Coleta, *feedback* e análise de dados - segundo ciclo

A principal técnica de coleta de dados utilizada neste segundo ciclo foi a análise de documentos, no caso, análise dos dados dos *checklists* de manutenção enviados e presentes na aba de respostas da Planilha Central de Controle. Essa análise indicou que o fornecedor estava realizando o preenchimento de maneira incorreta, indicando de forma errada o número sequencial da manutenção realizada, uma interpretação equivocada em relação ao treinamento inicial.

Além disso, observou-se que algumas manutenções preenchidas e presentes na aba de Resposta não estavam sendo replicadas na aba de Plano de Preventivas, isto é, a caixa de seleção de manutenção executada não estava sendo preenchida automaticamente. Para este caso, uma análise de causa indicou que o erro no preenchimento do número sequencial de

manutenções no formulário estava levando à checagem incorreta pelo *script* programado na planilha.

Outra informação obtida desta vez foi através de *feedback* do fornecedor, que mencionou que o email de “Aviso de preventiva planejada” estava sendo enviado todos os dias, ao invés de somente uma vez para notificá-lo da necessidade de intervenção, evidenciando uma linha equivocada na programação do *script* de envio automático de mensagem.

Na perspectiva de análise de dados, observou-se que as informações presentes na planilha não estavam sendo completamente replicadas para o *dashboard*. Mais especificamente, as horas de manutenção corretivas e as datas de execução das intervenções não estavam sendo registradas corretamente. Uma análise de causa realizada pelo time de projeto indicou que o formato do dado dentro da planilha estava incompatível com as programações de soma e comparação utilizadas pelo *dashboard*. Todos os membros do projeto recebiam feedback das informações coletadas por meio da minuta do email enviada mensalmente.

#### **4.3.2 Planejamento e implantação das ações - segundo ciclo**

Nesta etapa foram planejadas e executadas as ações para resolver os pontos encontrados nas etapas de coleta e análise de dados descritas na subseção anterior. Para o preenchimento incorreto do *checklist* de manutenção feito pelo fornecedor, foi preparado um curto material de treinamento chamado de “Direcional - Preenchimento Checklist de Manutenções”, o qual foi utilizado para realizar um novo treinamento com o fornecedor A, buscando deixar mais clara a definição do número sequencial das manutenções e a quantidade de horas de manutenção preventiva. Este material pode ser visto no Apêndice F.

Além disso, o problema dos emails enviados todos os dias foi corrigido pelo membro de qualidade responsável pela programação, ajustando a linha do *script* de contagem e comparação do dia com as datas da planilha. Por fim, este mesmo membro criou uma nova aba na planilha para converter o formato das respostas que chegam pelo formulário online, transformando os dados em formatos numéricos e em formatos de datas, respectivamente, permitindo que o *dashboard* fizesse a interpretação e tratamento dos mesmos.

### 4.3.3 Avaliação e validação - segundo ciclo

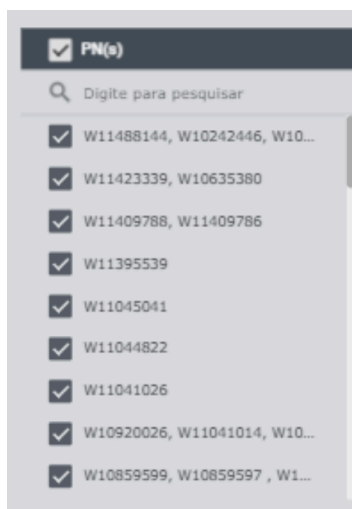
Após todos estes ajustes, os dados passaram a ser corretamente tratados e as informações começaram a ser geradas de maneira contínua pelo *dashboard*. Isso proporcionou ao time uma ferramenta para iniciar um trabalho de monitoramento das ferramentas.

O primeiro conjunto de informações analisado partiu do gráfico de manutenções realizadas em relação às planejadas ao longo do tempo. Com isso, o profissional de manutenção pôde verificar quando a execução não estava aderente ao plano e conduzir ligações ao fornecedor. Essas ligações tinham caráter de acompanhamento para questionar a execução do plano de manutenção e também um papel muito importante de passar credibilidade para o trabalho, evidenciando que não-execuções do plano estavam sendo monitoradas pelo cliente.

Outro conjunto de informações partiu do gráfico de horas de manutenções corretivas gastas por ferramenta. Com este gráfico foi possível direcionar os esforços para a primeira ferramenta da lista e priorizar a que estava apresentando mais problemas. O membro de qualidade de manufatura pontuou algo importante, a necessidade de vincular essa ferramenta problemática às peças que ela produz, para assim poder atuar de forma preventiva em relação a essas peças. Notou-se, contudo, que o *dashboard* não dispunha desse recurso, que foi portanto rapidamente complementado. Foi adicionada uma aba de correlação das peças produzidas por cada ferramenta na Planilha Central de Controle.

Após isso, uma programação foi feita para que o *dashboard* pudesse vincular as peças às ferramentas, gerando uma opção de busca disponível em um campo de filtros de PN (*part numbers*), tal como a imagem abaixo apresenta.

**Figura 10** - *Dashboard*: Campo para filtrar peças pelo código vinculado ao ferramental que produz



**Fonte:** extraído do *Dashboard* desenvolvido no projeto

#### 4.3.4 Resultados - segundo ciclo

A etapa de resultados proporcionou o momento de maior avanço e clareza a respeito do que todo este desenvolvimento foi capaz de proporcionar.

Após a identificação das ferramentas que mais apresentavam horas gastas em intervenções corretivas, foi possível dar início a uma ação preventiva junto da equipe de qualidade para aumentar o nível de inspeção dos lotes de peças produzidas por essas ferramentas problemáticas. O tamanho da amostra de inspeção foi dobrado nos três lotes seguintes, mas nenhuma peça com problema foi encontrada.

Em caráter investigativo, uma reunião foi feita por videoconferência com o fornecedor, questionando sobre as muitas horas de correção gastas na ferramenta e sobre o nível de qualidade das peças produzidas. O fornecedor reforçou o *feedback* já respondido no formulário a respeito dos problemas crônicos com o ferramental e também relatou que as falhas nas peças foram identificadas rapidamente pelo seu operador de máquina. Por isso, poucas peças não-conforme foram produzidas, sendo estas separadas das demais para a posterior execução de um retrabalho.

Portanto, não houve impactos de qualidade para o cliente. Ainda assim, a ação seguinte foi direcionada ao membro do time de manutenção do projeto, que ficou responsável por discutir uma intervenção sistêmica para solucionar em causa raiz o problema da ferramenta junto ao fornecedor. Essa situação se repetiu para outros itens da lista com elevado número de horas corretivas.

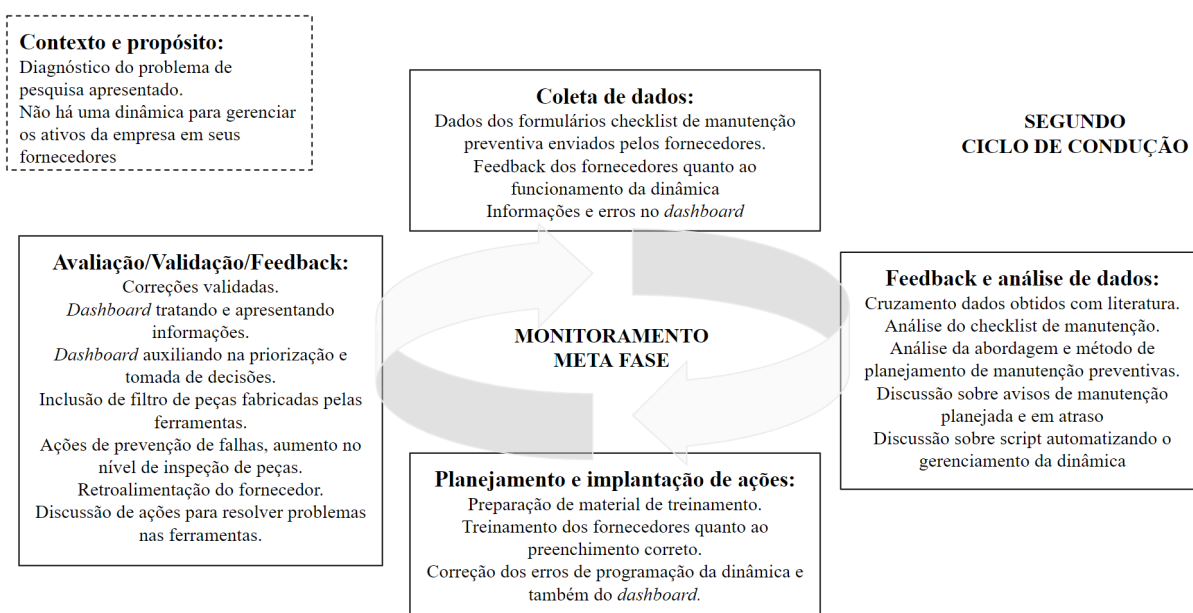
Assim sendo, esse é considerado do fim do segundo ciclo de pesquisa ação proposto por Coughlan e Coughlan (2002), uma vez que aquilo que havia sido proposto estava em funcionamento, viabilizando o monitoramento e intervenções nas ferramentas e, por consequência, auxiliando nas tomadas de decisão e contribuindo para evitar problemas de qualidade com peças fora de especificação no cliente.

Além disso, problemas de performance nas ferramentas que poderiam se agravar também estavam sendo endereçados de forma mais antecipada. Ainda que não visível em termos numéricos, tais resultados estão em linha com o que existe na literatura de Desenvolvimento e Integração de Fornecedores, bem como em linha com a teoria presente no tema de Cultura Orientada à Cadeia de Suprimentos (SCO). Isso pois a dinâmica desenvolvida é reflexo de uma mentalidade e postura de compartilhamento de tecnologia e conhecimento nos dois sentidos da cadeia, bem como da informação fluindo em sentido bilateral, além de cliente e fornecedor trabalhando de maneira conjunta e orientada à investigação e solução de problemas (Bennet e Klug, 2012; Dyer e Hatch, 2004).

Esse indício de mudança na postura vem de encontro à literatura ao retratar resultados de cadeias que trabalham de maneira integrada como, por exemplo, um aumento nos níveis de qualidade, uma melhora significativa nos fluxos de informação e materiais, assim como relatado por Eltantawy *et al.* (2009) e por Perols *et al.* (2013). Por fim, está também em consonância com Duhaylongsod e Giovanni (2019), Salamian (2020) e Zhao *et al.* (2014) que relataram melhoria nos níveis de qualidade de performance em organizações que praticam iniciativas de integração de fornecedores.

O marco do fim do segundo ciclo de implantação foi uma nova videoconferência com os gerentes do time de projeto, apresentando como a dinâmica ocorrendo com o primeiro fornecedor e os principais sinais de melhoria já visualizados. Com o consenso de todos, foi tomada a decisão de expandir este mesmo processo para um segundo fornecedor, chamado fornecedor B. O fim deste ciclo e início do próximo foi comunicado a todos por email. De maneira similar ao apresentado no fim do primeiro ciclo, uma suma da implantação da pesquisa-ação deste projeto até a segunda fase é apresentado na imagem abaixo, resumindo todas as atividades e resultados em cada etapa do segundo ciclo.

**Figura 11 - Ciclo de Implantação da pesquisa-ação para o segundo ciclo deste projeto**



**Fonte:** criado pelo autor.

### 4.3 TERCEIRO CICLO

O terceiro ciclo proposto por este projeto foi a expansão dessa dinâmica de gestão para um segundo fornecedor, aqui chamado de fornecedor B. A equipe de projeto entendeu que era possível abranger um número maior de ativos, visto que após os refinamentos das etapas anteriores chegou-se a um resultado que estava funcionando e auxiliando a entregar o que o projeto inicialmente propusera com o fornecedor A.

Além disso, a entrada no terceiro ciclo teria papel fundamental para determinar a escalabilidade da dinâmica criada. Esperava-se ao fim deste ciclo ter uma melhor percepção quanto às necessidades de recursos para expandir o trabalho para todas as ferramentas e todos os fornecedores da base. Isso será explorado no capítulo de conclusão, dando visão das limitações e possíveis futuros projetos.

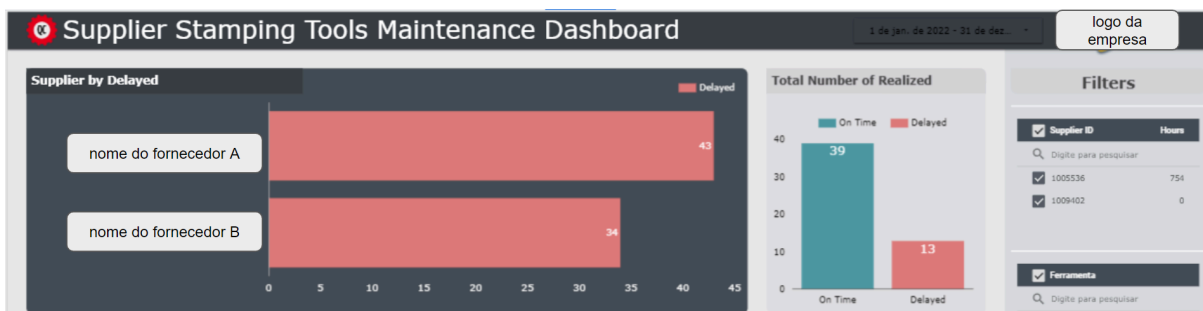
Assim sendo, as etapas desta terceira rodada do ciclo de implantação ocorreram de maneira muito similar às anteriores. Inicialmente, para o levantamento de dados, foi feita uma auditoria das ferramentas presentes no fornecedor B, ajustando o software de inventário da empresa cliente com o resultado. De maneira análoga, a lista de ferramentas do fornecedor B foi transcrita para uma cópia do Formulário de *Checklist* de Manutenção no Google *Forms*, dedicado exclusivamente a ele. Na sequência, a planilha de respostas do Google *Sheets* foi gerada a partir do formulário, garantindo a conexão das respostas registradas por ele diretamente com a planilha, sendo incorporada então à Planilha Central de Controle.

Similarmente ao primeiro caso, o plano de manutenções preventivas foi construído em conjunto do fornecedor B, também fazendo uso da abordagem baseada em falhas proposta por Basri *et al.* (2017) e Ng *et al.* (2012), com base na periodicidade de intervenções, taxas de desgaste e de utilização do ativo, vinculado aos volumes de demanda. Então, o plano de manutenções foi adicionado à Planilha Central de Controle e as datas de manutenções foram vinculadas aos emails de aviso de preventiva planejada. Este plano também continha caixas de seleção para que a programação fosse capaz de confirmar quando uma resposta de manutenção fosse enviada para a determinada ferramenta. Analogamente, a lista de peças produzidas por cada ferramenta foi incluída na planilha.

Na sequência, a programação para que todos os dados desta aba do fornecedor B fossem tratados pelo *dashboard* juntamente dos dados do fornecedor A foi feita. Com isso, a equipe de projeto entendeu que era possível dispor das informações de forma integrada e ordenada, assim traçando prioridade nas ferramentas com problema nos dois fornecedores, contribuindo para a melhor tomada de decisão de qual ativo com problema priorizar as

análises e ações. A imagem a seguir ilustra o dashboard apresentando os dois fornecedores registrados.

**Figura 12 - Dashboard:** Manutenções preventivas atrasadas e em dia com o fornecedor B



**Fonte:** extraído do *Dashboard* desenvolvido no projeto.

Por fim, o fornecedor B recebeu o treinamento assim como o fornecedor A, para que realizasse os preenchimentos do *checklist* à medida que os avisos de manutenção planejada fossem chegando por email.

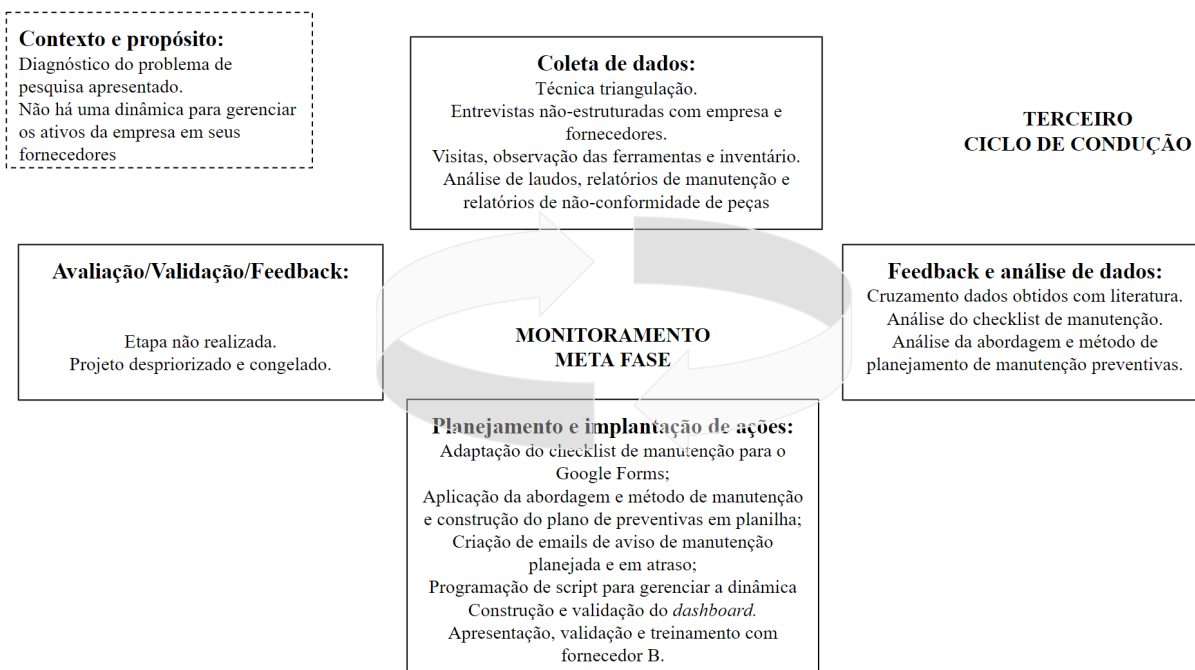
Contudo, nesta fase, dois fatores não previstos no projeto ocorreram. Primeiramente, o membro da equipe e também autor deste projeto de pesquisa movimentou-se do departamento de Qualidade de Fornecedores para outro departamento da empresa. Departamento este que não tinha relação com o tema, inviabilizando a inclusão deste projeto no escopo do autor. Isso infelizmente levou à gradativa despriorização do projeto, visto que sua reposição por outra pessoa naquela área foi tardia e, além disso, quando o novo membro integrou a equipe, o interesse da área no projeto já não era tão grande quanto de início.

A perda de prioridade foi reflexo do segundo fator não previsto: o gerente da área de Qualidade de Fornecedores e também grande patrocinador da iniciativa deixou a empresa, sendo repostado por outra pessoa.

Embora o projeto tenha sido apresentado ao novo responsável, a reestruturação da área com a chegada dessas duas pessoas fez com que a iniciativa perdesse cada vez mais força. Com isso, o membro da qualidade também responsável pela programação e correção de problemas do *dashboard* e da *Google Sheets* também passou a não revisar mais a dinâmica de chegada e tratativa dos dados. O *dashboard*, por sua vez, foi prejudicado por toda essa mudança, apresentando alguns erros que inviabilizaram as análises periódicas, em especial do time de manutenção, responsável por gerar os planos de ação junto dos fornecedores. Por fim, o projeto foi congelado, interrompendo o andamento do terceiro ciclo de pesquisa-ação.

Assim como apresentado no fim do primeiro ciclo, uma suma da implantação da pesquisa-ação deste projeto até a terceira fase é apresentada na imagem abaixo, resumindo todas as atividades e resultados em cada etapa do terceiro ciclo, antes de sua interrupção.

**Figura 13** - Ciclo de Implantação da pesquisa-ação para o terceiro ciclo deste projeto



**Fonte:** criado pelo autor.

#### 4.4 PROPOSTA DE *FRAMEWORK*

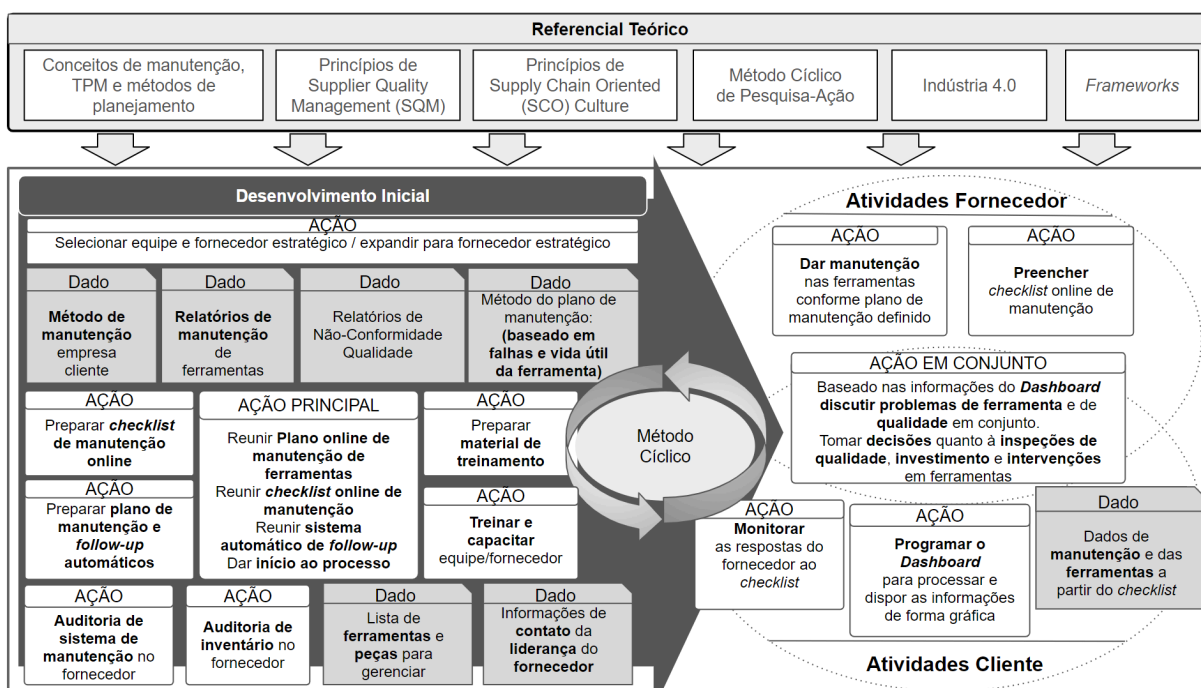
Esta subseção se destina a apresentar uma proposta de *framework* que foi produto do trabalho visto nas subseções anteriores deste capítulo de resultados. A proposta do *framework* foi incorporada ao trabalho com o objetivo de apresentar o processo implícito no software como um modelo mais genérico, em um formato mais visual, que não se apegue tanto aos detalhes e possa proporcionar ao leitor uma representação mais macro, processual e sistemática do processo.

Nessa linha, o projeto se propôs a apresentar um *framework* para implantação do processo de gerenciamento de ativos em fornecedores. Um *framework* é uma estrutura de suporte que serve como base para a implantação de processos organizacionais, oferecendo componentes reutilizáveis e uma arquitetura padrão para a construção e melhoria de processos. Eles fornecem uma abordagem estruturada para resolver problemas complexos e

podem ser adaptados para atender às necessidades específicas de uma organização (Erl *et al.*, 2017; Gamma *et al.* 1994).

O *framework* proposto por este trabalho busca direcionar ao referencial teórico a ser utilizado, traduzir em etapas estruturadas as atividades e listar os dados necessários e define também as ações por parte da empresa cliente, do fornecedor e ações conjuntas. Ele tem como objetivo criar um modelo estruturado e replicável para outros cenários organizacionais que estejam enfrentando problemas similares. Na figura 14 apresentada é possível ver o resultado do modelo. Nos parágrafos subsequentes há também uma explicação complementar para a implantação.

**Figura 14-** *Framework* de implantação do processo de gerenciamento de ferramentas em fornecedores terceiros.



Fonte: criado pelo autor.

Inicialmente, o framework demonstra que é fundamental se apropriar de conceitos de manutenção e também de temas relacionados à cadeia de suprimentos, com destaque para qualidade, cultura e integração.

Deve-se também utilizar dos princípios e etapas de um método cíclico de implementação da solução proposta, como na pesquisa-ação, para incorporar a sistemática durante o desenvolvimento do projeto. A abordagem das tecnologias da indústria 4.0 sustenta

a mentalidade de construção de uma solução integrada, online, pouco dependente de pessoas e sustentável. O conceito de *framework* fecha o embasamento teórico.

Nessa proposta, há uma fase de desenvolvimento inicial que planeja, coleta dados e executa as principais etapas do modelo. Nessa fase é importante que sejam escolhidos fornecedores estratégicos para a empresa cliente. O critério de seleção neste caso foi pelo volume de faturamento e criticidade, em termos de qualidade, das peças produzidas no fornecedor, mas pode ser algum outro critério a escolha da empresa que estiver aplicando o *framework*.

As auditorias também são fundamentais para aproximar cliente e fornecedor, bem como para a realização dos inventários e observações diretas da situação problema onde ela ocorre. Neste projeto especificamente foram tratados ferramentais de estampo, mas é importante frisar que o modelo se aplica para qualquer ativo da empresa cliente em comodato no fornecedor, como moldes, dispositivos, máquinas, enfim, qualquer ativo que necessite de acompanhamento de sua manutenção.

A escolha do método para planejar a manutenção também é uma etapa de grande importância. Neste trabalho o método baseado em falhas, utilização e degradação do ativo foi o mais apropriado, principalmente para que os volumes de demanda de peças da linha branca se tornassem um referencial de tempo, definido por períodos constantes entre intervenções. O ponto de atenção aqui é que, caso algum outro método de planejamento de manutenção seja escolhido, ele precisa estar atrelado a uma forma factível de mensurar a periodicidade das intervenções e também a uma forma de conduzir avisos de cobrança da execução da manutenção, chamados de *follow-ups* neste projeto.

Quanto aos arquivos e *softwares* utilizados, não há necessidade que sejam da empresa Google, porém o *framework* desenvolvido recomenda fortemente que sejam ferramentas conectadas à internet, que salvem os dados automaticamente na nuvem, garantam gestão da informação e principalmente que permitam conectividade em tempo real entre os diferentes departamentos e elos da cadeia envolvidos no projeto.

Dois outros fatores fundamentais na aplicação do modelo são: o envolvimento da liderança do cliente e fornecedor e também as atividades de treinamento e capacitação do time. É preciso que todos tenham conhecimento do processo e que priorizem as reuniões periódicas e tarefas a serem realizadas.

Uma vez executadas todas as etapas do desenvolvimento inicial, outro fator chave para a implantação deste modelo de gestão é o acompanhamento em conjunto, cliente e fornecedor, das informações disponíveis no *dashboard*. Mesmo que não seja um *dashboard* Google, é

importante que as informações estejam tratadas e disponíveis de forma tal que a equipe consiga se reunir, avaliar os principais causadores da situação problema e tomar ações de contenção e sistêmicas, neste caso especificamente as informações estão dispostas de forma gráfica, numérica e categorizada, classificadas pelo princípio de Pareto.

Por fim, o método cíclico deve ser respeitado para que seja possível realizar rodadas de implantação e *feedbacks* e manter o princípio de melhoria contínua ativo. Além disso, o método cíclico permite a expansão gradativa do modelo para mais fornecedores, além de garantir a gestão como rotina nas empresas.

## 5 CONCLUSÃO

Este capítulo se destina a apresentar a conclusão do trabalho, suas contribuições para a empresa e de cunho acadêmico, apresenta também as limitações de pesquisa e propostas de trabalhos futuros.

### 5.1 CONCLUSÃO GERAL

A pesquisa desenvolveu um *framework* que resume premissas do desenvolvimento de *software* e *dashboard* para dar suporte ao processo de gerenciamento de manutenção dos ativos da empresa em seus fornecedores terceirizados. A estrutura é baseada em premissas da literatura sobre TPM e planejamento de manutenção. O planejamento de manutenção considera a taxa de utilização de ferramentas, a vida útil do equipamento e a taxa de utilização com base na demanda. O framework também indica a necessidade e possibilidades para melhorar a interação e comunicação entre a empresa cliente e o fornecedor, bem como as etapas para implementação de uma ferramenta de planejamento e controle de manutenção de ativos.

A lógica do framework resume as etapas de desenvolvimento do *software* e *dashboard* para facilitar a comunicação e o gerenciamento de manutenção entre a empresa cliente e os fornecedores. O software foi testado e aplicado a dois fornecedores da empresa cliente e demonstrou sucesso ao permitir maior comunicação entre as empresas, um canal de comunicação direto, gerenciamento de manutenção pela empresa cliente e suporte ao fornecedor para execução de manutenção preventiva.

Pode-se concluir que o trabalho atingiu seu objetivo. Todos os seus objetivos específicos foram alcançados e o principal produto de todo o desenvolvimento se materializa não somente no *dashboard* como também no modelo para a rotina de gestão de ferramentas, traduzido no *framework*.

Entende-se pelos resultados das rodadas de implantação da pesquisa-ação, que o modelo foi capaz de endereçar as principais questões mapeadas e expostas no capítulo de introdução. O resultado é capaz de auxiliar na comunicação, de integrar as diferentes áreas da empresa, de aproximar cliente e fornecedor, com sistemas online, com alto nível de detalhe na informação compartilhada e, sobretudo, auxiliar na priorização e alocação de recursos, gerar histórico e gestão do conhecimento.

Adicionalmente, a pesquisa-ação demonstrou que o *software* e *dashboard* desenvolvido são capazes de gerar maior integração entre a empresa cliente e seus

fornecedores, permitindo compartilhamento automático de informações e manutenção preventiva em potenciais falhas de ferramentas, resultando na redução de problemas de qualidade em peças críticas, paradas de linha e maiores níveis de inspeção de qualidade no fornecedor e cliente.

Portanto, como implicação acadêmica, a pesquisa permitiu a utilização de conceitos de manutenção preventiva para estabelecer planos de manutenção em fornecedores terceirizados de produção. O framework apresenta uma lógica para as organizações lidarem com a manutenção de ferramentas em fornecedores, favorecendo principalmente a troca de informações e a comunicação bidirecional, gerando integração, cooperação e aumentando os níveis de desempenho das empresas na cadeia de suprimentos.

O trabalho foi capaz de, à luz da literatura, cruzar conhecimento teórico e prático em um cenário real, frente a um problema complexo da organização. Por exemplo, os conceitos de manutenção e principalmente os métodos de planejamento da manutenção encontrados na literatura vieram ao encontro da experiência técnica dos membros da equipe para definir o melhor método do plano de manutenções preventivas adotado.

Os benefícios da aplicação da manutenção serviram de grande base de argumento durante as etapas do trabalho para que o autor mantivesse todos os membros e seus líderes engajados e priorizando o projeto. Além disso, os conceitos de SQM e SCO embasaram a postura da equipe e maneira de conduzirem as conversas e tarefas junto dos fornecedores, expondo a importância de treinamento, integração e cooperação entre os elos da cadeia, assim como a adoção dos mesmos sistemas de gerenciamento de manutenção e qualidade.

Quanto ao contexto e tecnologias da indústria 4.0, apesar da dificuldade em aplicá-los neste contexto, serviram como horizonte de planejamento e meta de onde se pode chegar em termos tecnológicos de monitoramento de máquinas e tratamento de dados. Mesmo assim, pode-se dizer que a utilização de dados na nuvem já foi um primeiro indício da utilização deste conteúdo da literatura na indústria.

Por fim, o conceito do *framework*, objetivando a construção de um modelo estruturado para guiar a implantação de processos de melhoria em cenários organizacionais complexos foi também outro fator chave gerado com base em premissas da literatura e que resume as ações necessárias em meio ao ambiente do projeto para se chegar no modelo proposto.

O *framework* é um resultado de pesquisa mais generalista e que pode ser usado por outras organizações que desejam implementar uma comunicação mais eficaz com fornecedores usando seus ativos. Por meio do *framework* e da implementação de um plano de manutenção, podem ser geradas mudanças efetivas na comunicação, tempo de inatividade de

máquinas, problemas de fornecimento de linha, qualidade de peças e comunicação e integração com o fornecedor.

## 5.2 CONTRIBUIÇÕES

Em termos de contribuição para a empresa, entende-se que o projeto foi bem sucedido principalmente por ser capaz de mostrar à empresa a possibilidade de se conduzir a rotina de gerenciamento de ativos de uma forma diferente. Do ponto de vista prático, a principal contribuição foi o *dashboard*, porém pode-se dizer que todas as etapas até sua conclusão trouxeram novos conhecimentos à equipe de projeto.

Outra contribuição foi quanto à integração entre os departamentos da empresa, além da aproximação cliente e fornecedor.

Ainda que não tenha sido possível mensurar financeiramente os ganhos, qualitativamente a empresa pode se beneficiar das informações do *dashboard* para tomar ações preventivas de qualidade, ao aumentar a amostragem de inspeção de lotes e evitar que peças ruins de fornecedores chegassem à produção e gerassem paradas de linha.

Foi possível também vivenciar a rotina de revisão periódica das informações das ferramentas para elencar ações sistêmicas de correção naquelas em condições estruturais deterioradas. A rotina também fez com que o responsável de manutenção definitivamente gerenciasse a manutenção na cadeia, pois manteve contato rotineiro com os responsáveis pela manutenção dos fornecedores e monitorou a execução das manutenções por meio do envio do *checklist* online.

Quanto às contribuições acadêmicas, é possível resgatar a linha argumentativa apresentada na seção introdutória deste trabalho, reforçando a pequena população de trabalhos que abordam a integração dos temas na literatura. Salvo pelos artigos de Liu et al. (2024), Jiang et al. (2022) e Favatto Filho et al. (2024), a revisão bibliográfica utilizada não conseguiu consolidar materiais que abordassem o problema de pesquisa em sua íntegra na resolução do crônico cenário apresentado, mesmo apesar da vasta combinação de *booleanos* e busca em diferentes bases de dados.

Assim, portanto, pode-se dizer que este trabalho foi capaz de integrar diferentes conceitos já presentes na literatura para cobrir uma lacuna existente no tema de gerenciamento de manutenção de ativos em empresas terceiras, principalmente quando se considera o foco em melhoria da qualidade e integração entre cliente e fornecedor. Ademais, o trabalho entrega

à base teórica um modelo através do *framework* que pode servir como material de consulta para empresas e pesquisadores ao se depararem com situações similares.

O produto tecnológico apresentado no Apêndice G é aqui neste trabalho considerado uma contribuição tanto de cunho profissional quanto acadêmico. Profissional pois expõe de forma prática todas as etapas do desenvolvimento acadêmico e materializa o resultado do trabalho do Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção, ficando como material de consulta junto dessa dissertação.

### 5.3 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Apesar da recomendação de um *framework*, pode-se afirmar que as principais limitações deste estudo estão ligadas à sua natureza monográfica, restringindo a generalização dos resultados à organização investigada. A unicidade do contexto organizacional analisado pode limitar a extensão em que os resultados podem ser aplicados. Ademais, a ausência de análises quantitativas dos resultados representa uma lacuna na contribuição deste projeto, uma vez que a profundidade e a abrangência da compreensão dos fenômenos estudados poderiam ser mais exploradas em termos numéricos, oferecendo uma base mais robusta para as conclusões apresentadas.

Do ponto de vista prático e de aplicação, a migração do autor deste projeto do departamento de Qualidade de Fornecedores para outra área sem relação com a situação problema foi outro fator limitador. Isso fez com que a equipe de pesquisa fosse afetada, perdendo seu mediador e referência da condução do trabalho. Como também já citado anteriormente, o gerente dessa mesma área também deixou a empresa, perdendo a equipe de projeto um de seus mais engajados patrocinadores. Ainda que as duas vagas tenham sido repostas por outras pessoas, essas acabaram priorizando outros temas quando entraram na área, tais como outros problemas urgentes de qualidade envolvendo outras carteiras que não a de estampagem de metais.

Fazendo referência ao período no qual o projeto esteve ativo, uma limitação da pesquisa se deu pela maneira de se monitorar o tempo do cronograma de manutenções. Deve-se aqui lembrar que a periodicidade entre intervenções do plano de manutenção foi definida com base na utilização e desgaste das ferramentas, que por sua vez foram vinculadas ao volume de peças produzidas. O volume de peças projetado ao longo dos dias e meses do ano traduziu o período de intervenção para “dias equivalentes àquela quantidade de peças demandada”. Ou seja, a cada determinado número de dias, a demanda por peças teria levado a

ferramenta a produzir este determinado número de itens, justificando sua utilização e necessidade de manutenção.

A limitação da pesquisa neste contexto ocorre pois o volume de produção de linha branca tem oscilações significativas, justamente pelo fator de sazonalidade citado por Cerra *et al.* (2014) no início deste trabalho. O reflexo desta variação de volume criou uma situação na qual os dias da periodicidade entre manutenções se passavam, porém na data programada para a intervenção a ferramenta ainda não havia produzido todo o volume de peças. Isso ocorreu diversas vezes e gerou queixas dos fornecedores de receberem constantes avisos de necessidade de manutenção sem chegada a hora da execução. Por outro lado, o membro de manutenção precisou ajustar a periodicidade do plano de manutenção com bastante frequência, trocando a data e prejudicando a credibilidade do monitoramento.

Uma proposta para lidar com a questão da variação de volume na linha branca é não utilizar o número de dias como base da periodicidade entre as manutenções. Porém, isso requer outra forma de controlar a taxa de utilização e desgaste dos ferramentais.

Um recurso para monitorar este fator em tempo real é a instalação de sensores de ciclos nas ferramentas, os chamados “contadores de golpes”, que captam um sinal a cada ciclo concluído e enviam a uma base de dados na nuvem. Dessa maneira, a cada produção de uma determinada peça, o sistema seria alimentado com o número de ciclos de produção concluídos na ferramenta de estampo dessa peça.

Sendo assim, a periodicidade entre as manutenções não precisaria mais ser definida com base em dias, mas sim com base em números de ciclos, que traduz de maneira muito mais precisa a taxa de utilização do ativo. Essa mudança estaria em linha com o que está presente na literatura sobre indústria 4.0, que cita a conectividade entre equipamentos industriais e sistemas de gestão de manutenção.

Em linha também com o conceito da Internet das Coisas, que permite comunicação entre máquinas e sistemas, permitindo a coleta contínua de dados operacionais que são essenciais para a implementação de estratégias de manutenção. Os sensores integrados a máquinas e componentes que coletam dados em tempo real sobre o desempenho, condições operacionais e integridade dos equipamentos seriam aqui os sensores de ciclo contadores de golpes.

Com esses dados coletados e armazenados na nuvem, seria possível tratá-los para cruzar a informação de utilização do ativo com seu plano de manutenção baseado em desgaste. Isso aumentaria a acuracidade da informação e a credibilidade do plano de manutenção, eliminando os conflitos entre cliente e fornecedor apresentados anteriormente.

Um trabalho futuro que tenha recursos para compra e instalação destes sensores, bem como dos *softwares* que os acompanham pode ser conduzido para verificar como esta mudança impactaria na dinâmica de gerenciamento aqui proposta.

Outras propostas de trabalhos futuros envolvem a escalabilidade do modelo. Isto significaria seguir com novas rodadas do ciclo de pesquisa-ação e expandir o modelo para mais fornecedores e ferramentas, assim seria possível explorar o princípio de Pareto de ferramentas com problema quando comparados diversos fornecedores e um maior número de ativos com diferentes concepções e presentes em diferentes estruturas organizacionais de fornecedores. Isso permitiria ainda criar hipóteses acerca do modelo de gestão de cada fornecedor, podendo haver comparações e troca de melhores práticas, elevando o nível da cadeia como um todo.

A capacidade de reprodução do modelo em outros contextos poderia ser testada em projetos futuros. Um trabalho que contemple empresas de diferentes mercados ou segmentos poderia ser conduzido, estudando como o modelo de *framework* seria adaptado quando aplicado em empresas do mercado automotivo, por exemplo. Um estudo comparativo das dinâmicas e modelos de gerenciamento de ativos em diferentes mercados poderia deixar o *framework* mais abrangente e capaz de incorporar um maior número de cenários dos desafios existentes nas organizações. Esta proposta aumentaria inclusive a contribuição com a literatura, por deixar um modelo mais completo disponível para consulta e referência em potenciais outros autores e trabalhos.

Por fim, um trabalho futuro pode também contemplar a parcela quantitativa de análise que não foi abordada neste projeto. O estudo poderia ser realizado em diferentes organizações e contar com indicadores bem discriminados, que trariam uma base de referência e comparação do antes vs. depois da aplicação do modelo de gestão. A comparação, por exemplo, do número de casos de problemas de qualidade com causa em ferramentas antes da implantação da rotina de monitoramento, com o número de ocorrências de qualidade após um período da gestão em andamento, seria capaz de trazer luz ao potencial numérico de retorno deste modelo e inclusive viria a complementar a justificativa de seu desenvolvimento nas organizações.

## 6 REFERÊNCIAS

- ACHOUCH, M., DIMITROVA, M., ZIANE, K., SATTARPANAH KARGANROUDI, S., DHOUIB, R., IBRAHIM, H., & ADDA, M. (2022). On predictive maintenance in industry 4.0: Overview, models, and challenges. *Applied Sciences*, 12(16), 8081.
- AHMAD, Md Tanweer; MONDAL, Sandeep. 2019. Dynamic Supplier Selection through Optimal Ranking under Two-Echelon System. *Benchmarking: An International Journal*, v. 26, n. 8, p. 2574-2607. doi:10.1108/BIJ-10-2018-0338.
- AHMAD, N.; MODAK, N. M. 2019. Supplier selection criteria and methods: A review. *Benchmarking: An International Journal*, v. 26, n. 3, p. 928-969.
- AHUJA, I. S.; KHAMBA, J. S. 2008. *Maintenance Management: An Integrated Approach*. New Delhi: Prentice Hall of India.
- AKSOY, A.; OZTURK, N. 2011. Supplier Selection and Performance Evaluation in Just-in-time Production Environments. *Expert Systems with Applications*, v. 38, p. 6351-6359.
- ALI, K. A. M. 2020. The Nexus between Supplier Quality Management and Organization's Competitive Advantage: An Empirical Evidence. *LogForum*, v. 16, n. 1, p. 161-170.
- ALI, K. A. M. 2020. The Nexus between Supplier Quality Management and Organization's Competitive Advantage: An Empirical Evidence. *LogForum*, v. 16, n. 1, p. 161-170.
- ARAZ, C.; OZKARAHAN, I. 2007. Supplier Evaluation and Management System for Strategic Sourcing Based on a New Multi Criteria Sorting Procedure. *International Journal of Production Economics*, v. 106, n. 2, p. 585-606. doi:10.1016/j.ijpe.2006.08.008.
- BAKRI, A. F. A., et al. 2014. The Contribution of Reliable Equipment towards Organizational Performance: A Literature Review. *Procedia Engineering*, v. 85, p. 17-25.
- BASRI, S. B., et al. 2017. Impact of Production Line Availability and Reliability towards Quality Product Manufacturing. *MATEC Web of Conferences*, v. 135, p. 00025.
- BENNETT, D.; KLUG, F. 2012. Logistics Supplier Integration in the Automotive Industry. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 32, n. 11, p. 1281-1305. doi:10.1108/01443571211274558.
- BOHORIS, G. A., et al. (1995). Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(1), 18-35.
- BRIX-ASALA, C., and S. SEURING. 2019. "Bridging Institutional Voids via Supplier Development in Base of the Pyramid Supply Chains." *Production and Planning Control*, 1-18.

- BURGESS, T. F. (1998). Building on BPR: Redesigning the Supply Chain Process. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(12), 1193-1207.
- CADDICK, J. R. and DALE, B. G. (1987), “Sourcing from less developed countries: a case study”, *Journal of Purchasing and Materials Management*, Vol. 23, No. 3, pp. 17-23.
- CARANNANTE, D. (1995). The Human Side of Total Productive Maintenance (TPM). *Industrial Management & Data Systems*, 95(8), 20-23.
- CARR, A. S. and PEARSON, J. N. (1999), “Strategically managed buyer-supplier relationships and performance outcomes”, *Journal of Operations Management*, Vol. 17, No. 4, pp. 497-519.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. (2012). *Metodologia de pesquisa para engenheiros e cientistas: teoria e prática (2a ed.)*. São Paulo: Elsevier.
- CERRA, V. E., et al. (2014). Dinâmica de Internalização e Externalização na Indústria de Linha Branca: O Papel da Sazonalidade. *Revista de Administração Contemporânea*, 18(3), 298-317.
- CHAKRAVARTY, A. K. (2014). *Supply Chain Transformation: Evolving with Emerging Business Paradigms*. Berlin: Springer.
- CHEN, K. S., C. H. WANG, and K. H. TAN. (2019). “Developing a Fuzzy Green Supplier Selection Model Using Six Sigma Quality Indices.” *International Journal of Production Economics*, 212(6), 1–7. doi:10.1016/j.ijpe.2019.02.005.
- CHOWDHURY, M. M. (1995). Total Productive Maintenance (TPM): A Route to World-Class Performance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 1(1), 5-17.
- CORBETT, C. J. (2006), “Global diffusion of ISO 9000 certification through supply chains”, *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 8, No. 4, pp. 330-350.
- COUGHLAN, D., & COUGHLAN, F. (2002). Action research for operations management. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(2), 220-240.
- CUNHA, J. C. (2003). Globalização, Mudança Tecnológica e Inovação na Indústria Brasileira de Eletroeletrônicos. *Revista Brasileira de Inovação*, 2(2), 289-316.
- DAS, A., R. NARASIMHAN, and S. TALLURI. 2006. “Supplier Integration: Finding an Optimal Configuration.” *Journal of Operations Management*, 24(5), 563–582. doi:10.1016/j.jom.2005.09.003.
- DE SMET, A., LURIE, M., & ST. GEORGE, A. (2019). Leading agile transformation: The new capabilities leaders need to build 21st-century organizations. McKinsey & Company.
- DOWLATSHAHI, S. (2000). Design–buyer–supplier interface: theory versus practice. *International Journal of Production Economics*, 63, 111–130.

- DUHAYLONGSOD, J. B., and P. D. GIOVANNI. 2019. "The Impact of Innovation Strategies on the Relationship between Supplier Integration and Operational Performance." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49(2), 156–177. doi:10.1108/IJPDLM-09-2017-0269.
- DYER, J. H., & HATCH, N. W. (2004). Using Supplier Networks to Learn Faster. *MIT Sloan Management Review*, 45(3), 57-63.
- ELTANTAWY, R., GIUNIPERO, L., and FOX, G. (2009). "A Strategic Skill Based Model of Supplier Integration and Its Effect on Supply Management Performance." *Industrial Marketing Management*, 38(8), 925–936.
- EMMETT, S., and B. CROCKER. 2016. *The Relationship Driven Supply Chain: Creating a Culture of Collaboration throughout the Chain*. London, UK: Routledge.
- ERL, T., KHATTAK, W., & BUHLER, P. (2017). *Cloud Computing Design Patterns*. Prentice Hall.
- FARAHANI, R. Z., & TOHIDI, H. (2020). Integrated production planning, maintenance planning and quality control: A systematic review. *International Journal of Production Research*, 58(2), 317-337.
- FAVATTO FILHO, A. S.; LIZARELLI, F. L.; POLTRONIERI, C. F. Framework proposal for preventive maintenance in third-party suppliers: an action research in the white goods industry. In: *International conference on quality engineering and management*, 6., 2024, Girona. Anais. Girona: ICQEM, 2024. p. 466-487.
- FERNANDES, B. H. R., MILLS, J. F., & FLEURY, M. T. L. (2005), "Resources that drive performance: an empirical investigation", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54(5/6), 340-354.
- GAMMA, E., HELM, R., JOHNSON, R., & VLISSIDES, J. (1994). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*. Addison-Wesley.
- GLAVEE-GEO, R. (2019). "Does Supplier Development Lead to Supplier Satisfaction and Relationship Continuation?" *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25(3), 100537–100514. doi:10.1016/j.pursup.2019.05.002.
- GOLDRATT, E. M. (1984). *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*. North River Press.
- GONZ, A., et al. (2004). Supplier selection: A literature review. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 10(5), 489-504.
- GONZ, M. E., G. QUESADA, and C. A. MORA. 2004. "Determining the Importance of the Supplier Selection Process in Manufacturing: A Case Study." *International Journal of*

- Physical Distribution & Logistics Management*, 34(6), 492–504. doi:10.1108/09600030410548550.
- HALBERG, D., et al. (2018). Supplier Relationship Management: A Review and Research Agenda. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 24(1), 27-41.
- HAMMER, M., & CHAMPY, J. (1994). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: Harper Business.
- HERMANN, M., PENTEK, T., & OTTO, B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3928-3937.
- JAYARAM, J. (2008). “Supplier Involvement in New Product Development Projects: Dimensionality and Contingency Effects.” *International Journal of Production Research*, 46(13), 3717–3735. doi:10.1080/00207540600787010.
- JIANG, Z. Z., HE, N., QIN, X., SUN, M., & WANG, P. (2022). Optimizing production and maintenance for the service-oriented manufacturing supply chain. *Annals of Operations Research*, 1-26.
- JIN, Y., Q. HU, S. W. KIM, and S. X. ZHOU. (2019). “Supplier Development and Integration in Competitive Supply Chains.” *Production and Operations Management*, 28(5), 1256–1271. doi:10.1111/poms.12984.
- JOHNSON, R. H. (2002). The MATREX Project: Software Support for System Dynamics Model Development. *System Dynamics Review*, 18(3), 305-320.
- KAGERMANN, H.; WAHLSTER, W.; HELBIG, J. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group. 2013.
- KANNAN, V. R., & TAN, K. C. (2002). “Supplier Selection and Assessment: Their Impact on Business Performance.” *The Journal of Supply Chain Management*, 38(4), 11–21. doi:10.1111/j.1745-493X.2002.tb00139.
- KIM, K. K., S. H. PARK, S. Y. RYOO, and S. K. PARK. (2010). “InterOrganizational Cooperation in Buyer–Supplier Relationships: Both Perspectives.” *Journal of Business Research*, 63(8), 863–869. doi:10.1016/j.jbusres.2009.04.028.
- KIMURA, Y. (1997). Maintenance Tribology: its significance and activity in Japan. *Wear*, 207(1-2), 63-66.
- KIANGALA, K. S., & WANG, Z. (2018). Initiating predictive maintenance for a conveyor motor in a bottling plant using industry 4.0 concepts. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 97, 3251-3271.

- KRAUSE, D. R., & ELLRAM, L. M. (1997). Success factors in supplier development. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 27(1/2), 39-52.
- LAMBÁN, M. P., MORELLA, P., ROYO, J., & SÁNCHEZ, J. C. (2022). Using industry 4.0 to face the challenges of predictive maintenance: A key performance indicators development in a cyber physical system. *Computers & Industrial Engineering*, 171, 108400.
- LASI, H., FETTKE, P., KEMPER, H. G., FELD, T., & HOFFMANN, M. (2014). Industry 4.0. *Business & Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
- LEE, J., BAGHERI, B., & KAO, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18-23.
- LI, S., XU, L. D., & ZHAO, S. (2015). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 11(4), 1442-1454.
- LI, W., P. K. HUMPHREYS, A. C. L. YEUNG, and T. C. E. CHENG. (2012). “The Impact of Supplier Development on Buyer Competitive Advantage: A Path Analytic Model.” *International Journal of Production Economics*, 135(1), 353–366. doi:10.1016/j.ijpe.2011.06.019.
- LIU, Y., LIU, B., YANG, H., & LUO, K. (2024). Optimal pricing and inventory strategies for leased equipment considering lessees’ options. *International Journal of Production Research*, 1-18.
- LO, C. K. Y., et al. (2006). Strategic Supplier Development: A Supply Chain Perspective. *International Journal of Production Economics*, 101(1), 249-261.
- LO, V. H. Y., D. SCULLI, and A. H. W. YEUNG. (2006). “Supplier Quality Management in the Pearl River Delta.” *International Journal of Quality & Reliability Management*, 23(5), 513–530. doi:10.1108/02656710610664587.
- LU, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- MARTIN, R. C. (2009). *Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship*. Prentice Hall.
- MARTINS, G. A. (2012). Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicação dessa técnica de pesquisa qualitativa em diferentes áreas do conhecimento. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 14(43), 1-11.
- MASCARENHAS, B., BAVEJA, A., & JAMIL, M. (1998). “Dynamics of core competencies in leading multinational companies.” *California Management Review*, 40(4), 117-132.

- MCKONE-SWEET, K. E., & WEISS, H. (1999). The Impact of Total Productive Maintenance Practices on Manufacturing Performance. *Journal of Operations Management*, 17(4), 463-480.
- MCKONE, K. E., et al. (1999). *TPM Implementation: A Japanese Approach*. New York: Productivity Press.
- MCMILLAN, G. S. (2001). Diagrams in practice: interpreting diagram types in software engineering. In: *Proceedings of the 2001 International Workshop on Visual Languages*. IEEE Computer Society, p. 161-167.
- MELLO, J. E., & STANK, T. P. (2005). "Linking Firm Culture and Orientation to Supply Chain Success." *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 35(8), 542–554. doi:10.1108/09600030510623320.
- MENTZER, J. T., et al. (2001). "Defining Supply Chain Management." *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25. doi:10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x.
- MISRA, K. B. (2008). *Maintenance Engineering and Management*. New Delhi: Dorling Kindersley (India) Pvt. Ltd.
- MODI, S. B., & MABERT, V. A. (2007). "Supplier Development: Improving Supplier Performance through Knowledge Transfer." *Journal of Operations Management*, 25(1), 42–64. doi:10.1016/j.jom.2006.02.001.
- MÜLLER, V., & GIESE, F. (2018). Artificial Intelligence in Industry 4.0 Applications and Future Trends. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*.
- NAKAJIMA, S. (1988). *Introduction to TPM*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- NG, A. K., et al. (2012). Tools, Equipment and Total Productive Maintenance (TPM): Implementation Experience in the Manufacturing Industry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 40, 599-603.
- NIR, A. S., et al. (2012). "Inter-Organizational Culture, Trust, Knowledge Sharing, Collaboration and Performance in Supply Chain of Maritime Industries: Examining the Linkages." *African Journal of Business Management*, 6(19), 5927–5938.
- NONAKA, I., & TAKEUCHI, H. (1995). *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press.
- NOVAK, J. D., & GOWIN, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. Cambridge University Press.

- OMAR, A., et al. (2012). "Exploring the Complex Social Processes of Organizational Change: Supply Chain Orientation from a Manager's Perspective." *Journal of Business Logistics*, 33(1), 4–19. doi:10.1111/j.0000-0000.2011.01034.x.
- OMAR, A., et al. (2012). "A Global Analysis of Orientation, Coordination, and Flexibility in Supply Chains." *Journal of Business Logistics*, 33(2), 128–144. doi:10.1111/j.0000-0000.2012.01045.x.
- OMAR, M., et al. (2012). Supplier integration and supply chain performance: A review of current evidence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(10), 931-953.
- ORTIS, J. F. (2004). *TPM en entornos de fabricación*. Barcelona: Gestión 2000.
- PARK, K. S., & HAN, S. W. (2001). "TPM – total productive maintenance: impact on competitiveness and a framework for successful implementation." *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 11(4), 321-338.
- PARK, S., & HAN, S. (2001). "Impact of Total Productive Maintenance on Manufacturing Performance." *International Journal of Production Economics*, 83(3), 135-149.
- PARMIGIANI, A., & MITCHELL, W. (2010). "The Hollow Cooperation Revisited: Can Governance Mechanisms Substitute for Technical Expertise in Managing Buyer-Supplier Relationships?" *European Management Review*, 7(1), 46–70. doi:10.1057/emr.2009.28.
- PEROLS, J., et al. (2013). "The Impact of Supplier Management Practices on Procurement Performance." *Journal of Supply Chain Management*, 49(3), 34-55.
- PHAN, A. C., A. B. ABDALLAH, & Y. MATSUI. (2011). "Quality Management Practices and Competitive Performance: Empirical Evidence from Japanese Manufacturing Companies." *International Journal of Production Economics*, 133(2), 518–529. doi:10.1016/j.ijpe.2011.01.024.
- PRAHALAD, C. K., & HAMEL, G. (1990). "The core competence of the corporation." *Harvard Business Review*, 90(3), 79-93.
- RAOUF, A. (1994). "Improving capital productivity through maintenance." *International Journal of Operations & Production Management*, 14(7), 44-52.
- RIIS, J. O., et al. (1997). *Maintenance Management: Concepts and Practices*. Copenhagen Business School Press.
- ROCHA, M. A. C., et al. (2019). Big Data Analytics in Manufacturing: State-of-the-Art and Future Directions. *International Journal of Production Research*, 57(15-16), 4853-4873.

- ROTTA, C. (2004). Inovação e Competitividade na Indústria de Eletrodomésticos: Estudo de Caso da Brastemp. *Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)* - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- SALAMIAN, A., et al. (2020). Supplier Selection, Development and Integration: A Collaborative Approach. *Journal of Supply Chain Management*, 57(3), 45-62.
- SALIMIAN, H., RASHIDIRAD, M., & SOLTANI, E. (2020). Supplier quality management and performance: the effect of supply chain oriented culture. *Production Planning & Control*, DOI: 10.1080/09537287.2020.1777478.
- SAWIK, T. (2018). "Selection of a Dynamic Supply Portfolio under Delay and Disruption Risks." *International Journal of Production Research*, 56(1-2), 760–782. doi:10.1080/00207543.2017.1401238.
- SCHULZE-EHLERS, B., et al. (2014). "Supply Chain Orientation in SMEs as an Attitudinal Construct." *Supply Chain Management: An International Journal*, 19(4), 395–412. doi:10.1108/SCM-07-2013-0241.
- SHIN, H., COLLIER, D. A., & WILSON, D. D. (2000). "Supply management orientation and supplier/buyer performance." *Journal of Operations Management*, 8, 317-333.
- SIMÕES, P.; et al. *Manutenção Industrial: Perspectivas Gerencial e Operacional*. São Paulo: Editora Atlas, 2011.
- SUZUKI, T. *TPM in Process Industries*. Portland, OR: Productivity Press, 1994.
- SWANSON, L. Linking Maintenance and Reliability to Business Strategy. *International Journal of Production Economics*, v. 70, n. 3, p. 237-244, 2001.
- TAJIRI, M.; GOTOH, F. *Advanced Manufacturing Technology and the Industrial Engineering Interface*. New York: Oxford University Press, 1992.
- TALLURI, S.; NARASIMHAN, R. A methodology for strategic sourcing. *European Journal of Operational Research*, v. 154, p. 236–250, 2004.
- TRIPATHI, D. Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 22, n. 2, p. 151-171, 2005.
- WATTS, C. A.; HAHN, C. K. Supplier development program: an empirical analysis. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, v. 29, n. 2, p. 11-17, 1993.
- WERKEMA, Maria Cristina Catarino. *As Ferramentas de Qualidade no Gerenciamento de Processos*. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1995.
- WINDLE, R. *Total Productive Maintenance*. London: Butterworth-Heinemann, 1993.
- WIREMAN, T. *Total Productive Maintenance – An American Approach*. New York, NY: Industrial Press Inc., 1990.

- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster, 1996.
- YAMASHINA, H. Japanese manufacturing strategy and the role of total productive maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 1, n. 1, p. 27-38, 1995.
- YOON, J.; TALLURI, S.; YILDIZ, H.; HO, W. Models for Supplier Selection and Risk Mitigation: A Holistic Approach. *International Journal of Production Research*, v. 56, n. 10, p. 3636–3661, 2018. doi:10.1080/00207543.2017.1403056
- ZHANG, M.; et al. Impact of supplier integration on firm performance: The moderating role of uncertainty. *Journal of Business Research*, v. 85, p. 104-117, 2018.
- ZHANG, M.; LETTICE, F.; CHAN, H. K.; NGUYEN, H. T. Supplier Integration and Firm Performance: The Moderating Effects of Internal Integration and Trust. *Production Planning & Control*, v. 29, n. 10, p. 802–813, 2018. doi:10.1080/09537287.2018.1474394
- ZHANG, Y.; et al. Supply Chain Orientation: Conceptualization, Scale Development, and Validation. *Journal of Business Logistics*, v. 39, n. 2, p. 91-112, 2018.
- ZHAO, X.; CAVUSGIL, E.; CAVUSGIL, S. T. An Investigation of the Black-Box Supplier Integration in New Product Development. *Journal of Business Research*, v. 67, n. 6, p. 1058–1064, 2014. doi:10.1016/j.jbusres.2013.06.006.
- ZU, X.; KAYNAK, H. An Agency Theory Perspective on Supply Chain Quality Management. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 32, n. 4, p. 423–446, 2012. doi:10.1108/01443571211223086.

**APÊNDICE A****Roteiro de preventiva****ORIENTAÇÃO**

- O PROFISSIONAL DEVERÁ EXECUTAR TODOS OS ITENS DESTA PREVENTIVA COM A PEÇA DO ÚLTIMO CICLO.
- CASO FOR SELECIONADO A OPÇÃO "NÃO ( )" O PROFISSIONAL TERÁ QUE JUSTIFICAR O PORQUE DA ESCOLHA APONTANDO A SOLUÇÃO A SER EXECUTADA, NO CAMPO DE OBSERVAÇÃO.
- CASO A FERRAMENTA NÃO TENHA ALGUM ITEM DESTA PREVENTIVA BASTA SINALIZAR NO CAMPO "NÃO APLICÁVEL ( )". - SE FOR NECESSÁRIO ALTERAR O TEXTO OU ACRESCENTAR ALGUM ITEM NESTA PREVENTIVA INDIQUE O LOCAL E ESCREVA NO VERSO DA FOLHA.

**PREVENTIVA - COMPLETA -****PADRÃO DE LIMPEZA E CONSERVAÇÃO DAS FERRAMENTAS**

\_ LIMPAR TODA A FERRAMENTA, RETIRANDO OS CAVACOS DAS BASES E DESOBSTRUIR MATRIZES.

CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

RETIRAR OLEO/GRAXA SUJA DAS COLUNAS E BUCHAS. CONCLUÍDO:

SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

RETIRAR O ÓLEO DAS BASES SUPERIOR E INFERIOR. CONCLUÍDO:

SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

RETIRAR OS RETALHOS DAS SAÍDAS DE CAVACOS.

CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

\_ APÓS A PREVENTIVA LUBRIFICAR GERAL A FERRAMENTA.

CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

**MATRIZ E PUNÇÃO (FERRAMENTA DE CORTE)**

\_ VERIFICAR ARESTAS DE CORTE ATRAVÉS DE INSPEÇÃO VISUAL E TATO, SE APRESENTAREM IRREGULARIDADE E DESGASTE LATERAL FAZER O AFIAMENTO OU SUBSTITUIÇÃO.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

VERIFICAR A VIDA ÚTIL DAS MATRIZES: QUANDO A ARESTA DE CORTE TIVER ENTRE 1,5 E 2,0 MM, PROVIDENCIAR MATRIZ NOVA, PORÉM DEVE SER VISTO A REAL NECESSIDADE OBSERVANDO O MIX DE PRODUÇÃO.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

\_ VERIFICAR A VIDA ÚTIL DOS PUNÇÕES: NÃO DEVE TER MAIS DO QUE 3,0 MM DE CALÇO. OBS.: QUANDO FOR NECESSÁRIO CALÇAR MATRIZ / PUNÇÃO, CALÇAR NAS PARTES NÃO CORTANTES COM NO MÁXIMO 2 CALÇOS.

## Roteiro de preventiva

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

MATRIZ E PUNÇÃO (FERRAMENTA DE DOBRA E REPUXO). \_ VERIFICAR SE TEM ATRITO, MATERIAL ENRRUSTIDO, DESGASTES, TRINCAS, AMASSAMENTOS, SE HOVER RECUPERAR OU SUBSTITUIR. NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

### SISTEMA DE EXTRAÇÃO DA PEÇA DOS PUNÇÕES.

\_ EXTRATORES: VERIFICAR SE TEM DESGASTE E FOLGAS EXCESSIVAS, EMPENAMENTOS OU AMASSAMENTOS SE TIVER RECUPERAR OU SUBSTITUIR. NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

\_ PARAFUSOS: VERIFICAR SE TEM DESGASTES NAS CABEÇAS, CORPO E ROSCAS, EMPENAMENTOS, SE HOVER SUBSTITUIR E/OU FAZER O REAPERTO.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_ MOLAS

HELICOIDAIS (SE HOVER): SUBSTITUIR QUANDO ESTIVEREM QUEBRADAS, EMPENADAS OU DEFORMADAS.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_ MOLAS

PLASTIPRENE (SE HOVER): SUBSTITUIR QUANDO ESTIVEREM RACHADAS, EMPENADAS OU DEFORMADAS.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

\_ CILINDRO DE NITROGÊNIO (SE HOVER): RECARREGAR O CILINDRO DE NITROGÊNIO (PRESSÃO MÁXIMA DE 150 bar) OU SUBSTITUI-LO CASO ESTEJA DANIFICADO.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

### TELAS DE PROTEÇÃO

\_ VERIFICAR SE AS TELAS DE PROTEÇÃO ESTÃO EM CONDIÇÕES ADEQUADAS PARA A SEGURANÇA, CASO NÃO ESTEJAM, SUBSTITUIR OU REFORMAR.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

### PLACA DE CHOQUE

\_ VERIFICAR SE TEM TRINCAS, QUEBRAS OU DEFORMAÇÕES, SE TIVER RECUPERAR OU SUBSTITUIR.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

COLUNAS, BUCHAS E COLAR DE ESFERAS

## Roteiro de preventiva

\_ FAZER INSPEÇÃO VISUAL: SE APRESENTAR ATRITO, IDENTIFICAR A CAUSA, ELIMINÁ-LA E RECUPERAR A PARTE ATRITADA OU SUBSTITUIR, E NO CASO DE TRINCAS, SUBSTITUIR. AO FINAL DA PREVENTIVA ENGRAXAR AS COLUNAS E BUCHAS NO CASO DE BUCHAS DE AÇO, OU PASSAR ÓLEO FINO QUANDO FOR COLAR DE ESFERA. NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

### RÉGUAS GUIAS

\_ SUBSTITUIR EM CASO DE TRINCAS OU QUEBRAS.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

### CHAVETAS DE TROCA DE MODELO

- TESTAR O FUNCIONAMENTO DA CHAVETA, ANALIZAR SE A MESMA DESLIZA SEM TRANCAR. SUBSTITUIR EM CASO DE TRINCAS OU QUEBRAS.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

### ENCOSTOS

\_ VERIFICAR SE TEM DESGASTES OU QUEBRAS, SE TIVER RECUPERAR OU SUBSTITUIR.

NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

### CALHAS

\_ VERIFICAR FIXAÇÕES NA FERRAMENTA, AMASSAMENTOS E QUEBRAS, SE TIVER IRREGULARIDADE RECUPERAR OU SUBSTITUIR. NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

### PLAQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO

\_ AS PLAQUETAS DE IDENTIFICAÇÃO DEVEM SER LEGÍVEIS E COM AS SEGUINTEs INFORMAÇÕES: NÚMERO DA FERRAMENTA (ZF) E NOME DA PEÇA.

CASO ALGUMA DESTAS INFORMAÇÕES NÃO ESTEJA DESCRITA NA PLAQUETA DE IDENTIFICAÇÃO, ESTA DEVERÁ SER ATUALIZADA. SE NÃO TIVER, SOLICITAR A COMPRA E FIXAR NA FERRAMENTA. NÃO APLICÁVEL( ) CONCLUÍDO: SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

ESTA PREVENTIVA FOI EXECUTADA AVALIANDO A ÚLTIMA PEÇA?

SIM( ) NÃO( )

OBSERVAÇÃO: \_\_\_\_\_

OBSERVAÇÕES GERAIS:

## APÊNDICE B

### Checklist de manutenção Fornecedor A

#### ORIENTAÇÃO

- O PROFISSIONAL DEVERÁ EXECUTAR TODOS OS ITENS DESTA PREVENTIVA COM A PEÇA DO ÚLTIMO CICLO.
- CASO FOR SELECIONADO A OPÇÃO "NÃO REALIZADO" O PROFISSIONAL TERÁ QUE JUSTIFICAR O PORQUÊ DA ESCOLHA NO CAMPO DE OBSERVAÇÕES E COLOCAR UMA FOTO REPRESENTANDO A NÃO NECESSIDADE;
- CASO A FERRAMENTA NÃO TENHA ALGUM ITEM DESTA PREVENTIVA, SINALIZAR NOS CAMPOS "NÃO REALIZADO" ou "NÃO APLICÁVEL". JUSTIFICAR NOS COMENTÁRIOS QUE NÃO É APLICADO.
- CASO O CRONOGRAMA DE PREVENTIVA REAL ESTEJA DESCASADO DO PLANO, FAVOR ENTRAREM CONTATO COM NOSSO RESPONSÁVEL DE MANUTENÇÃO PARA FAZER ALINHAMENTOS.

email:

[nomepreservado@empresapreservada.com](mailto:nomepreservado@empresapreservada.com)

\* Indica uma pergunta obrigatória

#### 1. E-mail \*

---

#### 2. Fornecedor \*

Marcar apenas uma oval.

Fornecedor A

#### 3. Qual o número da preventiva desta ZF? \*

Conforme plano de preventiva, indicar qual o nº na sequência de preventivas dessa ZF específica. Digite um número inteiro (contar preventivas por ordem de execução). Ex. 1, 2, .... 11, 12

---

#### 4. Data da preventiva \*

Exemplo: 7 de janeiro de 2019

#### 5. ZF da Ferramenta \*

Marcar apenas uma oval.

- ZF100242 - PAINEL FRONTAL
- ZF100097 - PAINEL FRONTAL
- ZF100241 - PAINEL ESTUFA FIXA
- ZF100098 - PAINEL ESTUFA FIXA
- ZF038099 - SUPORTE FIXAÇÃO PUXADOR
- ZF100096 - COLUNA DA PORTA
- ZF100243 - COLUNA DA PORTA

6. Quanto tempo foi gasto na PREVENTIVA? \*

Duração em Horas. Ex.: 2, 3,5... 16... etc.

---

7. Quanto tempo foi gasto com CORRETIVAS entre uma Preventiva e Outra? \*

Considerar como corretivas as intervenções durante produção do dia-a-dia, intervenções em paradas por ferramenta. Ex.: intervenção em punções, matrizes para retomar o processo. (responder em horas)

---

#### I - LIMPEZA E CONSERVAÇÃO

8. 1) LIMPAR TODA A FERRAMENTA, RETIRANDO OS CAVACOS DAS BASES E DESOBSTRUIR MATRIZES \*

*Marcar apenas uma oval.*

REALIZADO

NÃO REALIZADO

9. 1) Comentários: \*
- 

10. 1) Fotos da ferramenta limpa (colocar pelo menos 5 fotos) \*

Arquivos enviados:

11. 2) RETIRAR ÓLEO/GRAXA SUJA DAS COLUNAS E BUCHAS \*

*Marcar apenas uma oval.*

REALIZADO

NÃO REALIZADO

12. 2) Comentários \*
- 

13. 3) RETIRAR O ÓLEO DAS BASES SUPERIOR E INFERIOR \*

*Marcar apenas uma oval.*

REALIZADO

NÃO REALIZADO

14. 3) Comentários \*
-

15. 4) RETIRAR OS RETALHOS DAS SAÍDAS DE CAVACOS \*

*Marcar apenas uma oval.*

- REALIZADO  
 NÃO REALIZADO

16. 4) Comentários \*

---

17. 4) Fotos das saídas de cavaco (colocar pelo menos 5 fotos) \*

Arquivos enviados:

## II - MATRIZ E PUNÇÃO

18. 5) VERIFICAR ARESTAS DE CORTE ATRAVÉS DE INSPEÇÃO VISUAL E TATO, SE APRESENTAREM IRREGULARIDADE E DESGASTE LATERAL, FAZER O AFIAMENTO OU SUBSTITUIÇÃO.

*Marcar apenas uma oval.*

- AFIAMENTO  
 SUBSTITUIÇÃO  
 NÃO NECESSÁRIO

19. 5) Comentários (colocar quanto foi afiado. Ex.: 0,3mm, 0,5mm ou se foi aplicado solda e retificado a matriz - qual matriz / punção foi substituído) \*

---

20. 5) Foto das matrizes e punções (colocar até 10 arquivos) \*

Arquivos enviados:

21. 6) VERIFICAR A VIDA ÚTIL DAS MATRIZES: QUANDO A ARESTA DE CORTE TIVER ENTRE 1,5 E 2,0 mm, CONTATAR O CLIENTE OU PROVIDENCIAR MATRIZ NOVA. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- TROCA  
 CONTATO CLIENTE  
 NÃO NECESSÁRIO

22. 6) Comentários \*

---

23. 6) Foto do antes e depois da afiação da Matriz | foto da matriz quebrada (suporte Cliente) \*

Arquivos enviados:

24. 7) MATRIZ E PUNÇÃO (FERRAMENTA DE DOBRA E REPUXO). VERIFICAR SE HÁ ATRITO, MATERIAL ENRUSTIDO E SITUAÇÃO DO BANHO DOS POSTIÇOS. PROCURAR POR DESGASTES, TRINCAS E AMASSAMENTOS. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- REALIZADO POLIMENTO  
 NÃO NECESSÁRIO

25. 7) Comentários \*

---

26. 7) Foto dos punções de dobra/repuxo \*

Arquivos enviados:

### III - SISTEMA DE EXTRAÇÃO DA PEÇA DOS PUNÇÕES

27. 8) EXTRATORES: VERIFICAR SE HÁ DESGASTES, FOLGAS EXCESSIVAS, EMPENAMENTOS OU AMASSAMENTOS. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- REPARADO  
 SUBSTITUÍDO  
 NÃO NECESSÁRIO

28. 8) Comentários: \*

\_\_\_\_\_

29. 9) PARAFUSOS: VERIFICAR SE HÁ DESGASTES NAS CABEÇAS, CORPO E ROSCAS OU SE HÁ EMPENAMENTOS \*

*Marcar apenas uma oval.*

- SUBSTITUÍDO  
 REAPERTADO  
 NÃO NECESSÁRIO

30. 9) Comentários \*

\_\_\_\_\_

31. 10) VERIFICAR SE HÁ MOLAS HELICOIDAIS QUEBRADAS, EMPENADAS OU DEFORMADAS \*

*Marcar apenas uma oval.*

- SUBSTITUÍDA  
 NÃO NECESSÁRIO  
 NÃO APLICÁVEL

32. 10) Comentários \*

\_\_\_\_\_

33. 11) VERIFICAR SE HÁ MOLAS PLASTIPRENE QUEBRADAS, RACHADAS, EMPENADAS OU DEFORMADAS \*

*Marcar apenas uma oval.*

- SUBSTITUÍDA  
 NÃO NECESSÁRIO  
 NÃO APLICÁVEL

34. 11) Comentário \*

\_\_\_\_\_

35. 12) VERIFICAR SE CILINDROS DE NITROGÊNIO ESTÃO ATUANDO EM PRESSÃO ADEQUADA. CASO NÃO ESTEJAM, REALIZAR AVALIAÇÃO PARA REPARAR, OU CONSULTAR CLIENTE PARA REPOSIÇÃO \*

*Marcar apenas uma oval.*

- RECARREGADO  
 REPARADO  
 CONSULTA CLIENTE  
 NÃO NECESSÁRIO

36. 12) Comentários (colocar código do cilindro, a descrição do que foi trocado, quais reparos foram feitos, quanto foi recarregar, vazamentos encontrados, etc). \*

---

---

---

---

---

#### IV - TELAS DE PROTEÇÃO

37. 13) VERIFICAR SE AS TELAS DE PROTEÇÃO ESTÃO EM CONDIÇÕES ADEQUADAS PARA A SEGURANÇA, SE NÃO ESTÃO TORTAS OU AMASSADAS \*

*Marcar apenas uma oval.*

- REPARADO  
 NÃO NECESSÁRIO

38. 13) Comentários \*

---

#### V - PLACAS DE CHOQUE

39. 14) VERIFICAR SE HÁ TRINCAS, QUEBRAS OU DEFORMAÇÕES NAS PLACAS DE CHOQUE \*

*Marcar apenas uma oval.*

- SUBSTITUÍDO  
 REPARADO  
 NÃO NECESSÁRIO

40. 14) Comentários \*

---

41. 15) INSPECIONAR SINAIS DE ATRITO NAS BUCHAS E COLUNAS / COLAR DE ESFERAS. \*

*Marcar apenas uma oval.*

HÁ SINAIS DE ATRITO - INVESTIGAR SITUAÇÃO DA PRENSA

NÃO NECESSÁRIO

42. 15) Comentários \*

---

43. 16) INSPECIONAR SE BUCHAS E COLUNAS /COLAS DE ESFERA ESTÃO TRINCADOS. CASO ESTEJA, ACIONAR WHIRLPOOL PARA AVALIAÇÃO \*

*Marcar apenas uma oval.*

ACIONADO WHIRLPOOL

NÃO NECESSÁRIO

44. 17) ENGRAXAR BUCHAS E COLUNAS ou PASSAR ÓLEO FINO EM COLAR DE ESFERA \*

*Marcar apenas uma oval.*

REALIZADO

NÃO REALIZADO

45. 17) Comentários \*

---

46. 17) Fotos das buchas, colunas ou colar de esferas (colocar pelo menos 5 fotos)

Arquivos enviados:

47. 18) AVALIAR SE HÁ TRINCAS OU QUEBRAS NAS RÉGUAS GUIAS. CASO HOVER, REPARAR \*

*Marcar apenas uma oval.*

REPARADO

NÃO NECESSÁRIO

48. 18) Comentários \*

---

---

---

---

---

49. 19) VERIFICAR SE FUNCIONAMENTO DAS CHAVETAS DE TROCA DE MODELO ESTÁ OK \*

*Marcar apenas uma oval.*

- VERIFICADO - ESTÁ OK
- VERIFICADO - NÃO OK - REPARADO
- NÃO APLICADO
- NÃO NECESSÁRIO

50. 19) Comentários \*


---

# APÊNDICE C

| ZF                                      | Status  | Preventiva Inicial | Periodicidade (dias) | Ultima Preventiva | Proxima Planejada | Data Planejada 1 | Executada 1                         | Data Executada 1 | Como foi entregue 1 | Data Planejada 2 | Executada 2                         | Data Executada 2 | Como foi entregue 2 |
|---|---------|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------|------------------|-------------------------------------|------------------|---------------------|
| ZF100242 - PAINEL FRONTAL               | Overdue | 2021-08-12         | 365                  | 2021-10-27        | 2022-10-27        | 2021-08-12       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-08-12       | On Time             | 2021-10-27       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-10-27       | On Time             |
| ZF100097 - PAINEL FRONTAL               | Overdue | 2021-08-11         | 113                  | 2022-03-01        | 2022-06-22        | 2021-08-11       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-08-11       | On Time             | 2021-12-02       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-11-08       | On Time             |
| ZF100241 - PAINEL ESTUFEA FIXA          | Overdue | 2021-08-16         | 365                  | 2021-10-25        | 2022-10-25        | 2021-08-16       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-08-16       | On Time             | 2022-08-16       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-10-25       | On Time             |
| ZF100098 - PAINEL ESTUFEA FIXA          | Overdue | 2021-08-11         | 365                  | 2021-10-18        | 2022-10-18        | 2021-08-11       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-08-11       | On Time             | 2021-10-25       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-10-18       | On Time             |
| ZF980899 - SUPORTE FIXAÇÃO PUXADOR      | Overdue | 2021-08-04         | 120                  | 2022-08-03        | 2022-12-01        | 2021-08-04       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-08-04       | On Time             | 2021-11-22       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-11-23       | Delayed             |
| ZF100095 - COLUNA DA PORTA              | Overdue | 2021-05-27         | 120                  | 2022-02-03        | 2022-06-03        | 2021-09-30       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-09-30       | Delayed             | 2022-01-22       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2022-02-03       | Delayed             |
| ZF100243 - COLUNA DA PORTA              | Overdue | 2021-05-20         | 365                  | 2021-09-30        | 2022-09-30        | 2021-09-30       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-09-30       | Delayed             | 2022-09-17       | <input type="checkbox"/>            |                  |                     |
| ZF173666 - DISCO DE APOIO BÁSICO        | Overdue | 2021-06-29         | 90                   | 2022-10-10        | 2023-01-08        | 2022-01-27       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2022-01-27       | Delayed             | 2021-12-26       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2022-04-27       | Delayed             |
| ZF957705 - CANTONEIRA PÉ DIR/ESQ        | Overdue | 2021-06-17         | 68                   | 2022-07-08        | 2022-09-14        | 2021-06-17       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-06-17       | On Time             | 2021-09-22       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-10-01       | Delayed             |
| ZF999128 - CUP FIXAÇÃO BULBO TERMOSTATO | Overdue | 2021-07-27         | 113                  | 2022-05-12        | 2022-09-02        | 2021-11-17       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-11-19       | Delayed             | 2022-03-10       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2022-05-12       | Delayed             |
| ZF986941 - SUPORTE SENSOR NÍVEL         | Overdue | 2021-07-23         | 150                  | 2022-05-12        | 2022-10-09        | 2021-12-20       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2022-05-12       | Delayed             | 2022-05-19       | <input type="checkbox"/>            |                  |                     |
| ZF980412 - SUPORTE USINA                | Overdue | 2021-07-26         | 120                  | 2022-05-12        | 2022-10-09        | 2021-07-26       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-07-26       | On Time             | 2021-11-29       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-11-30       | Delayed             |
| ZF988507 - PRESILHA REGISTRO            | Overdue | 2021-06-30         | 90                   | 2022-03-23        | 2022-07-21        | 2021-06-30       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-06-30       | On Time             | 2021-07-12       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-07-12       | On Time             |
| ZF988509 - BRACKET C.J SUPORTE INJETOR  | Overdue | 2021-07-15         | 90                   | 2022-06-23        | 2022-09-21        | 2021-10-13       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-10-13       | On Time             | 2022-01-11       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2022-01-14       | Delayed             |
| ZF100100 - SUPORTE PLACA DE CONTROLE    | Overdue | 2021-05-23         | 120                  | 2022-08-17        | 2022-11-15        | 2021-09-20       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-10-04       | Delayed             | 2022-01-18       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2022-01-26       | Delayed             |
|   |         |                    |                      | 2022-05-12        | 2022-09-09        | 2021-08-06       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-08-06       | On Time             | 2021-10-29       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-11-03       | Delayed             |
|   |         |                    |                      |                   |                   | 2021-09-09       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2021-09-30       | Delayed             | 2022-02-06       | <input checked="" type="checkbox"/> | 2022-02-10       | Delayed             |

## APÊNDICE D

**Aviso - Preventiva Planejada** Externa Caixa de entrada x 🖨 🔗

 **Supplier Quality** <supplier\_quality@[redacted]> qui., 11 de nov. de 2021, 06:45 ☆ ↶ ⋮  
para engenharia, qualidade, andrea, andre\_r\_francisco, matthew\_s\_allen, mim ▾

Prezado fornecedor,

Identificamos pelo nosso controle que a ferramenta ZF999128 - CLIP FIXAÇÃO BULBO TERMOSTATO do(s) PN(s) 000354783 está com DATA DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA PLANEJADA próxima **17-11-2021**.

Solicitamos que se planeje para realizar a atividade e preencha o checklist abaixo após o término.

[Checklist de Preventivas](#)


Reforçamos que, caso já tenha feito a manutenção deste período, preencha o checklist para nosso sistema ajustar o plano de preventiva e evitar pendências.

Caso o cronograma de preventiva dessa ferramenta esteja descasado do real já pela **segunda vez**, por favor contate o responsável pela manutenção através do e-mail [redacted]@[redacted] para alinhar o plano de preventiva do ativo.

Agradecemos.  
[redacted] Corporation  
Unidade [redacted]

## APÊNDICE E

Aviso - Prevenvita em atraso Externa Caixa de entrada x

 **Supplier Quality** <supplier\_quality@[redacted]> sex., 15 de out. de 2021, 06:52 ☆ ↶ ⋮

para engenharia, qualidade, andrea, andre\_r\_francisco, matthew\_s\_allen, mim ▾

Prezado fornecedor,

Estamos lhe alertando que o envio do CHECKLIST DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA da ZF135348 - DISCO DE APOIO BASICO do(s) PN(s) **W10632476** programada para 29-09-2021 está **em atraso**.

O status de manutenção preventiva da ferramenta ficará pendente até que o checklist seja enviado. Se a ferramenta ainda não necessita de manutenção, recomendamos responder ao checklist em "NÃO REALIZADO" ou "NÃO NECESSÁRIO", colocando fotos da peça nos campos de anexo de arquivo.

[Checklist de Preventivas](#)

Agora, se o cronograma de preventiva dessa ferramenta está desfasado do real já pela **segunda vez**, por favor contate o responsável pela manutenção através do e-mail [redacted]@[redacted] para alinhar o plano de preventiva do ativo.

Agradecemos.

[redacted] Corporation  
Unidade [redacted]

## APÊNDICE F

# CHECKLIST DE MANUTENÇÃO

## Direcional para preenchimento

Qual o número da preventiva desta ZF? \*

Conforme plano de preventiva, indicar qual o nº na sequência de preventivas dessa ZF específica. Digite um número inteiro (contar preventivas por ordem de execução). Ex. 1, 2, .... 11, 12

Texto de resposta curta

Nesta pergunta, preencher o número de preventiva.

A sequência numérica deve ser contando **por ZF**, e não por ordem de execução e lançamento da preventiva.

Exemplo:

### ERRADO

|           |                  | ago./21 | set./21 | out./21 | nov./21 | dez./21 |
|-----------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ZF 123456 | Nº da preventiva | 1       |         | 3       |         |         |
| ZF 987654 | Nº da preventiva |         | 2       |         | 4       |         |

### CERTO

|           |                  | ago./21 | set./21 | out./21 | nov./21 | dez./21 |
|-----------|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ZF 123456 | Nº da preventiva | 1       |         | 2       |         |         |
| ZF 987654 | Nº da preventiva |         | 1       |         | 2       |         |

...

Quanto tempo foi gasto com CORRETIVAS entre uma Preventiva e Outra? \*

Considerar como corretivas as intervenções durante produção do dia-a-dia, intervenções em paradas por ferramenta. Ex.: intervenção em punções, matrizes para retomar o processo. (responder em horas)

Texto de resposta curta

Tempo gasto no dia-a-dia com abertura de ordens de corretiva.

Qualquer intervenção em ferramenta fora do momento de preventiva.

Somar número de horas nas ordens de manutenção corretiva e plugar na hora de preencher o checklist.

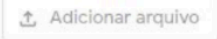

Ex.: entre agosto e setembro, houve 2 chamados de 1 hora, logo, o tempo gasto em corretivas é de 2 horas. Esse tempo deve ser imputado ao preencher o checklist.

5) Comentários (colocar quanto foi afiado. Ex.: 0,3mm, 0,5mm ou se foi aplicado solda e retificado a matriz - qual matriz / punção foi substituído) \*

Texto de resposta curta

---

5) Foto das matrizes e punções (colocar até 10 arquivos) \*

Colocar principalmente fotos do Antes e Depois das matrizes (desgastadas vs. afiadas).

**ANEXO A**

*será colocado no PDF final*